



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung



Ingenieurbüro H.-H. Meyer
Inh.: Dipl.-Ing. Martin Meinken
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung

Parkstraße 5
31542 Bad Nenndorf
Tel.: 05723 / 749 82 40

Stadtwerke Delmenhorst GmbH (SWD GmbH)

Wasserwerk I 'An den Graften'

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

Auftraggeber : Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Fischstr. 32-34, 27749 Delmenhorst

Bearbeitung : Dipl.-Ing. Martin Meinken

TK 25 : Blätter 2917 Delmenhorst, 2918 Bremen
Blätter 3017 Harstedt, 3018 Syke

Abbildungen: 5

Tabellen: 4

Anlagen : 8 (20 Seiten ohne Deckblatt)

Anhänge : 3

Datum : 03. Jan. 2020

.....
gez. Martin Meinken

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
Anlagenverzeichnis.....	III
Anhängeverzeichnis.....	IV
1 Zusammenfassung	1
2 Anlass und Ziel der Untersuchungen.....	4
3 Untersuchungsumfang.....	5
3.1 Kurzer Abriss der Historie	5
3.2 Untersuchungen zum vorliegenden Wasserrechtsantrag	7
4 Gebietsbeschreibung	8
4.1 Geografische Lage des Untersuchungsgebietes	8
4.2 Morphologie und Nutzung	9
4.3 Niederschlag	10
4.4 Oberirdisches Fließgewässersystem.....	12
4.5 Geologie / Hydrogeologie.....	14
4.6 Geohydrologie.....	17
4.6.1 Grundwasserneubildung.....	17
4.6.2 Grundwassermessstellennetz.....	17
4.6.3 Grundwasserstandsganglinien.....	18
4.6.4 Grundwasserhöhen-Gleichenplan.....	19
4.6.5 Grundwasser-Flurabstand	20
5 Wirkung der GW-Entnahme auf den Grundwasserstand	21
5.1 Allgemeines	21
5.2 Entwicklung der Grundwasserförderung.....	22
5.3 Ermittlung der entnahmebedingten Absenkung.....	24
5.3.1 Berechnungsmethodik	24
5.3.2 Angesetzte Förderverteilungen	25
5.3.3 Derzeitige Entnahme: 'IST'-Zustand.....	26
5.3.4 Beantragte Entnahme: 'Prognose'	28
5.3.5 Ergebnisbewertung.....	32
5.4 Empfehlungen für die wasserwirtschaftliche Beweissicherung	34
6 Unterirdisches Einzugsgebiet bei beantragter Entnahme	36

7 Auswirkung auf den mengenmäßigen Grundwasserzustand gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie	38
7.1 Allgemeines	38
7.2 Nutzbares Grundwasserdargebot.....	39
7.3 Oberirdische Fließgewässer.....	40
7.4 Grundwasserabhängige Landökosysteme	40
7.5 Zustrom von Salzwasser.....	41
7.6 Schlussfolgerung	41
8 Verwendete Unterlagen und Literaturverzeichnis	42

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Digitales Geländemodell 5 (LGLN, 2019).....	10
Abb. 2: Niederschlag an der Station "Bremen-Flughafen" des DWD (Summen für Wasserwirtschafts-, Sommer- und Winterhalbjahr)	11
Abb. 3: Mittlere monatliche Niederschläge der Jahresreihe 1994/2019 für die DWD-Station <i>Bremen-Flughafen</i>	12
Abb. 4: Auswirkung einer Grundwasserentnahme (Grundlage: ältere Ausgabe der DIN 4049).....	21
Abb. 5: Jahresentnahmen <i>Wasserwerk 'An den Graften'</i>	23

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Entnahmekonfigurationen <i>Wasserwerk 'An den Graften'</i>	25
Tab. 2: Rechnerische Reduktion des Basisabflusses in verschiedenen oberirdischen Fließgewässern infolge maximaler Entnahmesteigerung	31
Tab. 3: Grundwasser-Bilanz bei beantragter Entnahme für das zugehörige unterirdische Einzugsgebiet.....	36
Tab. 4: Altlasten gemäß NIBIS Kartenserver (2019) im unterirdischen Einzugsgebiet.....	38

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1:** Übersichtsplan Förderbrunnen und Grundwassermessstellen (M: 1:45.000)
- Anlage 1.2:** Übersichtsplan Förderbrunnen und Pegel (M: 1:45.000)
- Anlage 1.3:** Lageplan Förderbrunnen, Grundwassermessstellen und Pegel (M: 1:20.000)
- Anlage 2.1:** Deckschicht-Verbreitung mit Verlauf der hydrogeologischen Schnitte (M: 1:45.000)
- Anlage 2.2:** Wassererfüllte Mächtigkeit des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes mit Verlauf der hydrogeologischen Schnitte (M: 1:45.000)
- Anlage 3.1-3:** Hydrogeologische Schnitte A-A' (Nord-Süd), B-B' (West-Ost) und C-C' (West-Ost)
- Anlage 4.1-5:** Langjährige Säulendiagramme für Niederschlag und Entnahme sowie Grundwasserspiegel-Ganglinien für ausgewählte Messstellen (auch entnahmeunbeeinflusste Vergleichsmessstellen)
- Anlage 5:** Grundwasser-Gleichenplan und Grundwasser-Flurabstandsplan Kalenderjahr 2004 (M: 1:45.000)
- Anlage 6:** Langjährige Säulendiagramme für Niederschlag und Entnahme sowie Abfluss-Ganglinien für den Pegel 'Holzkamp' in der *Delme* (NM7Q, Mo-MNQ, MQ)
- Anlage 7.1:** Linien gleicher Ist-Absenkung im Hauptgrundwasserleiter bei Entnahme IST-Zustand (1,90 Mio. m³/a; Mittelwert der Jahre 2012-2017) bezogen auf NULL-Zustand (ohne Entnahme WW 'An den Graften') - M: 1:20.000
- Anlage 7.2:** Linien gleicher Gesamtabenkung im Hauptgrundwasserleiter bei Entnahme PROGNOSE-Zustand (2,40 Mio. m³/a) bezogen auf NULL-Zustand (ohne Entnahme WW 'An den Graften') - M: 1:20.000
- Anlage 7.3:** Linien gleicher zusätzlicher Absenkung im Hauptgrundwasserleiter bei Entnahme PROGNOSE-Zustand (2,40 Mio. m³/a) bezogen auf den IST-Zustand (Entnahme 1,90 Mio. m³/a WW 'An den Graften'); Mittelwert der Jahre 2012-2017) - M: 1:20.000
- Anlage 7.4:** Wasseraustausch zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem – Ex- und Infiltrationsbereiche für Ist- und Prognosezustand - M: 1:45.000
- Anlage 8:** Unterirdisches Einzugsgebiet (vorläufige Abgrenzung) für die Entnahme im PROGNOSE-Zustand (2,40 Mio. m³/a) - M: 1:30.000

Anhängeverzeichnis

Anhang 1: Datenbeschaffung / -grundlage

Anhang 2: Grundwasserströmungsmodell - Dokumentation

Anhang 3: Geologisches 3D-Untergrundmodell - Dokumentation (NIWA, 2017)

1 Zusammenfassung

Mit den vorliegenden Unterlagen stellt die SWD GmbH bei der *Stadt Delmenhorst* als zuständige *Untere Wasserbehörde* einen Antrag auf **Bewilligung** einer **Grundwasserentnahme** für das *Wasserwerk 'An den Graften'*. Die maximale Förderrate soll **2,4 Mio. m³/a** betragen.

Ziel der vorliegenden **Untersuchung** ist die Erfassung der derzeitigen hydrogeologischen Verhältnisse sowie die Ermittlung und Beschreibung der langfristigen Auswirkungen der beantragten Grundwasserentnahme auf den Grundwasserraum und den zugehörigen Wasserhaushalt. Mit den Ergebnissen liefert das Geohydrologische Gutachten die Grundlage zur Abgrenzung der Untersuchungsgebiete für die bodenkundlich – ökologische Bearbeitung.

Grundlage der hier vorgelegten geohydrologischen Untersuchungen war u.a. ein **geologisches 3D-Untergrundmodell**, in dem die bisherigen sowie neueren geologischen und hydrogeologischen Erkenntnisse in bestmöglicher Weise zusammengeführt sind. Großräumig hat sich ein zusammenhängender Grundwasserleiter aus generell mittel bis hoch wasserdurchlässigen Sanden des Quartärs entwickelt ("Hauptgrundwasserleiter-Komplex"). Unterbrochen wird die relativ gut wasserleitende Sedimentabfolge bereichsweise durch Lauenburger Ton (bzw. dessen Randfazies). Dort ist der Hauptgrundwasserleiter-Komplex in ein oberes und unteres Stockwerk gegliedert. Entsprechend wurde im Hinblick auf die Simulation der Grundwasserströmung mit einem Grundwassermodell eine **hydrogeologische Modellvorstellung** mit 3 Ebenen entwickelt. Der Entnahmehorizont für die Fassung 'An den Graften' soll zukünftig die Ebene 3 mit seinen altpleistozänen bis elsterzeitlichen Sanden und Kiesen sein. In der Geest gibt es häufig die Situation, dass sich oberhalb des drenthezeitlichen Geschiebelehms Flug- und Geschiebedecksand der Weichselkaltzeit befindet, was örtlich zu **schwebenden Grundwasserleitern** führen kann. Sind diese – ggf. nur zeitweise – mit Grundwasser gefüllt, ergeben sich sogenannte (schwebende) Grundwasserräume. Diese wurden bei den Untersuchungen nicht erfasst, da sie nur inselhaft verbreitet sind und keine Grundwasserspiegelmessungen existieren. Die Aussagen beziehen sich deshalb immer auf den "**Hauptgrundwasserleiter-Komplex**", der alle genannten Grundwasserleiter bis auf die schwebenden umfasst. Dies ist bei der Interpretation von Flurabständen und entnahmebedingten Absenkungen zu berücksichtigen.

Die flächendeckende Ermittlung der **entnahmebedingten Auswirkung** der derzeitigen sowie der beantragten Grundwasserentnahme erfolgte unter Einsatz eines geeichten numerischen **Grundwasserströmungsmodells**. Dazu wurden Differenzen zwischen berechneten Größen (Grundwasserspiegel, Bilanzglieder) für die zu betrachtenden Zustände (Null-Zustand ohne Entnahme, Ist-Zustand 2012-2017 mit rd. 1,90 Mio. m³/a

und Prognose-Zustand mit 2,40 Mio. m³/a) gebildet und dargestellt. Zur Erfassung der potentiell ungünstigsten Belastungszustände sind dabei die maximal genehmigten Entnahmen für Förderbrunnen benachbarter Wasserwerke und weiterer Nutzer (z.B. Feldberechnung) berücksichtigt.

Die so ermittelten **entnahmebedingten Absenkungen** durch die Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den Graften' (NULL -> IST, NULL -> PROGNOSE, IST -> PROGNOSE) sind getrennt in Karten dargestellt. Die Absenkungspläne enthalten zusätzlich den **Grundwasserflurabstand** für den jeweiligen Vergleichszustand.

Gemäß der konzentrierten Anordnung der im **Ist-Zustand** betriebenen Förderbrunnen 1, 3, 4 und 5 mit einer Entnahme von rd. 1,90 Mio. m³/a ergibt sich zunächst ein etwa kreisförmiger **Absenkungstrichter**, der sich mit zunehmender Entfernung entsprechend den örtlichen hydrogeologischen Bedingungen verformt. Insbesondere die stützende Wirkung des oberirdischen Fließgewässersystems (z.B. *Delme*, *Kleine Delme* und *Welse*) ist im Südwesten und im nördlichen Bereich erkennbar. Die maximale Ausdehnung des Absenkungstrichters stellt sich in Nordwest-Südostrichtung ein und beträgt sowohl 'OBEN' (oberer Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes oder oberes Stockwerk) als auch 'UNTEN' (unterer Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes oder unteres Stockwerk) rd. 3,2 km. Senkrecht dazu ergibt sich eine maximale Ausdehnung von rd. 2,5 km für 'UNTEN'. Die Absenkungsreichweite 'OBEN' ist in dieser Richtung wegen der hydraulischen Wirkung der dort vorhandenen Zwischenschicht im Norden deutlich reduziert. Im Zentrum der Fassung wird 'OBEN' ein maximaler Absenkungswert von ca. 2,3 m erreicht. Sehr ähnlich, aber mit vergrößerter Reichweite zeigt sich der prognostizierte **Gesamtabsenkungstrichter**, der sich bei dauerhafter Entnahme des **beantragten Jahresvolumens von 2,4 Mio. m³** einstellen würde. In diesem Fall beträgt die maximale Absenkung im Zentrum der Fassung ca. 2,1 m.

Die jährlichen Grundwasserentnahmen aus den Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den Graften' bewegen sich seit 2005 auf einem relativ stabilen Niveau von insgesamt durchschnittlich rd. 1,86 Mio. m³ (2005 bis 2019, ohne 2011). Das Natursystem hat sich somit nachhaltig auf diese Randbedingung eingestellt. Bei einer dauerhaften **Entnahmesteigerung** auf den beantragten Maximalwert von 2,4 Mio. m³/a ergäbe sich bezogen auf den Ist-Zustand (2012-2017) eine maximale Ausdehnung des **Absenkungstrichters** von rd. 1,3 km (sowohl 'OBEN' als auch 'UNTEN'). Senkrecht dazu beträgt die maximale Ausdehnung rd. 0,9 km - ebenfalls 'OBEN' und 'UNTEN'. Die o.g. abmindernden Faktoren haben hier keine Relevanz. Durch die Hinzuziehung der weiteren Brunnenstandorte X und Y im Süden der Fassung bei gleichzeitiger Aufgabe des Standortes 4 stellt sich dabei eine Verschiebung des Absenkungsschwerpunktes in südliche Richtung ein. Der Maximalwert im Zentrum des Absenkungsgebietes beträgt im oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes etwa 0,8 m.

Für die maximale Entnahmesteigerung von 1,90 auf 2,40 Mio. m³/a wurden auch die **Auswirkungen auf die Basisabflüsse im oberirdischen Fließgewässersystem** mit dem Grundwasserströmungsmodell simuliert. Unter Berücksichtigung der Aussagegenauigkeit sind die örtlich rechnerisch auftretenden Fließstrecken mit einer Umkehr von Ex- zu Infiltration vernachlässigbar. Die maximale Entnahmesteigerung von 0,5 Mio. m³/a (IST -> PROGNOSE) entspricht einer Gesamtabflussreduzierung von rd. 16 l/s über alle betroffenen oberirdischen Fließgewässer im weiteren Umfeld der prognostizierten zusätzlichen Grundwasserabsenkung. Aufgrund der "diffusen" Verteilung auf viele oberirdische Fließgewässer und des relativ großen Zustroms (Pegel 'Holzkamp' in der *Delme* und Pegel 'Tiergarten' in der *Welse*) ist die Abflussreduzierung als nicht signifikant einzustufen, d.h. die Messbarkeit wird nicht gegeben sein. Es ist auch nicht zu erwarten, dass diese sehr geringen Abflussreduzierungen zu erheblichen Wasserstands- und Geschiebetransport-Änderungen führen, zumal der Direktabfluss (d.h. oberirdischer Abfluss und Interflow) nahezu erhalten bleibt.

Für die beantragte Entnahme von 2,4 Mio. m³/a wurde das **unterirdische Einzugsgebiet** für die Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* abgegrenzt. Das dargestellte Einzugsgebiet hat eine Flächengröße von rd. 18,58 km². Im Einzugsgebiet befinden sich gemäß NIBIS Kartenserver (2019a+b) einige Altablagerungen und eine Rüstungsaltpast. Für einige Altablagerungen liegen bereits Bewertungen des Gefährdungspotentials vor (UMTEC, 2017). Demnach bestehen keine grundsätzlichen Bedenken gegen eine Wiederaufnahme der Trinkwasserförderung. Es wird empfohlen, eine solche Bewertung auch für die anderen im Einzugsgebiet befindlichen Altablagerungen und die Rüstungsaltpast in Auftrag zu geben.

Durch das geplante Vorhaben ergeben sich keine Verschlechterungen bei den zu prüfenden Bewertungskriterien zur Einstufung der Grundwasserkörper hinsichtlich ihres **mengenmäßigen Grundwasserzustandes gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie**. Folglich verbleibt die Grundwasserkörper 'Ochtum Lockergestein' auch nach Umsetzung des Vorhabens in dem derzeit attestierten guten mengenmäßigen Grundwasserzustand.

Das bestehende Grundwasser-Messnetz für die **Beweissicherung** wird aus geohydrologischer Sicht derzeit als ausreichend erachtet. Das vorliegende Gutachten enthält Vorschläge für die Auswertung der regelmäßig zu erhebenden Beweissicherungsdaten.

2 Anlass und Ziel der Untersuchungen

Gemäß aktueller Wasserbedarfsprognose (LÜHRS 2017) benötigt die *Stadtwerke Delmenhorst GmbH* (im Folgenden kurz SWD GmbH) jährlich 5,6 Mio. m³ Rohwasser für die langfristige sichere Bereitstellung von Trinkwasser für ihr Versorgungsgebiet. Unter Berücksichtigung des für das *Wasserwerk II 'Annenheide'* existierenden Wasserrechtes in Höhe von 3,2 Mio. m³/a verbleibt für das *Wasserwerk I 'An den Graften'* eine erforderliche Entnahmerate von 2,4 Mio. m³/a. Dafür stellt die SWD GmbH mit den vorliegenden Unterlagen bei der *Stadt Delmenhorst* als zuständige *Untere Wasserbehörde* einen "Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zur Entnahme von Grundwasser nach § 8 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)" – hier im Weiteren kurz: "Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a". Das Grundwasser soll mit insgesamt 6 Vertikalfilterbrunnen gefasst werden, die z.T. noch gebaut werden müssen.

Im *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)* und im ergänzenden *Niedersächsischen Wassergesetz (NWG)* sind grundsätzliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge verbindlich festgelegt (s. z.B. § 6, 8 WHG und § 8 NWG). Gemäß *Geofakten 1* und *GeoBerichte 15* des *Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)* ist bei Grundwasserentnahmen darzustellen, "welche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Ökologie und die Nutzungen zu erwarten sind. Dazu sind die hydrogeologischen Verhältnisse zu ermitteln sowie Angaben über das Einzugsgebiet, das Ausmaß und die Reichweite von Grundwasserabsenkungen vorzulegen". Mit den Ergebnissen liefert das Geohydrologische Gutachten den Untersuchungsraum für die bodenkundlich – ökologische Bearbeitung.

Die SWD GmbH beauftragte das *Ingenieurbüro H.-H. Meyer, Bad Nenndorf*, ein geohydrologisches Gutachten für das Wassergewinnungsgebiet des *Wasserwerkes 'An den Graften'* im Rahmen des Wasserrechtsantrages zu erstellen. Der Ergebnisbericht der geohydrologischen Untersuchungen wird hiermit vorgelegt.

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung der derzeitigen hydrogeologischen Verhältnisse sowie die Ermittlung und Beschreibung der langfristigen Auswirkungen der beantragten Grundwasserentnahme auf den Grundwasserraum und den zugehörigen Wasserhaushalt.

Die Untersuchungsergebnisse waren Grundlage für die bodenkundlichen und die ökologischen Untersuchungen sowie den UVP-Bericht. Die entsprechenden Ergebnisse sind dem Wasserrechtsantrag gesondert beigefügt (innerhalb der Antragskapitel 5, GEOdEX 2020 und 6, TEWES 2020).

3 Untersuchungsumfang

3.1 Kurzer Abriss der Historie

Das *Wasserwerk I 'An den Graften'* (damals Wasserwerk 'Delmenhorst') wurde bereits im Jahr 1909 gebaut und im Jahr 1910 in Betrieb genommen. Eine Erweiterung erfolgte 1927 (ROBERT KOCH-INSTITUT, 1951). Zu ggf. durchgeführten Erkundungsmaßnahmen sowie zu Brunnenstandorten und Entnahmeraten liegen bis etwa 1950 keine Dokumente vor.

Nach dem 2. Weltkrieg war zunächst die Frage nach einem erforderlichen Wasserschutzgebiet Gegenstand der Untersuchungen (HYGIENE-INSTITUT 1950 und ROBERT KOCH-INSTITUT 1951). Wegen der städtischen Lage mit diversen, potentiell grundwassergefährdenden Flächennutzungen im Bereich des Wasserwerkgeländes (z.B. Badeanstalt, Jahrmärkte), den angrenzenden Bächen *Delme* (inkl. Graft-Teiche), *Kleine Delme* und *Hoyersgraben* sowie den gelegentlich auftretenden Überschwemmungen im Wassergewinnungsgebiet wurden insbesondere Verkeimungen befürchtet. Im Jahr 1950 betrug die Entnahme 1,73 Mio. m³ womit etwa 70 % der Einwohner der Stadt (rd. 40 Tsd.) sowie Großverbraucher mit Trinkwasser versorgt wurden (ROBERT KOCH-INSTITUT 1951). Bis zu diesem Zeitpunkt erfolgte die Grundwasserentnahme ausschließlich über einen Sammelbrunnen am Wasserwerk. Dieser wurde über zwei Heberleitungen ('Nord' und 'Süd') gespeist, an die eine über die Zeit wachsende Anzahl von Vertikalfilterbrunnen angeschlossen waren. Diese mussten wegen der Verockerungs-Problematik relativ häufig an jeweiligen Nachbarstandorten ersetzt werden. Die Ergebnisse einiger Aufschlüsse (Bohrungen, Gruben) und (einzelner?) Wasserstandsmessungen in den Förder- sowie einigen Versuchsbrunnen waren Grundlage zur Einschätzung der hydrogeologischen Verhältnisse. Die Informationen führten zu dem Schluss, dass der Grundwasserleiter eine Mächtigkeit von rd. 40 m aufweist. Den anstehenden Gesteinen des oberen Grundwasserleiters wurden gute Filtereigenschaften bescheinigt. Das Auftreten von Uferfiltrat (insbesondere über die *Delme*) wurde eher als gering eingeschätzt.

In der Folge entstand ein "neues Wassergewinnungsgebiet", welches etwa 200 m südlich der alten Brunnen angelegt wurde (RISTOW, 1960). Zur Klärung der Frage nach dem Einzugsgebiet wurden Ende der fünfziger Jahre (weitere?) Grundwassermessstellen errichtet. Die Grundwasserstandsbeobachtung in den insgesamt 22 Messstellen erfolgte mindestens in der Zeit 1958 bis Mitte 1960 regelmäßig monatlich. Die Daten

sind z.T. in RISTOW (1960) in Form von Ganglinien dargestellt, liegen aber digital nicht vor.

Im Jahr 1960 wurde dann die Fassung durch Errichtung eines Horizontalfilterbrunnens etwa 900 m südlich des Wasserwerkes erneut erweitert (GEBHARDT & KÖNIG, 1960) und im darauf folgenden Jahr in Betrieb genommen. In der Zeit vom 22.05.1962 bis zum 24.08.1962 erfolgte ein Pumpversuch mit Förderleistungen von 200, 300 und 400 m³/h. Während des Pumpversuches wurden Grundwasserstände in Messstellen beobachtet, um sie anschließend hinsichtlich entnahmebedingter Absenkungen auszuwerten. Der Durchmesser des Absenkungstrichters wurde mit 1000 m eingeschätzt.

Im Jahr 1962 empfahl die GEBHARDT & KÖNIG GmbH den steigenden Wasserbedarf unter Hinzuziehung eines weiteren (unabhängigen) Wassergewinnungsgebietes an der *Heidbäke* östlich von *Annenriede* zu decken (heutiges *Wasserwerk II 'Annenheide'*). Für den bestehenden Standort südlich der *Graft* ist – unter Berücksichtigung weiterer Horizontalfilterbrunnen – im Bericht eine Maximalentnahme in niederschlagsreichen Jahren von 5 Mio. m³/a angegeben.

Mit Schreiben vom 27.02.1979 erhielt die *Stadt Delmenhorst* eine Bewilligung zur Grundwasserentnahme in Höhe von 4,0 Mio. m³/a aus 12 Vertikal- und einem Horizontalfilterbrunnen (BEZ.-REG. 1979). Grundlage dieser Genehmigung war der vorherige Bescheid vom 03.03.1967, der auch die Ergebnisse der Untersuchungen vom damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover umfasste (NLfB 1966a+b). Im Rahmen dieser Untersuchungen stand ein Messnetz mit 46 Grundwassermessstellen zur Verfügung. Im Jahr 1966 waren 15 Vertikal- und ein Horizontalfilterbrunnen in Betrieb. Im Gegensatz zu den vorherigen Untersuchungen (s.o.) kommt das NLfB (1966a) zu dem Schluss, dass "die Brunnen zu mindestens 50 % uferfiltriertes Delmewasser fördern". Das damalige Entnahmeniveau lag bei rd. 3,5 Mio. m³/a (s.a. Kap. 5.2).

Die inzwischen verantwortliche *Stadtwerke Delmenhorst* legte im Jahr 1996 für das *Wasserwerk 'An den Graften'* einen Antrag zur Grundwasserentnahme in Höhe von 3,0 Mio. m³/a aus 5 Vertikal- und einem Horizontalfilterbrunnen vor. Gleichzeitig wurde die Zulassung des vorzeitigen Beginns mit einer Entnahme von 2,8 Mio. m³/a beantragt. Genehmigt wurde nur der vorzeitige Beginn (BEZ.-REG. 1997), allerdings mit einer Maximalentnahme von 2,6 Mio. m³/a, was in etwa dem Niveau in den Jahren vor der Antragstellung entsprach. Die angestrebte Entnahme von 3,0 Mio. m³/a war gegenüber der vorherigen Bewilligung deutlich geringer, weil eine weitere Entnahme aus einem zweiten Wasserwerk ("*Annenheide*") beantragt wurde. Die zugehörigen hydrogeologi-

schen Untersuchungen (HM, 1996) beinhalteten den Aufbau eines neuen Grundwassermessstellen-Netzes, das im Wesentlichen auch heute noch Bestand hat (s. Kap. 4.6.2). Die in HM (1996) vorgelegten Absenkungsergebnisse wurden bereits unter Einsatz eines numerischen Grundwasserströmungsmodells berechnet.

Im Januar 2011 wurde die Förderung vollständig eingestellt, da das Wasserwerk aus verschiedenen Gründen endgültig stillgelegt werden sollte. Nach starken Regenfällen im nachfolgenden Sommer ist es im September im weiteren Umfeld der Förderbrunnen zu erheblichen Vernässungen mit z.T. offenen Wasserflächen gekommen. Daraufhin wurde vom Rat der *Stadt Delmenhorst* beschlossen, die Entnahme als kurzfristige Gegenmaßnahme mit einer Jahresrate von 2,0 Mio. m³/a wieder aufzunehmen und das geförderte Wasser ungenutzt über den *Hützeberggraben* abzuführen. Die Wiederinbetriebnahme erfolgte am 29.09.2011. Dazu bestehen aktuell Erlaubnisse zur Entnahme von Grundwasser und zum Einleiten von (aufbereitendem) Wasser, die die *Stadt Delmenhorst* am 26.11.2019 und erstmals am 21.11.2011 erteilt hat (FIS WASSER, 2019). Zugelassen sind in der Spitze jeweils 500 m³/h bzw. 4,38 Mio. m³/a.

Mit Ratsbeschluss vom Juni 2015 wurde festgelegt, die Entnahme dauerhaft fortzuführen und das geförderte Grundwasser wieder zur öffentlichen Trinkwasserversorgung zu nutzen.

3.2 Untersuchungen zum vorliegenden Wasserrechtsantrag

Für das vorliegende Gutachten erfolgte zunächst eine Sammlung und Sichtung der vorhandenen geologischen, hydrologischen und geohydrologischen Daten. Auf dieser Grundlage wurden erste Auswertungen vorgenommen und ein Untersuchungskonzept aufgestellt (HMM, 2017). Das Untersuchungskonzept wurde mit dem Auftraggeber sowie den zuständigen Fachbehörden abgestimmt (z.B. im Rahmen der Antragskonferenz / des Scopingtermins im Mai 2018, SWD 2018). Im Laufe des Abstimmungsprozesses ergaben sich Ergänzungen beim Untersuchungsumfang. So wurden beispielsweise weitere Daten erhoben (vollständige Zusammenstellung s. Anhang 1) und die eingesetzten Modelle (geologisches 3D-Untergrundmodell und Grundwasserströmungsmodell) wurden nach Vorgaben des LBEG überarbeitet (z.B. LBEG, 2019).

Die geohydrologischen Untersuchungen im Rahmen des vorliegenden Gutachtens umfassten im Wesentlichen:

- Auswertung der Niederschlags- und Entnahmedaten in Form von Säulendiagrammen.
- Auswertung der Grundwasserstandsdaten in Form von:
 - Ganglinien,
 - Grundwasserhöhen-Gleichenplänen (Kalenderjahre 2004 und 1997) und
 - eines Flurabstandsplanes (Kalenderjahr 2004).
- Aufbau eines dreischichtigen Grundwasserströmungsmodells auf Grundlage des geologischen 3D-Untergrundmodells und bereits bestehender Grundwassermodelle. Stationäre Kalibrierung für das Kalenderjahr 2004. Durchführung verschiedener Modelltests und Sensitivitätsanalysen. Dokumentation siehe Anhang 2.
- Simulation der Zustände "NULL", "IST" (Zeitraum 2012-2017), und "PROGNOSE". Ermittlung der entnahmebedingten Absenkungen ("Ist", "Gesamt" und "Zusatz") und der Reduzierungen der grundwasserbürtigen Abflüsse in oberirdischen Fließgewässern ("Zusatz") durch entsprechende Differenzbildungen.
- Rechnerische Ermittlung der Lage der Grundwasserspiegelfläche in Bezug auf die Geländeoberfläche (Flurabstand) für den "Ist-Zustand" durch Überlagerung der aus Messdaten konstruierten Grundwasserspiegelfläche (Flurabstand) für das Kalenderjahr 2004 (MGW2004) mit der berechneten entnahmebedingten Veränderung der Grundwasserspiegelfläche zwischen 2004 (Entnahme 2,26 Mio. m³/a) und dem "IST-Zustand" (Entnahme 1,90 Mio. m³/a).
- Rechnerische Ermittlung der Lage der Grundwasserspiegelfläche in Bezug auf die Geländeoberfläche (Flurabstand) für den "Null-Zustand" durch Überlagerung der Grundwasserspiegelfläche für den "Ist-Zustand" (Flurabstand, s.o.) mit der Ist-Absenkung.
- Abgrenzung und Bilanzierung des unterirdischen Einzugsgebietes für die beantragte Entnahme von 2,4 Mio. m³/a.

4 Gebietsbeschreibung

4.1 Geografische Lage des Untersuchungsgebietes

Das Wasserwerk 'An den Graften' liegt im südlichen Bereich des Zentrums von *Delmenhorst* zwischen den oberirdischen Fließgewässern *Delme* und *Kleine Delme*. Der in Anlage 1 dargestellte Ausschnitt mit einer Größe von rd. 330 km² entspricht in etwa der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes und umfasst das dargestellte Brutto-Modellgebiet vollständig (Darstellung des aktiven Modellgebietes siehe Anhang 2). In ihm liegen die größeren Ortschaften *Ganderkesee* im Westen, *Huchting* (Ortsteil von *Bremen*) im Osten und *Kirchseelte* im Süden. Die Autobahnen A1 und A28 durchqueren es etwa von Südwesten nach Osten bzw. von Nordwesten nach Osten.

Das Wasserwerk 'An den Graften' soll zukünftig mit 6 Vertikalfilterbrunnen betrieben werden. Die geplanten Standorte liegen südlich des Wasserwerkes innerhalb des Stadtgebietes. Die SWD GmbH betreibt zusätzlich das Wasserwerk *Annenheide*, welches sich ebenfalls im Untersuchungsgebiet befindet. Für dieses liegt eine Bewilligung über eine Grundwasserentnahme in Höhe von 3,2 Mio. m³/a vor. Diese Entnahme ist nicht Gegenstand des Wasserrechtsantrages, da die Gültigkeit der Bewilligung erst im Dezember 2034 endet.

4.2 Morphologie und Nutzung

Naturräumlich zählt das Untersuchungsgebiet zu den Regionen '*Weser-Aller-Flachland*' und '*Ems-Hunte-Geest*' (MU, 2019a). Gemäß einer Gliederung des Bundesamtes für Naturschutz (BfN, 2019) gehört das Untersuchungsgebiet zu den Landschaften "*The-dinghäuser Vorgeest*" (Entnahmestandorte), "*Delmenhorster Geest*" (im Westen) sowie "*Syker Geest*" (im Süden). Den wesentlichen zentralen Bereich bildet die *Thedinghäuser Vorgeest*, die nur geringe Höhenunterschiede aufweist. Kennzeichnend sind regelmäßige Wechsel von flachmoorerfüllten Niederungen und langgestreckten flachen Talsandplatten. Große Teile sind hier bebaut (z.B. Stadtgebiet *Delmenhorst*). Daneben finden sich überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Auch die Geestgebiete haben i.A. nur eine geringe Reliefenergie. Hauptsächlich werden die Flächen ackerbaulich genutzt. Daneben prägen dort aber auch kleinere Waldflächen und mehr oder weniger große Siedlungsbereiche das Landschaftsbild. Im Untersuchungsgebiet gibt es weitere Grundwasserentnahmen (s. Anlage 1). Im Stadtgebiet von *Delmenhorst* und damit in der näheren Umgebung des Wasserwerkes 'An den Graften' befinden sich nur zwei Fassungen, für die relativ große Entnahmerechte existieren (> 100 Tsd. m³/a). Die zugehörigen Brunnen der DLW Flooring GmbH liegen etwa 0,5 und 1,1 km nördlich des Wasserwerkes und es dürfen jeweils maximal 365 Tsd. m³/a gefördert werden. Andere nennenswerte Entnahmen in größerer Entfernung zum Wassergewinnungsgebiet des Wasserwerkes 'An den Graften' sind das Wasserwerk 'Annenheide' der SWD GmbH im Zentrum (LK Oldenburg) sowie einige Förderbrunnen des Wasserwerkes 'Ristedt' der Harzwasserwerke GmbH im Südosten (LK Diepholz) des Untersuchungsgebietes.

Für die Untersuchungen (Modellbelegung und Bestimmung der Grundwasser-Flurabstände) standen die digitalen Geländehöhenmodelle DGM25 und DGM5 (LGLN 2012/16 und 2019, s. Anhang 1) mit Auflösungen von 25 und 5 m zur Verfügung. Letzteres ist in Abb. 1 als 3D-Ansicht dargestellt. Die Geländehöhen liegen in der Geest

meist zwischen 25 und 40 mNN. In Richtung Nordosten fällt das Gelände in der Niederung auf Werte von deutlich unter 10 m mNN ab.

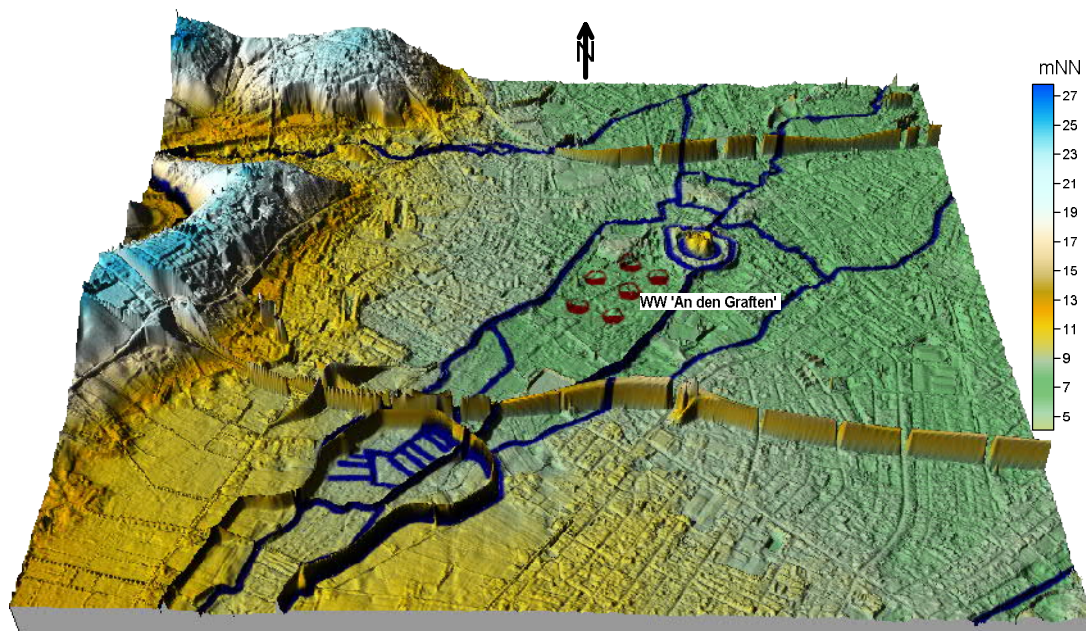


Abb. 1: Digitales Geländemodell 5 (LGLN, 2019)

4.3 Niederschlag

Zur Charakterisierung jährlicher und mehrjähriger Witterungssituationen im Projektgebiet dienen hier die Niederschlagswerte für die Station "Bremen-Flughafen" des *Deutschen Wetterdienstes*, *Offenbach*. Abbildung 2 zeigt die Niederschlagssummen für Wasserwirtschafts- (Nov.-Okt.), Sommerhalb- (Mai-Okt.) und Winterhalbjahre (Nov.-Apr.); die Anlagen 4 und 6 für Kalender- und Winterhalbjahre der 26-jährigen Zeitreihe 1994 bis 2019.

Der langjährig mittlere Jahresniederschlag (Wasserwirtschaftsjahre) beträgt 673 mm (Jahresreihe 94/19), der sich im Verhältnis 371 mm (Sommer) zu 302 mm (Winter) aufteilt. Die Jahreswerte schwanken in diesem Zeitraum zwischen 427 mm (1996) und 1.036 mm (2002) mehr oder minder stark um den langjährigen Mittelwert.

Insbesondere die Niederschläge in den Wintermonaten bestimmen die Grundwasserneubildung und damit auch die Regeneration des Grundwasserstandes nach der Vegetationsperiode. So führten beispielsweise die sehr geringen Niederschläge im Winterhalbjahr 1996 (123 mm) maßgeblich zu den niedrigen Grundwasserspiegeln am Anfang der Vegetationsperioden der Jahre 1996 und z.T. auch noch 1997 (s. Anlagen 4.1 und 4.5). Umgekehrt waren die starken Niederschläge in den Winterhalbjahren 1994

und 1995 der Grund für die sehr hohen Grundwasserstände zu Beginn der entsprechenden Vegetationshalbjahre. Besonders offensichtlich wird dies in Bereichen mit mittleren bis großen Grundwasserflurabständen. In Niederungsgebieten mit dort meist geringen Flurabständen ist der Effekt wegen der stützenden Wirkung des oberirdischen Fließgewässersystems deutlich weniger stark ausgeprägt. Des Weiteren ist zu erkennen, dass seit etwa dem Jahr 2009 die für die Grundwasserneubildung maßgeblichen Winterniederschläge häufig und dann auch meist deutlich unter dem langjährigen Mittelwert lagen. Auch dies hat sich im Niederungsgebiet nur geringfügig auf die Grundwasserstände ausgewirkt

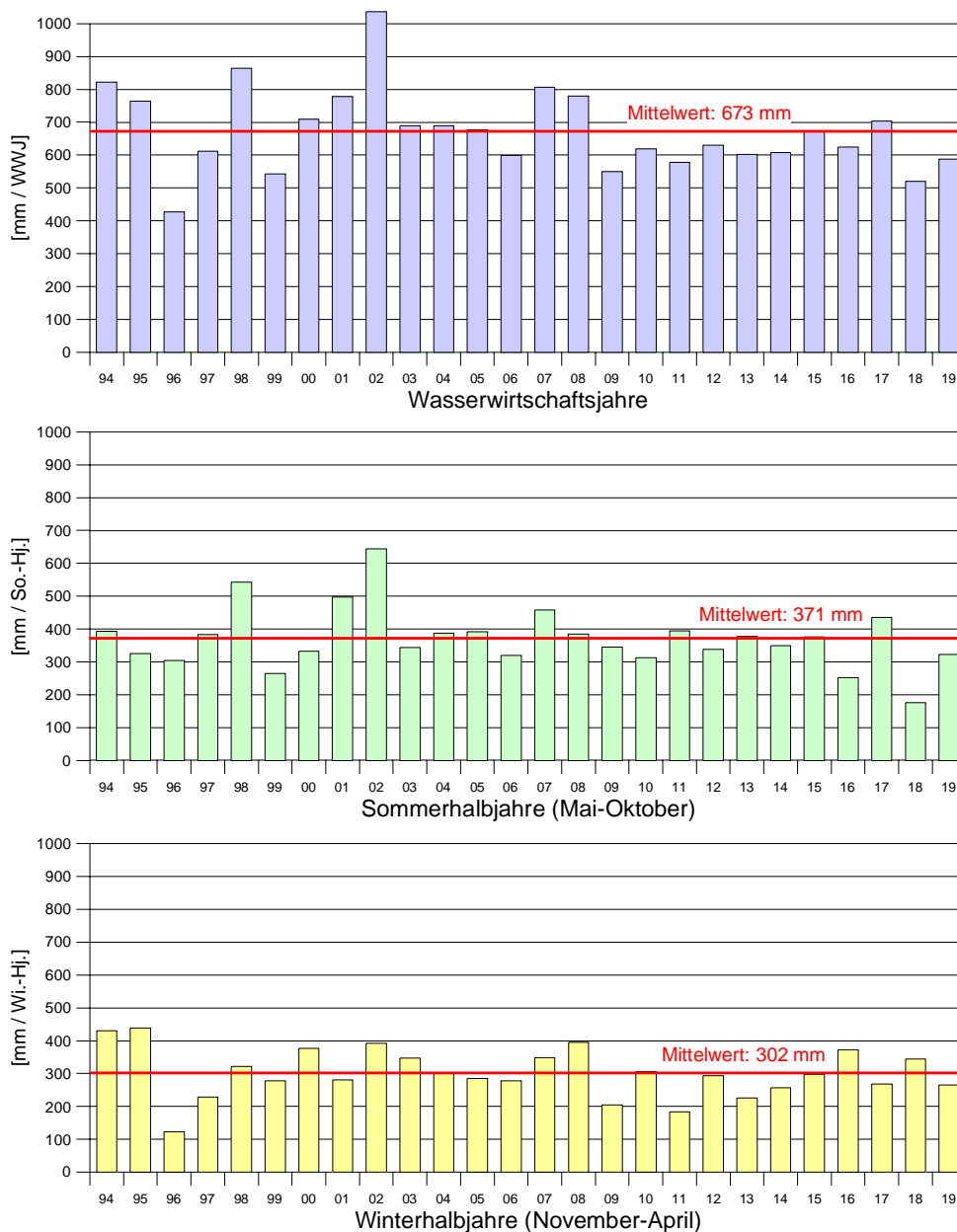


Abb. 2: Niederschlag an der Station "Bremen-Flughafen" des DWD (Summen für Wasserwirtschafts-, Sommer- und Winterhalbjahr)

Zur Beurteilung aktueller Grundwasserstände sollten immer die vorhergehenden mittelfristigen (mindestens ein bis zwei Jahre, bei sehr großen Grundwasserflurabständen ggf. noch länger) Witterungsbedingungen herangezogen werden. Grundwasserspiegel-Vergleiche, z.B. zur Bestimmung entnahmebedingter Absenkungen, sind nach Möglichkeit anhand von langjährigen Mittelwerten aus hydrologisch ähnlichen Zeitperioden durchzuführen, um den Witterungseinfluss gering zu halten.

In Abbildung 3 sind mittlere monatliche Niederschlagssummen für die Jahresreihe 1994/2019 dargestellt. Auffällig sind die unterdurchschnittlichen Niederschläge am Ende des Winterhalbjahres und die relativ hohen Niederschläge in den Sommermonaten Juli und August.

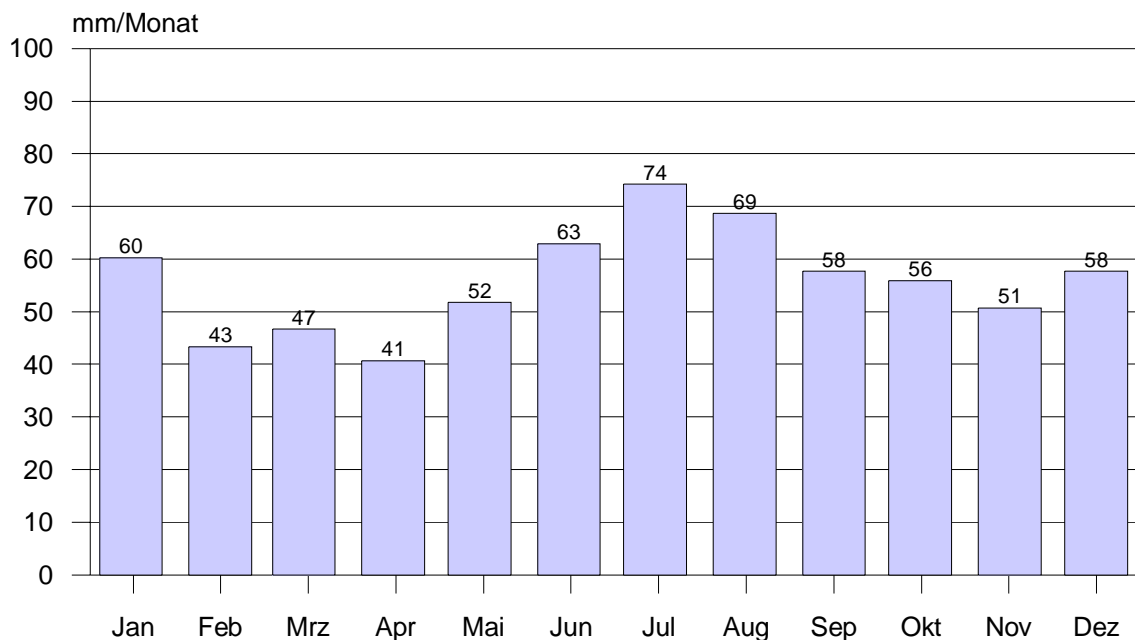


Abb. 3: Mittlere monatliche Niederschläge der Jahresreihe 1994/2019 für die DWD-Station *Bremen-Flughafen*

4.4 Oberirdisches Fließgewässersystem

Das Untersuchungsgebiet wird von einigen oberirdischen Fließgewässern (z.B. *Delme*, *Dünsener Bach* und *Welse*) mit ihren Nebenbächen und -gräben etwa von Südwest nach Nordost durchströmt (s. Anlage 1.2). Sie beeinflussen das ober- und unterirdische Abflussgeschehen im Untersuchungsgebiet maßgeblich. Die Fassungsanlage 'An den Graften' liegt zwischen der *Delme* und der *Kleinen Delme*. Nach dem Zusammenfluss von *Welse* und *Delme*, mündet die *Delme* schließlich in die *Ochtum*.

Im Zuge von Hochwasserschutz-Projekten für die *Stadt Delmenhorst* wurden zahlreiche Messungen durchgeführt (s. Anhang 1), z.B. auch im Zusammenhang mit dem Bau des Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) südwestlich des *Wasserwerkes 'An den Graften'* (ein Probetrieb wurde bereits durchgeführt). Die Datenlage ist allerdings als sehr heterogen zu bezeichnen. Die vorliegenden Querprofilaufnahmen wurden für den geometrischen Aufbau des Grundwasserströmungsmodells genutzt (s. Anhang 2).

Im Rahmen von Voruntersuchungen (HMM, 2017) zum vorliegenden Gutachten wurde empfohlen, für den anstehenden Wasserrechtsantrag und die zukünftige Beweissicherung seitens der SWD GmbH 4 Abflusspegel zu betreiben (W1, W2, D6 und H3, siehe Anlage 1.2), die z.T. auch schon länger existierten (MC, 2020). Die Umsetzung ist bereits erfolgt: Seit Juli 2017 werden dort kontinuierliche Wasserstandsmessungen (Druckmessdose mit Datenlogger) sowie zu geeigneten Zeitpunkten Abflussmessungen zur Pflege und zum Aufbau von Schlüsselkurven durch das Büro Matheja Consult, Burgwedel durchgeführt (MC 2020).

Zusammen mit dem vom NLWKN, Bst. Brake-Oldenburg betriebenen Abflusspegel D1 ('Holzkamp', *Delme*) ist damit eine Bilanzierung der wesentlichen Zu- und Abströme im zentralen Untersuchungs- bzw. im Aussagegebiet für das *Wasserwerk 'An den Graften'* möglich: Der Zustrom über *Welse* und *Delme* wird an den Abflusspegeln D1 und W1, der Abstrom über *Delme*, *Welse* und *Hoyersgraben* an den Abflusspegeln W2, D6 und H3 kontrolliert.

Auf Basis der vorliegenden tagesgemittelten Abflusswerte für den NLWKN-Pegel 'Holzkamp' (*Delme*) wurden folgende langjährige Mittelwerte für den zur Verfügung stehenden Zeitraum 1967 bis 2017 ermittelt:

- MQ: 935 l/s - Mittel über alle Tageswerte.
- MoMNQ: 562 l/s - Mittel über alle monatlichen Minima (MoNQ). Gemäß WUNDT (1958) entspricht dieser Wert näherungsweise dem mittleren unterirdischen Grundwasserzustrom (grundwasserbürtiger Abfluss oder Basisabfluss).
- MN7Q: 355 l/s - Mittel über alle niedrigsten arithmetischen Mittel von 7 aufeinanderfolgenden Tageswerten innerhalb der Zeitabschnitte 1. April bis 31. März (Empfehlung gemäß DVWK 1983) eines jeden Jahres.

Die diesen langjährigen Mittelwerten zugrunde liegenden Werte für die Einzeljahre (Wasserwirtschaftsjahr bzw. Zeitabschnitt 1. April bis 31. März) sind in Anlage 6 grafisch dargestellt. Die Ganglinienverläufe korrespondieren sehr gut mit der jeweiligen Witterungssituation. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang noch einmal die aktuell trockene Situation seit etwa 2009 angesprochen (s. Kap. 4.3): Wie auch bei den Niederschlägen befinden sich die Abflusswerte in diesem Zeitabschnitt häufig unterhalb

der jeweiligen langfristigen Durchschnittswerte. Es zeigt sich aber auch, dass die siebziger und zeitweise auch die neunziger Jahre ähnlich trocken waren.

Der Pegel 'Holzkamp' hat ein zugehöriges Einzugsgebiet von 103 km². Damit ergibt sich eine grundwasserbürtige Abflussspende (MoMNq) von 5,5 l/(s*km²), was einer mittleren Grundwasserneubildung von 173 mm entspricht. In NLÖ (1998) wird ein gebietstypischer Werte für MNq (MNQ: Mittel über alle Jahresminima einer Zeitreihe) für die Hydrologische Landschaft *Wildeshauser Geest* von ca. 2,6 l/(s*km²) angegeben. Für den Pegel 'Holzkamp' ergibt sich ein ähnlicher MNq-Wert von 3,2 l/(s*km²).

4.5 Geologie / Hydrogeologie

Beschreibungen der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten im Bereich des zum *Wasserwerk 'An den Graften'* gehörenden Wassergewinnungsgebietes enthalten bereits zahlreiche Berichte und Gutachten (z.B. RISTOW, 1960, NlFB 1966b, HM 1996).

Grundlage der hier vorgelegten geohydrologischen Untersuchungen zum aktuellen Wasserrechtsantrag war u.a. ein geologisches 3D-Untergrundmodell mit Stand vom Juli 2019, in dem die bisherigen sowie neueren geologischen und hydrogeologischen Erkenntnisse in bestmöglicher Weise zusammengeführt sind. Eine ausführliche Beschreibung dazu enthält der Bericht zur "Geologischen 3D-Untergrundmodellierung im Bereich Delmenhorst" (NIWA, 2017), siehe Anhang 3. Bei der Modellierung wird der Untergrund in "geologische Modelleinheiten", jeweils mit Definition von Top und Basis gegliedert. Dabei sind die geologischen Einheiten auch den sogenannten "Hydrostratigraphischen Einheiten" gemäß REUTTER (2011) zugeordnet.

Einen Überblick der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet geben hier die nachfolgend genannten Darstellungen. Sie wurden im Wesentlichen auf Grundlage der digital zur Verfügung gestellten Daten aus dem Untergrundmodell erzeugt:

- Anlage 2.1: Deckschicht-Verbreitung (drenthezeitlicher Geschiebelehm) mit hangenden (schwebenden) Grundwasserleitern
- Anlage 2.2: Wassererfüllte Mächtigkeit des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes
- Anlage 3: Hydrogeologische Schnitte A-A' bis C-C'
- Anhang 2: Anlage 2.1-2.5: Geometrie des Grundwassermodells

Zusammengefasst stellt sich der hydrogeologische Untergrundaufbau im Untersuchungsgebiet wie folgt dar:

Anlage 2.1 im Anhang 2 zeigt eine Darstellung der Gesamtmächtigkeit der quartären Ablagerungen (Lockergesteine). Liegende Schichten (tonig-schluffige Sedimente des Miozäns) sind mindestens als gering wasserleitend einzustufen (Grundwasserhemmer). Die Quartärbasis hat ein ausgeprägtes Relief. Dadurch ergeben sich deutlich unterschiedliche Mächtigkeiten innerhalb des Modellgebietes. Gut erkennbar ist eine rinnenartige Struktur, die sich etwa zentral von Nord nach Süd erstreckt. Im Umfeld der *Graft* und nördlich davon werden Werte von deutlich über 100 m erreicht. Bereichsweise gehen die Mächtigkeiten auf Werte von weniger als 40 m zurück (z.B. westlich der *Graft* oder bei *Ganderkesee*).

Der generelle vertikale Aufbau des quartären Grundwasserleiters wird anhand der geologischen Schnitte in den Anlagen 3.1 bis 3.3 ersichtlich. Wesentlich aus hydrogeologischer Sicht sind die grundwasserleitenden hydrostratigrafischen Einheiten L1.3 (überwiegend fluviatile Sedimente der Weichsel-Kaltzeit), L3 (drenthezeitliche Schmelzwassersande und -kiese) und L4.1/L4.2 (altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese) sowie die zwischen den Einheiten L3 und L4.1/L4.2 bereichsweise eingelagerten Grundwasserhemmer "Lauenburger Ton" und "Lauenburger Randfazies" (H4.1). Die Hemmer führen örtlich zu einer Stockwerksgliederung. Das Gesamtpaket der quartären Sedimente wird bis zu ggf. oberflächennah anstehenden Grundwasserhemmern (Deckschicht, z.B. drenthezeitlicher Geschiebelehm im Westen und Süden) oder Stauschichten im Bodenbereich im Folgenden auch als Hauptgrundwasserleiter-Komplex bezeichnet, unabhängig davon, ob örtlich eine Stockwerksgliederung gegeben ist oder nicht. Großräumig handelt es sich bei diesem Komplex um einen zusammenhängenden Grundwasserleiter. Insbesondere im zentralen Untersuchungsgebiet sind nur lokal mehr oder weniger mächtige Grundwasserhemmer als Zwischenschicht ausgebildet.

Im Hinblick auf die Simulation der Grundwasserströmung mit einem Grundwassermodell wurde folgende dreischichtige hydrogeologische Modellvorstellung entwickelt:

- **Schicht 1** (Mächtigkeitsverteilung s. Anlage 2.2 im Anhang 2): Zusammenfassung der obersten geologischen Einheiten bis einschließlich der drenthezeitlichen Schmelzwasserablagerungen (qdgf). Im Bereich der Geest mit dort häufiger vorkommendem drenthezeitlichen Geschiebelehm (qdlg) liegt der Grundwasserspiegel entweder frei unterhalb dieses Grundwasserhemmers ("Deckschicht"), also innerhalb der hydrostratigrafischen Einheit L3 (Schnitt B-B', Anlage 3.2) oder teilgespannt innerhalb der Deckschicht (Schnitt C-C', Anlage 3.3). In der Niederung befindet er sich im Wesentlichen innerhalb der hydrostratigrafischen Einheiten L1.3 (weichselzeitliche Sande) oder L3, dort i.d.R. frei ohne hangender Deckschicht aus Geschiebelehm.

- **Schicht 2** (Mächtigkeitsverteilung s. Anlage 2.3 im Anhang 2): Grundwasserhemmschichten aus Lauenburger Ton, dessen Randfazies oder (untergeordnet) elsterzeitlichem Geschiebelehm ("Zwischenschichtpaket"). Diese Schichten finden sich hauptsächlich im Süden in der *Syker Geest* und auch nördlich der Stadt *Delmenhorst* (Schnitt A-A', Anlage 3.1). Dort ist der Grundwasserleiter in 2 Stockwerke gegliedert, sofern die Zwischenschicht hydraulisch wirksam ist.
- **Schicht 3** (Mächtigkeitsverteilung s. Anlage 2.4 im Anhang 2): Altpleistozäne und elsterzeitliche Sand und Kiese (qp-qe//gf).

In der Geest gibt es häufig die Situation, dass sich oberhalb des drenthezeitlichen Geschiebelehms Flug- und Geschiebedecksand der Weichselkaltzeit befindet, was örtlich zu schwebenden Grundwasserleitern führen kann (Anlage 2.1). Sind diese – ggf. nur zeitweise – mit Grundwasser gefüllt, ergeben sich sogenannte (schwebende) Grundwasserräume (DIN 4049-3 1994). Diese werden bei den nachfolgenden Untersuchungen nicht erfasst, da sie nur inselhaft verbreitet sind und keine Grundwasserspiegelmessungen existieren. Die Aussagen beziehen sich hier deshalb immer auf den "Hauptgrundwasserleiter-Komplex", der alle genannten Grundwasserleiter bis auf die schwebenden umfasst. Dies ist bei der Interpretation von Flurabständen und entnahmebedingten Absenkungen zu berücksichtigen (s. Hinweise in den entsprechenden Kartendarstellungen). Die bereichsweise auftretenden Stockwerksgliederungen (Verbreitung der Schicht 2) spielen hier nur eine untergeordnete Rolle, weil sie sich größtenteils außerhalb des Auswirkungsbereiches (Aussagegebiet) befinden.

Anlage 2.2 zeigt die wassererfüllte Mächtigkeit des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes. Diese ergibt sich aus der Differenz der mittleren Grundwasserspiegelfläche für das Kalenderjahr 2004 (s. Kap. 4.6.4 und Anlage 5) und der Basis des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes (Quartärbasis). Meist beträgt die wassererfüllte Mächtigkeit mehr als 20 m. Nur im Süden wird örtlich ein kleinerer Wert erreicht. Im zentralen Untersuchungsgebiet ergeben sich entlang der schon angesprochenen rinnenartigen Struktur Werte von über 100 m, was auch im hydrogeologischen Schnitt A-A' (Anlage 3.1) ersichtlich wird. Die geplanten Förderstandorte für das *Wasserwerk 'An den Graften'* liegen an der Westflanke dieser Rinnenstruktur.

4.6 Geohydrologie

4.6.1 Grundwasserneubildung

Für die geohydrologischen Untersuchungen – insbesondere zur Datenbelegung des eingesetzten Grundwasserströmungsmodells (s. Anhang 2) - ist die Kenntnis der Grundwasserneubildung erforderlich. Als Grundlage diente eine Auswertung des LBEG (2017) nach dem Verfahren GROWA06-V2 (LEMKE & ELBRACHT, 2008). Diese Methode liefert eine örtlich differenzierte, langfristig mittlere Grundwasserneubildung und berücksichtigt u.a. den Einfluss von Niederschlag, Bodenart, Landnutzung sowie Oberflächenabfluss.

Das Ergebnis dieser Auswertung des LBEG ist in Anlage 3 im Anhang 2 dargestellt. Demnach überwiegen Werte zwischen 100 und 300 mm/a. Über das aktive Modelgebiet (s. Anhang 2) ergibt sich ein jährliches Volumen von rd. 31,60 Mio. m³, was zu einem mittleren Grundwasserneubildungswert von 174 mm/a führt.

4.6.2 Grundwassermessstellennetz

Das in den Jahren 1994 bis 1997 neu aufgebaute Messstellennetz der SWD GmbH ist in Anlage 1.1 vollständig (Übersichtsplan für das gesamte Messnetz) sowie in Anlage 1.2 ausschnittsweise (Lageplan für den Hauptbereich des *Wasserwerkes 'An den Graften'*) dargestellt. Im Untersuchungsgebiet existieren weitere Messnetze (s.a. Anhang 1, Thema 7), für die Grundwasserstandsdaten beschafft wurden.

Die *Stadt Delmenhorst* hat das Monitoring in ihrem Messnetz nach Oktober 2014 stark eingeschränkt. Seitdem werden seitens der Stadt lediglich 22 Messstellen (auch SWD-Messstellen) regelmäßig beobachtet. Wesentliches Ziel ist es, ggf. auftretende Vernäsuren im Bereich der *Graft* und den *Wiekhornwiesen* zu dokumentieren. An den anderen Messstellen erfolgte nur noch eine Messung im September 2015. Auch die Beobachtung einiger Messstellen der SWD GmbH (in größerer Entfernung zum Fassungsgebiet) wurde eingestellt, und zwar im Jahr 2011. Im Zuge der Voruntersuchungen (HMM 2017) wurde der SWD GmbH empfohlen, die Messungen (auch an den meisten Messstellen der *Stadt Delmenhorst*) wieder aufzunehmen. Dies wurde inzwischen bereits umgesetzt. Zusätzlich wurde gemäß der Empfehlung in HMM (2017) das Messnetz geringfügig erweitert. Es handelt sich um die Messstellen mit den Nummern 233 bis 239 an gänzlich neuen Standorten oder an Standorten mit zerstörten Messstellen (s. Anlagen 1.1 und 1.2). Sie dienen insbesondere der sicheren Konstruktion von

Grundwasserhöhen-Gleichenplänen (Grundlage für die Ermittlung von Flurabständen und Einzugsgebieten) und später ggf. auch zum Nachweis entnahmebedingter Absenkungen aus Messdaten.

4.6.3 Grundwasserstandsganglinien

Beispielhaft sind in den Anlagen 4.1-4.5 langjährige Grundwasserspiegel-Ganglinien für Messstellen der SWD GmbH, der *Stadt Delmenhorst* und des NLWKN in Verbindung mit Balkendiagrammen für Jahresniederschlag und Jahresentnahme dargestellt. Die Auswahl (gekennzeichnete Lage dieser Messstellen siehe Anlagen 1.1 und 1.2) berücksichtigt sowohl mehr oder weniger von den Entnahmen der SWD GmbH beeinflusste als auch sicher unbeeinflusste Messstellen. Aufgrund der meist geringen bis mittleren Grundwasserflurabstände im Wassergewinnungsgebiet zeigen nahezu alle Grundwasserspiegelganglinien einen mehr oder weniger ausgeprägten, natürlichen Jahresgang. Die Spannweite innerhalb eines Jahres liegt meist zwischen rd. 0,5 bis 1,5 m. Örtlich und in Einzeljahren kann die innerjährliche Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert aber auch bis zu rd. 2 m betragen.

Es zeigen sich grundsätzlich unterschiedliche Ganglinien-Charakteristiken im Untersuchungsgebiet:

- In Vorfluter-Nähe (z.B. Messstellen 205 und 215, Anlage 4.2): Sichtbarer jahreszeitlicher Gang mit überlagerten kurzzeitigen Ausschlägen, aber keine visuell erkennbaren Reaktionen auf längere Trocken-/Nassphasen. Ggf. Kappung im Bereich der Maximalwerte.
- Bereiche mit geringen bis mittleren Grundwasserflurabständen (z.B. Messstellen S053 und 22, Anlagen 4.1 und 4.3): Deutlich sichtbarer Jahresgang mit einer Spannweite von 0,5 bis 2,0 Meter. Eine Reaktion auf länger anhaltende Trocken-/Nassphasen ist nur andeutungsweise erkennbar.
- Bereiche mit mittleren bis großen Grundwasserflurabständen im Übergangsbereich zur Geest oder in der Geest (z.B. Messstelle 212 und 221, Anlagen 4.4 und 4.5): Ausgeprägter Jahresgang mit einer Spannweite von meist rd. 0,5 - 1,0 m. Der Grundwasserspiegel reagiert deutlich auf länger andauernde Trocken-/Nassphasen, so dass die witterungsbedingte Gesamt-Spannweite (rd. 1,5 bis 2 m) deutlich größer ist als die jahreszeitliche "Normalschwankung".
- Geestgebiet mit großen bis sehr großen Grundwasserflurabständen (z.B. Messstellen S057 und 227, Anlage 4.5): Die jahreszeitliche Schwankung ist i.d.R. deutlich gedämpft (< 0,5 m). Die demgegenüber viel größere Gesamt-Spannweite von mehr als 2 m ergibt sich infolge außergewöhnlicher Witterungsverhältnisse zu verschiedenen Zeitpunkten (z.B. zwischen Anfang 2009 und Ende 2019).

- In der Nähe von Förderbrunnen (z.B. Messstelle 5, Anlage 4.2): Der natürliche Verlauf ist hier deutlich überprägt durch den Einfluss der Grundwasserentnahme (besonderes Beispiel ist das Jahr 2011, nach Stilllegung und Wiederinbetriebnahme des *Wasserwerkes 'An den Graften'*).

Aufgrund der anhaltend trockenen Witterungsbedingungen (s. Kap. 4.3) befanden sich die Grundwasserspiegel - insbesondere in der Geest und im Übergangsbereich Niederung-Geest – zwischen 2009 und 2019 mit kurzen Unterbrechungen auf einem niedrigen bis sehr niedrigen Niveau.

Generell gibt es nur wenige Messstellen-Paare mit denen die hydraulische Wirksamkeit von Zwischenschichten innerhalb des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes (Schicht 2, s. Kap. 4.5) beurteilt werden kann. Die Messstellen-Paare S049A/B (im Norden, Darstellung in Anlage 4.1) und 231/232 (westlich des *Wasserwerkes 'An den Graften'*, Darstellung in Anlage 4.4) zeigen hydraulisch keine bedeutenden vertikalen Gradienten. Nur im Süden in der *Syker Geest* ist die hydraulische Wirksamkeit der dort ausgeprägt vorhandenen Zwischenschicht lokal anhand von einigen Messstellen-Paaren des OOWV eindeutig nachweisbar. Zudem herrschen durch den unvollkommenen Ausbau in der näheren Umgebung der Förderbrunnen ausgeprägte dreidimensionale Strömungen vor. Auch im Nahbereich von stark wirkenden Vorflutern sind deutliche vertikale Strömungskomponenten vorhanden.

4.6.4 Grundwasserhöhen-Gleichenplan

Auf Grundlage der Grundwasserspiegel-Mittelwerte für das Kalenderjahr 2004, das in etwa geohydrologisch mittlere Verhältnisse repräsentiert, wurde der in Anlage 5 dargestellte Grundwasserhöhen-Gleichenplan für den Hauptgrundwasserleiter-Komplex erstellt. Dabei wurde der Einfluss des oberirdischen Fließgewässersystems (insbesondere *Klosterbach, Dünsener Bach, Delme* und *Welse*) unter Einbeziehung der Modellergebnisse im Rahmen der Kalibrierung berücksichtigt. Auch auf die Plausibilität der sich ergebenden Grundwasserflurabstände wurde geachtet (Vermeidung negativer Werte in Bereichen ohne Deckschicht und Vorfluter). In den überwiegenden Bereichen (insbesondere im zentralen Untersuchungsgebiet) repräsentiert diese Grundwasserspiegelfläche den oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes. Insbesondere in der südlichen *Syker Geest* wurden in einem flächenmäßig größeren Bereich aber auch Messstellen zur Konstruktion der Grundwasserspiegelfläche verwendet, die im unteren Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes oder im unteren Grundwasserstockwerk verfiltert sind. Insgesamt erscheint der Grundwasserhöhen-Gleichenplan dort

plausibel. Eine weitergehende Betrachtung ist im Rahmen der hier vorgelegten geohydrologischen Untersuchungen für das *Wasserwerk 'An den Graften'* nicht erforderlich.

Die generellen Grundwasserströmungsverhältnisse lassen sich auf Grundlage des Grundwasserhöhen-Gleichenplanes wie folgt beschreiben: Die Grundwasserspiegelfläche fällt von den höchsten Niveaus im Südwesten (bis zu rd. 38 mNN) und im Süden (bis zu rd. 28 mNN) auf ca. 3 bis 4 mNN im Nordosten ab. Entsprechend ist die Grundwasserströmung generell von den im Westen und Süden gelegenen Geestbereichen nach Nordosten hin zur *Ochtum*-Niederung ausgerichtet. Dabei gelangt ein Teil des im Untersuchungsgebiet neu gebildeten Grundwassers in die oberirdischen Fließgewässer (z.B. *Delme*, *Dünsener Bach*, Entwässerungsgräben). Ein weiterer Teil wird von den Förderbrunnen der Trinkwasserversorger und – in relativ geringem Maße – den sonstigen Brunnen (Industrie / Gewerbe / Feldberegnung) abgefangen. Die genannten Senken sind umso ausgeprägter, je stärker die Linien gleicher Grundwasserspiegel entgegen der allgemeinen Fließrichtung "zurückspringen".

4.6.5 Grundwasser-Flurabstand

Zur Bestimmung des Grundwasser-Flurabstandes im gesamten Untersuchungsgebiet (ebenfalls in Anlage 5 dargestellt) wurde das "Digitale Geländehöhenmodell 25" (DGM 25) des *Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, Hannover* (LGLN, 2012/16) verwendet. Diesem Höhenmodell liegt eine Rasterweite von 25 m zugrunde. Die dargestellten Grundwasserflurabstände ergeben sich aus der Differenz zwischen dem DGM25 und der aus Messdaten interpolierten Grundwasserspiegelfläche für das Jahr 2004. Große Grundwasserflurabstände mit Beträgen von mehr als 5 m finden sich ausschließlich im Bereich der Geest. Im Umfeld des *Wasserwerkes 'An den Graften'* und im Stadtgebiet überwiegen Grundwasserflurabstände zwischen einem und zwei Meter. In südwestlicher Richtung zum Hochwasserrückhaltebecken hin findet sich häufig auch der Wertebereich "< 1 m" (*Delme*-Niederung mit *Wiekhornwiesen*). Es ist anzunehmen, dass bereichsweise der Grundwasser-Flurabstand in der Nähe der Bäche und Entwässerungsgräben, die z.T. tief in das Gelände einschneiden, größer ist als dargestellt (möglich dort, wo eindeutig effluente Verhältnisse vorherrschen). Eine rechnerische Ermittlung der Flurabstände durch Interpolation ist im Nahbereich der Bäche und Entwässerungsgräben aufgrund des größeren (unbekannten) Wasserspiegelgefälles in unmittelbarer Nähe der Vorfluter nur angenähert möglich.

5 Wirkung der GW-Entnahme auf den Grundwasserstand

5.1 Allgemeines

Einer Grundwasserentnahme ist generell ein Absenkungsbereich und ein unterirdisches Einzugsgebiet zuzuordnen. In Abbildung 4 sind die Begriffe in einer schematisierten Darstellung verdeutlicht.

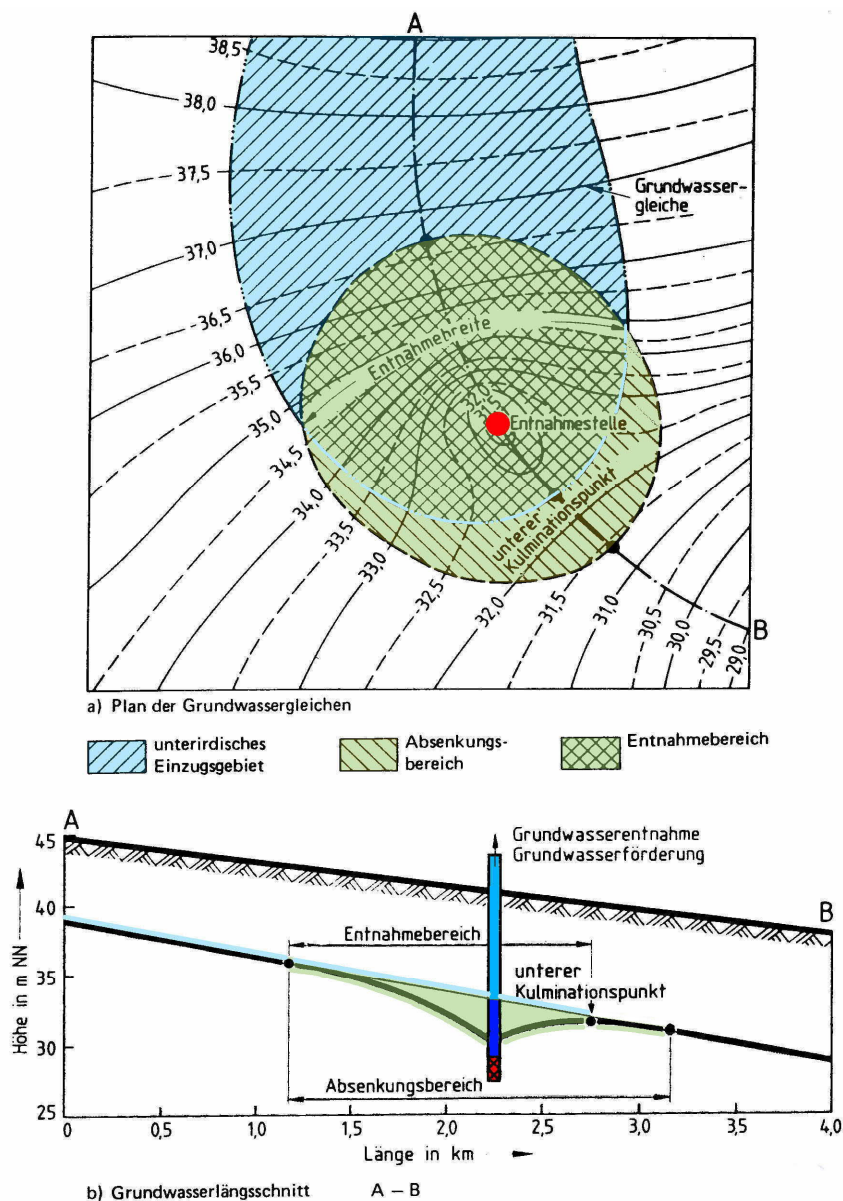


Abb. 4: Auswirkung einer Grundwasserentnahme (Grundlage: ältere Ausgabe der DIN 4049)

Absenkungsbereich oder Absenkungsgebiet:

Der Bereich, in dem eine Grundwasserabsenkung nachweisbar ist. Eine Absenkung einer Grundwasserspiegelfläche entsteht durch die Entnahme von Grundwasser aus Förderbrunnen, aber z.B. auch durch das Anlegen von Entwässerungsgräben.

Das Absenkungsgebiet beschreibt die eigentliche Wirkungsfläche einer Grundwasserentnahme. In dieser Fläche müssen in einem Wasserrechtsverfahren die Wirkung der beantragten Grundwasserförderung auf das Grundwasser und in Bereichen mit geringen Grundwasserflurabständen auf den Boden, den Naturhaushalt und das Landschaftsbild untersucht und beurteilt werden. Eine anthropogen verursachte Grundwasserabsenkung ist i.d.R. nur mit einer Genauigkeit von 2 bis 3 dm ermittelbar (s.a. ECKL & RAISSI, 2009). Für die weitergehenden bodenkundlichen und naturschutzfachlichen Untersuchungen muss deshalb ein Saumbereich definiert werden, der auch kleinere Absenkungen berücksichtigt. Es ist weiterhin zu beachten, dass auch außerhalb der darstellbaren Absenkungreichweite liegende oberirdische Fließgewässer beeinflusst sein können (Reduzierung des Basisabflusses).

Unterirdisches Einzugsgebiet:

Durch unterirdische Wasserscheiden (Trennstromlinien) begrenztes Gebiet, aus dem Grundwasser einem bestimmten Ort (allg. Senke, hier Förderbrunnen) zuströmt.

5.2 Entwicklung der Grundwasserförderung

Das *Wasserwerk 'An den Graften'* ist seit 1910 in Betrieb. Die Entwicklung der Förderung seit 1962 zeigt Abb. 5. Der bisherige Spitzenwert von rd. 4,1 Mio. m³/a wurde im Jahr 1973 erreicht. Nach dem Bau des zweiten *Wasserwerkes 'Annenheide'* in den Jahren 1974/75 reduzierte sich die Entnahme deutlich auf ein durchschnittliches Niveau von etwa 2,5 Mio. m³/a zwischen 1975 und 2010. Dabei nahm die Entnahme über diesen Zeitraum tendenziell ab. 1995 erfolgte die dauerhafte Außerbetriebnahme des Brunnens 2. Im Januar 2011 wurde die Förderung komplett eingestellt, da das Wasserwerk aus verschiedenen Gründen endgültig stillgelegt werden sollte. Die Wiederinbetriebnahme erfolgte am 29.09.2011 (s. dazu Kap. 3.1). Dabei wurde der Horizontalfilterbrunnen B6 wegen einer Beschädigung der Rohwasserleitung nicht mehr eingesetzt. Auch bei den Brunnen 1, 4 und 5 gab es in den Folgejahren technische Probleme.

me. Eine Sanierung blieb erfolglos. In der zweiten Hälfte des Jahres 2016 wurden die provisorischen Brunnen 1A-D und 2A-D (an den entsprechenden Standorten 1 und 2) sowie der Ersatzbrunnen 5 hergestellt, um die Förderung von 2 Mio. m³/a aufrecht halten zu können. Die Filterstellungen der neuen Brunnen befinden sich 6 bis 12 (provisorische Brunnen) und 9 bis 18 m (Ersatzbrunnen 5) unter Gelände. Der weiterhin noch betriebene Brunnen 3 ist in einer Tiefe von 25 bis 37 m u. GOK verfiltert.

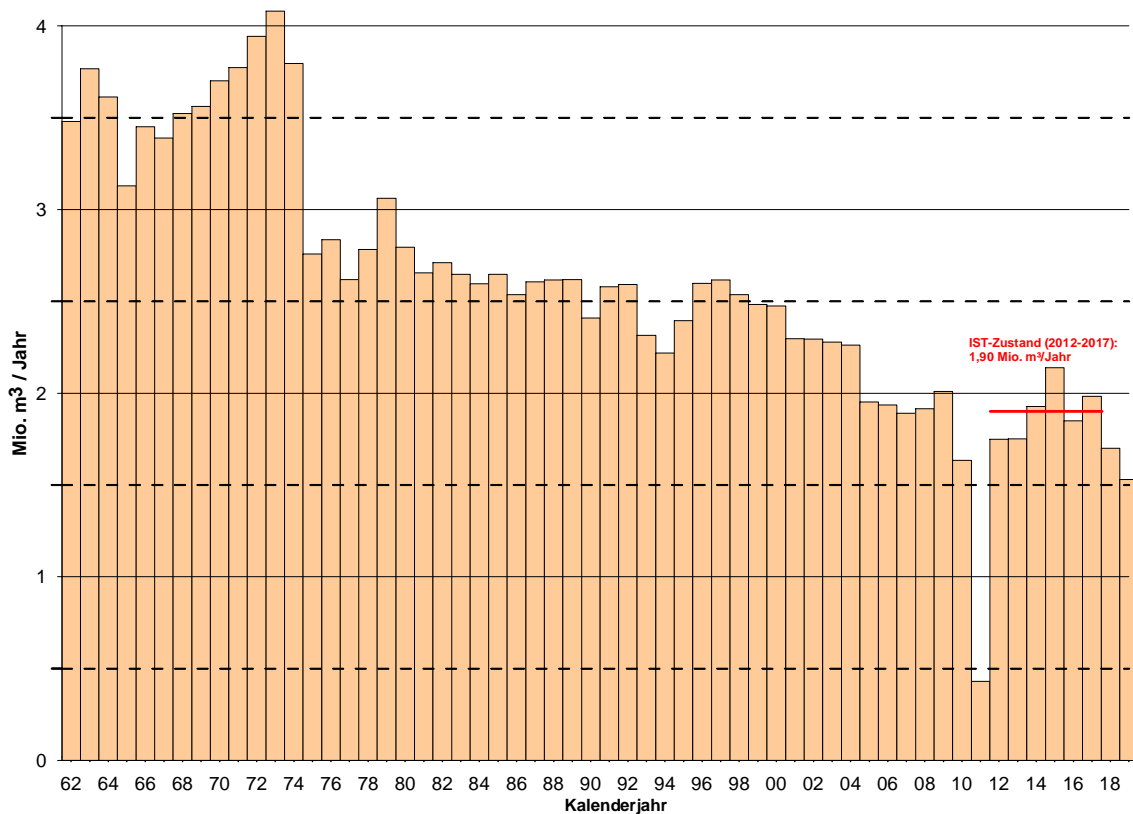


Abb. 5: Jahresentnahmen Wasserwerk 'An den Graften'

Zukünftig soll das Wasserwerk mit 6 Vertikalfilterbrunnen betrieben werden. Dabei sollen die bisherigen Förderbrunnenstandorte 1-3 sowie 5 ungefähr erhalten bleiben und zwei weitere Standorte sollen in südlicher Richtung neu erschlossen werden (s. Anlage 1.3 und Lageplan im Kap. 8 zum Wasserrechtsantrag). Der endgültige Ausbau der neu abzuteufenden Förderbrunnen ist noch nicht festgelegt. Angestrebt wird, die Filter möglichst tief zu setzen, um das Schutzpotential soweit wie möglich zu erhöhen. Bei der Standortwahl wurde darauf geachtet, möglichst nicht zu nah an die oberirdischen Fließgewässer heran zu kommen (influente Verhältnisse, insbesondere *Delme* und *Kleine Delme*).

5.3 Ermittlung der entnahmebedingten Absenkung

5.3.1 Berechnungsmethodik

Hauptaufgabe des Geohydrologischen Gutachtens ist die Ermittlung des Ausmaßes und der Reichweite der durch die Grundwasserentnahme verursachten Grundwasserspiegel-Absenkung. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Festlegung des Untersuchungsraumes für die bodenkundliche und ökologische Begutachtung. Weitere wesentliche Untersuchungsziele sind die Bestimmung von möglicherweise zukünftig eintretenden Abflussreduzierungen im oberirdischen Fließgewässersystem und des unterirdischen Einzugsgebietes für die beantragte Entnahme.

Gemäß GeoBerichte 15 (ECKL & RAISSI, 2009) sind in einem Wasserrechtsantrag folgende Zustände zu betrachten:

- "Ist-Zustand" mit aktuell repräsentativer Entnahme
- "Null-Zustand" ohne Entnahme aus den beantragten Förderbrunnen
- "Prognose-Zustand" mit beantragter maximaler Entnahme aus den Förderbrunnen.

Ausmaß und Reichweite der entnahmebedingten Grundwasserabsenkung ergeben sich aus der Differenz der Grundwasserspiegelflächen für die verschiedenen Zustände:

- "Ist-Absenkung": Differenz zwischen "Ist" und "Null"
- "prognostizierte Gesamtabsenkung": Differenz zwischen "Prognose" und "Null"
- "prognostizierte Zusatzabsenkung": Differenz zwischen "Prognose" und "Ist".

Im vorliegenden Fall ist die flächendeckend vollständige Beschreibung der zu betrachtenden Zustände (Grundwasserspiegelfläche, grundwasserbürtige Abflüsse im oberirdischen Fließgewässersystem, Bilanzierung des unterirdischen Einzugsgebietes) unter alleiniger Verwendung von Messdaten nicht möglich. Deshalb ist der Einsatz eines Grundwasserströmungsmodells erforderlich.

Die Zustände werden unter langfristig mittleren geohydrologischen Bedingungen betrachtet. Erfahrungsgemäß ist dies ausreichend, weil zum einen die innerjährliche Verteilung der Entnahmen nur relativ geringen Schwankungen unterworfen ist (z.B. im Gegensatz zu Entnahmen für die Feldberegnung) und zum anderen sowohl die innerjährliche als auch die über die Jahre variierende Verteilung der Grundwasserneubildung nur einen geringen, aus Messdaten nicht nachweisbaren Einfluss auf die entnahmebedingte Absenkung hat. Dies bedeutet, dass die natürliche saisonale Bandbreite

te der Grundwasserspiegelschwankung durch die entnahmebedingte Absenkung nicht relevant verstärkt wird. Zur Darstellung von Auswirkungen in beliebigen Stressphasen (beispielsweise Grundwasserspiegel in einem bestimmten Sommermonat oder extrem tiefer Grundwasserspiegel in einer bestimmten Zeitspanne), können bei Bedarf somit die aus Messdaten erzeugten Grundwasserspiegel-Ganglinien um das mit dem stationären Modell ermittelte Maß der entnahmebedingten Absenkung (nach unten) verschoben werden.

Als Ist-Zustand für die Entnahme wurde in Abstimmung mit den Fachbehörden der Zeitraum 2012 bis 2017 festgelegt. Die Entnahme betrug in diesem Zeitraum durchschnittlich 1,90 Mio. m³/a (s. Abb. 5), was als repräsentativ für die jüngere Vergangenheit anzusehen ist (seit dem Jahr 2005 wird – mit Ausnahme des Jahres 2011 - in etwa auf diesem Niveau gefördert).

5.3.2 Angesetzte Förderverteilungen

Voraussetzung für den Einsatz eines Grundwasserströmungsmodells ist dessen Kalibrierung (ausführliche Erläuterung s. Anhang 2). Dazu wurde das Kalenderjahr 2004 zugrunde gelegt, das in etwa geohydrologisch mittleren Bedingungen genügt. Die entsprechenden Entnahmen aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* sind in Tabelle 1, Spalte zusammengestellt. Auch alle anderen Grundwasserentnahmen im Modellgebiet wurden dabei – soweit bekannt - mit den tatsächlichen Werten berücksichtigt (Anhang 2).

Tab. 1: Untersuchte Entnahmekonfigurationen *Wasserwerk 'An den Graften'*

1	2	3	4	5	6
Fassung (Anz. Brunnen)	Bisherige Entnahme- Rechte *	Tatsächliche Entnahmen 2004	Simulation Null-Zustand	Simulation Ist-Zustand (2012-2017) **	Simulation Prognose- Zustand
	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]
B1	0,600	0,189	0,000	0,475	0,400
B2	0,600	0	0,000	0	0,400
B3	0,800	0,539	0,000	0,475	0,400
B4	0,800	0,253	0,000	0,475	
B5	0,800	0,473	0,000	0,475	0,400
B6 (Hori)	1,200	0,806	0,000	0,000	
X			0,000	0,000	0,400
Y			0,000	0,000	0,400
Summen	2,600	2,261	0,00	1,855	2,400

* Zulassung des vorzeitigen Beginns (BEZ.-REG. 1997)

** geschätzt

Die Simulationen der zu betrachtenden Zustände "NULL", "IST" und "PROGNOSE" unterscheiden sich nur hinsichtlich der Entnahmeraten für die Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'*. Alle weiteren Entnahmen im Modellgebiet bleiben unverändert, um die alleinige Wirkung der Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* zu ermitteln. Dabei wurde der ungünstigste Belastungszustand betrachtet, d.h. die weiteren Entnahmen gehen mit den maximalen Werten gemäß den Wasserrechten ein.

Die zur Erreichung der Gesamtentnahme angestrebte Entnahmeverteilung ist Tabelle 1, Spalte 6 zu entnehmen. Die Standorte B4 und B6 (Horizontalfilterbrunnen) sollen entfallen. Die bisherigen brunnenbezogenen Entnahmerechte für die Brunnen B1 bis B3 und B5 (Spalte 2) werden deutlich unterschritten.

5.3.3 Derzeitige Entnahme: 'IST'-Zustand

5.3.3.1 Erkenntnisse aus langjährigen Messdaten

Häufig erfolgt die Ermittlung von entnahmebedingten Absenkungen aus Messdaten in zwei Schritten (daneben gibt es selbstverständlich noch statistische Auswertemöglichkeiten, wie beispielsweise das WIENER-Mehrkanal-Filter-Verfahren - s. z.B. BUCHER 1999, die unter bestimmten Voraussetzungen in Sonderfällen eingesetzt werden können):

1. Bildung der Differenz zwischen Grundwasserspiegelwerten für Zustände vor und nach Entnahmebeginn. Dabei ist zu beachten, dass sich hinsichtlich der Entnahme ein stationärer Zustand ("Beharrung") eingestellt hat.
2. I.d.R. enthält die Differenz neben der entnahmebedingten Absenkung auch noch einen witterungsbedingten Anteil (auch andere anthropogene Einflüsse sind zu bedenken). Dieser lässt sich in Ausnahmefällen durch die Wahl von Zeiträumen mit durchschnittlichen geohydrologischen Bedingungen eliminieren. Da diese Möglichkeit in der Praxis aber meist nicht gegeben ist, muss der witterungsbedingte Anteil anhand von sicher entnahmeunbeeinflussten Vergleichsmessstellen eingeschätzt werden. Dazu sind ggf. unterschiedliche Ganglinientypen zur Abdeckung der vorhandenen Charakteristiken im Untersuchungsgebiet zu definieren (z.B. Geest / Niederung). Generell ist die Bildung der Differenz zwischen Stichtagswerten nach Möglichkeit zu vermeiden, da in Abhängigkeit der hydrogeologischen Bedingungen am jeweiligen Messstellenstandort die Reaktionszeit auf sich ändernde Witterungssituationen stark variieren kann (s. Kap. 4.6.3).

Im vorliegenden Fall begann die Entnahme bereits im Jahr 1910. Das derzeit aktive Messnetz, für das belastbare Daten vorliegen, wurde erst in den Jahren 1994 bis 1997 installiert. Insofern ist die Ermittlung der Gesamtabenkung für die derzeitige Ist-Entnahme aus 4 Brunnen in Höhe von rd. 1,90 Mio. m³/a in der oben angegebenen Weise nicht möglich.

Stattdessen wurden geeignete Zeiträume als Grundlage gewählt, in denen die Entnahmen deutlich unterschiedlich waren:

1. Vergleich der mittleren Grundwasserspiegel im September 2011 und im Jahr 2014: Im Jahr 2011 waren alle Brunnen des *Wasserwerks 'An den Graften'* für etwa 8 Monate außer Betrieb, was zu einer entnahmebedingten Aufhöhung der Grundwasserspiegel geführt hat. Im Jahr 2014 wurden 1,93 Mio. m³/a gefördert, was die Grundwasserspiegel demgegenüber wieder abgesenkt hat (in Verbindung mit den etwa gleich großen Entnahmen in den Jahren 2012 und 2013).
2. Vergleich der mittleren Grundwasserspiegel in den Jahren 2000 und 2014: Die jährlichen Entnahmeholumina betragen 2,48 Mio. m³ und 1,93 Mio. m³. Bei diesem Vergleich ist insbesondere das Umfeld des Horizontalfilterbrunnens interessant, da er im Jahr 2000 noch in Betrieb war und im Jahr 2014 nicht mehr. Somit ging dort eine Aufhöhung der Grundwasserspiegel einher.

Die Ergebnisse dieser Messdaten-Analysen sind in HMM (2017) und im Anhang 2 dargestellt. Insbesondere die ermittelten entnahmebedingten Absenkungen aus Messdaten für den Fall 1 (Modelltest 2 im Anhang 2) haben gezeigt, dass mit dem Modell berechnete Absenkungen auf der sicheren Seite liegen, d.h., dass sie vom Betrag her größer sind als die aus Messdaten ableitbaren.

5.3.3.2 Ergebnisse der Modellberechnung

Wie im Anhang 2 ausführlich beschrieben ist, erfolgte zunächst eine Anpassung des Grundwassermodells an die mittleren Strömungsverhältnisse im Kalenderjahr 2004 bei einer Entnahme von rd. 2,26 Mio. m³/a aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'*.

Anschließend wurde der für die UVS festgelegte IST-Zustand, also der Zeitraum 2012 bis 2017, unter Vorgabe der tatsächlichen Entnahme in Höhe von rd. 1,90 Mio. m³/a aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* simuliert. Mit einem weiteren Simulationslauf ohne Entnahme aus diesen Brunnen und sonst identischen Bedingungen wurde der Vergleichszustand (sogenannter 'NULL-Zustand') ebenfalls rechnerisch ermittelt.

Die Differenz der Grundwasserspiegel-Flächen zwischen diesen beiden letztgenannten Zuständen ergibt die – ausschließlich entnahmebedingte – Absenkung infolge der derzeit durchschnittlichen Förderung von rd. 1,90 Mio. m³/a (Ist-Absenkung). Das Ergebnis ist in Anlage 7.1 flächendeckend für den oberen ('OBEN') und unteren ('UNTEN', Entnahmehorizont) Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes als Linien gleicher Absenkung dargestellt. Die Berechnungen beinhalten die weiteren Entnahmen im Modellgebiet mit ihren genehmigten Jahresraten (s. Tab. 3 im Anhang 2), d.h. für den denkbar ungünstigsten Belastungszustand des Grundwassersystems (Worst Case Betrachtung).

Die Darstellung der Linien gleicher Absenkung in Anlage 7.1 ist mit einer Grundwasser-Flurabstandskarte (mit fünf Flurabstandsklassen von kleiner 1 m bis größer 5 m) hinterlegt, die auf einer Grundwasserspiegelfläche ohne Entnahme aus den Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den Graften' basiert. Es handelt sich hierbei um einen fiktiven Null-Zustand, der sich rechnerisch nach Abzug der entnahmebedingten Ist-Absenkung von der geohydrologisch etwa mittleren Grundwasserspiegelfläche für den Ist-Zustand mit durchschnittlichen Realentnahmen im Zeitraum 2012 bis 2017 (s. Kap. 5.3.4.1, letzter Absatz) ergibt.

Gemäß der konzentrierten Anordnung der im Ist-Zustand betriebenen Förderbrunnen 1, 3, 4 und 5 ergibt sich zunächst ein etwa kreisförmiger Absenkungstrichter, der sich mit zunehmender Entfernung entsprechend den örtlichen Bedingungen verformt. Insbesondere die stützende Wirkung des oberirdischen Fließgewässersystems (z.B. *Delme*, *Kleine Delme* und *Welse*) ist im Südwesten und im nördlichen Bereich erkennbar. Somit hat die Reichweite der Absenkung eine eher elliptische Form. Die maximale Ausdehnung des Absenkungstrichters (bis zur 0,25 m -Isolinie) stellt sich in Nordwest-Südostrichtung ein und beträgt sowohl 'OBEN' als auch 'UNTEN' rd. 3,2 km. Senkrecht dazu ergibt sich eine maximale Ausdehnung von rd. 2,5 km für 'UNTEN'. Die Absenkungsreichweite 'OBEN' ist in dieser Richtung wegen der hydraulischen Wirkung der dort vorhandenen Zwischenschicht (Modellschicht 2, s. Kap. 4.5) im Norden deutlich reduziert. Im Zentrum der Fassung wird im oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiters ein maximaler Absenkungswert von ca. 2,3 m erreicht.

5.3.4 Beantragte Entnahme: 'Prognose'

Die SWD GmbH beantragt für das Wasserwerk 'An den Graften' eine Grundwasserentnahme in Höhe von 2,4 Mio. m³/a.

Im Rahmen des Wasserrechtsantrages zur Neubewilligung ist vorrangig zu untersuchen, wie sich die Grundwasserentnahme zusätzlich auf den aktuellen Ist-Zustand (Wasserhaushalt, Ökologie, andere Nutzungen) auswirkt. Es ist zu bedenken, dass die hier angesetzte Ist-Entnahme (1,90 Mio. m³/a im Zeitraum 2012 bis 2017) in dieser Größenordnung bereits seit dem Jahr 2005, also schon etwa 15 Jahre besteht (s. Abb. 5). Davor wurde sogar noch mehr Grundwasser an diesem Standort gefördert.

Zudem ist die Gesamtauswirkung der beantragten Maximalentnahme in Höhe von 2,4 Mio. m³/a auf das Grundwassersystem bezogen auf einen Zustand ohne Entnahme aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* anzugeben. So bestimmt die Reichweite der Gesamtabenkung das Untersuchungsgebiet zur Ermittlung potentieller Beeinträchtigungen in der Land- und Forstwirtschaft (GEOdEX 2020).

5.3.4.1 Auswirkung auf das Grundwassersystem

Auswirkung der Gesamtentnahme

Die **Grundwasserspiegel-Absenkung** für die beantragte Gesamtentnahme in Höhe von 2,4 Mio. m³/a erhält man durch Bildung der Differenz zwischen den Grundwasserspiegel-Flächen des Prognose- und des (fiktiven) Null-Zustandes ohne Entnahme aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'*. Sie kann sich erst dann vollständig einstellen, wenn das Maximalvolumen von 2,4 Mio. m³/a langandauernd (mindestens 2 bis 3 Jahre) gefördert wird.

Anlage 7.2 zeigt die Linien gleicher Absenkung flächendeckend für den oberen ('OBEN') und unteren ('UNTEN', Entnahmehorizont) Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes. Die Berechnungen beinhalten wieder die weiteren Entnahmen im Modellgebiet mit ihren genehmigten Jahresraten, d.h. für den denkbar ungünstigsten Belastungszustand des Grundwassersystems (Worst Case Betrachtung).

Es ergibt sich eine sehr ähnliche Form wie für den Ist-Zustand unter Abschnitt 5.3.3.2 beschrieben. Auch die Wirkung der abmildernden Faktoren (Oberirdische Fließgewässer, Zwischenschicht) ist deutlich sichtbar. Die maximale Reichweite der Absenkung beträgt sowohl 'OBEN' als auch 'UNTEN' 3,7 km (in Nordwest-Südostichtung). Der maximale Absenkungswert 'OBEN' von ca. 2,1 m ergibt sich im Bereich der Brunnen 2 und 5.

Die Absenkungslinien in Anlage 7.2 sind wieder mit dem Grundwasser-Flurabstand des Null-Zustandes hinterlegt (siehe dazu Hinweise unter Abschnitt 5.3.3.2).

Auswirkung der potentiellen Entnahmesteigerung

Die **zusätzliche Grundwasserspiegel-Absenkung** bei Ausnutzung der beantragten Förderrate erhält man durch Bildung der Differenz zwischen den Grundwasserspiegel-Flächen des Prognose- und des Ist-Zustandes. Sie kann sich erst dann vollständig einstellen, wenn das jährliche Maximalvolumen von 2,4 Mio. m³ langandauernd (mindestens 2 bis 3 Jahre) gefördert wird.

Anlage 7.3 zeigt die Linien gleicher zusätzlicher Absenkung flächendeckend für den Hauptgrundwasserleiter-Komplex. Die Berechnung beinhaltet die weiteren Entnahmen im Modellgebiet mit ihren genehmigten Jahresraten (Tab. 3 im Anhang 2), d.h. für den denkbar ungünstigsten Belastungszustand des Grundwassersystems (Worst Case Betrachtung).

Durch die Hinzuziehung der weiteren Brunnenstandorte X und Y im Süden der Fassung bei gleichzeitiger Aufgabe des Standortes 4 ergibt sich gegenüber dem Ist-Zustand eine Verschiebung des Absenkungsschwerpunktes in südliche Richtung. Aufhöhungsbereiche im nördlichen Bereich sind aber nicht signifikant. Auch hier hat die Reichweite der Absenkung eine eher elliptische Form. Die maximale Ausdehnung des Absenkungstrichters (bis zur 0,25 m -Isolinie) stellt sich in Nordwest-Südostrichtung ein und beträgt sowohl 'OBEN' als auch 'UNTEN' rd. 1,3 km. Senkrecht dazu ergibt sich eine maximale Ausdehnung von rd. 0,9 km, ebenfalls für 'OBEN' und 'UNTEN'. Die o.g. abmindernden Faktoren haben hier keine Relevanz. Der Maximalwert im Zentrum des Absenkungsgebietes beträgt im oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes etwa 0,8 m.

Die Absenkungslinien in Anlage 7.3 sind mit dem Grundwasser-Flurabstand für den Ist-Zustand hinterlegt. Grundlage ist der aus Messdaten für das Kalenderjahr 2004 konstruierte Grundwasserhöhen-Gleichenplan (s. Anlage 5). Die Veränderung zum Ist-Zustand wurde mit dem Grundwassermodell berechnet (unter Ansatz der jeweiligen Realentnahmen für alle Förderbrunnen).

5.3.4.2 Potentielle Auswirkung auf oberirdische Gewässer

Nachfolgend werden die Auswirkungen der potentiellen Entnahmesteigerung auf das Abflussgeschehen in den oberirdischen Fließgewässern beschrieben. Generell setzt sich der Gesamtabfluss in einem oberirdischen Fließgewässer aus einem oberirdischen und einem unterirdischen Anteil zusammen. Der unterirdische Anteil wird aus einem oberflächennahen Anteil - dem sogenannten 'Interflow' aus dem teilgesättigten

Boden- bzw. Gesteinsbereich - und einem Anteil, der aus dem Grundwasser stammt (Basisabfluss oder 'grundwasserbürtiger Abfluss'), gebildet. Aus gemessenen Gesamt-abfluss-Daten können Werte für die genannten Einzelanteile nur abgeschätzt werden.

Veränderungen der Grundwasser-Entnahme beeinflussen direkt den grundwasserbürtigen Anteil des Gesamtabflusses in einem Vorfluter. Der restliche Anteil am Gesamtabfluss (oberirdischer Abfluss + Interflow = 'Direktabfluss') bleibt i.d.R. nahezu erhalten. Nur in Bereichen mit geringen Grundwasserflurabständen (kleiner ca. 2 m) kann der Direktabfluss indirekt über eine Veränderung der dort grundwasserstandsabhängigen Grundwasserneubildung beeinflusst werden (s.a. Anhang 2). Dieser Prozess spielt hier insgesamt nur eine untergeordnete Rolle, da die Ausdehnung der Zusatzabsenkung klein gegenüber den oberirdischen Einzugsgebieten ist.

In Abhängigkeit vom Wasserstand im oberirdischen Fließgewässer und angrenzenden Grundwasserbereich ergeben sich im Verlauf des Vorfluters - ggf. wechselnde - 'Exfiltrations'- und 'Infiltrations'-Bereiche: Liegt der Grundwasserspiegel oberhalb des Wasserstandes im oberirdischen Gewässer exfiltriert Grundwasser in den Vorfluter (effluente Verhältnisse), bei umgekehrten Wasserstandsverhältnissen infiltriert Wasser aus dem oberirdischen Fließgewässer in das Grundwassersystem (influente Verhältnisse).

In Anlage 7.4 sind die Ex- und Infiltrationsbereiche für Ist- und Prognosezustand dargestellt. Ersichtlich wird damit, wo im langjährigen Mittel eine Umkehr von Ex- zu Infiltration stattfindet. Die maximale Entnahmesteigerung von 0,5 Mio. m³/a (IST -> PROGNOSE) entspricht einer Gesamtabflussreduzierung von rd. 16 l/s über alle betroffenen oberirdischen Fließgewässer im weiteren Umfeld der prognostizierten zusätzlichen Grundwasserabsenkung. Tab. 2 enthält eine Aufschlüsselung dieser Gesamtreduzierung auf einzelne oberirdische Fließgewässer, wobei nur Reduzierungen von mehr als 1 l/s angegeben sind.

Tab. 2: Rechnerische Reduktion des Basisabflusses in verschiedenen oberirdischen Fließgewässern infolge maximaler Entnahmesteigerung

Oberirdisches Fließgewässer	Reduktion [l/s]
<i>Delme</i>	2
<i>Hoyersgraben</i>	2
<i>Kleine Delme (inkl. Wasserzug in der Wiekhorn)</i>	6
<i>Welse</i>	3

Die prognostizierte Reichweite der zusätzlichen Grundwasserspiegelabsenkung (-25 cm) erreicht den Nordrand des *Delmegrundsees* (Mili). Die geodätische Wasser-

spiegelhöhe im See beträgt etwa 8,6 mNN. Damit ergibt sich eine Differenz zur Grundwasserspiegelhöhe an diesem Standort von rd. 1,5 m. Es ist somit davon auszugehen, dass der hydraulische Kontakt zwischen diesen Systemen sehr gering ist (Kollimation).

5.3.5 Ergebnisbewertung

Die flächendeckende Ermittlung entnahmebedingter Absenkungen des Grundwasserspiegels von weniger als rd. 30 cm aus Messdaten ist unter Berücksichtigung überlagernder Einflüsse (Witterung, oberirdische Entwässerung, land- und forstwirtschaftliche Nutzung, andere Entnahmen) und örtlich stark variierender geologischer und geohydrologischer Gegebenheiten (Untergrundaufbau, Grundwasser-Flurabstand) innerhalb und auch außerhalb (im Bereich von Vergleichsmessstellen) des Absenkungsgebietes i.d.R. nicht mit ausreichender Sicherheit möglich (s.a. ECKL, H. & RAISSI, F. 2009 und ROSE, U.; LENKENHOFF, P., 2003) und werden hier deshalb aus geohydrologischer Sicht nicht als signifikant angesehen. Die in den Anlagen 7.1 bis 7.3 dargestellte Linie gleicher Absenkung mit einem Betrag von 0,25 m ist gestrichelt dargestellt, da sie im Bereich dieser Genauigkeits-Auflösung liegt. Absenkungen von etwa 0,3 m und mehr können bei einer zukünftigen (langfristigen) Beweissicherung i.d.R. gesichert aus den Messdaten als entnahmebedingt separiert werden (flächendeckend nur, sofern dafür ausreichend Messstellen zur Verfügung stehen).

Lokal vorhandene oberflächennahe Stauwasserbereiche mit unterlagernden gering bis äußerst gering wasserdurchlässigen Schichten (z.B. Niedermoortorfe) können mit einem Grundwassermodell mit vertretbarem Aufwand nicht nachgebildet werden. In diesen Bereichen sind Abweichungen zum "Grundwasserstand" bzw. zu Absenkungsbeträgen im Bodenbereich möglich. Bei Ansatz der hier dargestellten Absenkungen für den Hauptgrundwasserleiter-Komplex liegt man auf der "sicheren Seite".

Die jährlichen Grundwasserentnahmen aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* bewegen sich seit 2005 – mit Ausnahme des Jahres 2011 - auf einem relativ stabilen Niveau von insgesamt durchschnittlich rd. 1,86 Mio. m³ (2005 bis 2019, ohne 2011). Das Natursystem hat sich somit nachhaltig auf diese Randbedingung eingestellt. Im Zeitraum 1962 bis 2004 waren die Grundwasserentnahmen durchgängig deutlich höher als im hier betrachteten Ist-Zustand. Der Durchschnittswert für diesen Zeitraum beträgt 2,89 Mio.m³/a mit einem Spitzenwert von 4,08 Mio. m³/a im Jahr 1973.

In der *Delme*-Niederung konnten Bodensetzungen nachgewiesen werden (GEOdEX 2020). Zusätzliche Setzungen infolge einer Entnahmesteigerung von 1,9 auf 2,4 Mio. m³/a sind im prognostizierten Absenkungsgebiet nicht zu erwarten, da die tatsächliche Entnahme über Jahrzehnte bereits höher war als jetzt beantragt und zudem die zusätzlichen Absenkungsbeträge relativ klein sind (< 1 m).

Es liegen keine Förderbrunnen Dritter innerhalb oder in der Nähe des prognostizierten zusätzlichen Absenkungsgebietes. Damit sind Beeinträchtigungen durch eine potentielle Entnahmesteigerung bis zum Maximalwert von 2,4 Mio. m³/a ausgeschlossen.

Unter Berücksichtigung der Aussagegenauigkeit sind die örtlich rechnerisch auftretenden Fließstrecken mit einer Umkehr von Ex- zu Infiltration bei vollständiger und dauerhafter Ausnutzung der beantragten Entnahmesteigerung vernachlässigbar. Tabelle 2 enthält die rechnerischen Reduzierungen der Basisabflüsse für die oberirdischen Fließgewässer *Delme*, *Hoyersgraben*, *Kleine Delme* und *Welse* (Werte > 1 l/s). Aus geohydrologischer Sicht sind anthropogen bedingte Abflussreduzierungen nur dann signifikant, wenn ein Nachweis auf Grundlage von Messdaten möglich sein wird. Dies steht im Einklang mit der "Handlungsempfehlung Verschlechterungsverbot" der LAWA (2017). Demnach "sind nur messbare Auswirkungen für das Verschlechterungsverbot relevant". Am Pegel 'Holzkamp' in der *Delme* beträgt der langjährig mittlere Basisabfluss bereits 562 l/s (s. Kap. 4.4). Bezieht man die maximale Reduzierung des Basisabflusses von 16 l/s auf diesen Wert, so erhält man eine relative Reduzierung von lediglich rd. 3% (sichere Seite, da die Reduzierung in der *Welse* in den 16 l/s enthalten ist). In dieser Größenordnung ist die Nachweisbarkeit anhand von Messdaten nicht gegeben. Es ist davon auszugehen, dass auch die berechneten sehr geringen (absoluten) Abflussreduzierungen in den einzelnen oberirdischen Fließgewässern - maximal 6 l/s in der *Kleinen Delme* (inkl. *Wasserzug in der Wiekhorn* mit einer rechnerischen Reduzierung von weniger als 1 l/s) – anhand von Messdaten nicht ableitbar sein werden, zumal sich die Bäche natürlicherweise verzweigen (z.B. *Delme* – *Kleine Delme*) und der Abfluss im vernetzten System *Delme* – *Kleine Delme* – *Hoyersgraben* künstlich an verschiedenen Wasserbauwerken gesteuert wird (MC, 2020). Aufgrund der "diffusen" Verteilung der Gesamtabflussreduzierung von 16 l/s auf viele oberirdische Fließgewässer und des relativ großen Zustroms (Pegel 'Holzkamp' in der *Delme* und Pegel 'Tiergarten' in der *Welse*) ist die Abflussreduzierung als nicht signifikant einzustufen. Damit ist auch nicht zu erwarten, dass es zu erheblichen Wasserstands- und Geschiebetransport-Änderungen kommt, zumal der Direktabfluss (d.h. oberirdischer Abfluss und Interflow) nahezu erhalten bleibt.

Der Ochstumverband, Harpstedt plant die Sanierung der *Delme*-Dämme zwischen der Autobahn A28 und den Graften. Dafür liegt eine Entwurfs- / Genehmigungsplanung als Vorabzug vor (OCHTUMVERBAND, 2018). Demnach soll der Gewässerquerschnitt der *Delme* bis zur Höhe des Mittelwasserstandes nicht geändert werden. Somit bleibt der hydraulische Kontakt zwischen oberirdischem Fließgewässer und Grundwassersystem weitgehend erhalten. Insofern ist nicht zu erwarten, dass diese Maßnahme einen signifikanten Einfluss auf die hier prognostizierten Auswirkungen einer Entnahmesteigerung von 1,9 auf 2,4 Mio. m³/a auf den Grundwasserstand und den Basisabfluss hat.

Am Nordrand des *Delmegrundsees* (Mili) beträgt die prognostizierte zusätzliche Grundwasserspiegelabsenkung etwa 25 cm. Wegen des nur sehr geringen hydraulischen Kontaktes zwischen See und Grundwassersystem (Kolmation), ist eine relevante Beeinflussung der Wasserspiegellage im See durch die zusätzliche Entnahme nicht zu erwarten. Zudem wird der Wasserstand im See künstlich durch die Wehranlage "Mili" in der *Delme* über einen vorher abzweigenden Zulaufkanal auf Niveau des Stauziels gehalten.

Abschließende Hinweise:

Gemäß dem zu Grunde gelegten Berechnungsansatz einer langfristig zeitunabhängigen (d.h. stationären) Nachbildung des Strömungszustandes, wird bei der Modellrechnung eine kontinuierliche Entnahme vorausgesetzt. Die zu erwartenden Grundwasserspiegelhöhen ergeben sich als extreme Endzustände einer langfristigen Absenkphase (mindestens 2 bis 3 Jahre) und beinhalten somit die ungünstigsten Absenkungsbedingungen – d.h. die größte zu erwartende Absenkung (neuer Gleichgewichtszustand).

In Abhängigkeit der Tiefenlage der Sohlen von Bächen und Gräben können in Gebieten mit geringen Grundwasserflurabständen (ca. kleiner 1,5 m) in der Natur die Flurabstände im Nahbereich der Vorflut größer als die in den Anlagen 5 sowie 7.1 bis 7.3 angegebenen sein.

5.4 Empfehlungen für die wasserwirtschaftliche Beweissicherung

Generell sollte das bestehende Messnetz (Grundwassermessstellen und Abflussmessstellen) auch zukünftig weiter beobachtet werden. Dabei wird eine monatliche Ableseung der Grundwasserspiegelhöhen als ausreichend angesehen. Die Wasserstände an den bestehenden Abflusspegeln (s. Kap. 4.4) sind weiterhin automatisch zu erfassen und per Datenlogger kontinuierlich aufzuzeichnen (z.B. 15-Minuten-Takt).

Das bestehende Messnetz für das Grundwassermonitoring (Kap. 4.6.2) wird derzeit als ausreichend erachtet. Die in HMM (2017) empfohlene Erweiterung wurde mit den Messstellen 233 bis 239 bereits umgesetzt. Nach Möglichkeit sollten die Messstellen des Ochtumverbandes in die Auswertungen mit einbezogen werden. Es sei angemerkt, dass nicht alle derzeit vorhandenen Messstellen in die wasserwirtschaftliche Beweissicherung übernommen werden müssen. In dieser Hinsicht sind sicherlich Optimierungsmöglichkeiten gegeben. Im Falle der Beantragung eines Wasserschutzgebietes sind als Grundlage für die sichere Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes u.U. noch weitere Grundwassermessstellen erforderlich. In Planung sind bereits Vorwarnmessstellen im näheren Umfeld der Förderbrunnen (mindestens eine pro Brunnen).

Die Beweissicherungsdaten sind jährlich auszuwerten und in einem Jahresbericht darzulegen. Folgender Inhalt wird vorgeschlagen:

- Lageplan.
- Darstellung langjähriger Diagramme für Entnahme und Niederschlag.
- Beschreibung der Entnahme- und Niederschlagssituation im Vergleich zum Vorjahr und zum langjährigen Mittel.
- Darstellung langjähriger Grundwasserstandsganglinien für ausgewählte Grundwassermessstellen der SWD GmbH, der *Stadt Delmenhorst* und des NLWKN (Bst. Brake / Oldenburg).
- Darstellung langjähriger Wasserstands- und Abflussganglinien für die bestehenden Pegel in der *Delme*, dem *Hoyersgraben* und der *Welse*.
- Tabellarische Auswertung der Grundwasserstandsdaten: Gegenüberstellung von Jahresmittelwerten für den Berichtszeitraum, einem Referenzzeitraum (z.B. Ist-Zustand) und das Vorjahr. Dabei Berücksichtigung von entnahmeunbeeinflussten Vergleichsmessstellen.
- Erstellung eines Grundwasserhöhen-Gleichenplanes und eines Flurabstandsplanes für den mittleren Grundwasserstand im Berichtsjahr.
- Ggf. auf Anforderung durch die Bodenkunde: Modellberechnung der entnahmebedingten Absenkung im Berichtsjahr gegenüber einem Zustand ohne Entnahme (Gesamtabsenkung). Darstellung in Verbindung mit dem mittleren Grundwasser-Flurabstand für das Kalenderjahr ohne Entnahme.
- Zusammenfassende Bewertung zu den Auswirkungen der Entnahme auf den Grundwasserstand und den Wasserhaushalt im Untersuchungsgebiet.

Zudem sollte mindestens alle 5 Jahre oder bei Erreichen eines quasistationären Zustandes (konstante Jahresentnahme über mindestens 2 bis 3 Jahre) mit einer Entnahme von mehr als 2 Mio. m³/a aus der neuen Brunnenkonstellation eine Abgrenzung und Bilanzierung des unterirdischen Einzugsgebietes vorgenommen werden. In diesem Zuge ist jeweils auch eine Modellprüfung durch einen Vergleich von berechneten ent-

nahmebedingten Grundwasserspiegelveränderungen zwischen einem geeigneten Referenzzeitraum (z.B. Ist-Zustand) und dem Berichtsjahr mit entsprechenden aus Messdaten abgeleiteten Veränderungen angebracht.

Der endgültige Untersuchungsumfang sowie die durchzuführenden Aus- und Bewertungen sollten nach Beendigung des Wasserrechtsverfahrens festgelegt und in einem Durchführungsplan festgeschrieben werden (erster Vorschlag siehe LÜHRS, 2020).

6 Unterirdisches Einzugsgebiet bei beantragter Entnahme

Für die beantragte Entnahme ist in Anlage 8 das unterirdische Einzugsgebiet abgegrenzt. Es handelt sich um eine vorläufige Version, die ggf. im Rahmen eines dem Wasserrechtsverfahren nachfolgenden Wasserschutzgebietsantrags noch zu überarbeiten ist (z.B. Betrachtung eines Trockenwetterzustandes, Aktualisierung sonstiger Entnahmen, ggf. weitere Grundwassermessstellen).

Das Einzugsgebiet hat eine Flächengröße von 18,58 km². Grundlage für deren Konstruktion war die berechnete Grundwasserspiegelfläche für den Prognose-Zustand (Modellebene 3), und zwar unter Berücksichtigung der weiteren Entnahmen im Modellgebiet mit ihren genehmigten Jahresraten. Damit wird der denkbar ungünstigste Belastungszustand des Grundwassersystems erfasst. Die entsprechenden Linien gleicher Grundwasserspiegelhöhen sind in Anlage 8 ebenfalls eingetragen.

In Tabelle 3 ist die Grundwasserbilanz für das Einzugsgebiet aufgestellt.

Tab. 3: Grundwasser-Bilanz bei beantragter Entnahme für das zugehörige unterirdische Einzugsgebiet

Bilanzgröße	Zustrom [Mio. m ³ /a]	Abstrom [Mio. m ³ /a]	Bemerkung
Grundwasserneubildung	3,65	---	Größe EZG: 18,58 km ² im Mittel rd. 196 mm
Entnahme 'An den Graften'	---	2,40	beantragt
Sonstige Entnahmen	---	0,47	Wasserrechte, insbesondere DLW Flooring GmbH
Wasseraustausch OFG	0,92	1,94	
Defizit	0,24	---	Rechnerischer seitlicher Zustrom
Summe	4,81	4,81	

Neben der SWD-Entnahme befinden sich weitere Förderbrunnen im Einzugsgebiet. Der Wasseraustausch mit den vorhandenen oberirdischen Fließgewässern (z.B. *Delme* und *Welse*) wurde auf Grundlage der Modellergebnisse ermittelt. Auch das Bilanzglied "Defizit" ist das Ergebnis der Modellsimulation (auch anhand von Stromlinien visuell erkennbar). Hierbei handelt es sich um vereinzelte seitliche Zuströme, die bei der händischen Abgrenzung des Einzugsgebietes wegen der großen Unsicherheit nicht berücksichtigt wurden. In Anbetracht des geringen Wertes (5 % des Gesamtumsatzes) und der sonstigen Unsicherheiten (z.B. beim Wasseraustausch mit den oberirdischen Fließgewässern) ist die Vernachlässigung dieser Zusatzflächen unbedenklich.

Im Einzugsgebiet befinden sich gemäß NIBIS Kartenserver (2019a+b) einige Altablagerungen und eine Rüstungsaltpast (Lage und Bezeichnung s. Anlage 8). Die Bezeichnungen und einige weitere Angaben sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Für die Altablagerungen mit den lfd. Nummern 1 bis 3 liegen bereits Bewertungen des Gefährdungspotentials vor (UMTEC, 2017). Zusammenfassend wird festgestellt, "dass sich aus altlastentechnischer Sicht keine grundsätzlichen Einwände gegen ein Wiederaufnahme der Trinkwasserförderung im Graft-Bereich ableiten lässt". Es werden keine weiteren Arbeitsschritte "zur Vertiefung der Altlastenproblematik im ehemaligen Wasserschutzgebiet *Wiekhorn*" gesehen. An dieser Stelle wird empfohlen, eine solche Bewertung auch für die anderen in Tabelle 4 aufgeführten Altablagerungen und die Rüstungsaltpast in Auftrag zu geben. Entsprechend den Ergebnissen sind ggf. Monitoringmaßnahmen zu ergreifen und in den Durchführungsplan mit aufzunehmen.

Eine entnahmebedingte Erhöhung des Gefährdungspotentials ist nicht zu erwarten, weil an den Standorten keine signifikanten zusätzlichen Absenkungen prognostiziert sind.

Tab. 4: Altlasten gemäß NIBIS Kartenserver (2019) im unterirdischen Einzugsgebiet

Lfd. Nr.	Bezeichnung Gemäß NIBIS Kartenserver (2019)	Landkreis bzw. Stadt	Fläche Volumen [Tsd. m ²] [Tsd. m ³]	Hinweise
1	4010004003 "Adelheider Str."	Delmenhorst	22 54	Erkundung erfolgt Standort wird wegen Gefährdung überwacht
2	4010004005 "Burggrafendamm"	Delmenhorst	8 15	Erkundung erfolgt Sicherungsmaßnahmen
3	4010004007 "Adelheider Str."	Delmenhorst	1 2	Erkundung erfolgt keine Gefährdung, trotzdem Überwachung
4	4570054016 "Ganderkesee Fahrer- ner Weg"	Oldenburg	3 2	Erkundung erfolgt
5	4570054017 "Ganderkesee Atlas- motel"	Oldenburg	2 8	Erkundung erfolgt
6	"Ganderkesee / Schlutter"	Oldenburg	k.A.	Munitionsdepot (Nutzung bis 1975), Teilbereiche bedingt geräumt

7 Auswirkung auf den mengenmäßigen Grundwasserzustand gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie

7.1 Allgemeines

Die Einstufung des mengenmäßigen Grundwasserzustands gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000 erfolgt behördlicherseits in regelmäßigen Abständen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung auf der Maßstabsebene der Grundwasserkörper, von denen es 123 in Niedersachsen gibt.

Die Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* liegen im Grundwasserkörper "Ochtum Lockergestein" (Tab. 1 des Runderlasses des MU vom 29.05.2015, zuletzt geändert mit RdErl. d. MU v. 13.11.2018, im Folgenden kurz 'Grundwasserbewirtschaftungserlass'). Für diesen Grundwasserkörper lautet die aktuelle Bewertung des mengenmäßigen Zustands 'gut' (MU, 2019b).

Gemäß Grundwasserverordnung (GrwV, 2010) § 4, Absatz (2) sind bei der Bewertung der Grundwasserkörper jeweils zu betrachten:

1. Das nutzbare Grundwasserdargebot (Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung).
2. Mit dem Grundwassersystem in Verbindung stehende oberirdische Fließgewässer.
3. Landökosysteme.
4. Zustrom von Salzwasser oder anderen Schadstoffen in das Grundwassersystem.

Der mengenmäßige Zustand des hier zu betrachtenden Grundwasserkörpers ist derzeit 'gut'. Im Folgenden wird geprüft, ob die in der GrwV (2010) genannten Bewertungskriterien durch das Vorhaben der SWD GmbH in relevanter Weise negativ beeinflusst werden, so dass die Gefahr besteht, dass der Grundwasserkörper nach Umsetzung des Vorhabens in einen schlechten Zustand gelangen könnte.

7.2 Nutzbares Grundwasserdargebot

In der GrwV heißt es dazu (§ 4, Abs. 2, Nr. 1): *"Der mengenmäßige Grundwasserzustand ist gut, wenn die Entwicklung der Grundwasserstände oder Quellschüttungen zeigt, dass die langfristige mittlere jährliche Grundwasserentnahme das nutzbare Grundwasserdargebot nicht übersteigt."* Das nutzbare Dargebot wurde landesweit mit einem Abschätzverfahren¹ ermittelt und im Grundwasserbewirtschaftungserlass für alle Grundwasserkörper in Niedersachsen veröffentlicht.

Die Förderbrunnen des *Wasserwerkes 'An den Graften'* liegen im Grundwasserkörper "Ochtum Lockergestein" bzw. im entsprechenden Gw-Teilkörper Nr. 2 (*Stadt Delmenhorst*). Für diese Körper bestehen nach Grundwasserbewirtschaftungserlass nutzbare Grundwasserdargebots-Reserven in Höhe von 8,25 Mio. m³/a (ganzer Gw-Körper) bzw. 0,51 Mio. m³/a (Landkreis-Teilkörper).

Da bei der Ermittlung der nutzbaren Dargebotsreserven auch die seit dem 21.11.2011 genehmigte Entnahme für das Wasserwerk 'An den Graften' in Höhe von 4,38 Mio. m³/a (zur Regulierung der Flurvernässung) enthalten sein müsste und die SWD GmbH

¹ Anmerkung: Das Verfahren des LBEG, Hannover zur Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes berücksichtigt Trockenwetter-Zeiträume, ggf. vorhandene Grundwasserversalzungs-Bereiche, die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters und grundwasserabhängige Landökosysteme.

demgegenüber eine Verringerung der genehmigten Jahresrate beantragt, ergibt sich folglich für dieses Kriterium keine Verschlechterung.

7.3 Oberirdische Fließgewässer

Gemäß GrwV (§ 4, Abs. 2, Nr. 2) ist bei der Beurteilung des mengenmäßigen Grundwasserzustandes auch zu prüfen, *"ob durch menschlich bedingte Änderungen des Grundwasserstandes zukünftig*

- a) *die Bewirtschaftungsziele nach den §§ 27 und 44 des Wasserhaushaltsgesetzes für die Oberflächengewässer, die mit dem Grundwasserkörper in hydraulischer Verbindung stehen, verfehlt werden oder*
- b) *sich der Zustand dieser Oberflächengewässer im Sinne von § 3 Nummer 8 des Wasserhaushaltsgesetzes signifikant verschlechtert."*

Da den Grundwasserkörpern ein 'gut' attestiert wurde, ist hier nur zu prüfen, ob sich der derzeitige Zustand von oberirdischen Fließgewässern durch das Vorhaben verschlechtern kann (Punkt b). Die geohydrologischen Untersuchungen haben diesbezüglich ergeben, dass eine potentielle Entnahmesteigerung (IST -> PROGNOSE) rechnerisch nur zu sehr geringen Abflussreduzierungen in den oberirdischen Fließgewässern führen kann (Kap. 5.3.5). Gemäß LAWA (2017) kann nur von einer Verschlechterung gesprochen werden, wenn die Messbarkeit der Abflussreduzierung gegeben ist. Dies ist hier nicht der Fall.

7.4 Grundwasserabhängige Landökosysteme

Hierzu heißt es in der GrwV (§ 4, Abs. 2, Nr. 2c): *"Der mengenmäßige Grundwasserzustand ist gut, wenn durch menschlich bedingte Änderungen des Grundwasserstandes direkt vom Grundwasserkörper abhängige Landökosysteme (gwLÖS) zukünftig nicht geschädigt werden."* Gemäß NLWKN (2013) wurden dabei bisher nur "bedeutende gwLÖS" betrachtet, d.h. FFH-Gebiete mit einer Flächengröße von mindestens 50 ha.

Im prognostizierten Absenkungsbereich liegt ein Teilgebiet des FFH-Gebiets „Delmetal zwischen Harpstedt und Delmenhorst“, ein ca. 640 m langer Delmeabschnitt. In diesem Teilgebiet kommen aber keine FFH-Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie vor (TEWES 2020).

7.5 Zustrom von Salzwasser

Zu diesem Thema führt die GrwV aus (§ 4, Abs. 2, Nr. 2d), *"dass zur Erhaltung des guten Zustandes das Grundwasser nicht durch Zustrom von Salzwasser oder anderen Schadstoffen infolge räumlich und zeitlich begrenzter Änderungen der Grundwasserfließrichtung nachteilig verändert wird"*.

Gemäß NIBIS Kartenserver befinden sich nördlich des Wasserwerkes 'An den Graften' sogenannte Salzstrukturen (NIBIS Kartenserver 2019c). Am nächsten zu den Förderbrunnen gelegen ist eine als "Salzintrusion" ausgewiesene Fläche. Der kürzeste Abstand zwischen dessen südlicher Grenze und der Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegelabsenkung mit einem Betrag von 0,25 m (Anlage 7.3) beträgt mehr als 2 km. Eine vorhabenbedingte Verstärkung der Salzintrusion kann somit nicht eintreten. Zudem liegen die Salzstrukturen nicht im unterirdischen Einzugsgebiet für die beantragte Entnahme, so dass ein Zustrom salzhaltigen Wassers aus diesen Gebieten zu den Förderbrunnen nicht zu erwarten ist.

7.6 Schlussfolgerung

Wie aufgezeigt, ergeben sich durch das geplante Vorhaben keine signifikanten, d.h. messbaren Verschlechterungen bei den zu prüfenden Bewertungskriterien. Folglich verbleibt der Grundwasserkörper "Ochtum-Lockergestein" auch nach Umsetzung des Vorhabens in einem guten mengenmäßigen Grundwasserzustand gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie.

8 Verwendete Unterlagen und Literaturverzeichnis

Für die Auswertungen standen folgende Unterlagen und Berichte zur Verfügung. Die wesentliche Datengrundlage ist im Anhang 1 zusammengestellt.

- BfN (2019): Landschaftssteckbriefe. Zugriff im Dez. 2019. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- BEZ.-REG. (1979): Bewilligungsbescheid Nr. 22/1979. Bezirksregierung Weser-Ems. Oldenburg, 27.02.1979.
- BEZ.-REG. (1997): Bewilligungsverfahren zur Entnahme von Grundwasser durch die Stadtwerke Delmenhorst, Wasserwerk I "An den Graften" – Zulassung des vorzeitigen Beginns. Bezirksregierung Weser-Ems. Oldenburg, 11.03.1997.
- BUNDESGESUNDHEITSAMT (1963): Gutachtliche Äußerung über die Schutzgebietsverhältnisse am Horizontalfilterbrunnen des Wasserwerkes Delmenhorst. (Gesch.-Z.: B-A 641). Bundesgesundheitsamt – Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Berlin-Dahlem, 02.05.1963.
- FIS WASSER (2019): Wasserbuchblätter 100032865 und 100032943. Fachinformationssystem Wasser: <http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/>, Zugriff im Dezember 2019. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Norden.
- GEBHARDT & KÖNIG (1960): FEHLMANNBRUNNEN Delmenhorst der Stadtwerke Delmenhorst – Vorarbeiten, Brunnenschacht, Horizontalfassungen. Gebhardt & König – Deutsche Schachtbau G.M.B.H. Essen, 20.12.1960.
- GEBHARDT & KÖNIG (1962): Stellungnahme zu den Grundwasser-Gewinnungsmöglichkeiten im Raume Delmenhorst für die Stadtwerke Delmenhorst. Gebhardt & König – Deutsche Schachtbau G.m.b.H. Essen, 21.12.1962.
- GEoDEX (2020): Bodenkundliches Beweissicherungsgutachten. Kapitel 5 zum Wasserrechtsantrag. Ing.-Büro für Umweltplanung. Neustadt im Januar 2020.
- HM (1996): Wasserwerk I 'An den Graften': Geohydrologische Stellungnahme für einen Wasserrechtsantrag. Ing.-Büro H.-H. Meyer, Hemmingen (02.12.1996). Im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst, Delmenhorst.
- HMM (2017): Wasserwerk I 'An den Graften': Voruntersuchungen als Grundlage für das Geohydrologische Gutachten zum Wasserrechtsantrag. Ing.-Büro H.-H. Meyer, Bad Nenndorf (30.11.2017). Im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst.
- HYGIENE-INSTITUT (1950): Gutachten zur Schutzzonenfrage beim Wasserwerk Delmenhorst. Hygiene-Institut der Universität Göttingen. Göttingen, 04.02.1950.
- LBEG (2019): Stellungnahme Überprüfung Korrektur 3D-Modell Delmenhorst, Version vom 21.05.2019 (Z. L2.5/Grit Griffel). Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG). Hannover, 15.07.2019.

- LÜHRS (2017): Wassereinzugsgebiet "An den Graften" - Wasserbedarfsprognose für den geplanten Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zur Entnahme von Grundwasser nach § 8 WHG. Lührs Ingenieurbüro GmbH. Bremen, Februar / März 2017.
- LÜHRS (2020): Durchführungsplan zur Beweissicherung. Kapitel 13 zum Wasserrechtsantrag. Lührs Ingenieurbüro GmbH. Bremen im Januar 2020.
- MC (2020): Gutachten zu Oberflächengewässern. Kapitel 4 zum Wasserrechtsantrag. Matheja Consult. Burgwedel / Wettmar im Januar 2020.
- MU (2019a): Naturräumliche Regionen in Niedersachsen. Umweltkarten des Nds. Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover. www.umwelt.niedersachsen.de. – Zugriff: Dez. 2019.
- MU (2019b): Bewertung des Mengenmäßigen Zustands nach EG-WRRL (2014). Nds. Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover. www.umwelt.niedersachsen.de. – Zugriff: Dez. 2019.
- NIBIS[®] Kartenserver (2019a): Altlasten - Altablagerungen. Zugriff im Nov. 2019. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- NIBIS[®] Kartenserver (2019b): Altlasten - Rüstungsaltlasten. Zugriff im Nov. 2019. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- NIBIS[®] Kartenserver (2019c): Geologie – Salzstrukturen Norddeutschlands. Zugriff im Dez. 2019. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- NIBIS[®] Kartenserver (2019d): Hydrogeologie – Versalzung des Grundwassers. Zugriff im Dez. 2019. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- NIWA (2017): Geologische 3D-Untergrundmodellierung im Bereich Delmenhorst. NIEDERSACHSEN WASSER Kooperations- und Dienstleistungsgesellschaft mbH. Brake, 03.02.2017.
- NLFB (1966a): Gutachtliche Stellungnahme zum Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zur Benutzung von Grundwasser zwecks Versorgung der Stadt Delmenhorst mit Trink- und Brauchwasser. Akt.-Z. VI-3225/65 Gen./Mb. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 11.01.1966 (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- NLFB (1966b): Hydrogeologisches Gutachten zur Ausweisung eines Schutzgebietes für das Wasserwerk Delmenhorst. Akt.-Z. VI-1076/65 Gen./Mb. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 13.01.1966 (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- OCHTUMVERBAND (2018): Sanierung der Delme-Dämme von der Autobahn bis zu den Graften in Delmenhorst – Entwurfs- / Genehmigungsplanung (Vorabzug: 31.05.2018). Aufgestellt: IDN Ingenieur-Dienst-Nord GmbH, Oyten.
- RISTOW, K. (1960): Schutz der Wassereinzugsgebiete. – Neue DELIWA Zeitschrift 8, Sonderdruck. Hannover, 01.08.1960. Fachverlag Gebr. Jänicke, Hannover.

- ROBERT KOCH-INSTITUT (1951): Gutachten über die Einrichtung eines Schutzbezirks für das Wasserwerk der Stadt Delmenhorst i.O. (Tgb.Nr. A 691). Robert Koch-Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten – Abt. Wasser – und Lufthygiene. Berlin-Dahlem, 27.07.1951.
- SWD (2018): Wasserrechtsantrag nach § 8 WHG für das Wasserwerk "An den Graften" – Unterlage zur Festlegung und zur Unterrichtung über den Untersuchungsrahmen (§ 15 UVPG). Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst. Aufgestellt: AG Tewes. Hatten-Sandkrug im April 2018.
- TEWES (2020): Naturschutzfachliche Gutachten. Kapitel 6 zum Wasserrechtsantrag. AG Tewes. Hatten-Sandkrug im Januar 2020.
- UMTEC (2017): Altlastensituation im Hinblick auf eine Wiederaufnahme der Trinkwasserförderung im Graft-Bereich. Vermerk über ein Gespräch beim Umweltamt der Stadt Delmenhorst. Umtec – Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbH. Bremen, 14. Dezember 2017.

Literatur (Auswahl):

- ANDERSON, M. P.; WOESSNER, W. W. (2002): Applied Groundwater Modeling. Academic Press. Copyright 2002, Elsevier.
- BOOCHS, P.-W.; MULL, R. et al. (1985): Berücksichtigung der grundwasserabhängigen Neubildung bei mathematischen Grundwassermodellen. In: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Band 136, S. 365-373, Hannover.
- BUCHER, B. (1999): Die Analyse von Grundwasserganglinien mit dem Wiener-Mehrkanal-Filter. Zeitschrift Grundwasser, Band 4, H.3, S. 113-118, Springer-Verlag.
- CHIANG, W.-H.; KINZELBACH, W. (2001): 3D-Groundwater Modeling with PMWIN. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Deutsches Institut für Normung e.V. - Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- DÖRHÖFER, G.; JOSOPAIT, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 27, Hannover.
- DVGW (DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES e.V.) (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regel, Arbeitsblatt W 107 (A). Bonn.
- DVWK (1982): Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots, DVWK Fachausschuß "Grundwassernutzung". – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, DVWK Schriften, H 58, 2 Teilbände, Berlin – Hamburg (Parey).

- DVWK (1983): Niedrigwasseranalyse, Teil I: Statistische Untersuchung des Niedrigwasserabflusses. DVWK Regeln zur Wasserwirtschaft, 120/1983. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.
- DVWK (1985): Voraussetzungen und Einschränkungen bei der Modellierung der Grundwasserströmung. - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Merkblätter Nr. 206, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. - GeoBerichte 15. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- ELSHOLZ, M. & BERGER, H. (1998): Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, Oberirdische Gewässer 6/98. - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Norden (ehem. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim).
- GrwV (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 09.11.2010 (BGBl. I, S. 1513).
- HARBAUGH, A.W. (2005): Modflow 2005, The U.S. Geological Survey Modular Groundwater Model – the Groundwater Flow Process. U.S Geological Survey Techniques and Methods 6-A16. Chapter 16 of Book 6. Modeling Techniques, Section A. Ground Water. U.S Geological Survey Reston, Virginia: 2005.
- HÖLTING, B. ; COLDEWEY, W.-G. (2009): Hydrogeologie, 7. Auflage. - Elsevier - Spektrum Akademischer Verlag, München.
- JOSOPAIT, V.; RAISSI, F. & ECKL, H. (2009): Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme. GeoFakten 1 (4. Auflage). Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- KOSCHEL, H.; LILLICH, W. (1975): Berechnung und Kartendarstellung der Ergiebigkeit von Typbrunnen zur Kennzeichnung des Entnahmepotentials von Lockergesteinsaquifern. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 19, H. 6.
- LANGGUTH, H.-R.; VOIGT, R. (2004): Hydrogeologische Methoden. Springer-Verlag, Berlin.
- LAWA (2017): Handlungsempfehlung Verschlechterungsverbot. Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Karlsruhe 16./17. März 2017.
- LEMKE, D. & ELBRACHT, J. (2008): Grundwasserneubildung in Niedersachsen. Ein Vergleich der Methoden Dörhöfer & Josopait und GROWA06V2. GeoBerichte 10. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- MAROTZ, G. (1968): Technische Grundlagen einer Wasserspeicherung im natürlichen Untergrund. – Schriftenreihe des KWK, H. 18. Hamburg (Wasser und Boden).
- NEUSS, M & DÖRHÖFER, G. (2009): GeoFakten 8 (3. Aufl.): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.

- NLWKN (2013): Leitfaden für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Süd, Braunschweig – Juni 2013.
- REUTTER, E. (2011): GeoFakten 21 (2. Aufl.): Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- RENGER, M. & WESSOLEK, G. (1990): Auswirkungen von Grundwasserabsenkung und Nutzungsänderung auf die Grundwasserneubildung. Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen. Universität der Bundeswehr München. Heft 386, S. 295-307.
- ROSE, U.; LENKENHOFF, P. (2003): Erfassung und Gefährdungsanalyse grundwasserabhängiger Ökosysteme hinsichtlich vom Grundwasser ausgehenden Schädigungen. Ergebnisse des LAWA-Projekts "Grundwasserabhängige Ökosysteme". – KA – Abwasser, Abfall (50) Nr. 11, S. 1416-1418.
- SPITZ, K, MORENO, J. (1996): A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. - John Wiley & Sons. Inc., New York.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. In: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung von Rudolf Grahmann. – Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Band 104, S. 47-54.



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

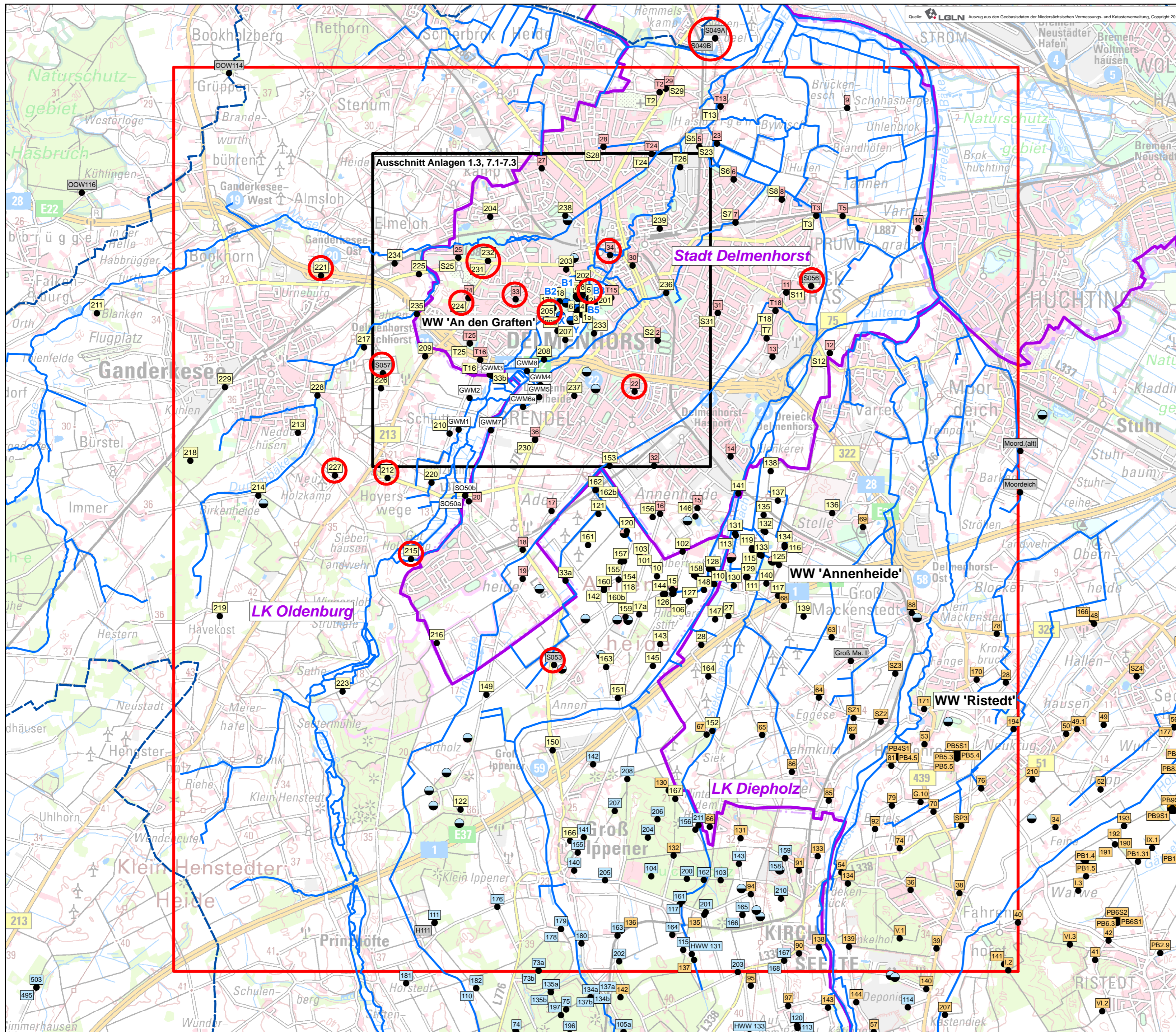
A N L A G E N

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung



Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2013

Förderbrunnen

- SWD GmbH: Wasserwerk 'An den Graffen' geplante Standorte
- SWD GmbH: Wasserwerk 'Annenheide'
- HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
- sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
Quellen: Stadt Delmenhorst, LK Diepholz und Oldenburg

Grundwassermessstellen mit Bezeichnung

- SWD GmbH: Wasserwerke 'An den Graffen' und 'Annenheide'
Hinweis: Eigentümer einiger dieser Messstellen ist die Stadt DEL
- Stadt Delmenhorst
- HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
- OOWV: Wasserwerke 'Harstedt' und 'Wildeshausen'
- NLWKN: Betriebsstellen Brake und Sulingen
- Ochtumverband
- Ganglinien-Darstellung in Anlage 4

Seitliche Berandung des Grundwassermodells (Bruttofläche)

Grenzlinie Grundwasserkörper

Grenzlinie Landkreise

Verlauf oberirdischer Fließgewässer
Quelle: MC (2017)

0 0.5 1 2 3 Kilometer

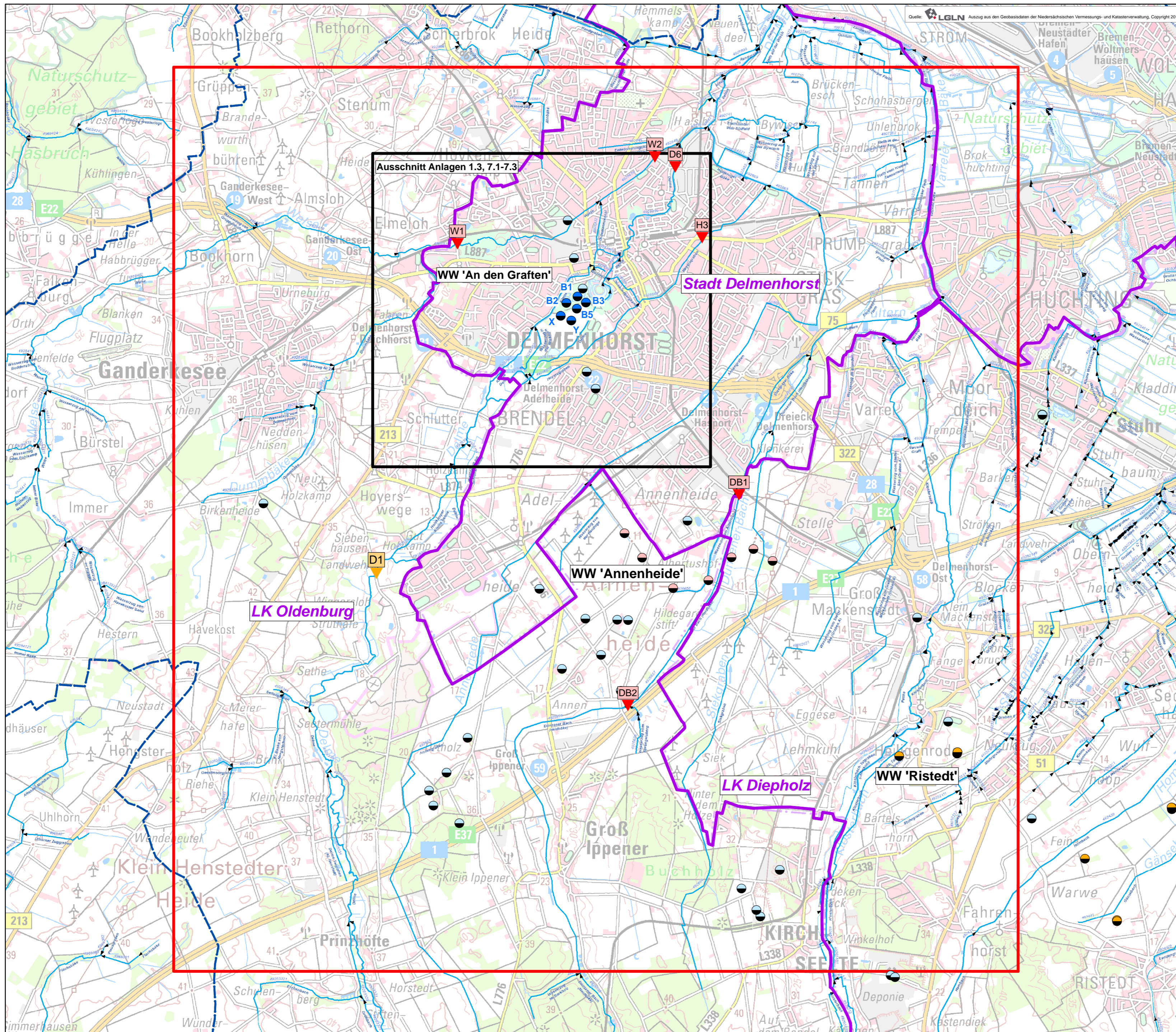
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk 'An den Graffen'

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a - Geohydrologisches Gutachten -

Übersichtsplan Förderbrunnen und Grundwassermessstellen

Maßstab: 1:45.000 (Ausdruck DIN A2)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 1.1
-------------------------------------	----------------------	-------------------

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42



Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2013

Förderbrunnen

- SWD GmbH: Wasserwerk 'An den Graften' geplante Standorte
- SWD GmbH: Wasserwerk 'Annenheide'
- HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
- sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
Quellen: Stadt Delmenhorst, LK Diepholz und Oldenburg

Pegel in oberirdischen Fließgewässern mit Kurzbezeichnung

- ▼ W1 SWD GmbH
- ▼ D6 Nordenhamer Str. (Delme)
- ▼ DB1 Dünsener Bach
- ▼ DB2 Dünsener Bach
- ▼ H3 Bremer Str. (Hoyersgraben)
- ▼ W1 Hinter dem Tiergarten (Welse)
- ▼ W2 Nordenhamer Str. (Welse)
- ▼ D1 NLWKN, Bst. Brake / Oldenburg
- ▼ D1 Holzkamp (Delme)

Seitliche Berandung des Grundwassermodells (Bruttofläche)
 Grenzlinie Grundwasserkörper
 Grenzlinie Landkreise
 Verlauf oberirdischer Fließgewässer mit Fließrichtung
Quelle: MU (2019)

0 0.5 1 2 3 Kilometer

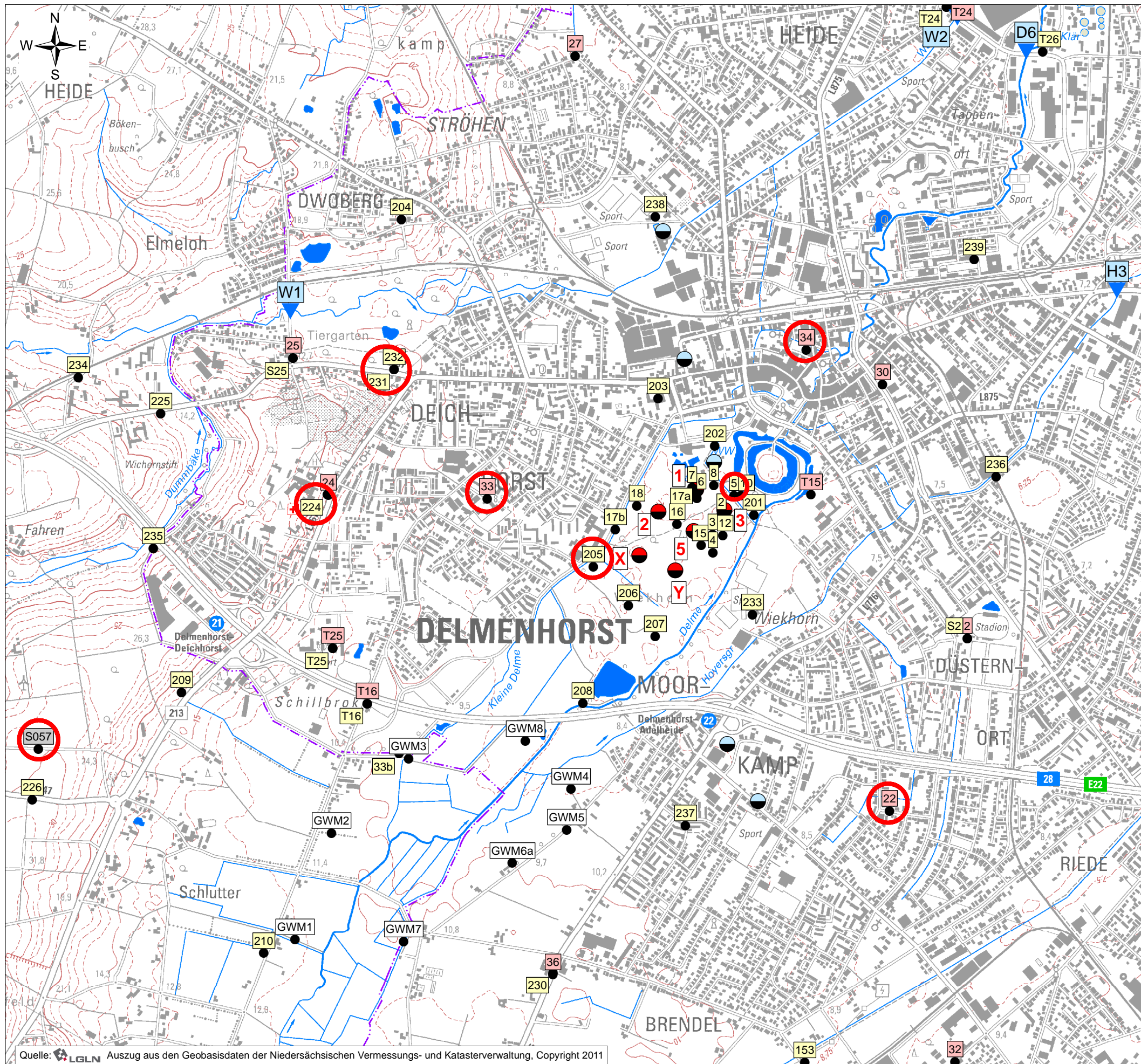
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk 'An den Graften'

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a - Geohydrologisches Gutachten -

Übersichtsplan
Förderbrunnen und Pegel



Maßstab: 1:45.000 (Ausdruck DIN A2)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 1.2
-------------------------------------	----------------------	-------------------

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42









Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2011

Förderbrunnen

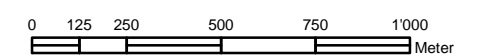
-  Geplante Förderbrunnen
WW I 'An den Graften'
 -  sonstige, z.B. Industrie / Gewerbe
(keine temporären)
- Quellen: Stadt Delmenhorst und LK Oldenburg

Grundwassermessstellen mit Bezeichnung

-  203 SWD GmbH: Wasserwerke
'An den Graften' und 'Annenheide'
-  30 Stadt Delmenhorst
-  S057 NLWKN Bst. Brake
-  GWM3 Ochtumverband
-  Ganglinien-Darstellung in Anlage 4

 SWD GmbH:
Pegel in oberirdischen Fließgewässern

 Oberirdische Gewässer



 **Stadtwerke Delmenhorst GmbH**
Wasserwerk I - An den Graften


Antrag auf Bewilligung einer
Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
- Geohydrologisches Gutachten -

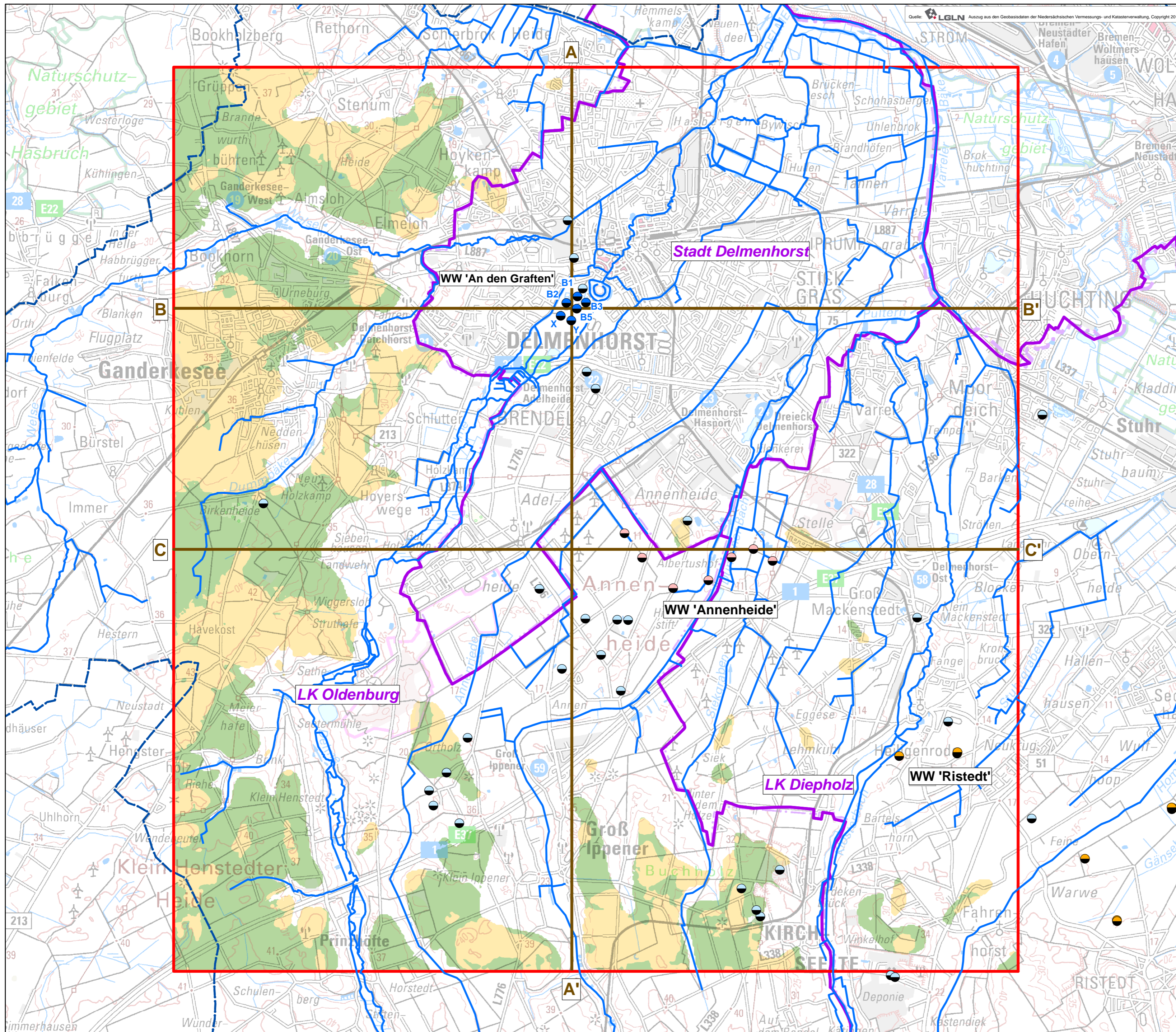
Lageplan
Förderbrunnen
Grundwassermessstellen
Pegel

Maßstab: 1:20.000
(Ausdruck DIN A3)

Datum: 03. Jan. 2020

Anlage 1.3

 Ingenieurbüro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: (05723) 749 82 40
Fax: (05723) 749 82 42



Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2013

Förderbrunnen

- SWD GmbH: Wasserwerk 'An den Graften' geplante Standorte
- SWD GmbH: Wasserwerk 'Annenheide'
- HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
- sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
Quellen: Stadt Delmenhorst, LK Diepholz und Oldenburg

Geologische Einheiten
Quelle: Geologisches 3D-Untergrundmodell, NIWA (2019)

- Drenthezeitlicher Geschiebelehm (qdlg)
- Oberflächennahe Grundwasserleiter (qhfls, Qh2, Qwfls, QwGds, qwf) nur über dem drenthezeitlichen Geschiebelehm -> Möglichkeit schwebender Grundwasserräume (Grundwasserraum: wassergefüllter Grundwasserleiter)

0 0.5 1 2 3 Kilometer

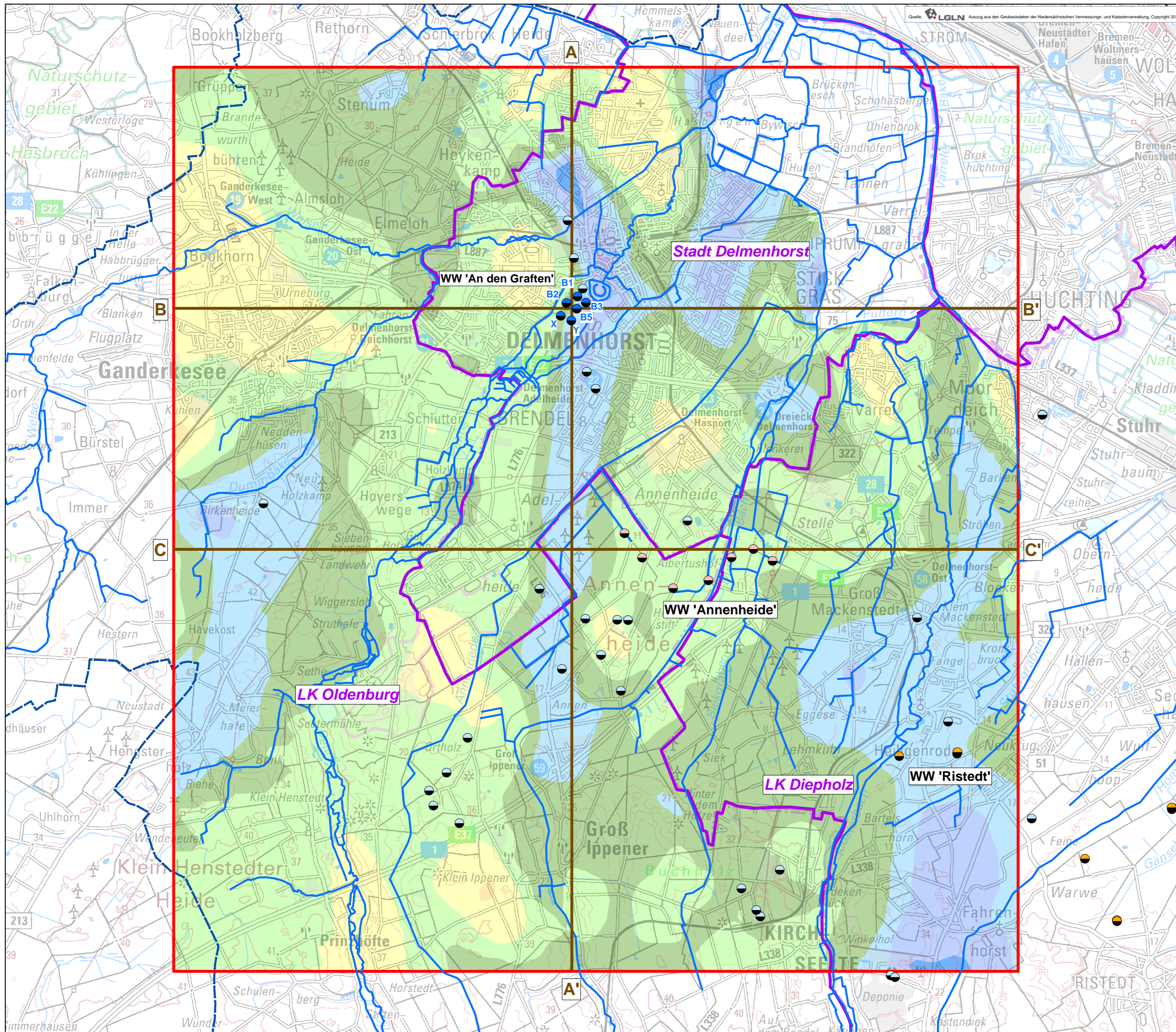
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk 'An den Graften'

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a - Geohydrologisches Gutachten -

Deckschicht-Verbreitung
Drenthezeitlicher Geschiebelehm (H3) und hangende Grundwasserleiter (L1.2 und L1.3)

Maßstab: 1:45.000 (Ausdruck DIN A2)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 2.1
-------------------------------------	----------------------	-------------------

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42



Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2013

Förderbrunnen

- SWD GmbH: Wasserwerk 'An den Graften' geplante Standorte
- SWD GmbH: Wasserwerk 'Annenheide'
- HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
- sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
Quellen: Stadt Delmenhorst, LK Diepholz und Oldenburg

Verlauf der hydrogeologischen Schnitte
(Darstellung s. Anlagen 3.1 bis 3.3)

Seitliche Berandung des Grundwassermodells (Bruttofläche)

Grenzlinie Grundwasserkörper

Grenzlinie Landkreise

Verlauf oberirdischer Fließgewässer
Quelle: MC (2017)

Wassererfüllte Mächtigkeit des HGWL-Komplexes [m]
Grundlage: Grundwasserhöhen-Gleichplan MGW2004 (Anl.5) und Basis des Hauptgrundwasserleiters gemäß geologischem 3D-Untergrundmodell (NIWA, 2019)

0 bis 20
>20 bis 40
> 40 bis 60
> 60 bis 80
> 80 bis 100
> 100 bis 120
> 120 bis 140

0 0.5 1 2 3 Kilometer

Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk 'An den Graften'

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a - Geohydrologisches Gutachten -

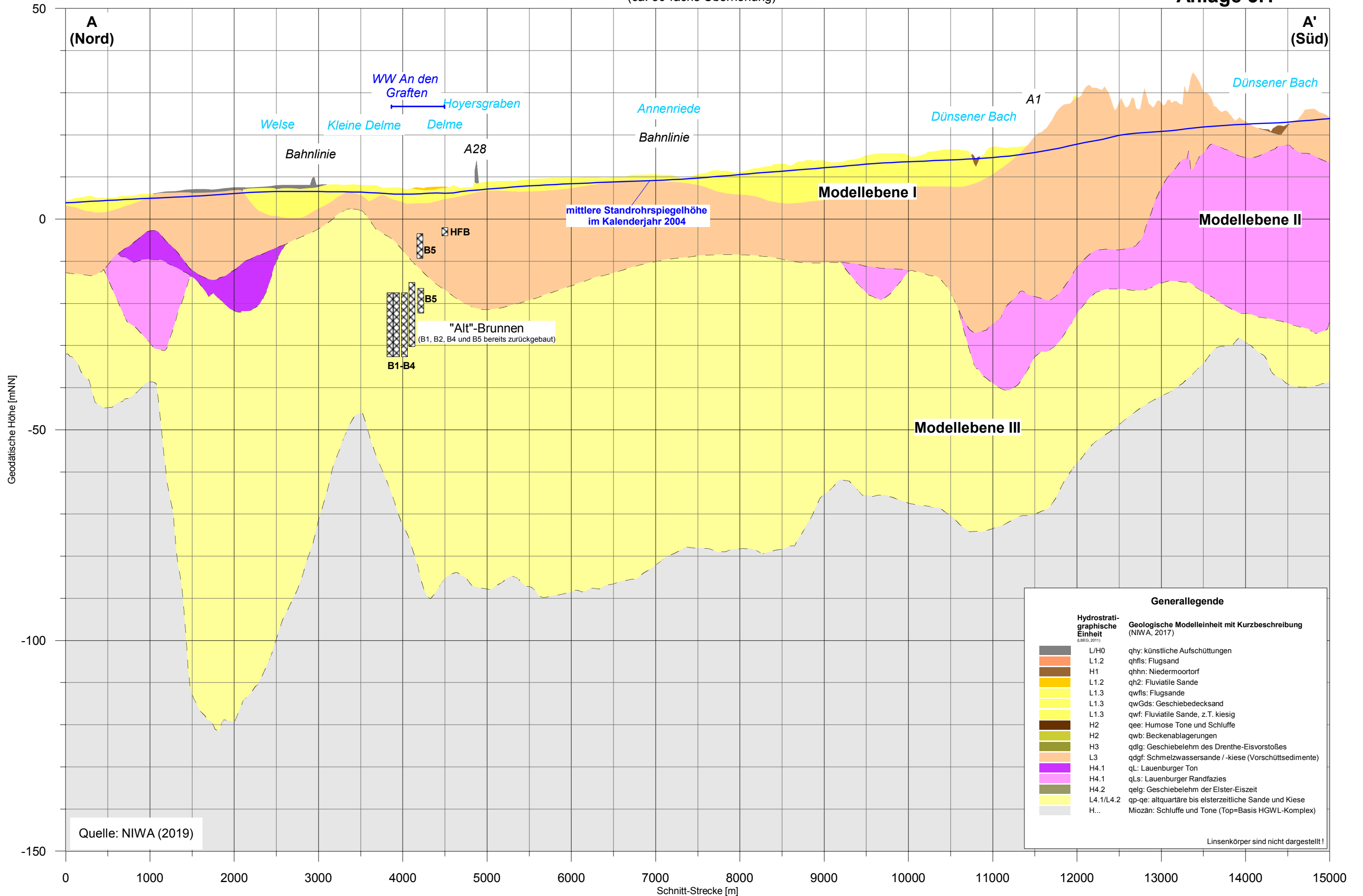
Wassererfüllte Mächtigkeit des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes

Maßstab: 1:45.000 (Ausdruck DIN A2)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 2.2
-------------------------------------	----------------------	-------------------

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: (05723) 749 82 40
Fax: (05723) 749 82 42

Hydrogeologischer Schnitt A - A'

(ca. 50-fache Überhöhung)



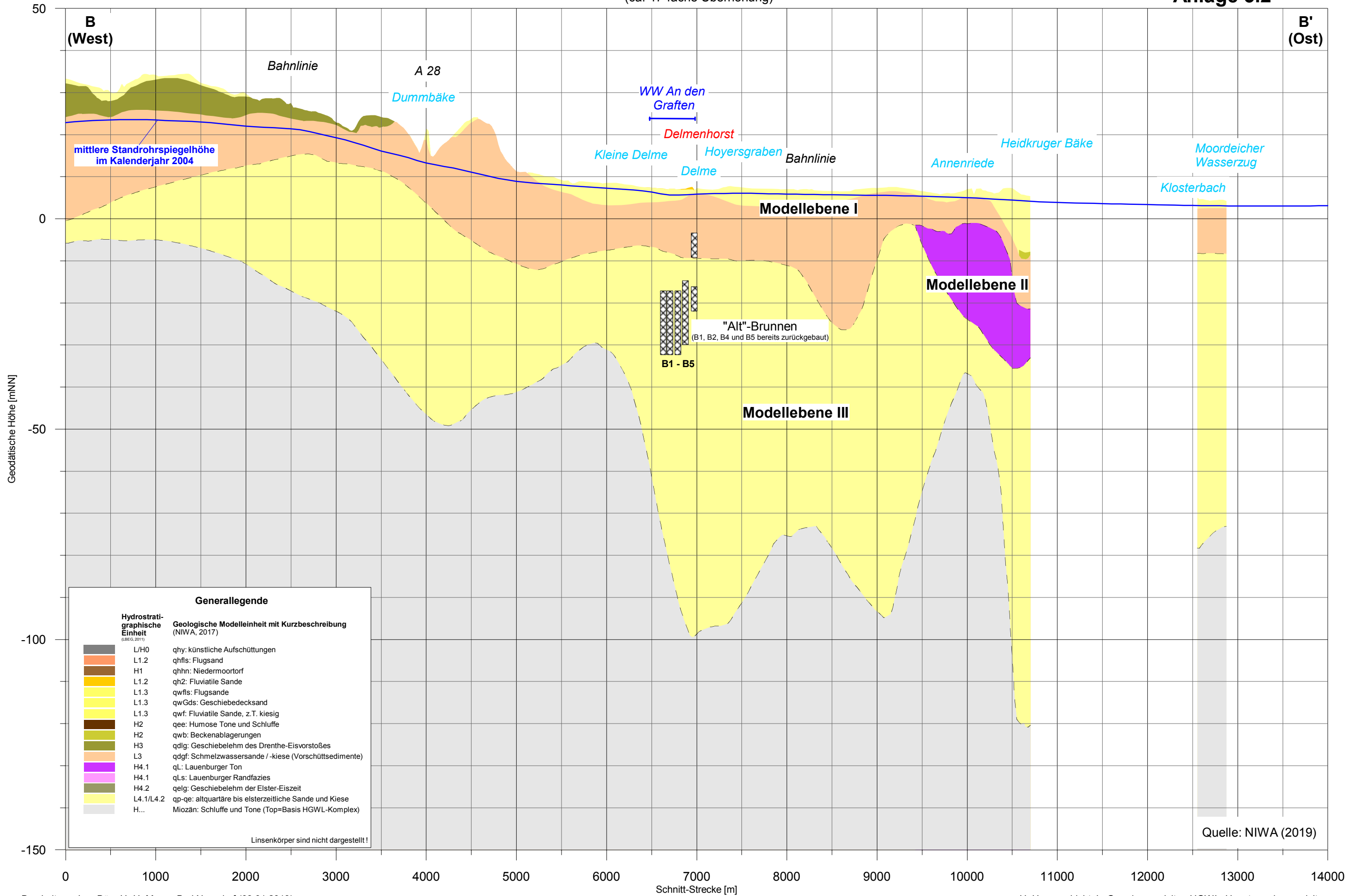
Quelle: NIWA (2019)

Hydrostratigraphische Einheit (BEG, 2011)	Geologische Modelleinheit mit Kurzbeschreibung (NIWA, 2017)
L/H0	qhy: künstliche Aufschüttungen
L1.2	qhfs: Flugsand
H1	qhnn: Niedermoor
L1.2	qh2: Fluviale Sande
L1.3	qwfs: Flugsande
L1.3	qwGds: Geschiebedecksand
L1.3	qwF: Fluviale Sande, z.T. kiesig
H2	qee: Humose Tone und Schluffe
H2	qwb: Beckenablagerungen
H3	qdlg: Geschiebelehm des Drenthe-Eisvorstoßes
L3	qdgf: Schmelzwassersande / -kiese (Vorschüttimente)
H4.1	qL: Lauenburger Ton
H4.1	qLs: Lauenburger Randfazies
H4.2	qelg: Geschiebelehm der Elster-Eiszeit
L4.1/L4.2	qp-qe: altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese
H...	Miozän: Schluffe und Tone (Top=Basis HGWL-Komplex)

Linsenkörper sind nicht dargestellt!

Hydrogeologischer Schnitt B - B'

(ca. 47-fache Überhöhung)



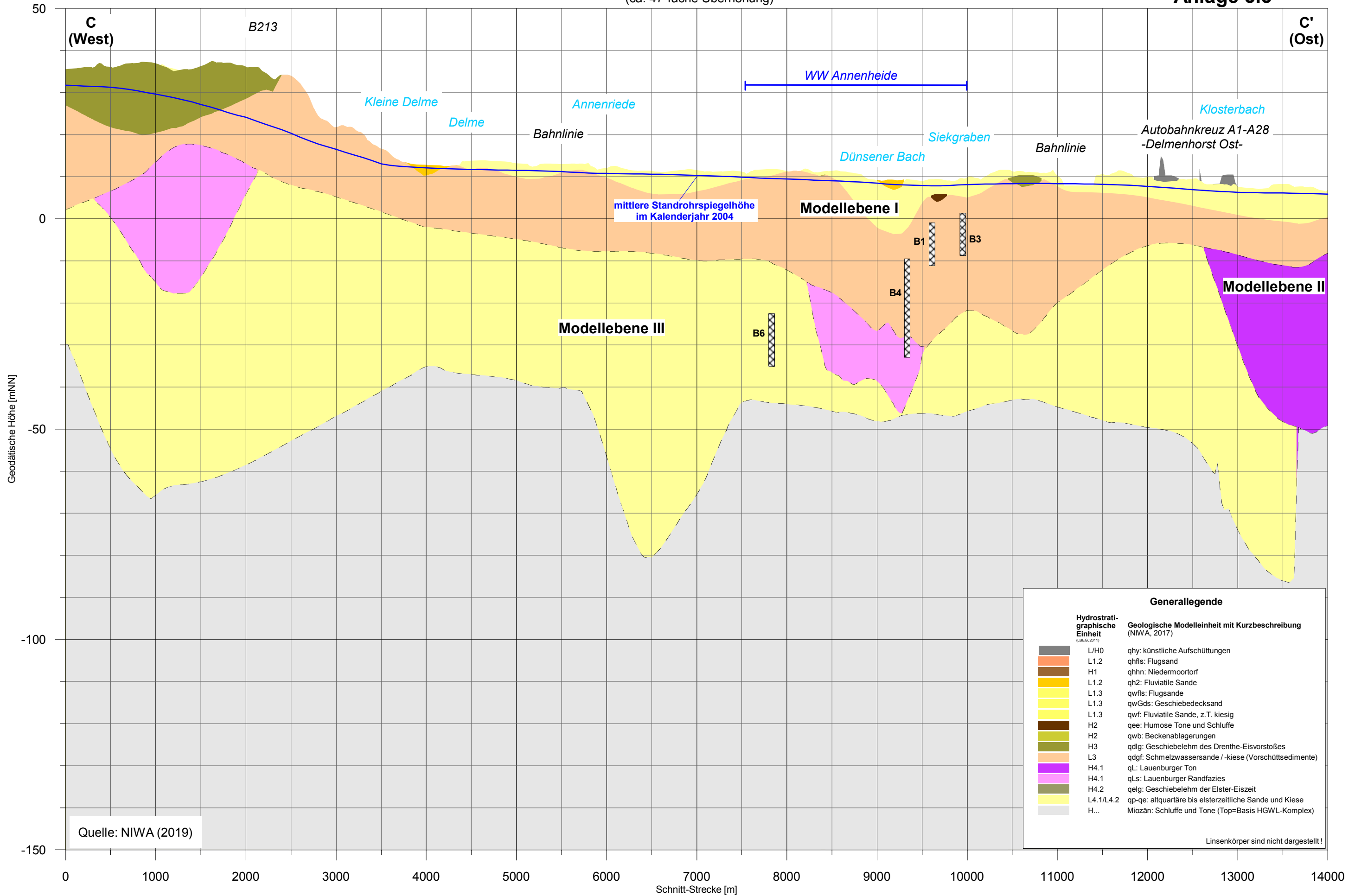
Generallegende	
Hydrostratigraphische Einheit (LBEG, 2011)	Geologische Modelleinheit mit Kurzbeschreibung (NIWA, 2017)
L/H0	qhy: künstliche Aufschüttungen
L1.2	qhfs: Flugsand
H1	qhhn: Niedermoororf
L1.2	qh2: Fluviale Sande
L1.3	qwfs: Flugsande
L1.3	qwGs: Geschiebedecksand
L1.3	qwF: Fluviale Sande, z.T. kiesig
H2	qee: Humose Tone und Schluffe
H2	qwb: Beckenablagerungen
H3	qdlg: Geschiebelehm des Drenthe-Eisvorstoßes
L3	qdgf: Schmelzwassersande / -kiese (Vorschüttimente)
H4.1	qL: Lauenburger Ton
H4.1	qLs: Lauenburger Randfazies
H4.2	qelg: Geschiebelehm der Elster-Eiszeit
L4.1/L4.2	qp-qe: altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese
H...	Miozän: Schluffe und Tone (Top=Basis HGWL-Komplex)

Linsenkörper sind nicht dargestellt!

Quelle: NIWA (2019)

Hydrogeologischer Schnitt C - C'

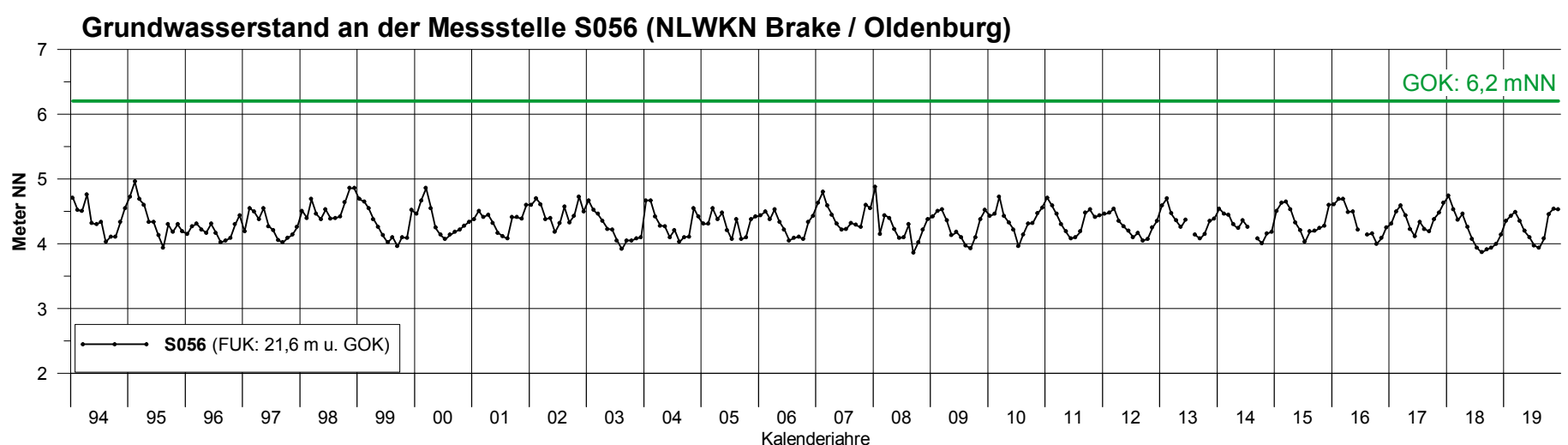
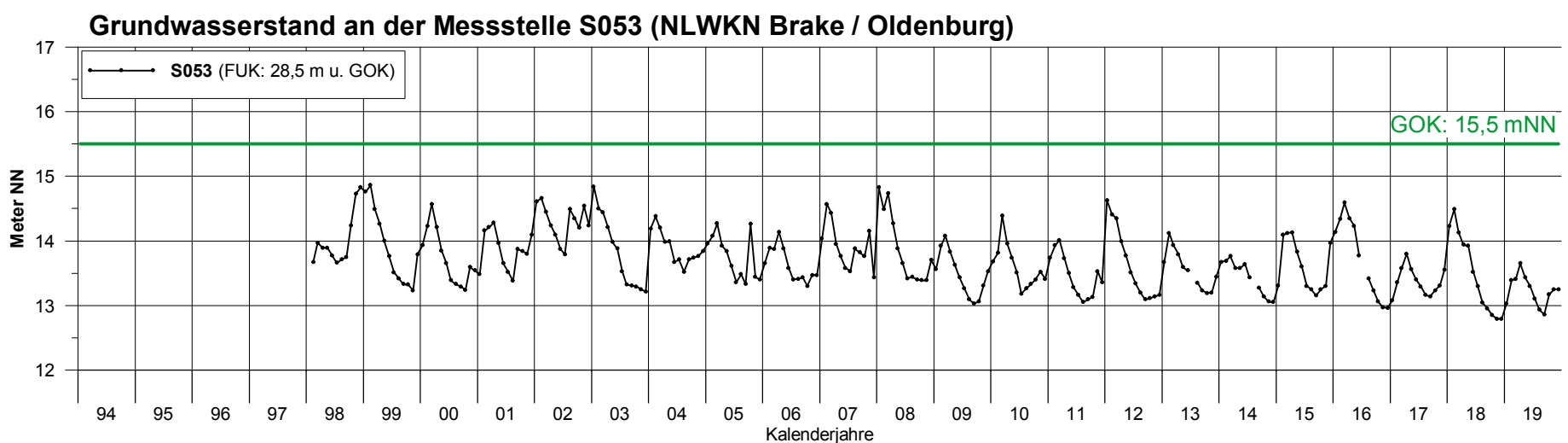
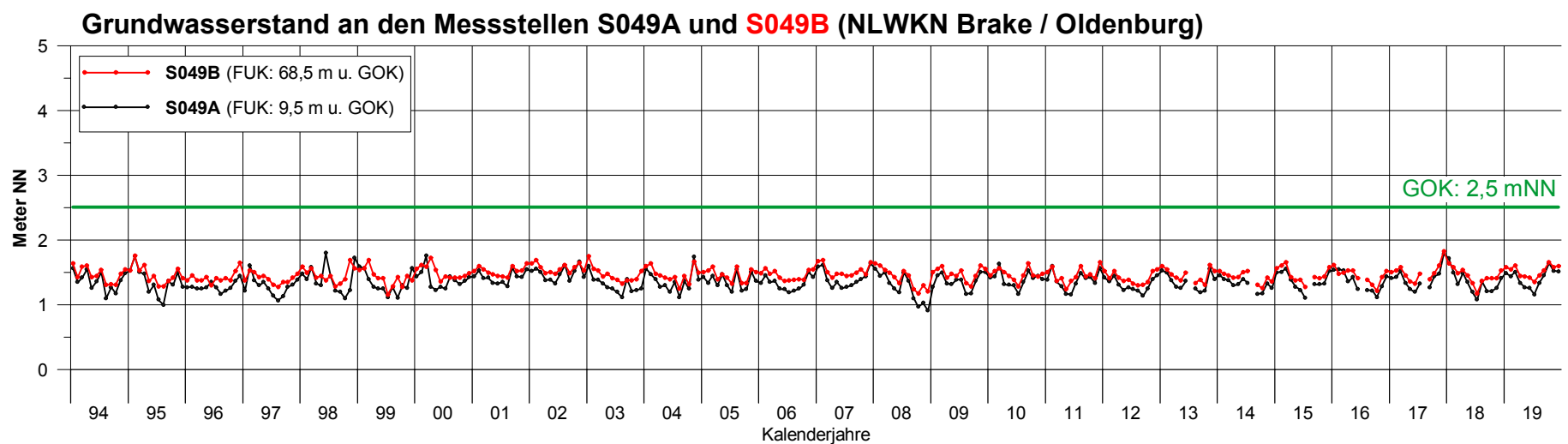
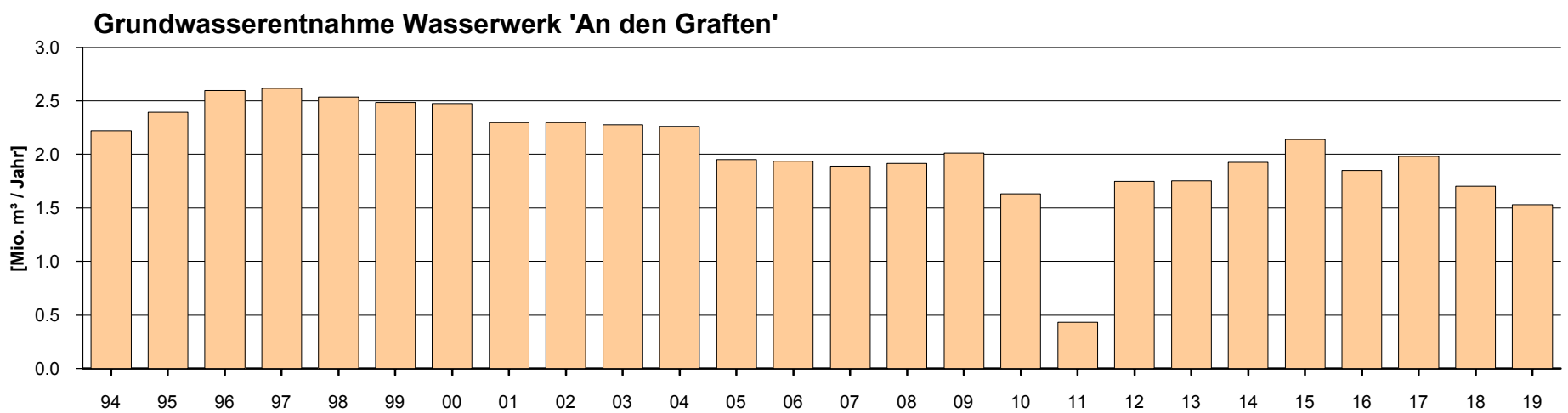
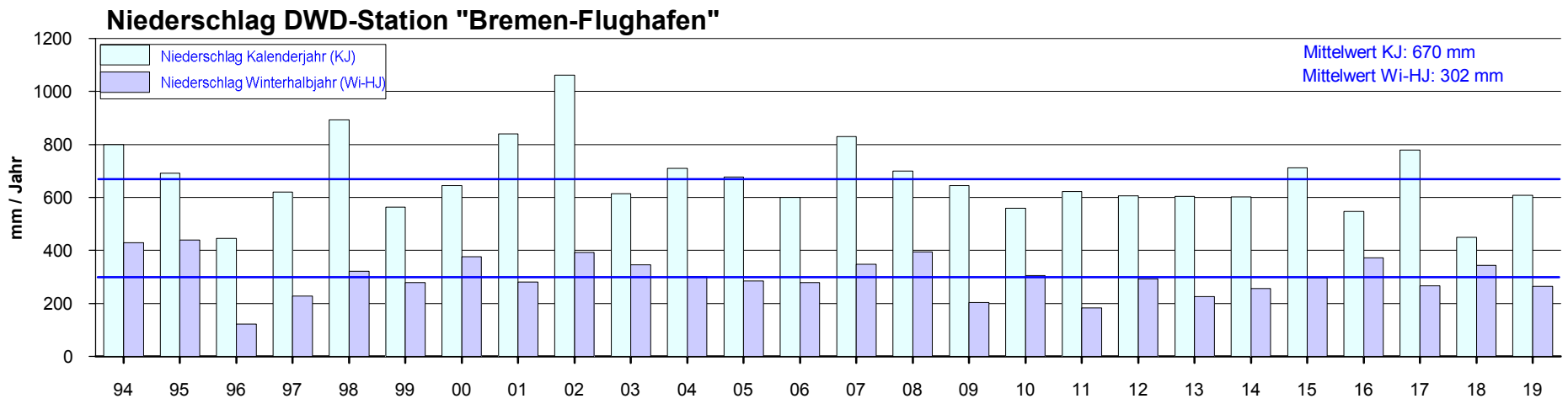
(ca. 47-fache Überhöhung)

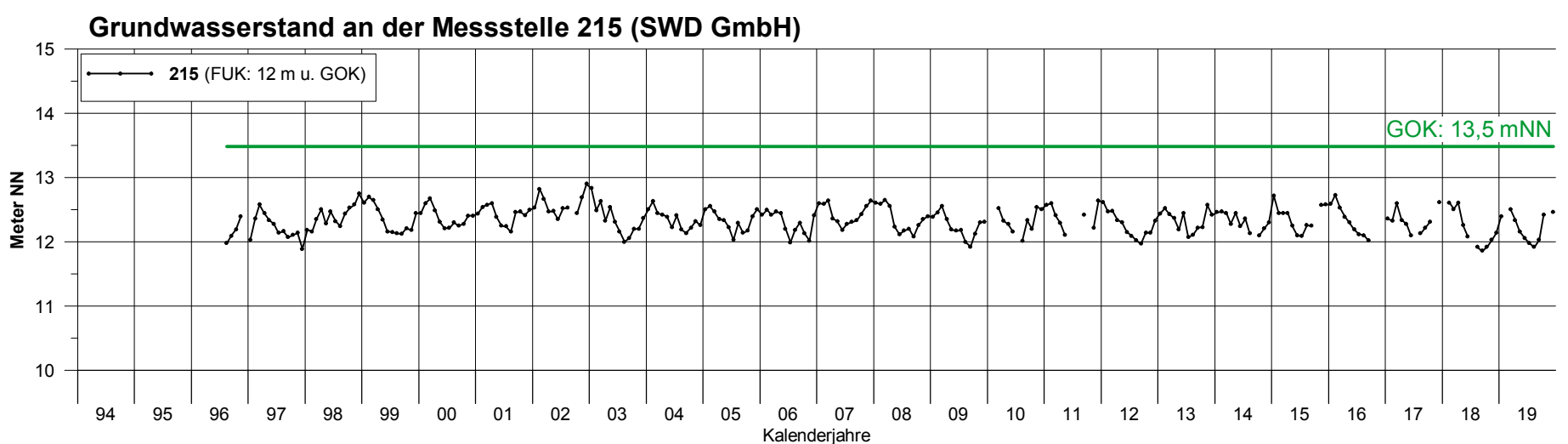
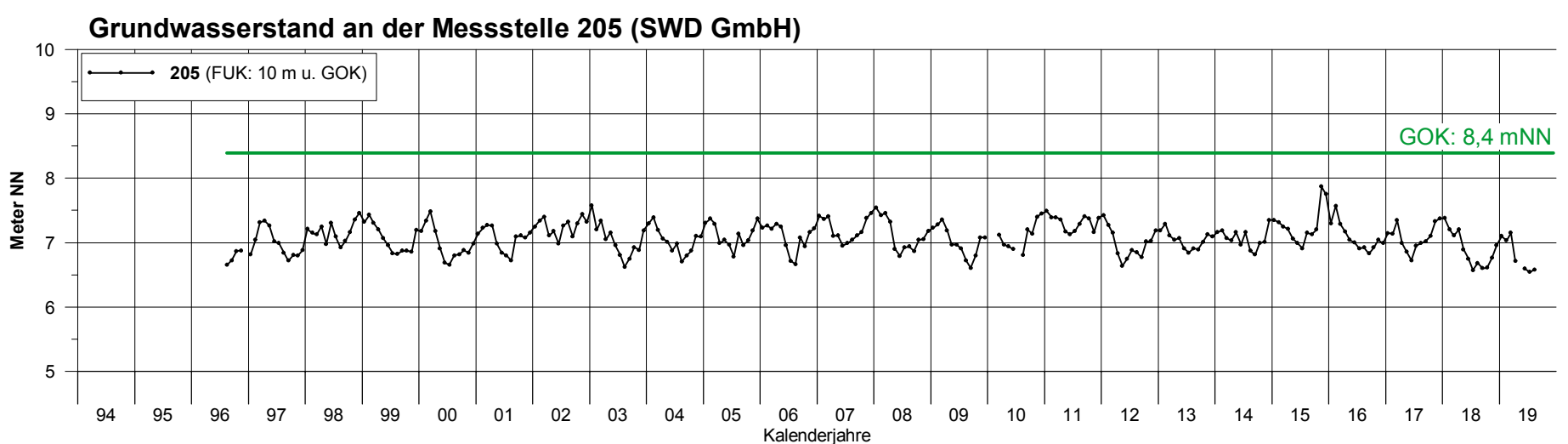
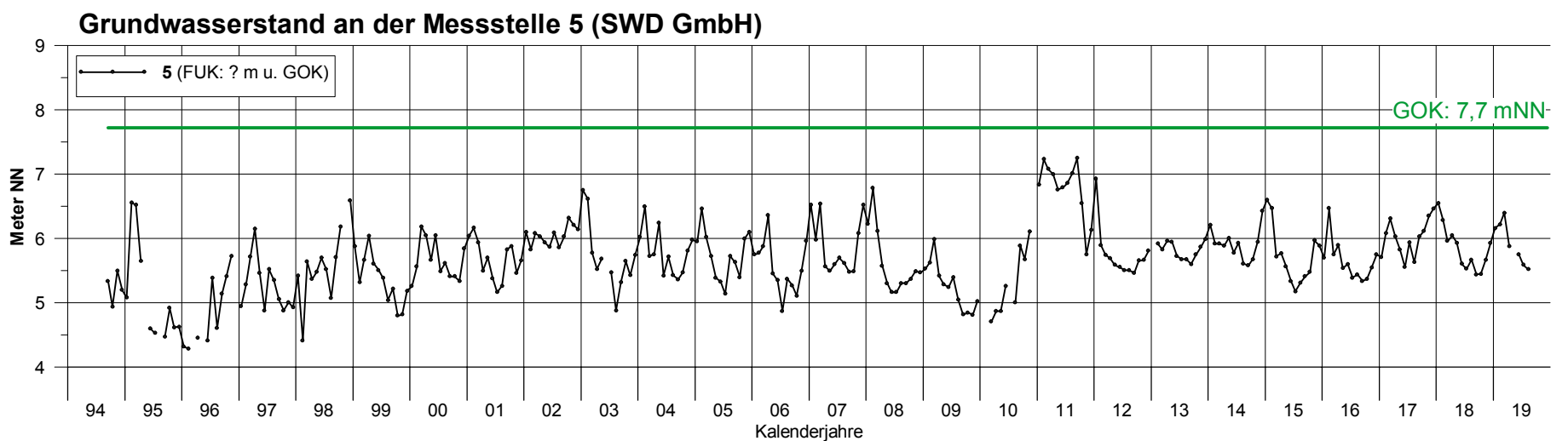
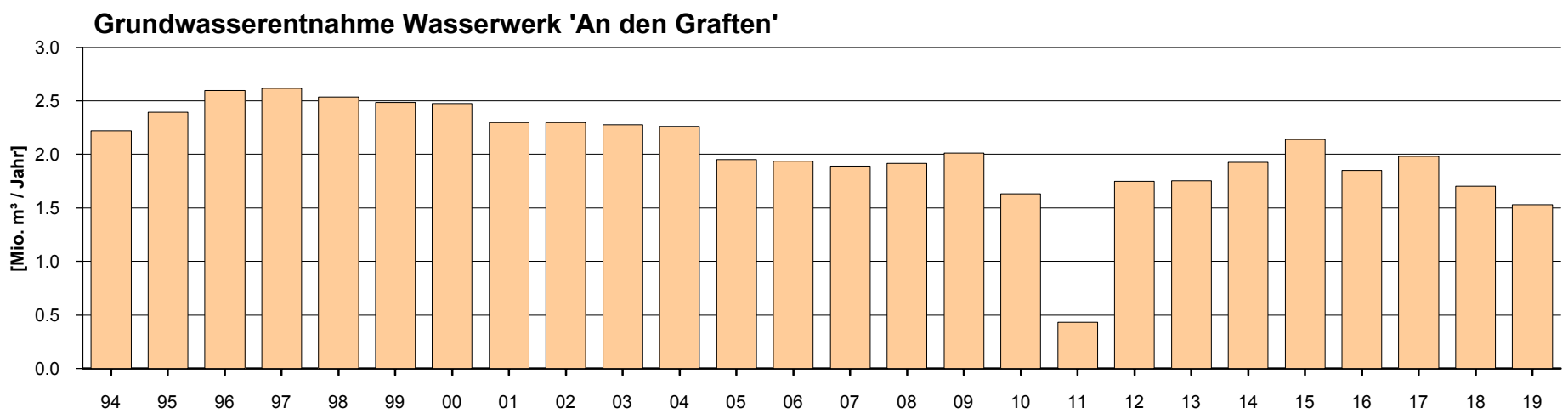
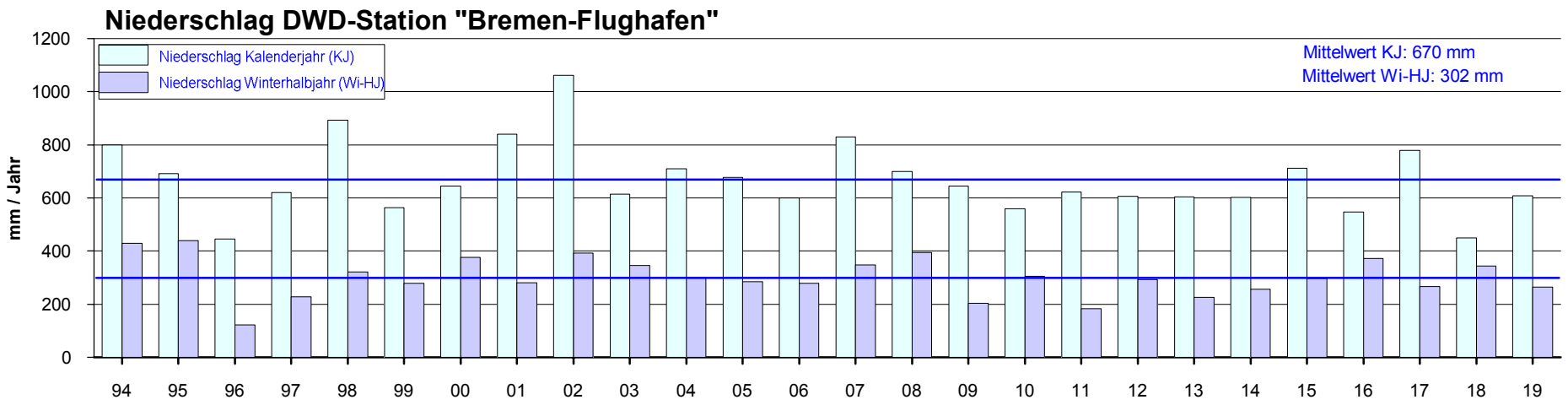


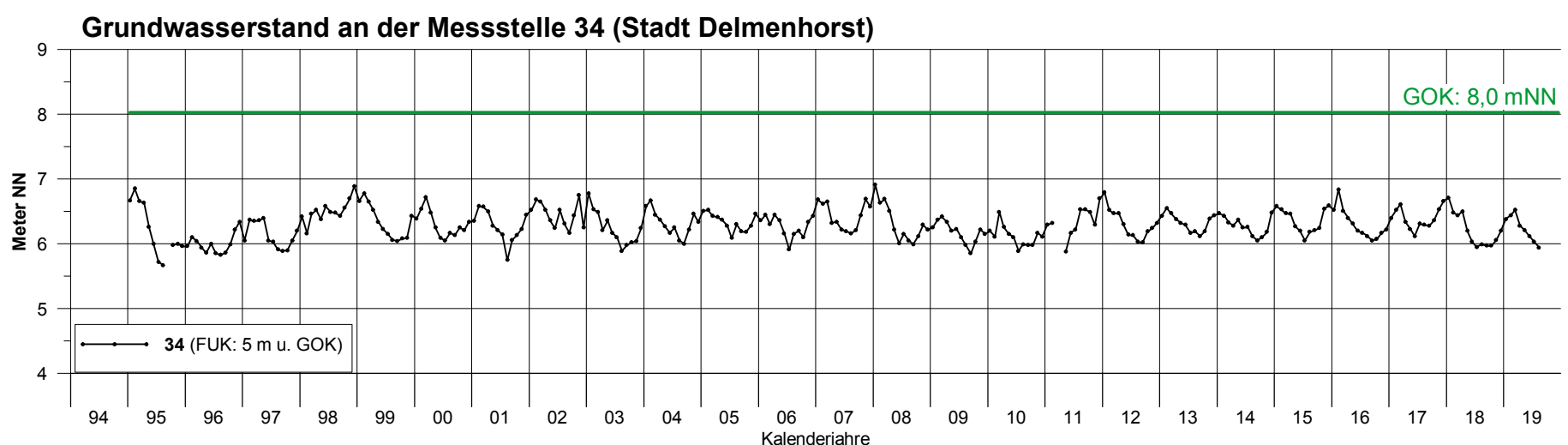
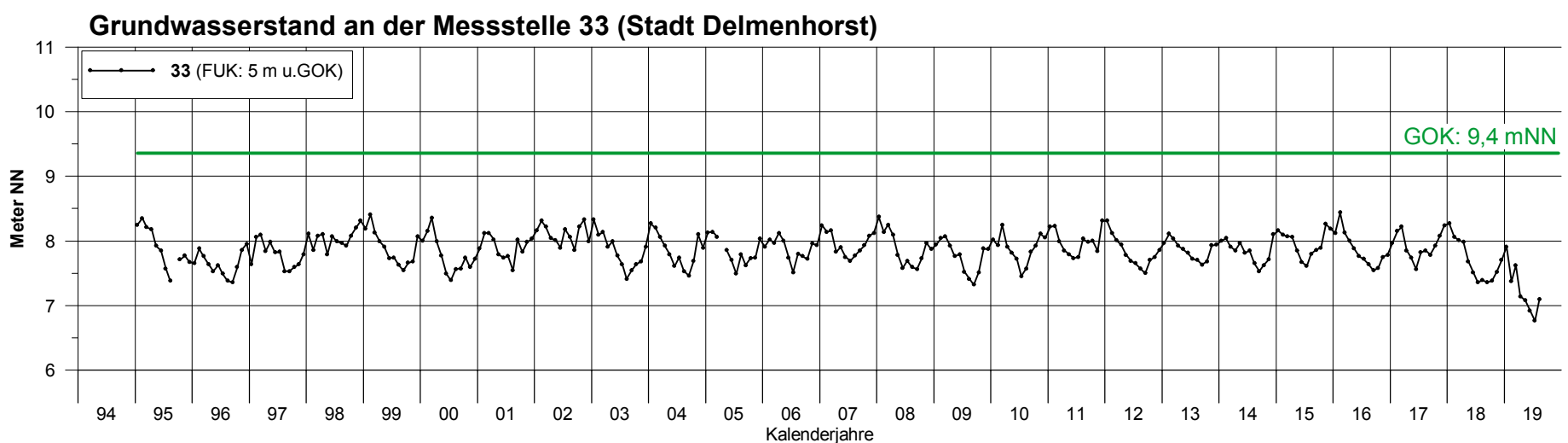
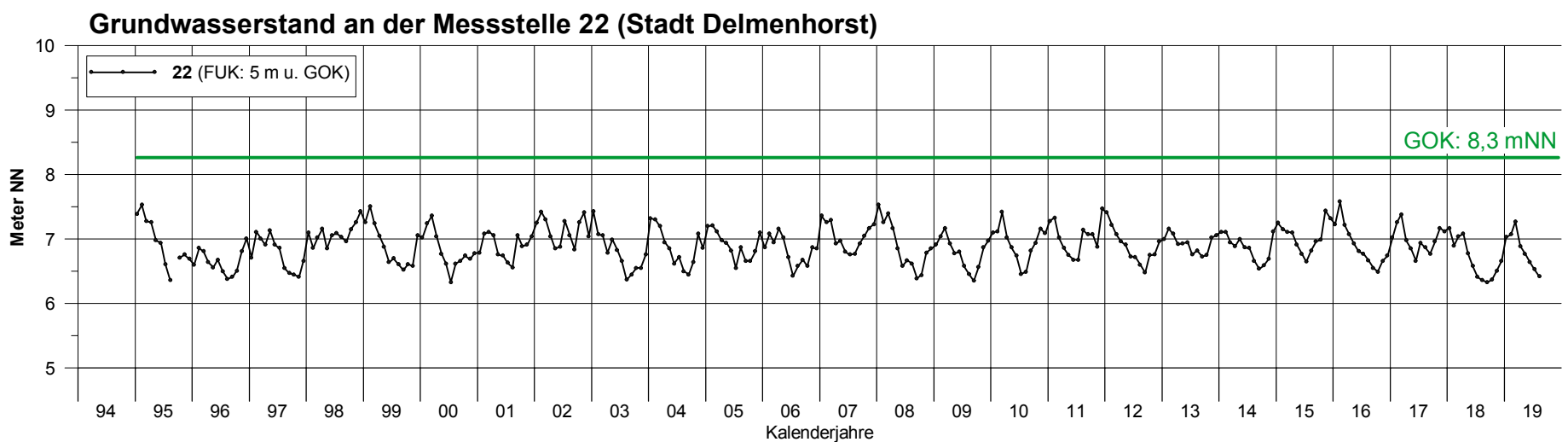
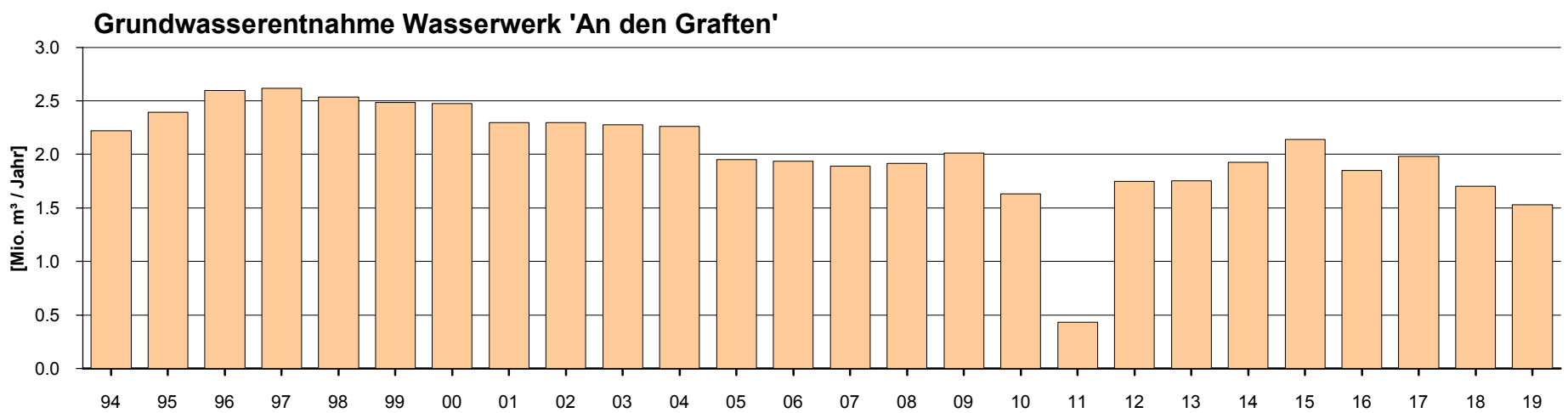
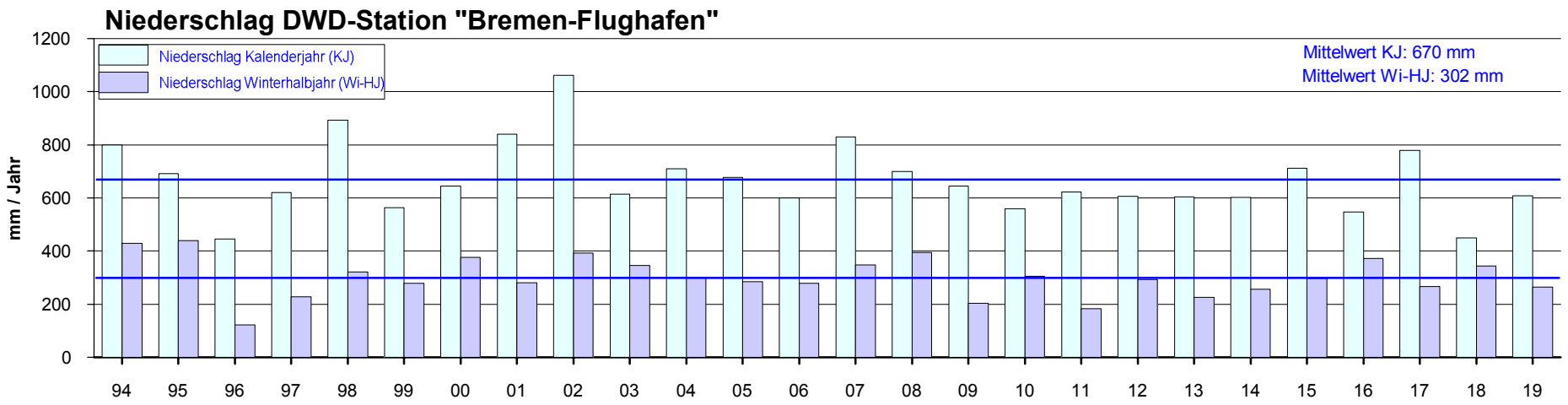
Quelle: NIWA (2019)

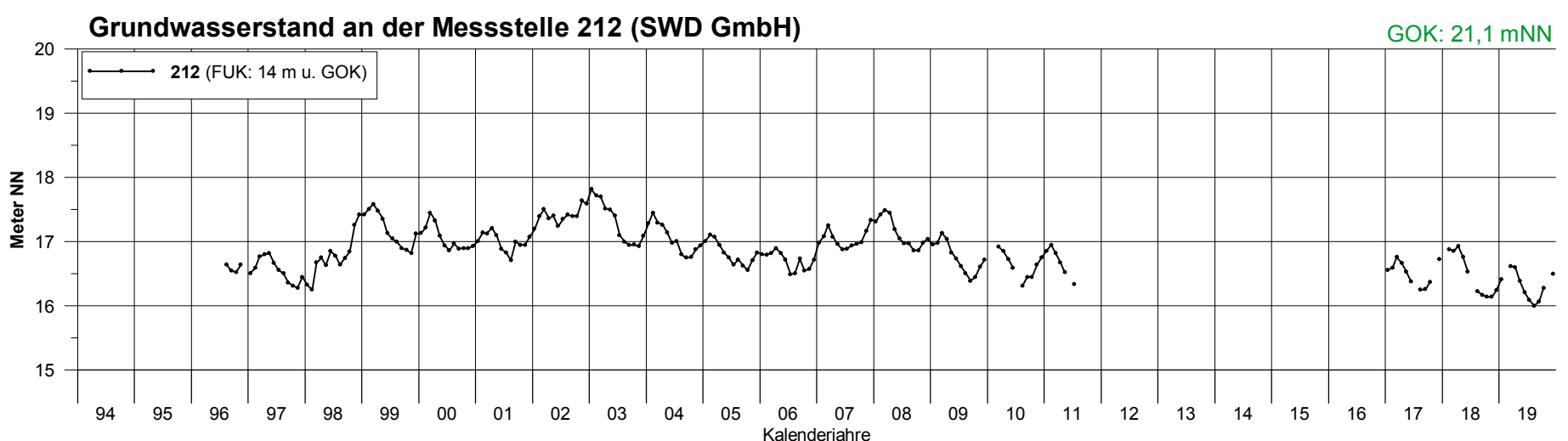
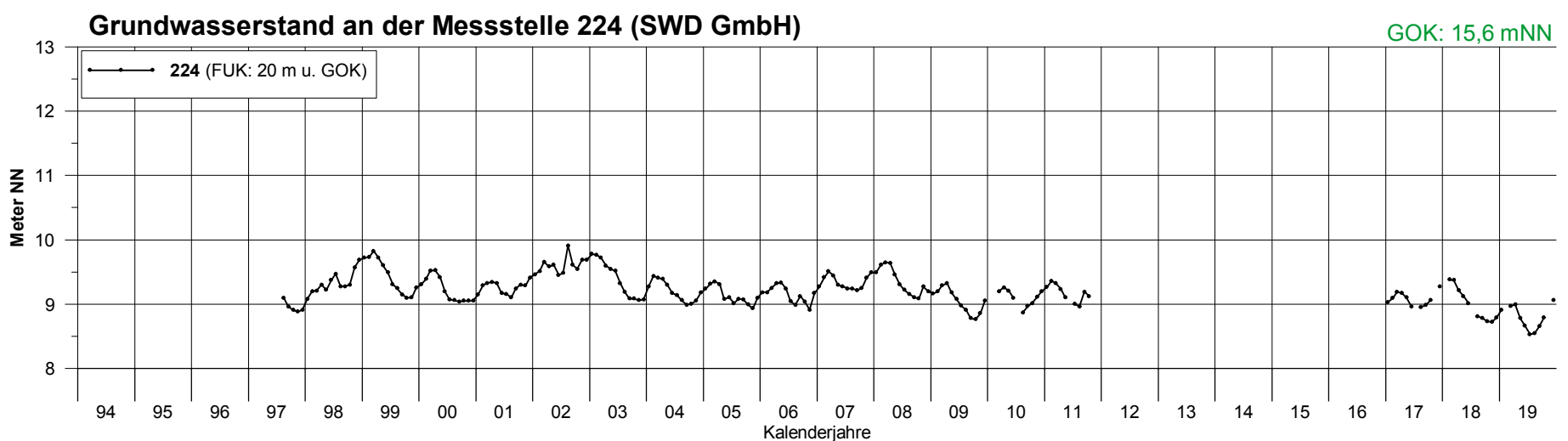
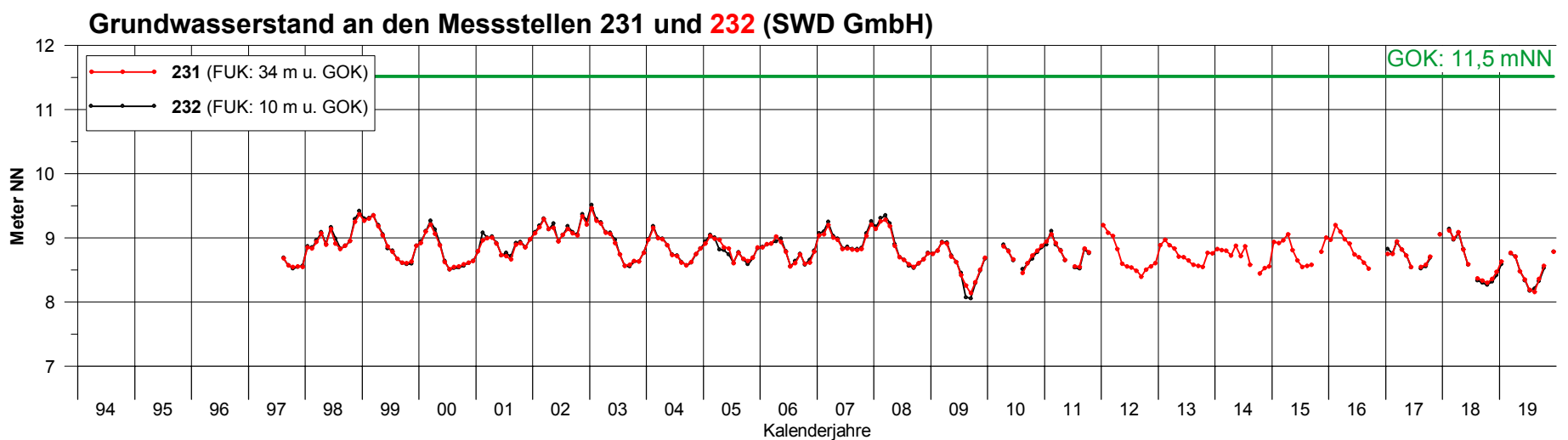
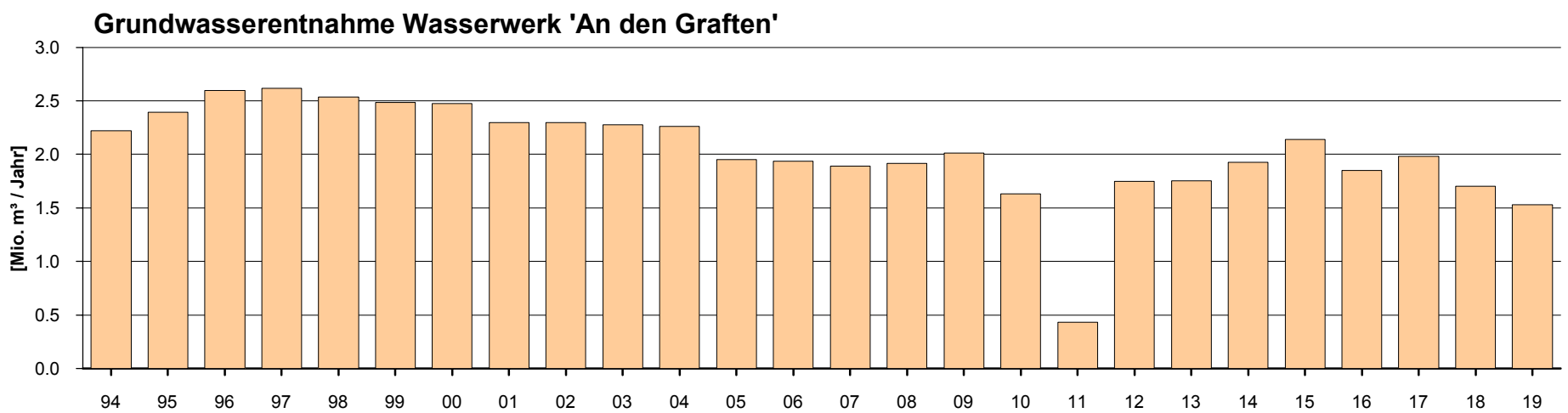
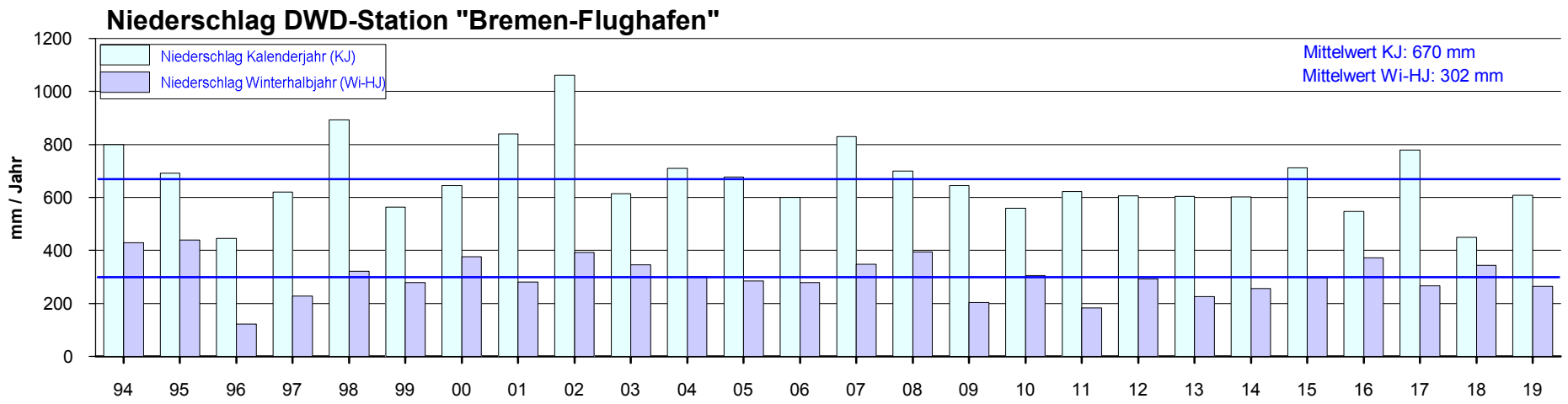
Generallegende	
Hydrostratigraphische Einheit (BEG, 2011)	Geologische Modelleinheit mit Kurzbeschreibung (NIWA, 2017)
L/H0	qhy: künstliche Aufschüttungen
L.1.2	qhfs: Flugsand
H1	qhhn: Niedermoor
L.1.2	qh2: Fluviale Sande
L.1.3	qwfs: Flugsande
L.1.3	qwGds: Geschiebedecksand
L.1.3	qwF: Fluviale Sande, z.T. kiesig
H2	qee: Humose Tone und Schluffe
H2	qwB: Beckenablagerungen
H3	qdlG: Geschiebelehm des Drenthe-Eisvorstoßes
L3	qdgS: Schmelzwassersande / -kiese (Vorschüttungs-sedimente)
H4.1	qL: Lauenburger Ton
H4.1	qLs: Lauenburger Randfazies
H4.2	qelG: Geschiebelehm der Elster-Eiszeit
L4.1/L4.2	qp-qe: altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese
H...	Miozän: Schluffe und Tone (Top=Basis HGWL-Komplex)

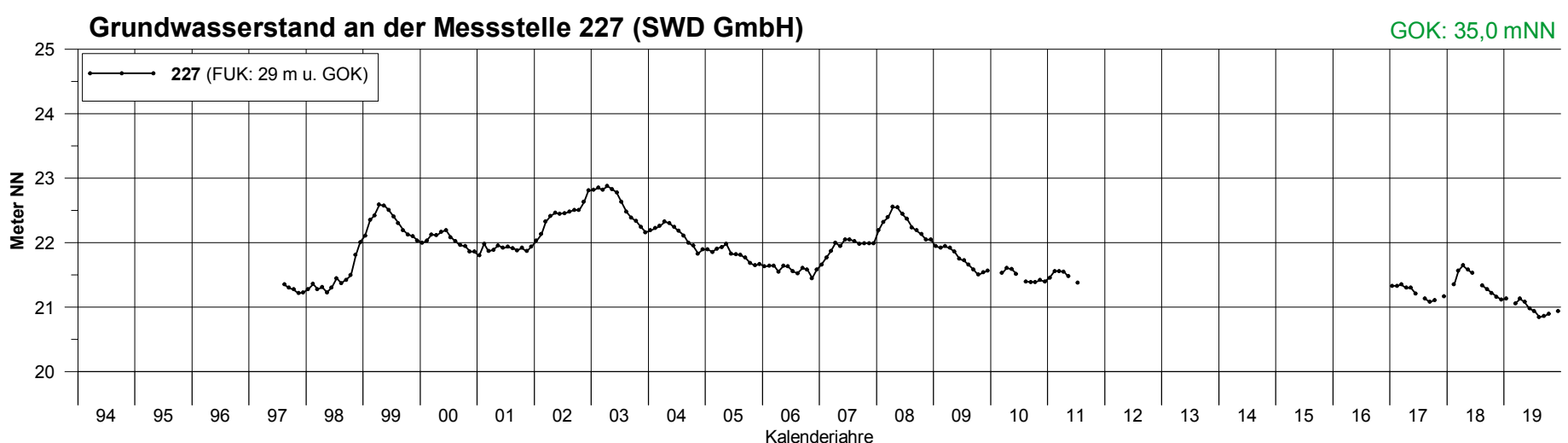
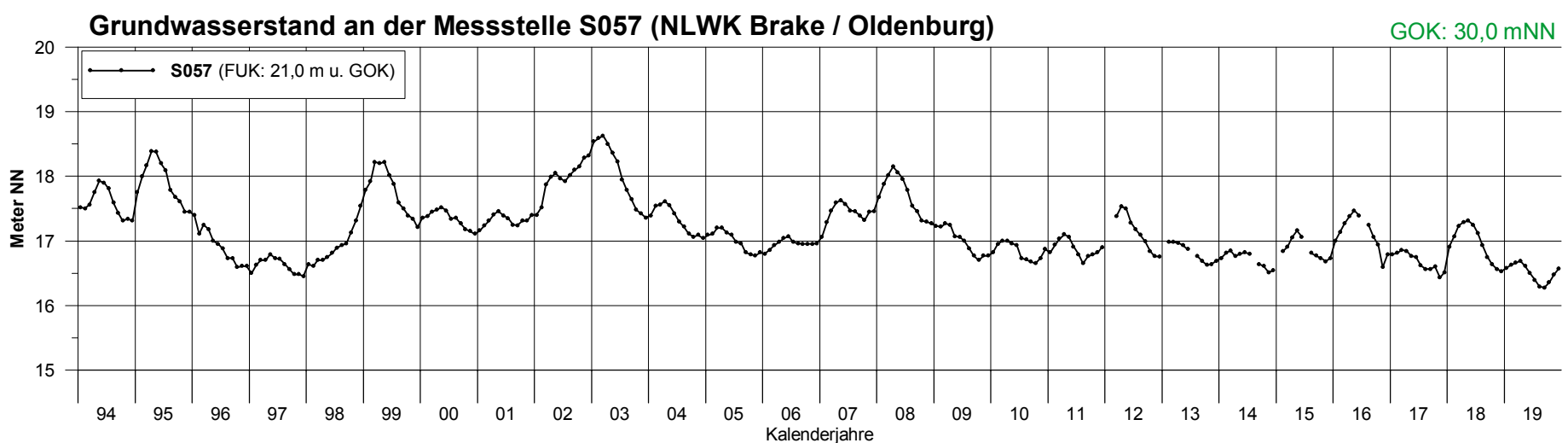
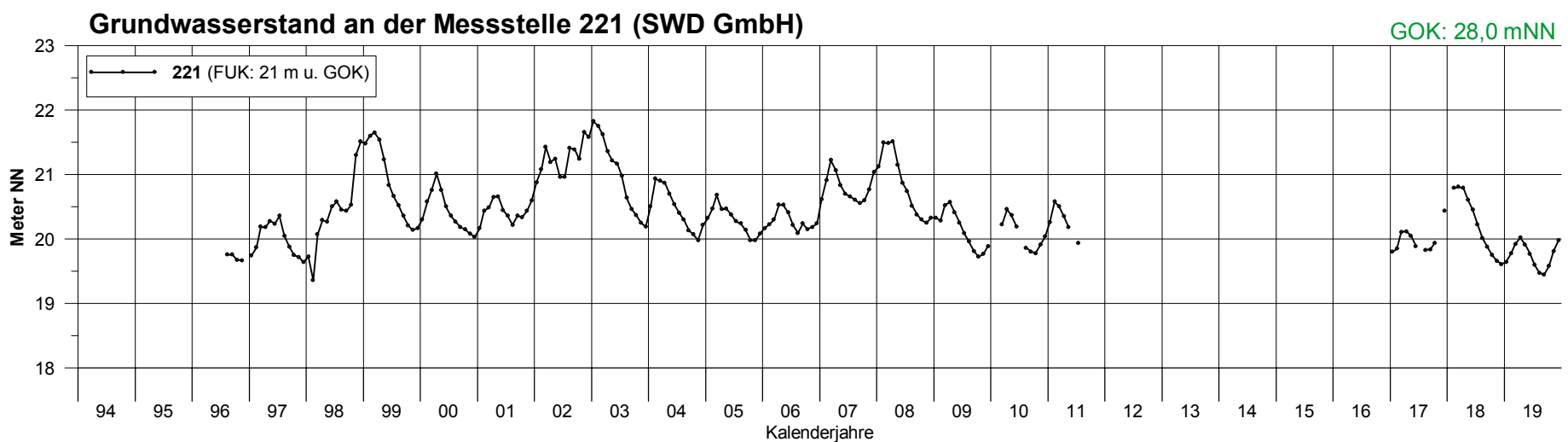
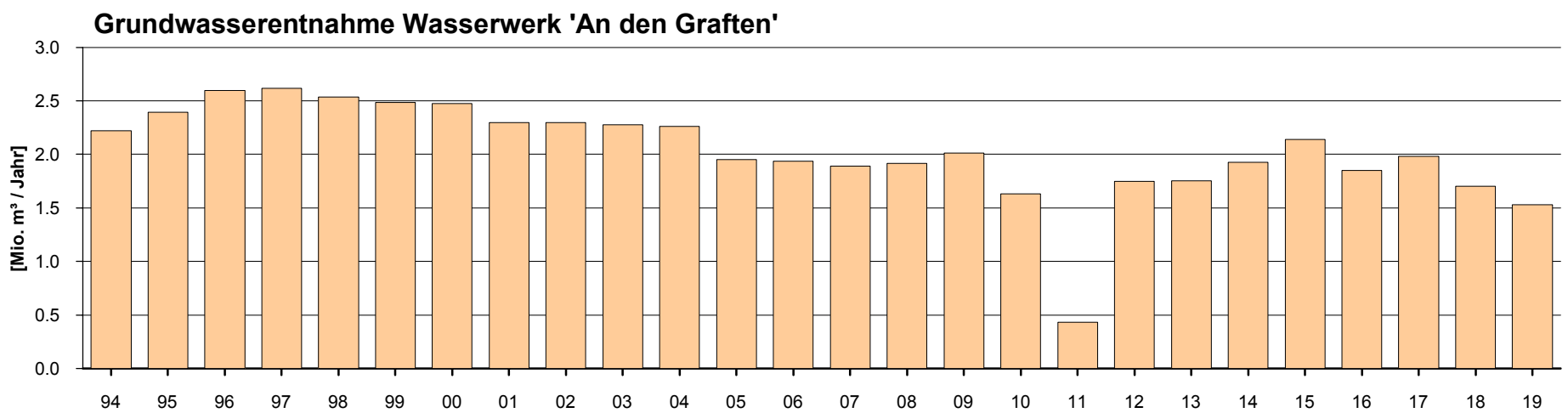
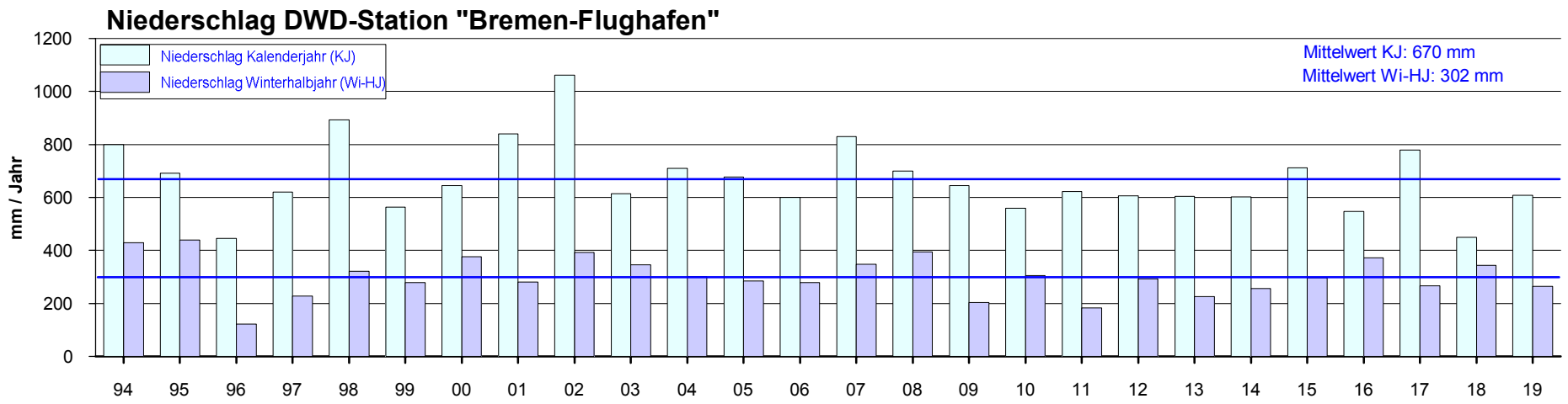
Linsenkörper sind nicht dargestellt!

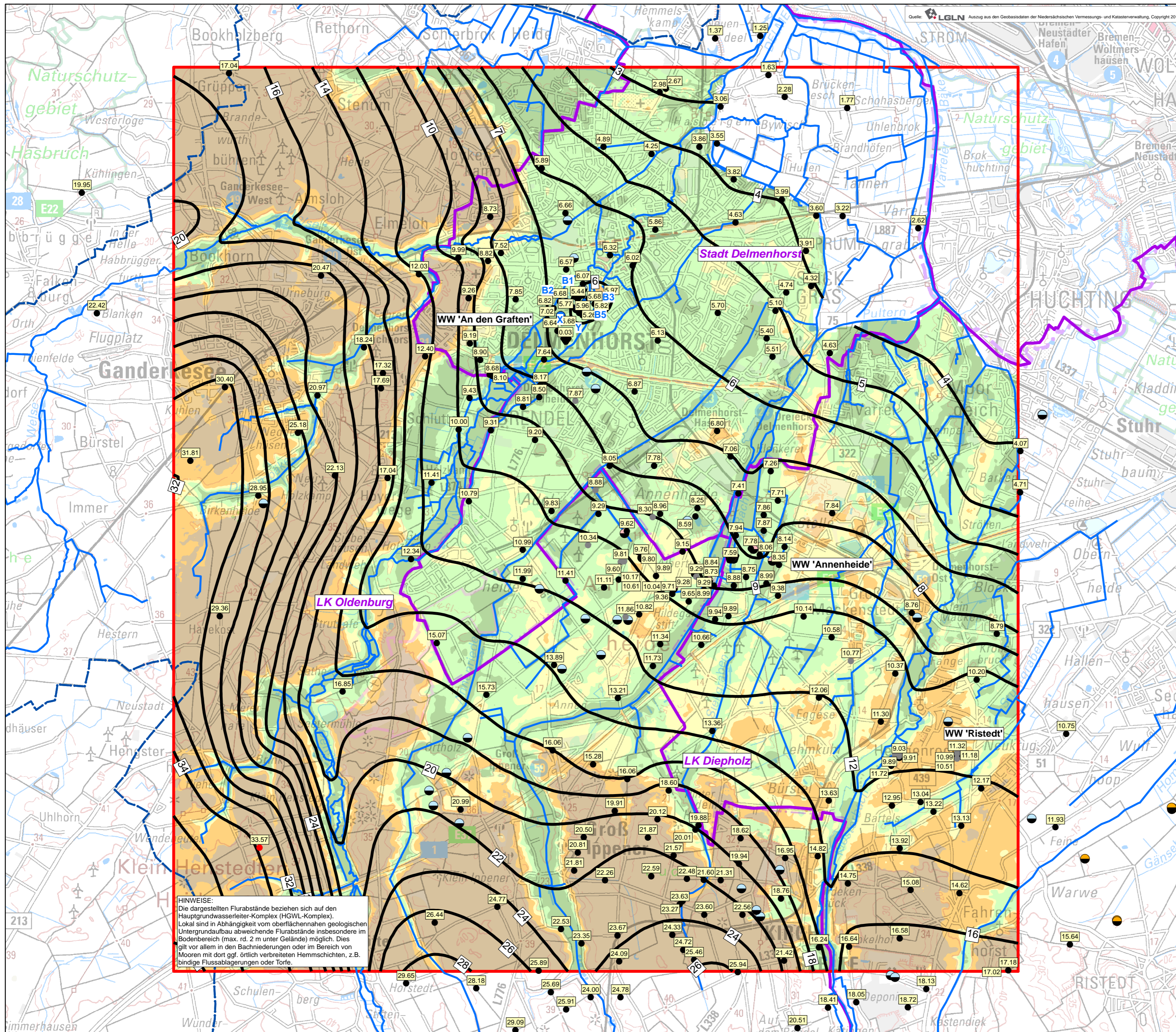










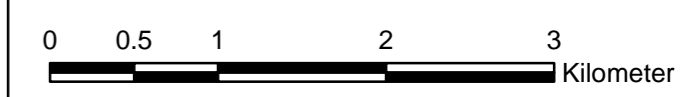
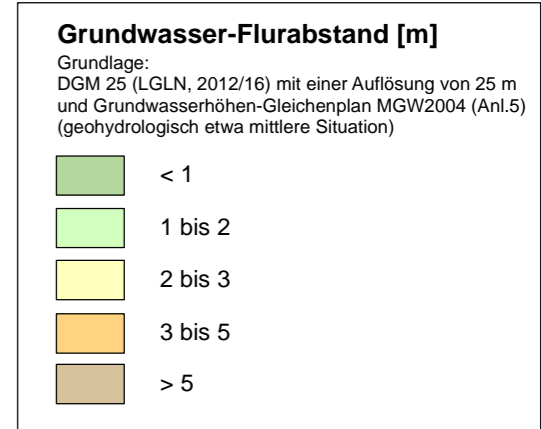


Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2013

- Förderbrunnen**
- SWD GmbH: Wasserwerk 'An den Graffen' geplante Standorte
 - SWD GmbH: Wasserwerk 'Annenheide'
 - HWW GmbH: Wasserwerk 'Ristedt'
 - sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
- Quellen: Stadt Delmenhorst, LK Diepholz und Oldenburg

- 6.87 Grundwassermessstellen mit MGW Kalenderjahr 2004 [mNN]
- mindestens 11 Werte
 - weniger als 11 Werte
 - Wert über lineare Regressionsgleichung abgeschätzt

- Linien gleicher Grundwasserspiegel [mNN] MGW 2004
- Seitliche Berandung des Grundwassermodells (Bruttofläche)
- Grenzlinie Grundwasserkörper
- Grenzlinie Landkreise
- Verlauf oberirdischer Fließgewässer
Quelle: MC (2017)



HINWEISE:
Die dargestellten Flurabstände beziehen sich auf den Hauptgrundwasserleiter-Komplex (HGWL-Komplex). Lokal sind in Abhängigkeit vom oberflächennahen geologischen Untergrundaufbau abweichende Flurabstände insbesondere im Bodenbereich (max. rd. 2 m unter Gelände) möglich. Dies gilt vor allem in den Bachniederungen oder im Bereich von Mooren mit dort ggf. örtlich verbreiteten Hemmschichten, z.B. bindige Flussablagerungen oder Torfe.

Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk 'An den Graffen'

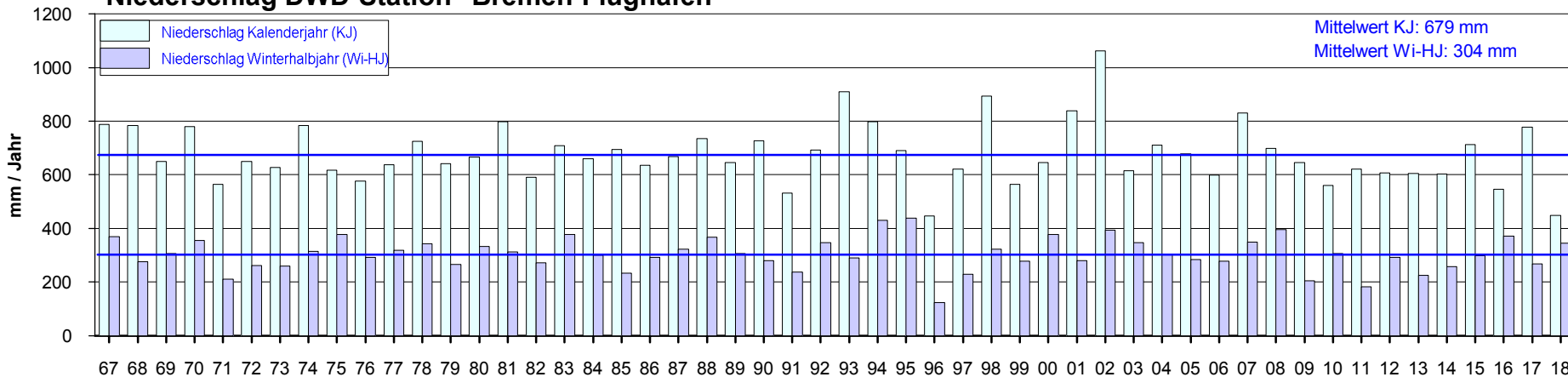
Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a - Geohydrologisches Gutachten -

Grundwasser-Gleichenplan
Grundwasser-Flurabstand
MGW 2004

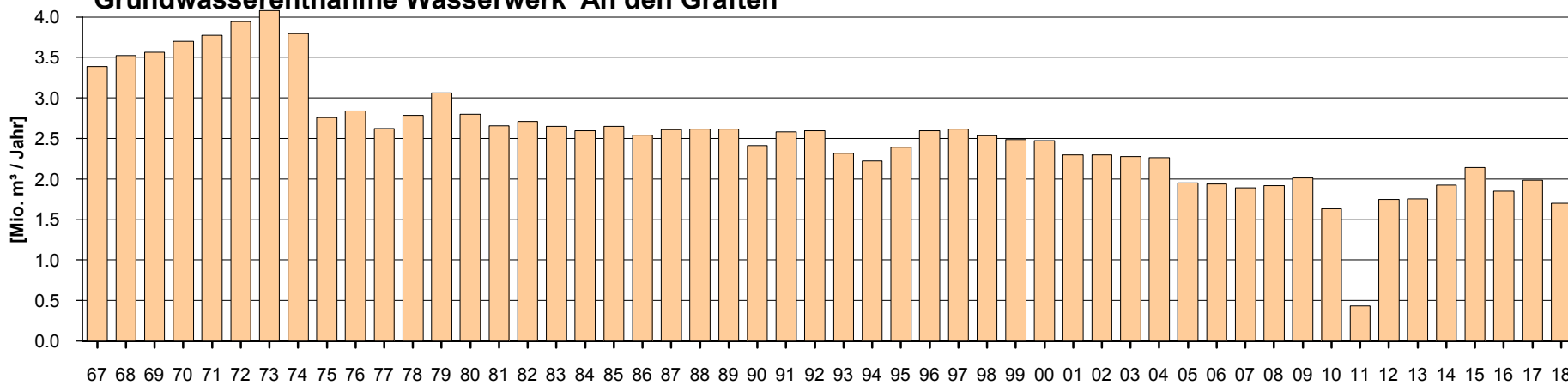
Maßstab: 1:45.000 (Ausdruck DIN A2)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 5
-------------------------------------	----------------------	-----------------

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42

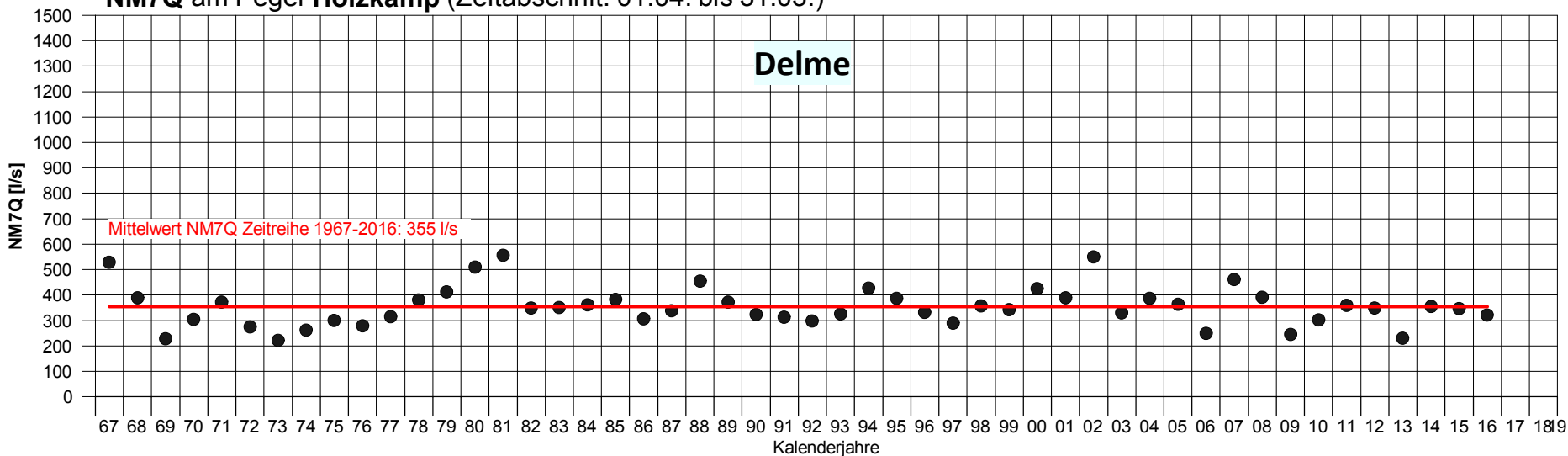
Niederschlag DWD-Station "Bremen-Flughafen"



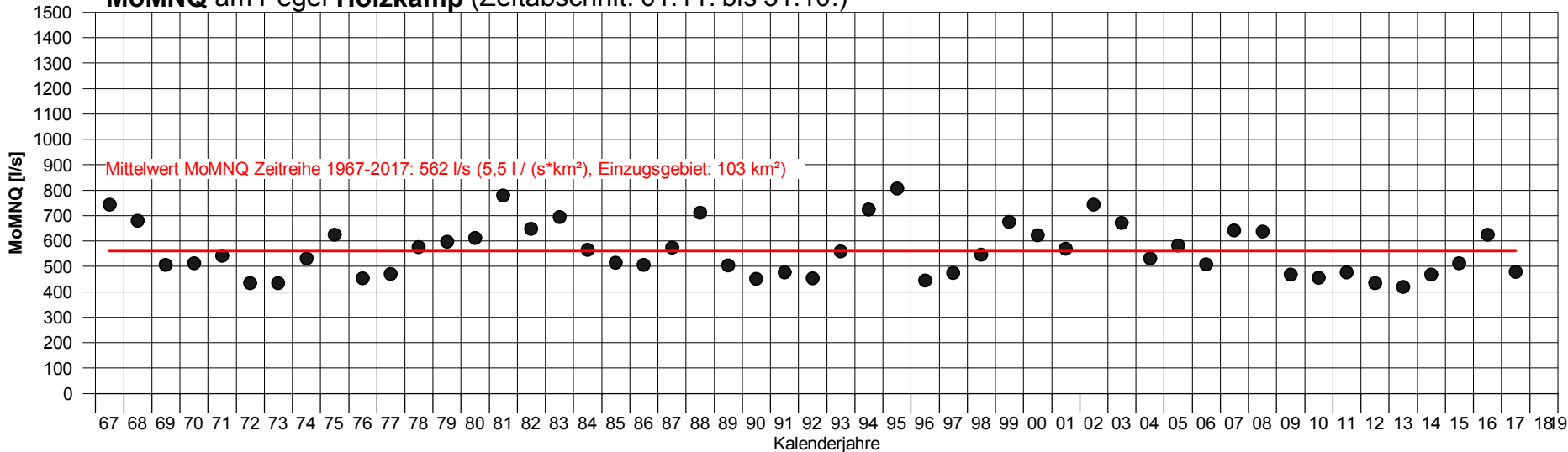
Grundwasserentnahme Wasserwerk 'An den Graffen'



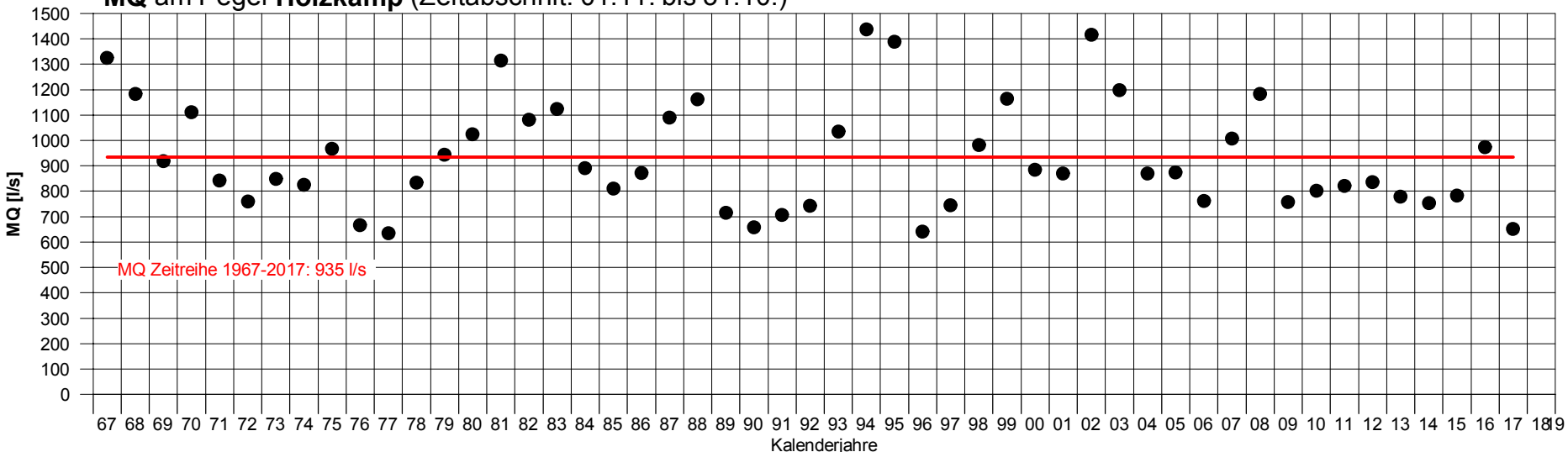
NM7Q am Pegel Holzkamp (Zeitabschnitt: 01.04. bis 31.03.)

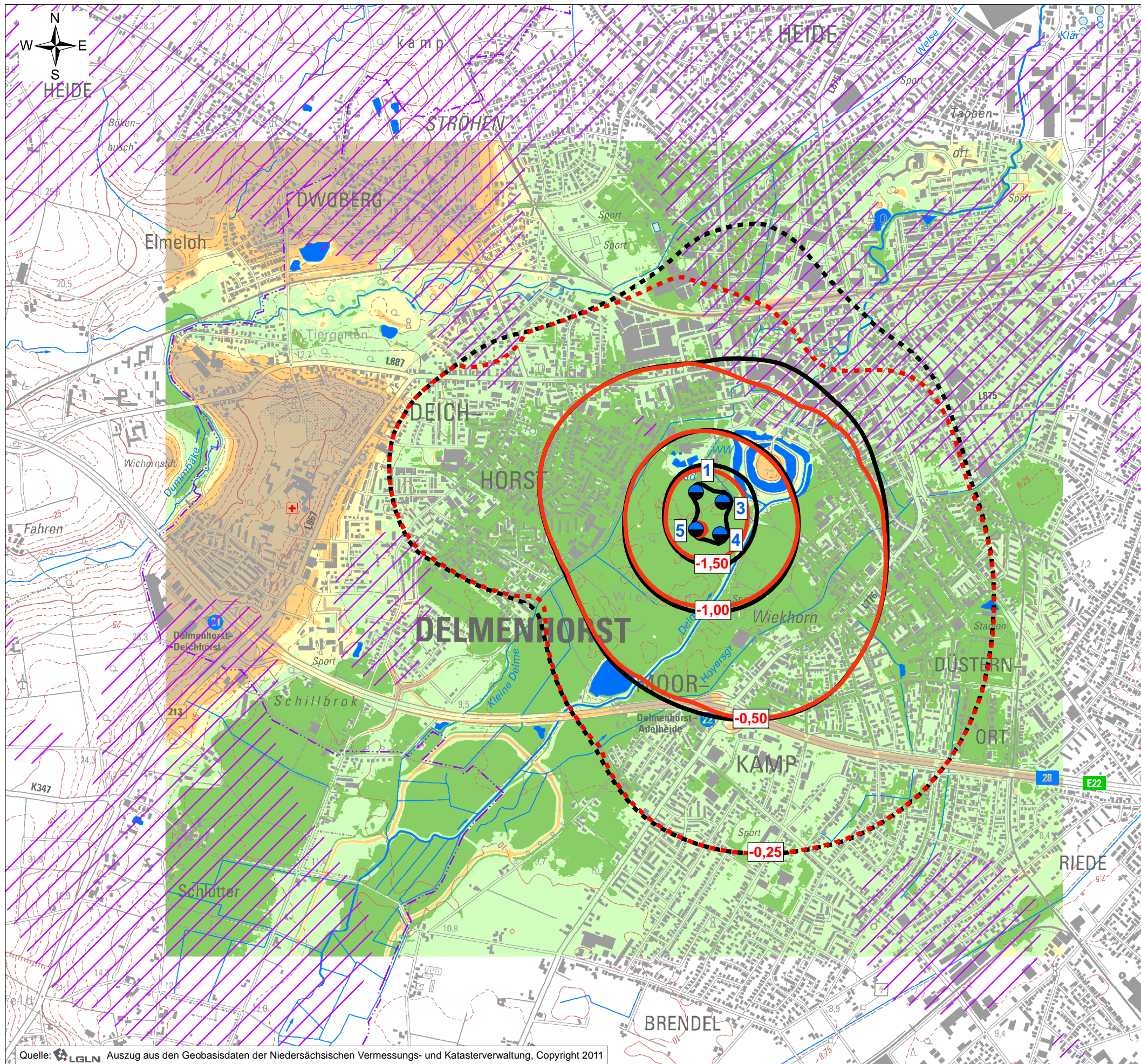


MoMNQ am Pegel Holzkamp (Zeitabschnitt: 01.11. bis 31.10.)








MQ am Pegel Holzkamp (Zeitabschnitt: 01.11. bis 31.10.)








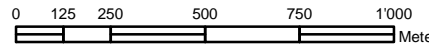


Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2011

-  Förderbrunnen
WW I 'An den Graften'
angesetzt für den Ist-Zustand
-  Linie gleicher entnahmebedingter
Absenkung [m] NULL -> IST
'OBEN'
berechnet mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)
-  Linie gleicher entnahmebedingter
Absenkung [m] NULL -> IST
'UNTEN'
berechnet mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)
-  Zwischenschicht aus Grundwasser-
hemmern (qL, qLs und qelg)
-  Oberirdische Gewässer

Grundwasser-Flurabstand [m]
Grundlage:
Grundwasserspiegelfläche IST-Zustand
ohne Entnahme "WW-Graften"
und DGM 5 (LGLN Hannover, 2019)

	< 1
	1 bis 2
	2 bis 3
	3 bis 5
	> 5



0 125 250 500 750 1000
Meter



Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I - An den Graften

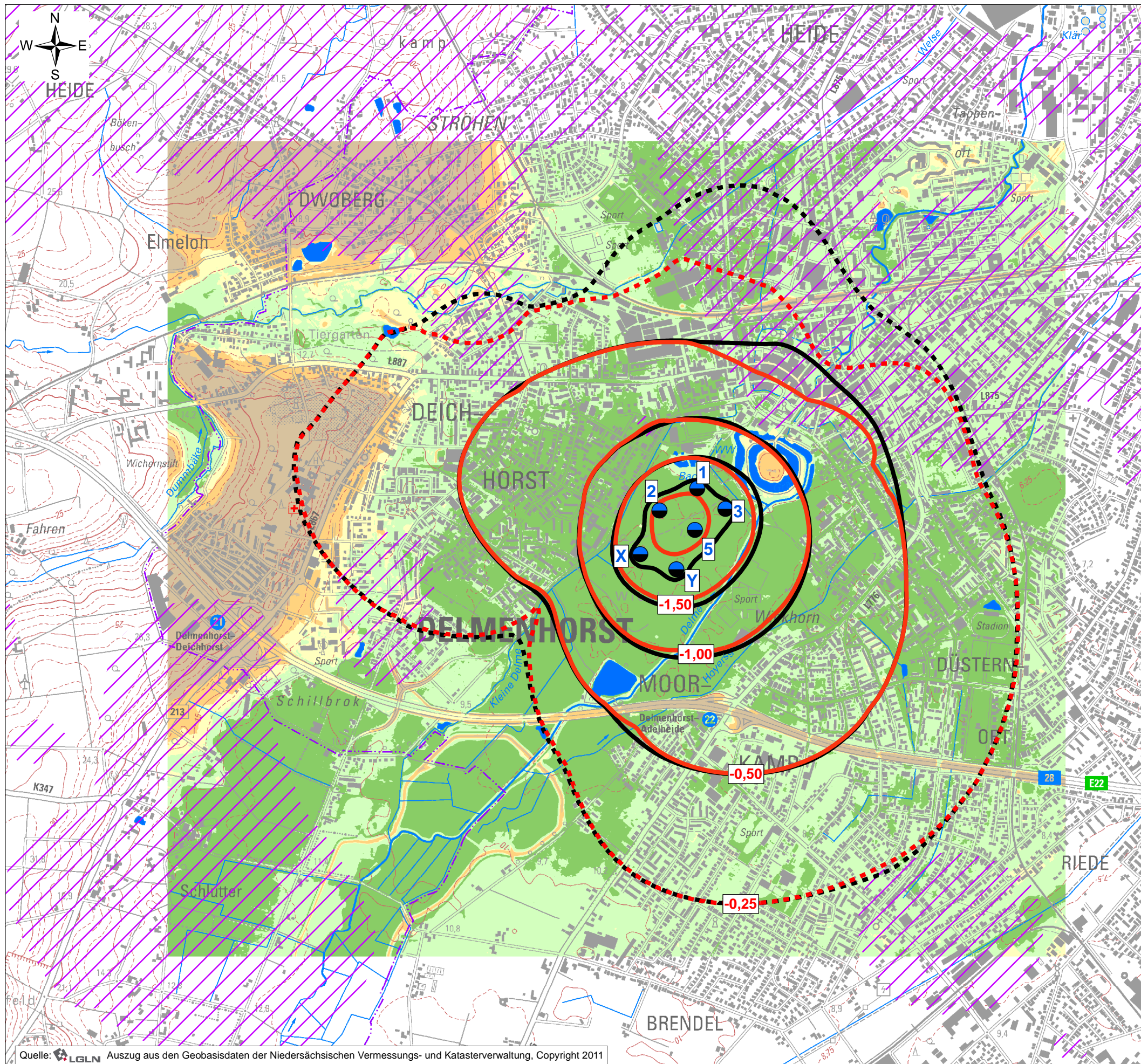
Antrag auf Bewilligung einer
Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
- Geohydrologisches Gutachten -

**Linien gleicher Grundwasserspiegel-
Absenkung**
IST-Entnahme: rd. 1,90 Mio. m³/a
(Brunnen in Betrieb: 1, 3, 4 und 5)
Bezug:
Entnahme "WW An den Graften" 0,0 Mio. m³/a
(NULL-Zustand)






Maßstab: 1:20.000 (Ausdruck DIN A3)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 7.1
--	----------------------	-------------------








Ingenieurbüro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: (05723) 749 82 40
Fax: (05723) 749 82 42

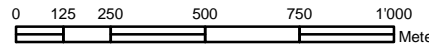


Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2011

-  Geplante Förderbrunnen
WW I 'An den Graffen'
-  Linie gleicher entnahmebedingter Gesamt-
absenkung [m] NULL -> PROGNOSE
'OBEN'
berechnete mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)
-  Linie gleicher entnahmebedingter Gesamt-
absenkung [m] NULL -> PROGNOSE
'UNTEN'
berechnete mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)
-  Zwischenschicht aus Grundwasser-
hemmern (qL, qLs und qelg)
-  Oberirdische Gewässer

Grundwasser-Flurabstand [m]
Grundlage:
Grundwasserspiegelfläche IST-Zustand
ohne-Entnahme "WW-Graffen"
und DGM 5 (LGLN Hannover, 2019)

	< 1
	1 bis 2
	2 bis 3
	3 bis 5
	> 5



0 125 250 500 750 1000
Meter



Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I - An den Graffen

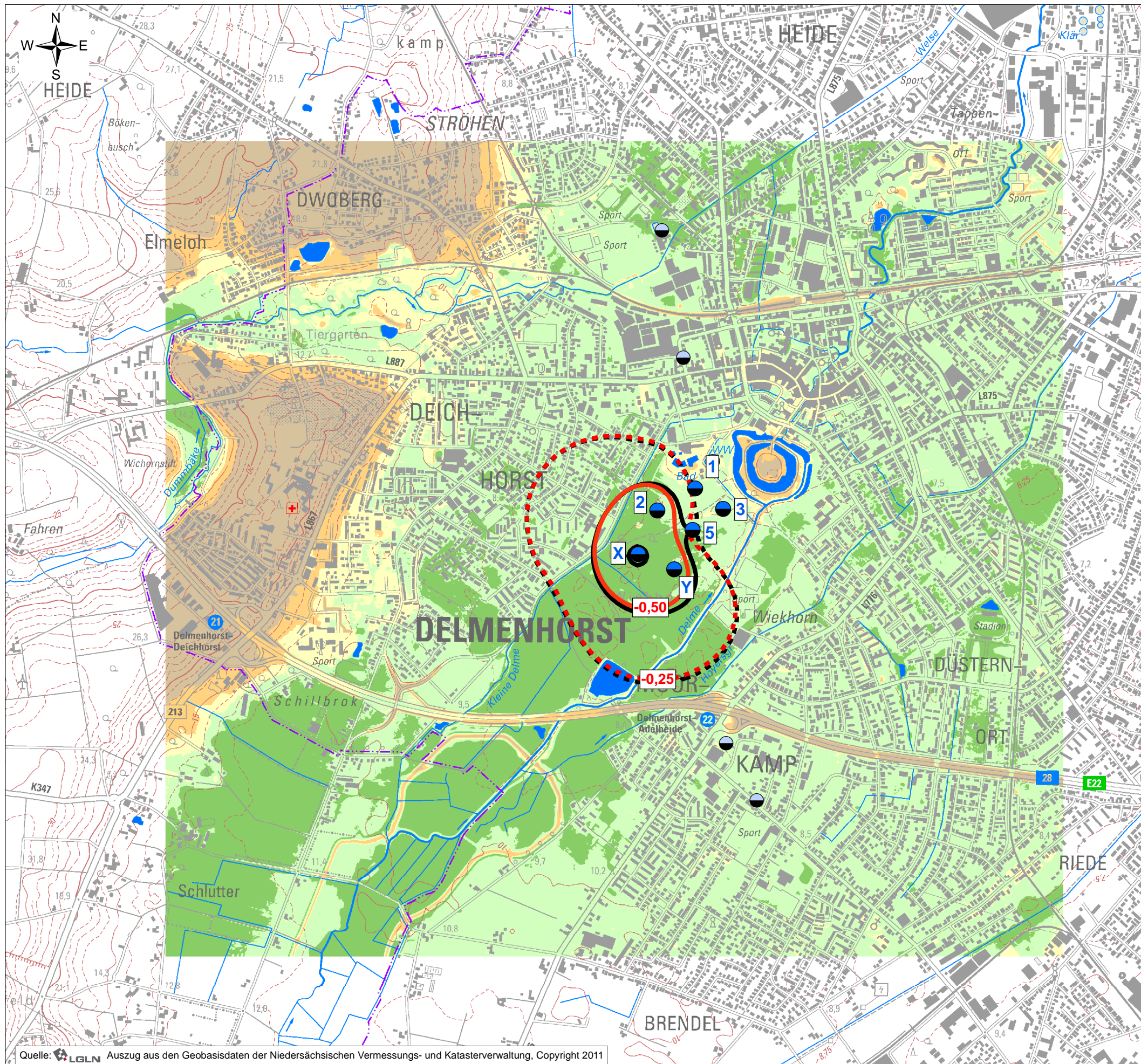
Antrag auf Bewilligung einer
Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
- Geohydrologisches Gutachten -

**Linien gleicher Grundwasserspiegel-
Gesamtabsenkung**
PROGNOSE-Entnahme: 2,4 Mio. m³/a
(Brunnen in Betrieb: 1, 2, 3, 5, X, Y)
Bezug:
Entnahme "WW An den Graffen" 0,0 Mio. m³/a
(NULL-Zustand)





Maßstab: 1:20.000 (Ausdruck DIN A3)	Datum: 03. Jan. 2020	Anlage 7.2
--	----------------------	-------------------




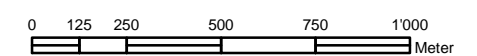
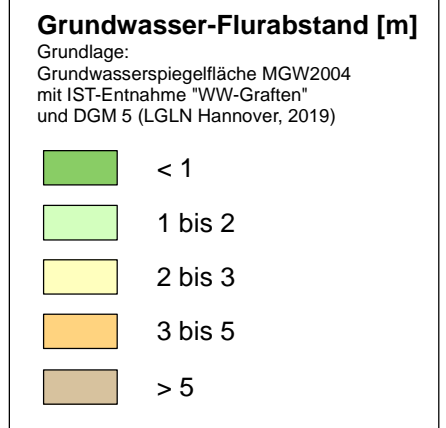
Ingenieurbüro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: (05723) 749 82 40
Fax: (05723) 749 82 42



Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2011

-  Geplante Förderbrunnen
WW I 'An den Graften'
-  Sonstige Förderbrunnen
mit langfristiger Genehmigung
-  Linie gleicher entnahmebedingter
Zusatzabsenkung [m] IST -> PROGNOSE
'OBEN'
berechnet mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)
-  Linie gleicher entnahmebedingter
Zusatzabsenkung [m] IST -> PROGNOSE
'UNTEN'
berechnet mit dem Grundwassermodell
(Modellstand: Sep. 2019)

 Oberirdische Gewässer




 **Stadtwerke Delmenhorst GmbH**
Wasserwerk I - An den Graften

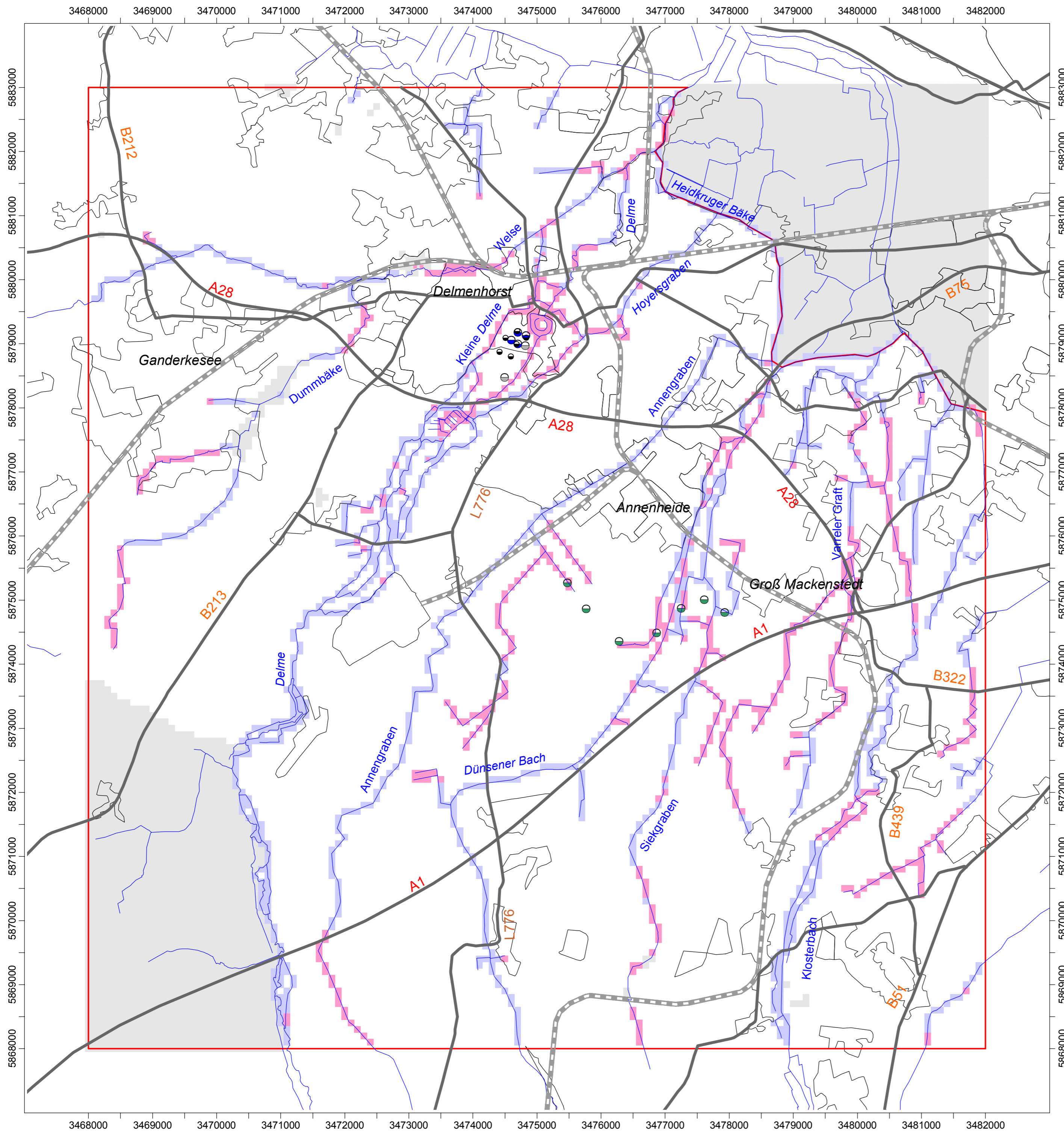
Antrag auf Bewilligung einer
 Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
 - Geohydrologisches Gutachten -

**Linien gleicher Grundwasserspiegel-
 Zusatzabsenkung**
PROGNOSE-Entnahme: 2,4 Mio. m³/a
 (Brunnen in Betrieb: 1, 2, 3, 5, X, Y)

Bezug:
 Entnahme "WW An den Graften" ca. 1,90 Mio. m³/a
 (IST-Zustand)

Maßstab: 1:20.000 (Ausdruck DIN A3) Datum: 03. Jan. 2020 **Anlage 7.3**

 Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser
- Exfiltration von Grundwasser in die Vorfluter
- Außen: IST-Zustand
■ Innen: Prognose-Zustand

0 500 1000 1500 2000 2500

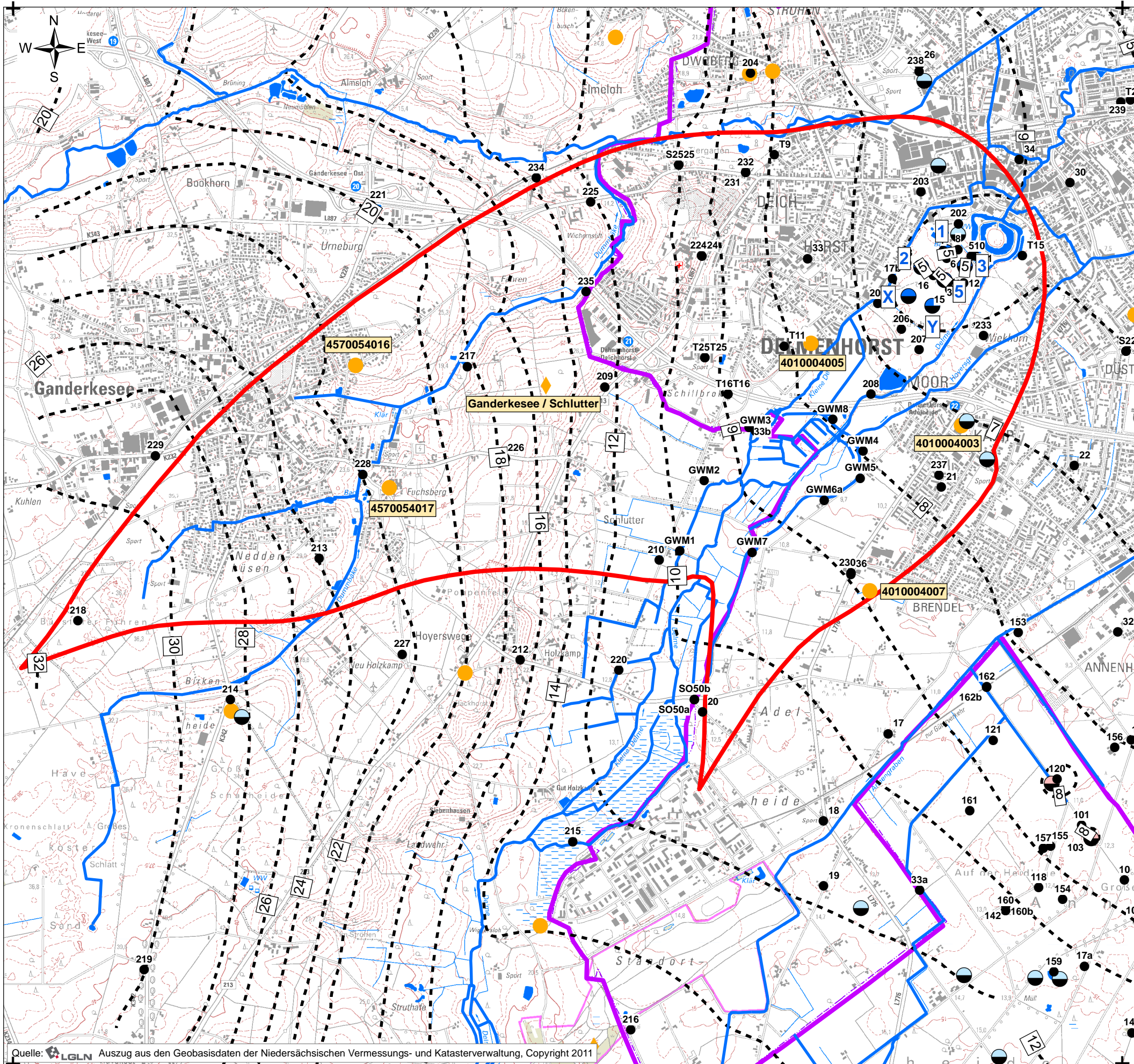
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I - An den Graften

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
- Geohydrologisches Gutachten -

Wasseraustausch zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem - Ex- und Infiltrationsbereiche - IST- und PROGNOSE-Zustand

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	03. Januar 2020	Anlage 7.4
--	-----------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5 31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40 Fax: 05723 / 749 82 42



Förderbrunnen

- SWD GmbH: WW 'An den Graften' geplante Standorte
- SWD GmbH: WW 'Annenheide'
- sonstige, z.B. Feldberegnung (keine temporären)
- Grundwassermessstellen mit Bezeichnung
- Altablagerungen Quelle: NIBIS Kartenserver (2019a)
- ◆ Rüstungsaltlasten Quelle: NIBIS Kartenserver (2019b)

— Unterirdisches Einzugsgebiet für die beantragte Entnahme von 2,4 Mio. m³/a

--- Linien gleicher Grundwasserspiegel [mNN] berechnet mit dem Grundwassermodell für Rechenebene 3

— Grenzlinie Landkreise

■ Oberirdische Gewässer


0 125 250 500 750 1'000 Meter

Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I - An den Graften

Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme über 2,4 Mio. m³/a
- Geohydrologisches Gutachten -

Unterirdisches Einzugsgebiet - Prognose-Zustand -
vorläufige Abgrenzung

Maßstab: 1:30.000 (Ausdruck DIN A3) Datum: 03. Jan. 2020 **Anlage 8**

Ingenieurbüro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: (05723) 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: (05723) 749 82 42

Quelle: LGLN Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Copyright 2011



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

A N H Ä N G E

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

A N H A N G 1

Datenbeschaffung / -grundlage

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, April 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
1	Klima			<i>Größen nicht modellrelevant, nur zur Charakterisierung von Zeiträumen, z.B. "Trockenjahr", "Durchschnittsjahr".</i>
a	N	DWD	DWD-Server	Station Bremen-Flughafen. Tageswerte Zeitraum Nov. 1993 bis Dez. 2019 (lückenlose Zeitreihe).
b	T	DWD	DWD-Server	Station Bremen-Flughafen. Tageswerte Zeitraum Nov. 1993 bis Dez. 2019 (lückenlose Zeitreihe).
2	Topografie			<i>Für Kartendarstellungen.</i>
a	Rasterdaten	LGLN	LGLN / Mrz 2013	DTK100 (Stand: März 2013)
b	Rasterdaten	LGLN	SWD / Feb. 2012	DTK25 (Stand: 2012).
3	Geländeoberfläche			<i>Im Wesentlichen zur Ermittlung von Gw-Flurabständen im Aussagegebiet. Auch zur Abschätzung von Wasserständen im oberirdischen Fließgewässersystem in Bereichen ohne Messdaten (s.a. Thema 4).</i>
a	DGM25	LGLN	SWD / Apr. 2012 SWD / Okt. 2016	Digitales Geländemodell 25 mit Stand 2012, Ergänzung im Okt. 2016.
b	DGM5	LGLN	LGLN / Okt. 2019	Digitales Geländemodell 5 (neu auf Basis des DGM1)
4	Oberirdische Gewässer			<i>Grundlage für die Modellgeometrie und zur Vorgabe von Sohlhöhen und Wasserständen im Vorflutsystem. Ermittlung von gw-bürtigen Abflüssen zur Modell-Plausibilitätskontrolle.</i>
a	Gewässernetz	MC	MC / Feb 2017	Gewässer II. und III. Ordnung (MC-Digitalisierung).
b	Gewässernetz	MU	Server / Dez 2019	Fließgewässernetz mit Fließrichtung.
c	Gewässersohle	SD	MC / Sep 2016	Querprofile Delme zwischen A28 und Brücke "Im Delmegrund" aus Unterlagen der Stadt DEL (wann aufgenommen? 2003?).

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
d	Gewässersohle	Div.	MC / Okt 2016 MC / Dez 2017	<p>Querprofile Delme, Duensener Bach, Dummbäke, Heidkruger Bäke, Hoyersgraben, Kleine Delme, Ordemannskanal, Sassengraben, Scheunebergskanal, Stickgräser Bäke, Varreler Bäke, Welse, Westdelme.</p> <p>Delme: durch MC (2016-2017) (SWD) und Hartung & Partner (2003) (OV)</p> <p>Duensener Bach: durch MC (2010) (NLWKN Oldenburg) und MC (2016-2017) (NLWKN Oldenburg)</p> <p>Dummbäke: durch MC (2016-2017) (SWD)</p> <p>Heidkruger Bäke: durch MC (2010) (NLWKN Oldenburg) und MC (2016-2017) (SWD)</p> <p>Hoyersgraben: durch Ingenieurgesellschaft Hartung & Partner (2003) (OV)</p> <p>Kleine Delme: durch Ingenieurgesellschaft Hartung & Partner (2003) (OV) und MC (2016-2017) (SWD)</p> <p>Ordemannskanal: Ergänzende Querschnittsaufnahmen aus Thalen-Gutachten</p> <p>Sassengraben: Ergänzende Querschnittsaufnahmen aus Thalen-Gutachten</p> <p>Scheunebergskanal: Ergänzende Querschnittsaufnahmen aus Thalen-Gutachten</p> <p>Stickgräser Bäke: durch MC (2010) (NLWKN Oldenburg)</p> <p>Varreler Bäke: durch NLWKN Suhlingen (2009) und MC (2016-2017) (SWD)</p> <p>Welse: durch durch MC (2010) (NLWKN Oldenburg) und MC (2016-2017) (SWD)</p> <p>Westdelme: durch Ingenieurgesellschaft Hartung & Partner (2003) (OV)</p> <p>Okt. 2016: XLSX-Dateien Dez. 2017: SHP-Dateien</p>
e	Gewässersohle	Div.	MC / Nov 2016	Querprofile für diverse OFG (siehe d).
f	Gewässersohle	MC	MC / Nov 2017	Querprofile für Annenriede und Heidkruger Bäke durch MC (2010) (NLWKN Oldenburg)
g	Wasserstand	SD	MC / Jan 2017	Stauziele im Stadtgebiet: Delme Graftstauanlage, Delme Delmegarten, Delme VKS Stauanlage, Delme Mühlenstau Hasbergen
h	Bauwerke	MC	MC / Mai 2017	Vermessung von Bauwerken
i	Bauwerke	MC	MC / Dez 2017	Vermessung von Bauwerken

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
j	Pegel	?	MC / Dez 2017	Stammdaten für die Pegel der Stadtwerke DEL, des Ochtumverbandes, des NLWKN und der Stadt DEL. -> bisher nur Lagedaten, PNP fehlt noch für Ochtumverband
k	Pegel	MC	MC / Mrz 2017	Info's zu den Pegeln im Projektgebiet (z.B. Ausrüstung).
l	Pegel	MC	MC / Feb. 2018 MC / Dez. 2019	Tageswerte Wasserstände und Abflüsse für die SWD-Pegel Welse W1, Welse W2, Delme D6 und H3 Hoyersgraben. Zeiträume (bis Juli 2017 Pegelbögen digitalisiert, ab 04.07.17 Datenlogger 15 min Aufnahmetakt): W1: Okt. 1998 bis Dez. 2018 W2: Mrz. 1999 bis Dez. 2018 D6: Mrz. 1999 bis Dez. 2018 H3: Jul. 2017 bis Dez. 2018 (neu eingerichtet, DL)
m	Pegel	MC	MC / Feb. 2018 MC / Apr. 2019	Tageswerte Wasserstände und Abflüsse für die SWD-Pegel Duensener Bach DB1 (P5) und DB2 (P6). Zeiträume: DB1: Sep. 2008 bis Dez. 2018 DB2: Sep. 2010 bis Dez. 2018
n	Pegel	NLWKN	MC / Nov 2017 NLWKN / Feb. 2019	Tageswerte Wasserstände und Abflüsse für den Pegel Holzkamp (D1, Delme). Zeitraum 01.11.1966 bis 31.12.2017 und 15-Minuten-Werte von 01.01.2004 bis 31.12.2017.
o	Pegel	OV	MC / Feb.2019	Tageswerte Wasserstände für die OV-Pegel HRB UW (Delme) D2, HRB UW (Hoyersgraben) H1, HRB UW (Kleine Delme) KD1, An den Graften (Kleine Delme) KD3, Moorweg (Kleine Delme) KD2 und Rathaus (Delme) D4: D2: 08.05.2014 bis 13.05.2016 H1: 08.05.2014 bis 13.05.2016 KD1: 08.05.2014 bis 13.05.2016 KD3: 08.05.2014 bis 13.05.2016 KD2: 08.05.2014 bis 13.05.2016 D4: 08.05.2014 bis 13.05.2016

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
p	Pegel	SD	MC / Feb. 2019	Tageswerte Wasserstände für die SD-Pegel Mili (Delme) D3, Lethestraße (Hoyersgraben) H2 und Willemsgymnasium (Delme) D5: D3: 15.10.1998 bis 08.03.2015 H2: 21.10.1998 bis 08.02.2015 D5: 23.08.2000 bis 09.02.2015
5	Hydrogeologie			<i>Grundlage für Modellgeometrie und kf-Wert-Startbelegung.</i>
a	Strukturmodell	NIWA	NIWA / Jul 2019	Geologisches 3D-Strukturmodell mit Top und Basis der hydrostratigrafischen Einheiten. Modellstand: Juli 2019.
b	Schnitt	LBEG	NIBIS / 2019	NIBIS Kartenserver: Geologischer Schnitt Ochtum PS03
6	Gw-Neubildung			<i>Grundlage für die Startbelegung des Modells.</i>
a	GROWA06V2	LBEG	LBEG / Okt 2017	GROWA06V2 mit Stand Okt. 2017
b	mGROWA	LBEG	LBEG / Okt 2017	mGROWA mit Stand Okt. 2017
7	Grundwasserstand			<i>Modellbelegung an Festpotentialrändern. Ermittlung der Zielfunktion für die Modellkalibrierung. Ermittlung von Flurabständen.</i>
a	Gw-Messstellen	SWD	SWD / Apr 2020	AI-DB für 'An den Graften' mit Stand 04.04.2020 (Zeitraum: Sep. 1994 bis März 2020). I.d.R. monatliche Messungen, z.T. auch 14-tägig.
b	Gw-Messstellen	SWD	SWD / Apr 2020	AI-DB für 'Annenheide' mit Stand 04.04.2020 (Zeitraum: Sep. 1994 bis März 2020). Überwiegend monatliche Messungen, zeitweise auch höhere Datendichte (z.T. Datenlogger).
c	Gw-Messstellen	SD	SD / Apr 2016	EXCEL-Datei mit Stand April 2016. Zeitraum 1995 bis Nov. 2014 (monatliche Messungen, eine weitere Messung im Sep. 2015). Übernahme eines Teils der Messungen durch die SWD im Feb. 2017.
d	Gw-Messstellen	SD	SD / Mrz 2020	EXCEL-Datei mit Stand März 2020. Zeitraum Feb. 2015 bis März 2020 (monatliche und z.T. wöchentliche Messungen).

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
e	Gw-Messstellen	OV	OV / Nov 2015	EXCEL-Dateien mit Stand Nov. 2015. Tageswerte für die Grundwassermessstellen HRB1 bis HRB8. Zeitraum 2003 bis Nov. 2015 (HRB8 ab Juli 2014).
f	Gw-Messstellen	HWW	HWW / Jul 2019	AI-DB für 'Ristedt' mit Stand 12.07.2019. Zeitraum 1960 bis 2018, i.d.R. monatliche Messungen.
g	Gw-Messstellen	OOWV	OOWV / Feb 2019	AI-DB für 'Wildeshausen' mit Stand 27.02.2019. Zeitraum 1970 bis 2018, i.d.R. monatliche Messungen.
h	Gw-Messstellen	OOWV	OOWV/ Jul 2019	AI-DB für 'Harpstedt' mit Stand 09.07.2019. Zeitraum 1966 bis 2018, i.d.R. monatliche Messungen.
i	Gw-Messstellen	NLWKN Sul	NLWKN / Feb 2019	AI-DB mit Stand 15.02.2019. Monats- und z.T. Tageswerte.
j	Gw-Messstellen	NLWKN Bra	NLWKN / Feb 2020	AI-DB mit Stand 27.02.2020. Monats- und z.T. Tageswerte.
8	Entnahmen			<i>Grundlage für die Modellbelegung.</i>
a	Trinkwasser	SWD	SWD / Jun 2016	Historie der Grundwasserentnahmen WW 'An den Graften' und 'Annenheide'. Jahressummen 1962 bis 2010.
b	Trinkwasser	SWD	SWD / Jun 2014 SWD / Sep 2011	WW 'An den Graften': Brunnenbezogene Jahressummen 2001 bis 2011, Monatssummen Jan. 1995 bis Jan. 2011.
c	Trinkwasser	SWD	SWD / Mrz 2019	WW 'Annenheide': Brunnenbezogene Jahressummen 2001 bis 2018, Monatssummen 1994 bis 2018.
d	Trinkwasser	SWD	SWD / Dez 2011	WW 'An den Graften': Lagekoordinaten Förderbrunnen 1 bis 6.
e	Trinkwasser	MC	MC / Apr 2012	WW 'Annenheide' Lagekoordinaten Förderbrunnen 1 bis 7.
f	Trinkwasser	SWD	SWD / Okt 2017	Lageplan mit Eintragung der provisorischen Ersatzbrunnen.
g	Trinkwasser	HWW	HWW / Jul 2019	AI-DB für 'Ristedt' mit Stand 12.07.2019. Brunnenbezogene Monatssummen 1985 bis 2018.
h	Sonstige	LK OL	LK OL / Sep 2019	Lagekoordinaten sowie brunnenbezogene Wasserrechte und tatsächliche Jahressummen. Zeitraum 2003 bis 2018.
i	Sonstige	SD	SD / Sep 2019 SD / Apr 2020	Lagekoordinaten und tatsächliche Jahressummen, Zeitraum 2008 bis 2019 sowie Höhe der Wasserrechte.

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
j	Sonstige	LK DH	LK DH / Okt 2017	Lagekoordinaten und brunnenbezogene Wasserrechte. Tatsächliche Entnahmen sind nicht vorhanden.
9	Wesentliche Auswertungen, Gutachten, Berichte			<i>Berücksichtigung bisheriger Ergebnisse.</i>
a	Strukturmodell	NIWA	NIWA / Aug 2017	Bericht zum Geologischen 3D-Untergrundmodell vom 03.02.2017 mit Bandbreiten für Durchlässigkeitsbeiwerte.
b	Wasserschutzgebiet	NLFB	NLFB / ?	Hydrogeologisches Gutachten zur Ausweisung eines Schutzgebietes für das Wasserwerk Delmenhorst. NLFB Hannover, Genieser, K. und Weber, S. (13.01.1966, VI-1076/65 - Gen./Mb.).
c	Wasserrecht	NLFB	NLFB / ?	Gutachtliche Stellungnahme zum Antrag auf Erteilung einer Bewilligung zur Benutzung von Grundwasser zwecks Versorgung der Stadt Delmenhorst mit Trink- und Brauchwasser. NLFB Hannover, Genieser, K. (11.01.1966, VI - 3225/65 - Gen./Mb.).
d	Wasserschutzgebiet	NLFB	NLFB / ?	Vorschlag zur Bemessung und Gliederung eines Trinkwasserschutzgebietes für das projektierte Wasserwerk II der Stadtwerke Delmenhorst. NLFB Hannover, Gerhardy, H. (25.04.1972, VI-3225/72 - Gerh./Js.).
e	Hydrogeologie	NLFB	NLFB / ?	Hydrogeologisches Gutachten zur Erschließung von Grundwasser im Raum Annenheide - Gr. Ippener - Gr. Mackenstedt. NLFB Hannover, Dürbaum, H.-J., Gerhardy, H. (08.08.1969, VI-2326/69 Dürb.-Gerh./Grb.).
Abkürzungen:				
AI-DB: Aqua-Info Datenbank				
DWD: Deutscher Wetterdienst				
HWW: Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim				
LBEG: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover				
LGLN: Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, Hannover				

Lfd. Nr.	Thema	Quelle	Zulieferer /Wann	Beschreibung / Bemerkung
	LK OL: Landkreis Oldenburg, Wildeshausen			
	LK DH: Landkreis Diepholz, Diepholz			
	MC: Matheja Consult, Burgwedel			
	NIWA: Niedersachsen Wasser GmbH, Brake			
	NLfB: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (jetzt LBEG)			
	NLWKN Bra: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Bst. Brake/Oldenburg			
	NLWKN Sul: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Bst. Sulingen			
	OV: Ochtumverband, Harpstedt			
	SD: Stadt Delmenhorst			
	SWD: Stadtwerke Delmenhorst			
	Hinweis:			
Auf Wunsch des LBEG wurden im vorliegenden Gutachten die Ganglinien-Darstellungen um das Jahr 2019 ergänzt (sofern die entsprechenden Daten vorlagen). Dies erfolgte im April 2020 und ist hier auch dokumentiert. Um die Konsistenz mit dem Antrag zu gewährleisten, wurde aber darauf verzichtet, das allgemeine Datum des Geohydrologischen Gutachtens (03.01.2020) anzupassen.				



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

A N H A N G 2

Dokumentation Grundwasserströmungsmodell

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerke 'An den Graften' und
'Annenheide'*

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'

Dokumentation

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, 03. Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Anlagenverzeichnis.....	II
1 Allgemeines.....	1
2 Modellgeometrie und Randbedingungen.....	3
3 Grundwasserneubildung.....	5
4 Durchlässigkeit des Grundwasserleiters	6
5 Oberirdische Fließgewässer	8
6 Grundwasserentnahmen	8
7 Stationäre Modellkalibrierung.....	10
8 Modelltests	13
9 Erhöhung der Modellauflösung	16
10 Datengrundlage und Literatur	19

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1** Modellgebiet 'Delmenhorst' mit Randbedingungen - Modellebene 1
- Anlage 1.2** Modellgebiet 'Delmenhorst' mit Randbedingungen - Modellebene 2
- Anlage 1.3** Modellgebiet 'Delmenhorst' mit Randbedingungen - Modellebene 3
-
- Anlage 2.1** Gesamtmächtigkeit aller Modellebenen
- Anlage 2.2** Mächtigkeit Modellebene 1
- Anlage 2.3** Mächtigkeit Modellebene 2
- Anlage 2.4** Mächtigkeit Modellebene 3
- Anlage 2.5** Modellbasis
-
- Anlage 3.1** Grundwasserneubildung - GROWA06V2 (LBEG, 2016)
-
- Anlage 4.1** Horizontale Durchlässigkeitsbeiwerte - Modellebene 1
- Anlage 4.2** Horizontale Durchlässigkeitsbeiwerte - Modellebene 3
- Anlage 4.3** Vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte - Modellebene 2
-
- Anlage 5** Durchlässigkeits-Verteilung für den wassererfüllten Bereich des Grundwasserleiters (Transmissivität)
-
- Anlage 6.1** Durchlässigkeit zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem - Modellebene 1
- Anlage 6.2** Durchlässigkeit zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem - Modellebene 3
-
- Anlage 7.1** Grundwasser-Gleichenplan MGW 2004 – Vergleich Messung/Rechnung - Modellebene 1
- Anlage 7.2** Grundwasser-Gleichenplan MGW 2004 – Vergleich Messung/Rechnung - Modellebene 3
-
- Anlage 8.1** Vergleich gemessener und berechneter Grundwasserstände [mNN] an ausgewählten (Kontroll-)Messstellen im Modellgebiet
- Anlage 8.2** Vergleich Messung/Rechnung - Streudiagramm MGW 2004
-
- Anlage 9** Grundwasserbürtiger Abfluss im *Dünsener Bach* – Kalibrierungszustand MGW 2004

- Anlage 10.1** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung der Grundwasserneubildung - Modellebene 1
- Anlage 10.2** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung der Grundwasserneubildung - Modellebene 3
- Anlage 10.3** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung der horizontalen Durchlässigkeitsbeiwerte - Modellebene 1
- Anlage 10.4** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung der horizontalen Durchlässigkeitsbeiwerte - Modellebene 3
- Anlage 10.5** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung des "Vorfluter-Leitwerte" - Modellebene 1
- Anlage 10.6** Sensitivität der prognostizierten zusätzlichen Gw-Absenkung gegenüber einer Veränderung des "Vorfluter-Leitwerte" - Modellebene 3
-
- Anlage 11.1** Mit dem GW-Modell berechnete Linien gleicher Grundwasserspiegel für die Zustände 'NULL', 'IST', 'PROGNOSE' - Modellebene 1
- Anlage 11.2** Mit dem GW-Modell berechnete Linien gleicher Grundwasserspiegel für die Zustände 'NULL', 'IST', 'PROGNOSE' - Modellebene 3
-
- Anlage 12.1** Modelltest 1: Grundwassergleichenplan MGW 1997 – Vergleich Messung/Rechnung – Modellebene 1
- Anlage 12.2** Modelltest 1: Grundwassergleichenplan MGW 1997 – Vergleich Messung/Rechnung – Modellebene 3
- Anlage 12.3** Modelltest 1: Vergleich Messung/Rechnung - Streudiagramm MGW 1997
- Anlage 12.4** Modelltest 2: Grundwasserspiegelveränderung zwischen 2011 und 2014 - Modellebene 1
- Anlage 12.5** Modelltest 2: Grundwasserspiegelveränderung zwischen 2011 und 2014 - Modellebene 3
- Anlage 12.6** Modelltest 3: Grundwasserspiegelveränderung zwischen 2000 und 2014 - Modellebene 1
- Anlage 12.7** Modelltest 3: Grundwasserspiegelveränderung zwischen 2000 und 2014 - Modellebene 3
-
- Anlage 13.1** Netzverfeinerung: Grundwasser-Gleichenplan MGW 2004 – Vergleich Messung/Rechnung - Modellebene 1
- Anlage 13.2** Netzverfeinerung: Grundwasser-Gleichenplan MGW 2004 – Vergleich Messung/Rechnung - Modellebene 3
- Anlage 13.3** Netzverfeinerung: Vergleich Messung/Rechnung - Streudiagramm MGW 2004

1 Allgemeines

Im Rahmen der geohydrologischen Untersuchungen zum Wasserrechtsantrag für das Wasserwerk I 'An den Graften' der *Stadtwerke Delmenhorst GmbH* (SWD GmbH) war der Einsatz eines Grundwasserströmungsmodells erforderlich. Sowohl für dieses Wassergewinnungsgebiet als auch für das Wassergewinnungsgebiet des Wasserwerkes II 'Annenheide' der SWD GmbH existierten bereits Grundwasserströmungsmodelle (Modellstand 'An den Graften' 1996 und 'Annenheide' 2004). Da Grundwassermodelle bei fortgesetzter Anwendung gemäß den aktuellen Richtlinien und Empfehlungen (z.B. DVGW 2016 und NEUSS, M & DÖRHÖFER, G. 2009) ohnehin regelmäßig auf Aktualität zu überprüfen und neue Erkenntnisse einzuarbeiten sind (Stichwort "Modellpflege") wurde entschieden, die Modelle zusammenzuführen und vollständig auf Basis der aktuell verfügbaren Daten zu überarbeiten. Als Grundlage für die Modellgeometrie wurde ein geologisches 3D-Untergrundmodell für den neu definierten Modellraum erarbeitet (NIWA, 2019).

Im Rahmen eines Wasserrechtsantrages in dieser Größenordnung entspricht der Einsatz eines Grundwasserströmungsmodells dem Stand der Technik und es dient in erster Linie zur Ermittlung der entnahmebedingten Absenkungen im Grundwassersystem und ggf. eintretender Abflussreduzierungen in oberirdischen Fließgewässern zwischen den zu betrachtenden Zuständen. Um ein solches Modell anwenden zu können, muss zunächst eine Kalibrierung durchgeführt werden. Ziel ist die Erreichung einer ausreichenden Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserspiegel). Dazu müssen Eingangsgrößen, wie z.B. Durchlässigkeitsbeiwerte oder die Grundwasserneubildung, die auf Basis von Messdaten oder Berechnungsverfahren nur mit mehr oder weniger großen Unsicherheiten - vor allem flächendeckend – bestimmt werden können, während des Kalibrierungsprozesses solange innerhalb plausibler Bandbreiten variiert werden, bis die angestrebte Modellgüte gegeben ist. Im Vordergrund steht dabei, das hydraulische Verhalten des Grundwassersystems auf der Maßstabsebene des Auswirkungsbereiches in hinreichender Weise nachzubilden. Die korrekte Wiedergabe der tatsächlichen Naturwerte an jedem Ort im dreidimensionalen Raum ist in einem Grundwasserströmungsmodell generell nicht umsetzbar. I.d.R. vorhandene Restunsicherheiten müssen im Rahmen der Beweissicherung abgedeckt werden.

Im vorliegenden Fall wurden für die Kalibrierung stationäre Bedingungen vorausgesetzt, d.h. vorzugebende Randbedingungen (z.B. Vorflut-Wasserstände, Grundwasserneubildung) und Berechnungsergebnisse (z.B. Standrohrspiegelhöhen) werden als

langjährige Mittelwerte behandelt. Bei der Kalibrierung lag der Fokus auf dem Bereich des Wassergewinnungsgebietes 'An den Graften'. Im Westen (Ganderkesee und südlich davon), im Süden und im Südosten herrschen besonders schwierige hydrogeologische Verhältnisse vor. Die Anpassungsgüte ist in diesen Teilen des Modellgebietes noch nicht durchgängig befriedigend (insbesondere im Süden und Südosten) bzw. wegen der relativ geringen Datendichte mit größeren Unsicherheiten behaftet (insbesondere im Westen). Das Aussagegebiet für die geohydrologischen Untersuchungen zum Wasserrechtsantrag 'An den Graften' ist davon aber nicht betroffen. Ggf. sind im Westen aber noch Grundwassermessstellen als Grundlage für die sichere Abgrenzung des Einzugsgebietes im Rahmen eines möglicherweise nachfolgenden Wasserschutzgebietsantrages erforderlich. Die Fortsetzung der Kalibrierung im Süden und Südosten wird mit der geplanten Überarbeitung der Modelle für die Wassergewinnungsgebiete 'Harpstedt' des OOWV, Brake und 'Ristedt' der Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim (HWW GmbH) verknüpft (Abstimmung der Überlagerungsbereiche). Dieser Bereich wäre – zumindest teilweise - wichtig für die Ermittlung des Einzugsgebietes für das Wasserwerk 'Annenheide'.

Das Kalenderjahr 2004 diente als Kalibrierungszeitraum, weil dieses Jahr annähernd langjährig mittleren geohydrologischen Bedingungen genügt. Zudem ist die Datenlage für dieses Jahr als gut zu bezeichnen und die Grundwasserentnahme aus den Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den Graften' entsprach in etwa dem hier definierten 'IST-Zustand' (2,261 Mio. m³ im Jahr 2004 gegenüber 1,900 Mio. m³ als Jahresmittel der Jahre 2012-2017).

Zusammengefasst werden folgende Systemwerte und Randbedingungen im stationären Grundwasserströmungsmodell berücksichtigt:

- Grundwasserneubildung
- Durchlässigkeit des Grundwasserleiters
- Grundwasserentnahmen
- Standrohrspiegelhöhen an den seitlichen Modellrändern (Festpotentialrand)
- Wasserstände in oberirdischen Fließgewässern (Randbedingung 3. Art)
- Leitwerte zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem

Rechenkern ist MODFLOW in der Version 2005 (HARBAUGH, A.W., 2005) unter der Programmoberfläche PMWIN (CHIANG, KINZELBACH, 2001) in der Version 8.

Modellaufbau und Modellkalibrierung sind im Folgenden beschrieben.

2 Modellgeometrie und Randbedingungen

Die Ausdehnung des Modellgebietes ist z.B. der Anlage 1 zu entnehmen. Die Größe der aktiven Modellfläche beträgt ca. 181 km². Das zum Aufbau der Geometrie zugrunde gelegte geologische 3D-Strukturmodell deckt das Gebiet des numerischen Grundwasserströmungsmodells vollständig ab (NIWA, 2019).

Das drei Rechenebenen umfassende Grundwassermodell ist in Analogie zu den Einheiten der geologischen Gliederung aufgebaut. Die Zuordnung der hydrostratigrafischen Einheiten zu den Modellebenen des Grundwassermodells ist in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Zuordnung hydrogeologischer Einheiten zu Gw-Modellebenen

Hydrostratigrafische Einheit * (NIWA, 2019)	3D-Modelleinheit (NIWA, 2019)	Kurzbeschreibung (NIWA, 2019)	Gw-Modellebene
L/H0	qhy	Künstliche Aufschüttungen	1
L1.2	qhfs	Flugsand (Holozän)	1
H1	qhhn	Niedermoortorf	1
L1.2	qh2	Fluviatile Sande (Holozän)	1
L1.3	qwfls	Flugsand (Weichsel-Kaltzeit)	1
L1.3	qwGds	Geschiebedecksand (Weichsel-Kaltzeit)	1
L1.3	qwf	Fluviatile Sande, z.T. kiesig (Weichsel-Kaltzeit)	1
H2	qee	Humose Tone und Schluffe (Eem-Warmzeit)	1
H2	qwb	Tonige bis sandige Beckenschluffe	1
H3	qdlg	Geschiebelehm des Drenthe Eisvorstoßes (Saale-Eiszeit)	1
L3	qdgf	Schmelzwassersande –kiese (Drenthe-Eisvorstoß)	1
H4.1	qL	Lauenburger Ton	2
H4.1	qLs	Lauenburger Randfazies	2
H4.2	qelg	Geschiebelehm der Elster-Eiszeit	2
L4.1/L4.2	qp-qe	Altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese	3

* L: Grundwasserleiter, H: Hemmschicht (Grundwassergeringleiter), hier ohne Linsenkörper

Abbildung 1 zeigt schematisch den vertikalen Aufbau des dreischichtigen Grundwassermodells mit Berücksichtigung von Wasserständen in oberirdischen Fließgewässern in einer eigenen "Vorfluterebene" ("Randbedingung 3. Art", s. Kap. 5). Die Gesamtmächtigkeit aller Modellebenen ist in Anlage 2.1, die Mächtigkeiten der einzelnen Modellebenen sind in den Anlagen 2.2 bis 2.4 dargestellt. Modellebene 1 wird im Wesentlichen durch die hydrostratigrafische Einheit L3 bestimmt (s. geologische Schnitte in HMM, 2020). Modellebene 2 beinhaltet ggf. vorhandene liegende, gering wasserdurch-

lässige Hemmschichten (hauptsächlich Lauenburger Ton und Lauenburger Randfazies). Diese sind besonders im nördlichen und südöstlichen Bereich des Modellgebiets ausgebildet (s. Kap. 4). Bei Vorhandensein dieser Hemmschichten (trennende Zwischenschicht), repräsentiert Modellebene 1 das obere Grundwasserstockwerk. Ansonsten handelt es sich um den oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiters ('OBEN'). Für Modellebene 3 gilt das entsprechende (unteres Grundwasserstockwerk bzw. unterer Bereich des Hauptgrundwasserleiters, 'UNTEN'). Lokal sind die Modellebenen 1 und 3 aufbauenden hydrostratigrafischen Einheiten nicht ausgebildet bzw. insgesamt sehr gering mächtig (< 1 m). Die entsprechenden Modellzellen sind unter dieser Bedingung deaktiviert. Modellebene 2 ist durchgängig vorhanden. Sofern die zugehörigen hydrostratigrafischen Einheiten H4.1 und H4.2 fehlen, wurde den entsprechenden Zellen eine Mächtigkeit von einem Meter mit mittlerer vertikaler Durchlässigkeit zugewiesen (hydraulische Wirkung vernachlässigbar).

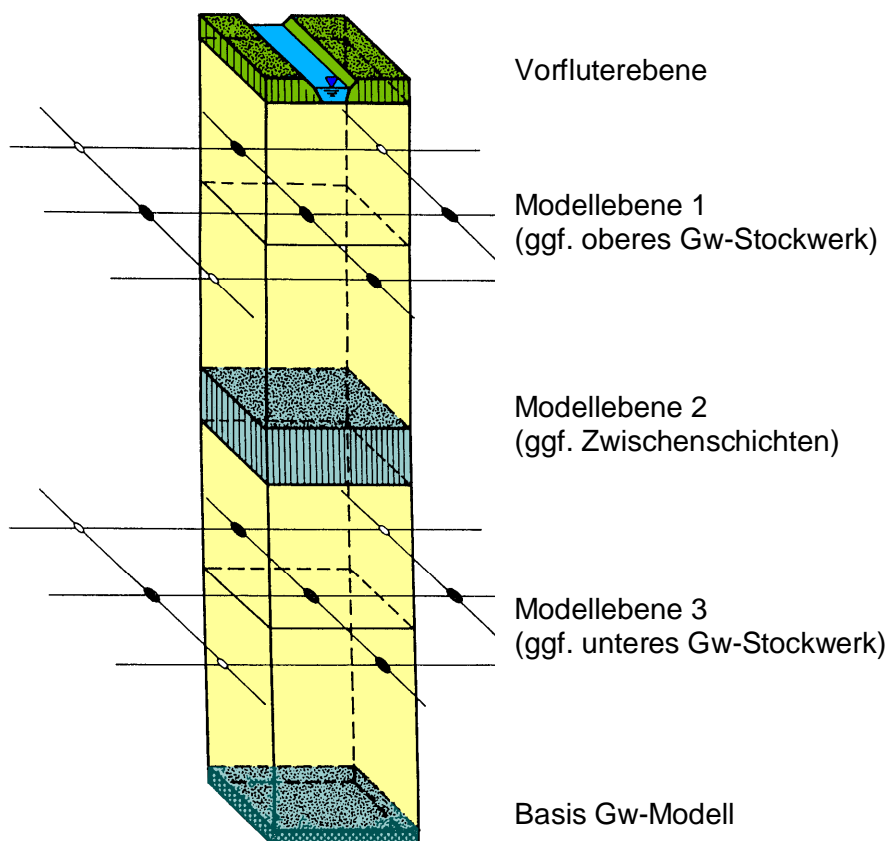


Abb. 1: Modellschematisierung

Das Modellraster enthält 18028 aktive Rechenelemente in Modellebene 1, 18111 in Modellebene 2 und 17842 in Modellebene 3. Die Rasterweite beträgt einheitlich 100 m (s. dazu auch Kap. 9). Brunnen und oberirdische Fließgewässer müssen entsprechend der Modellauflösung dem nächstgelegenen Modellelement zugeordnet werden.

Obere Begrenzung des Grundwassermodells ist die Geländeoberfläche. Je nach Strömungsbedingungen kann sich die Grundwasserspiegelfläche darunter – wie im Natursystem – frei einstellen (die Transmissivität wird im Rechenprogramm in Abhängigkeit des wassererfüllten Bereichs bestimmt). Für die Beschreibung der Geländeoberfläche stand flächendeckend das "Digitale Geländehöhenmodell 25" (DGM 25) der Landesvermessung und Geobasisinformationen Niedersachsen (LGLN 2016) zur Verfügung. Die Basis der altquartären bis elsterzeitlichen Sande und Kiese bildet die untere Begrenzung des Grundwassermodells (Darstellung in Anlage 2.4), die im Modell als undurchlässig angenommen wird.

Die Wahl der seitlichen Randbedingungen ist den Anlagen 1.1 bis 1.3 für die Modellebenen 1 bis 3 zu entnehmen. Im Nordosten und Südwesten ist die Datenlage für eine Modellierung nicht ausreichend. Da die Berücksichtigung dieser Bereiche zudem hinsichtlich der Aussagegebiete nicht ergebnisrelevant ist, wurden sie im Modell deaktiviert. Bei dem südöstlichen Rand handelt es sich um eine Trennstromlinie. Dort gibt es keinen seitlichen Wasseraustausch. Im Modell ist dies durch eine Randbedingung 2. Art mit der Vorgabe $Q = 0$ umgesetzt. Im Nordosten findet sich keine geeignete Trennstromlinie. Dort wurden in Modellebene 1 oberirdische Fließgewässer (Randbedingung 3. Art, z.B. *Heidkruger Bäke*) als Modellrand angesetzt. Durch die Vorgabe $Q = 0$ (Randbedingung 2. Art) in allen Ebenen ist im Modell hier kein zusätzlicher Wasseraustausch über den seitlichen Rand möglich. Tatsächlich ist aber anzunehmen, dass eine Unterströmung der oberirdischen Fließgewässer in Richtung Nordosten stattfindet (im Modell fließt der anfallende unterirdische Abstrom vollständig in die Vorflut). Auch diese Vereinfachung hat keinen relevanten Einfluss auf die erzielten Modellergebnisse (für die hier betrachteten Aussagegebiete).

3 Grundwasserneubildung

Zugrunde gelegt wurde die vom LBEG herausgegebene Grundwasserneubildung (LBEG, 2017) nach dem Verfahren GROWA06 V2 (LEMKE & ELBRACHT, 2008). Es handelt sich dabei um eine langfristig mittlere Neubildungsrate, örtlich differenziert (klassifiziert in Schritten von 50 mm) zwischen 0 und 350 mm pro Jahr (s. Anlage 3). Als Startwerte wurden die jeweiligen Klassenmitten angesetzt. Im Zuge der Kalibrierung mussten demgegenüber nur geringfügige Erhöhungen im Rahmen der Klassenbreiten vorgenommen werden. Das Flächenmittel der Grundwasserneubildungsrate für das aktive Modellgebiet mit einer Größe von rd. 181,1 km² beträgt nach Abschluss der Modellkalibrierung etwa 176 mm/a (entspricht rd. 27 % des mittleren Niederschlages).

Damit werden – unter Annahme mittlerer Witterungsverhältnisse, langfristig andauernd (stationäre Verhältnisse) – in diesem Gebiet jährlich 31,86 Mio. m³ Grundwasser durch versickernden Niederschlag neu gebildet. Bei Ansatz der Klassenmitten (Startdatensatz) kommt man auf einen Wert von 31,60 Mio. m³/a.

Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass die Grundwasserneubildung in Bereichen mit geringen Flurabständen grundwasserstandsabhängig ist (z.B. BOOCHS et. al., 1985). Prinzipiell nimmt die Grundwasserneubildung bei einer Verringerung der Flurabstände ab. Dabei kann die Reduktion unter Ackernutzung bis zu rd. 100 und unter Grünlandnutzung bis zu rd. 150 mm/a betragen. Dieser Effekt wurde hier – auf der sicheren Seite liegend – vernachlässigt.

4 Durchlässigkeit des Grundwasserleiters

Im Rahmen der 3D-Untergrundmodellierung (NIWA, 2019) sind den hydrostratigrafischen Einheiten auch Bandbreiten für die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_r -Werte) zugewiesen worden (Tab. 2). Es handelt sich hierbei um überregional typische Wertebereiche. Bei der Kalibrierung wurde darauf geachtet, die Bandbreiten für die maßgebenden Modelleinheiten (fette Schrift in Tab. 2) nicht zu verlassen. Bereichsweise – insbesondere in den hydrogeologisch komplizierten Gebieten im Westen, Süden und Südosten – konnte diese Vorgabe für Modellebene 1 aber nicht immer eingehalten werden. Es waren allerdings nur Unterschreitungen der angegebenen Minimalwerte erforderlich.

Tab. 2: Bandbreiten der Gesteinsdurchlässigkeit gemäß NIWA (2019)

Hydrostratigrafische Einheit *	3D-Modelleinheit	k_r -Werte [m/s]	Wasserdurchlässigkeit **
L0	qhy	n.b.	Stark variabel
L1.2	qhfls	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
H1	qhhn	< $1E-5$	Gering bis äußerst gering
L1.2	qh2	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
L1.3	qwfls	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
L1.3	qwGds	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
L1.3	qwf	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
H2	qee	10^{-7} bis 10^{-5}	Gering
H2	qwb	10^{-7} bis 10^{-5}	Gering
H3	qdlg	10^{-7} bis 10^{-5}	Gering
L3	qdgf	10^{-4} bis 10^{-3}	Mittel
H4.1	qL	10^{-9} bis 10^{-7}	Sehr gering
H4.1	qLs	10^{-7} bis 10^{-5}	Gering
H4.2	qelg	10^{-7} bis 10^{-5}	Gering
L4.1/L4.2	qp-qe	10^{-5} bis 10^{-2}	Mittel bis hoch

* L: Grundwasserleiter, H: Hemmschicht (Grundwassergeringleiter), hier ohne Linsenkörper

** Begriffe gemäß REUTTER (2011)

Für die Startbelegung wurden die Transmissivitäten (T-Wert, Produkt aus Durchlässigkeitsbeiwert und wassererfüllter Mächtigkeit des Grundwasserleiters) aus den bestehenden Grundwasserströmungsmodellen 'An den Graften' und 'Annenheide' (beide SWD GmbH) sowie 'Ristedt' (HWW GmbH) zugrunde gelegt. Nicht abgedeckte Bereiche wurden extrapoliert.

Auf Grundlage dieser T-Wert-Verteilung und der Gesamtmächtigkeit des Hauptgrundwasserleiters wurden Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) berechnet und den Modellebenen 1 und 3 zugewiesen. Im Rahmen der Kalibrierung erfolgten dann die erforderlichen Änderungen. Dabei wurden die horizontalen k_f -Werte in den Modellebenen 1 und 3 zunächst gleichgesetzt¹, da für eine Unterscheidung i.d.R. die Kontrollmöglichkeiten hinsichtlich der resultierenden Standrohrspiegelhöhen fehlen (insbesondere im Ausgabebereich für die geohydrologischen Untersuchungen zum Wasserrechtsantrag für das Wasserwerk 'An den Graften'). Nur im Süden existieren vereinzelt Messstellenpaare mit Filtern, die sich im oberen und unteren Grundwasserstockwerk befinden. Dies ist bei der Nachbearbeitung des Modells 'Delmenhorst' im Rahmen der geplanten Verknüpfung zu den Nachbarmodellen zu berücksichtigen (s. Kap. 1). Das Ergebnis der bisherigen Kalibrierung ist in den Anlagen 4.1 und 4.2 dargestellt.

Die Transmissivität für den gesamten wassererfüllten Bereich des Hauptgrundwasserleiters (Modellebenen 1 und 3) beträgt im Mittel über das Modellgebiet rd. 30 m²/h, wobei sich ca. 76 % der Werte in einer Spannweite von 10 bis 100 m²/h befinden. Die örtliche Verteilung ist in Anlage 5 dargestellt. Für den Fassungsbereich "Wasserwerk Annenheide" wurden Pumpversuchsdaten ausgewertet, die zu Transmissivitäten im Bereich von 30 bis 60 m²/h führten (NLfB, 1969). In Anbetracht der Unsicherheiten bei der Ermittlung aus Messdaten, stimmt dieser Wertebereich in ausreichender Weise mit den Modelldaten überein.

Der vertikale Durchlässigkeitsbeiwert wurde generell auf ein Zehntel des horizontalen Wertes gesetzt (üblicher Literaturwert). Für die bereichsweise auftretenden Hemmschichten aus Lauenburger Ton bzw. dessen Randfazies (Modellebene 2) wurden vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $1 \cdot 10^{-6}$ und $1 \cdot 10^{-8}$ m/s angesetzt. Damit ist in diesen Bereichen ein oberes und unteres Grundwasserstockwerk mit mehr oder weniger ausgeprägter hydraulischer Trennung durch die Zwischenschicht gegeben.

¹ Das Grundwasserströmungsmodell wurde mit diesem Ansatz auf Grundlage des 3D-Untergrundmodells mit Stand Feb. 2017 erfolgreich kalibriert. Es musste dann aber eine Nachkalibrierung erfolgen, da das 3D-Untergrundmodell auf Empfehlung des LBEG zu überarbeiten war (neuer Modellstand: Juli 2019). Zur Startbelegung der k_f -Werte für die Nachkalibrierung wurden die Transmissivitäten für die Modellebenen 1 und 3 durch die entsprechenden neuen wassererfüllten Mächtigkeiten geteilt. Dadurch ergaben sich unterschiedliche k_f -Werte für die Modellebenen 1 und 3.

5 Oberirdische Fließgewässer

Die geometrische Nachbildung der oberirdischen Fließgewässer erfolgte zu einem Großteil auf Grundlage eingemessener Sohlhöhen und Wasserstände (MATHEJA, 2016-2017). Für die restlichen Bereiche ohne Felddaten waren diesbezüglich Abschätzungen auf Basis des digitalen Geländemodells erforderlich (LGLN, 2016). Die Wassertiefen wurden in einer Bandbreite von 1 bis 7 Dezimetern angenommen, wobei generell die Werte mit größer werdender Fließstrecke zunehmen.

Die Startwerte für die Durchlässigkeiten der Gewässersohlen wurden zunächst ebenfalls abgeschätzt. Im Rahmen der Kalibrierung ergaben sich Leitwerte zwischen $1,0 \times 10^{-5}$ bis $6,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (s. Anlagen 6.1 und 6.2). Im Allgemeinen nehmen die Werte mit größer werdendem Fließquerschnitt zu. Zudem sind sie bei effluenten Verhältnissen größer als bei influenten (wegen der dann im Allgemeinen geringeren Kolmation der Gewässersohle).

I.d.R. sind die oberirdischen Fließgewässer an die oberste Modellebene angeschlossen. Fehlt der entsprechende Grundwasserleiter (sehr gering mächtig oder gar nicht ausgebildet), so ist das Vorfluterelement entweder an die Modellebene 3 angebunden oder es gibt gar kein Vorfluterelement, wenn das Bachbett in einem Grundwasserhemmer liegt (Modellebene 2). Im letzteren Fall ist davon auszugehen, dass allenfalls ein nur geringer Kontakt zwischen den Systemen existiert, der vernachlässigt wird.

6 Grundwasserentnahmen

Für die Modelleichung und die erforderlichen Simulationsrechnungen wurden die in den Tabellen 3 und 4 aufgeführten Entnahmen berücksichtigt (STADTWERKE DELMENHORST, 2019; STADT DELMENHORST, 2019; LANDKREIS OLDENBURG, 2019 und LANDKREIS DIEPHOLZ, 2017). Zur Ermittlung der hier vorrangig betrachteten entnahmebedingten Absenkungen für die Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den Graften' sind die "sonstigen Entnahmen" sowohl bei den Berechnungen der Vergleichszustände (IST, NULL) als auch des PROGNOSE-Zustandes jeweils mit ihrer zugelassenen Rate berücksichtigt, d.h. die Ergebnisse gelten für die potentiell ungünstigsten Belastungszustände.

Im Ist-Zustand waren im Wesentlichen die 4 Brunnenstandorte B1, B3, B4 und B5 aktiv (s. Anlage 1.3). Brunnen B2 ist seit 1995 und Brunnen B6 (Horizontalfilterbrunnen) seit 2011 nicht mehr in Betrieb. Es ist geplant, die Brunnenstandorte B1, B2, B3 und B5 in

etwa zu erhalten (an den Standorten B1 bis B3 werden neue Brunnen gebaut) und zudem 2 weitere Standorte X und Y neu einzurichten. Die mögliche Maximalentnahme aus den Einzelbrunnen beträgt nach jetzigem Planungsstand rd. 562 Tsd. m³/a (Nennleistung 70 m³/h bei einer max. Laufzeit von 22 h pro Tag).

Die Gesamtentnahme soll gleichmäßig auf die 6 Brunnenstandorte verteilt werden. Damit ergibt sich ein Wert von 400 Tsd. m³ pro Brunnen und Jahr.

Tab. 3: Berücksichtigte Entnahmen im Grundwassermodell

Modellsimulation	SWD 'An den Graften'	Sonstige Entnahmen
1. Eichung Kalenderjahr 2004	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2004 (rd. 2,26 Mio. m ³ /a)	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2004 * (insgesamt: 3,93 Mio. m ³ /a)
2. Modelltest Kalenderjahr 1997	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 1997 (rd. 2,61 Mio. m ³ /a)	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 1997 ** (insgesamt: 4,38 Mio. m ³ /a)
3. Vergleichs-Zustand (Modelltest) Ermittlung Veränderungen und Ver- gleich mit Messdaten	Keine	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2011 * (rd. 5,06 Mio. m ³ /a)
4. Vergleichs-Zustand (Modelltest) Ermittlung Veränderungen und Ver- gleich mit Messdaten	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2000 (rd. 2,48 Mio. m ³ /a)	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2000 ** (insgesamt: 3,90 Mio. m ³ /a)
5. Vergleichs-Zustand (Modelltest) Ermittlung Veränderungen und Ver- gleich mit Messdaten (Differenz 5-3 und 5-4)	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2014 (rd. 1,93 Mio. m ³ /a)	Tatsächliches Volumen im Kalenderjahr 2014 * (rd. 5,14 Mio. m ³ /a)
6. Null-Zustand *** Ermittlung Absenkungen für Wasser- rechtsantrag	Keine	gemäß Wasserrecht (insgesamt: 7,32 Mio. m ³ /a)
7. Ist-Zustand *** Ermittlung Absenkungen für Wasser- rechtsantrag (Differenz 7-6)	Tatsächliches Volumen im Zeitraum 2012 - 2017 (rd. 1,90 Mio. m ³ /a)	gemäß Wasserrecht (insgesamt: 7,32 Mio. m ³ /a)
8. Prognose-Zustand *** Ermittlung Absenkungen für Wasser- rechtsantrag (Differenz Simulationen 8-6 und 8-7)	Antragsvolumen (2,40 Mio. m ³ /a)	gemäß Wasserrecht (insgesamt: 7,32 Mio. m ³ /a)

* teilweise nicht bekannt, dann Ansatz: 67 % der zugelassenen Jahresrate gemäß Wasserrecht

** teilweise nicht bekannt, dann Ansatz: 67 % der zugelassenen Jahresrate gemäß Wasserrecht oder Entnahme im Jahr 2004

*** Zur Berechnung der entnahmebedingten Absenkungen (Differenzbildung zwischen den Zuständen PROGNOSE – IST - NULL) für das Wasserwerk 'An den Graften' wurden bei den Simulationen die genehmigten sonstigen Entnahmeraten angesetzt (Wasserwerk Annenheide: Wasserrechte für die Einzelbrunnen). Damit wird der ungünstigste Belastungszustand des Grundwassersystems berücksichtigt.

Tab. 4: Berücksichtigte Entnahmen WW 'An den Graften' im Grundwassermodell

1	2	3	4	5	6	7	8
Brunnen	Eichung (2004)	Modelltest (1997)	Modelltest (2000)	Modelltest (2014)	Null- Zustand und 2011	Ist-Zustand (2012-2017)	Prognose- Zustand
	Tab. 3: 1.	Tab. 3: 2.	Tab. 3: 4.	Tab. 3: 5.	Tab. 3: 3., 6.	Tab. 3: 7.	Tab. 3: 8.
	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]
B1	0,189	0,450 *	0,400 *	0,482 *	0	0,475 *	0,400
B2	0	0	0	0	0	0	0,400
B3	0,539	0,450 *	0,400 *	0,482 *	0	0,475 *	0,400
B4	0,253	0,450 *	0,400 *	0,482 *	0	0,475 *	-
B5	0,473	0,450 *	0,400 *	0,482 *	0	0,475 *	0,400
B6	0,806	0,816 *	0,875 *	0	0	0	-
X	-	-	-	-	-	-	0,400
Y	-	-	-	-	-	-	0,400
Summen	2,261	2,616	2,475	1,927	0	1,900	2,400

* Annahmen hinsichtlich der Einzelwerte

7 Stationäre Modellkalibrierung

Zur Kalibrierung des Grundwassermodells mussten die Parameter Gesteinsdurchlässigkeit, Grundwasserneubildung (nur geringfügig) und Durchlässigkeit der Gewässer-Sohlen (in Form des Leitwertes) variiert werden.

Die Güte der Modellanpassung zeigen die Anlagen 7 und 8. In Anlage 7.1 und 7.2 sind auf Grundlage von Messdaten konstruierte Linien gleicher Grundwasserspiegel für das Kalibrierungsjahr 2004 (Zielfunktion) den berechneten gegenübergestellt. Die Zielfunktion konnte nur allgemein für den Hauptgrundwasserleiter konstruiert werden, da im Bereich der Grundwasserstockwerke keine ausreichende Datendichte für zwei entsprechende Grundwasserhöhen-Gleichenpläne zur Verfügung steht. Tendenziell repräsentiert die Zielfunktion eher den oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes. Insbesondere im Süden wurden in einem flächenmäßig größeren Bereich Messstellen zur Konstruktion der Grundwasserspiegelfläche verwendet, die im unteren Bereich des Hauptgrundwasserleiter-Komplexes oder im unteren Grundwasserstockwerk verfiltert sind. Insgesamt erscheint der Grundwasserhöhen-Gleichenplan dort plausibel. Dennoch sollte im Rahmen der geplanten Abstimmung der sich überlagernden Modelle 'Delmenhorst', 'Harpstedt' und 'Ristedt' (s. Kap. 1) versucht werden, getrennte Standrohrspiegelflächen für die dort wahrscheinlich vorhandenen Grundwasserstockwerke (signifikanter hydraulischer Gradient zwischen 'OBEN' und 'UNTEN') zu konstruieren. Die Tabelle in Anlage 8.1 enthält gemessene und berechnete Grundwas-

erspiegel sowie deren Differenzen an den Kontrollmessstellen. Die Differenzen sind auch in den Plänen in Anlage 7 eingetragen. Die mittlere absolute Abweichung zwischen Messung und Rechnung beträgt 0,30 m bei einem Standardfehler (RMSE) von 0,40, was bei der gegebenen Gesamtdifferenz der Grundwasserspiegelhöhen im betrachteten Modellbereich von etwa 28 m in der Literatur bzw. der Praxis als ausreichend angesehen wird (z.B. DVGW, 2016 und SPITZ & MORENO, 1996). Mit einem Verhältnis "mittlere absolute Abweichung zu maximaler Differenz der Grundwasserspiegelhöhen im Modellraum" von 1,1 % ist die Modellanpassung gemäß DVGW (2016) als "gut" zu bezeichnen (sehr gut: < 1,0 %). Anlage 8.2 zeigt die gemessenen und berechneten Werte an den Kontrollmessstellen als Streudiagramm. Die enge Korrelation zwischen Messung und Berechnung ist in allen Grundwasserspiegelniveaus gegeben. Rechnerisch ergibt sich insgesamt ein Korrelationskoeffizient von 1,00.

Der mit dem Modell berechnete grundwasserbürtige Abfluss im *Dünsener Bach* ist in Anlage 9 als Längsschnitt dargestellt (kumulativ über die Fließstrecke A-A', s. Anlage 6.1). An den von der SWD GmbH eingerichteten Abflusspegeln "DB2" und "DB1" (s. Anlage 1.1) betragen die grundwasserbürtigen Abflüsse 168 und 212 l/s. Die Pegel werden seit 2011 bzw. 2009 beobachtet. Nach dem Verfahren von WUNDT (1958) ergeben sich grundwasserbürtige Abflüsse von 163 l/s für "DB2" und von 229 l/s für "DB1" (jeweils MoMnQ). Für eine derartige Messdaten-Auswertung sind die Zeitreihen eigentlich noch zu kurz. In Anbetracht der Unsicherheiten sowohl bei der Berechnung als auch bei den Messdaten ist eine ausreichende Übereinstimmung zwischen "Messung" und "Berechnung" gegeben. Am 28.02.2019 wurden umfangreiche Abflussmessungen im Untersuchungsgebiet durch das Büro MATHEJA CONSULT (2019a) durchgeführt (s. Anlage 1.1). Die an diesem Tag gemessenen Abflusswerte können keinen nennenswerten Direktabfluss enthalten, da der Niederschlag in den Wochen davor sehr gering war (ca. 26 mm im gesamt Monat Februar und ca. 1 mm zwischen dem 11.02. und dem 27.02. an der DWD-Station Bremen-Flughafen). Es ist zudem davon auszugehen, dass die gemessenen Basisabflüsse am Stichtag geringfügig kleiner sind als die langjährigen Mittelwerte (MoMnQ): So wurde am Pegel Holzkamp (*Delme*) ein Abfluss von 526 l/s gemessen, der unterhalb des MoMnQ-Wertes für diesen Pegel liegt (562 l/s, Zeitreihe 1967 bis 2017). Im *Dünsener Bach* erfolgten die Messungen an den Pegeln "DB2" und "DB1" sowie an einem weiteren Standort in der Nähe des südlichen Modellrandes. Die Werte sind ebenfalls in Anlage 9 eingetragen und stützen ebenfalls die Größenordnung der berechneten Werte für den Basisabfluss.

Eine Darstellung der kumulativen Basisabflüsse über die Fließstrecke ist für die *Delme* nicht möglich, da diese in ein verzweigtes Netz mit vielen weitgehend unbekanntem

oberirdischen Ab- und Zuströmen eingebunden ist. Von der SWD GmbH werden seit 2017 die Abflusspegel 'Tiergarten' und 'Nordenhamer Straße' (*Welse*), 'Nordenhamer Straße' (*Delme*) sowie 'Bremer Straße' (*Hoyersgraben*) betrieben. Zusammen mit dem schon seit 1966 vom NLWKN unter Beobachtung stehenden Abflusspegel 'Holzkamp' in der *Delme* steht somit eine Messkonfiguration zur Verfügung, die eine geschlossene Bilanzierung ermöglicht (unter der Voraussetzung, dass anthropogene Einleitungen bekannt sind). Auch an diesen 5 Pegeln wurde am 28.02.2019 eine Stichtagsmessung durchgeführt. Dem Zustrom an den Pegeln 'Holzkamp' und 'Tiergarten' in Höhe von insgesamt 755 l/s steht ein Abstrom von 992 l/s über die Pegel 'Nordenhamer Straße' in der *Welse*, 'Nordenhamer Straße' in der *Delme* und 'Bremer Straße' im *Hoyersgraben* gegenüber. Der Abfluss nimmt in diesem Bilanzraum also um 237 l/s zu. Nach Abzug bekannter Einleitungen in Höhe von insgesamt 115 l/s (MATHEJA, 2019b) verbleibt ein grundwasserbürtiger Anteil von 122 l/s. Diese Abflusszunahme stimmt in Anbetracht der relativ großen Absolutwerte (Messtoleranzen) gut mit dem berechneten Wert von 89 l/s für diesen Bilanzraum überein.

Die Abbildungen 2, 3 und 4 verdeutlichen die Sensitivität der Modellgüte auf Veränderungen der Parameter "Grundwasserneubildung", "horizontaler Durchlässigkeitsbeiwert" und "Leitwert zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem". Dargestellt sind die Standardfehler (RMSE) nach Rechenläufen mit prozentualer Verringerung bzw. Erhöhung der Parameterwerte. Der im Rahmen der Modellkalibrierung erzielte Standardfehler (RMSE) von 0,40 m liegt im Bereich der jeweiligen Minima. Es ist somit davon auszugehen dass deutliche Verbesserungen der (Gesamt)-Modellgüte nicht mehr erreichbar sind. Wie die Anlagen 10.1 bis 10.6 zeigen, ist die Empfindlichkeit der Absenkungsergebnisse auf Veränderungen der Modellparameter "Grundwasserneubildung", "horizontaler Durchlässigkeitsbeiwert" sowie "Leitwert zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem" im Rahmen einer noch tolerierbaren Modellgüte als sehr gering zu bezeichnen.

Tab. 5 enthält die Wasserbilanz für die berechneten Zustände MGW2004 (Kalibrierung), 'NULL', 'IST' und 'PROGNOSE' (Simulationen 1, 6, 7 und 8 in Tab. 3). Ein Vergleich zeigt, dass die beantragte Entnahme in Höhe von 2,4 Mio. m³/a gegenüber dem NULL-Zustand zu einem Großteil durch die Reduzierung des Grundwasserabstromes über die Vorflut gedeckt wird (rd. 70 %). Ein weiterer signifikanter Anteil ergibt sich durch eine Erhöhung der Infiltration über die oberirdischen Fließgewässer (rd. 26 %). Erhöhungen der Grundwasserzuströme über die Ränder sind vernachlässigbar, was

den sehr geringen Einfluss der Festpotentialränder auf die Berechnungsergebnisse belegt.

Die Anlagen 11.1 und 11.2 zeigen berechnete Linien gleicher Grundwasserspiegel für 'NULL-', 'IST-', und 'PROGNOSE-Zustand. Auch anhand dieser Darstellung ist erkennbar, dass die berechneten Absenkungen infolge der untersuchten Entnahmeveränderungen in der Nähe der Festpotentialränder in ausreichender Weise abgeklungen sind.

8 Modelltests

Gemäß DVGW (2016) ist anhand eines Modelltests zu überprüfen, ob die im Rahmen der Modellkalibrierung erreichte gute Modellgüte (hier Kalenderjahr 2004) auch für einen deutlich unterschiedlichen Systemzustand Gültigkeit hat. Hier wurde dafür das Kalenderjahr 1997 mit geohydrologisch trockenen Bedingungen ausgewählt (Modelltest 1). Bei diesem Modelltest ist es erforderlich, die Grundwasserneubildung entsprechend anzupassen.

Zur weiteren Absicherung der Modellergebnisse wurden zwei weitere Modelltests (2 und 3) mit einem anderen Ansatz durchgeführt. Grundgedanke dabei ist, aus Messdaten bestimmte Grundwasserspiegeldifferenzen, die möglichst stark unterschiedliche Entnahmeraten beinhalten, mit entsprechend berechneten entnahmebedingten Grundwasserspiegeländerungen zu vergleichen. Bei diesem Vergleich müssen witterungsbedingte und andere anthropogene Einflüsse in den Messdaten berücksichtigt werden. Modellseitig ist eine Anpassung der Grundwasserneubildung nicht erforderlich, da diese nur einen untergeordneten Einfluss auf das Ausmaß der ermittelten entnahmebedingten Änderung hat (s. Sensitivitätsuntersuchung). Nachteil bei dieser Vorgehensweise ist, dass nur ein relativ kleiner Modellraum überprüft werden kann (wegen der gegenüber dem Modellraum nur örtlich begrenzten Förderveränderung). Vorteil ist aber, dass dabei die eigentliche Zielgröße (entnahmebedingte Absenkung) innerhalb des Aussagegebietes direkt betrachtet und bewertet wird.

Modelltest 1:

Die Nachbildung des trockenen Systemzustandes '1997' erfordert eine Anpassung der Grundwasserneubildung. Zur Abschätzung der Abminderung wurde das Verhältnis der Niederschläge in den Winterhalbjahren 1997 (229 mm) und 2004 (302 mm) gebildet. Es ergibt sich ein Wert von rd. 75 %, der pauschal auf jede Modellzelle angewendet wurde. Das Entnahmevolumen aus den Förderbrunnen des Wasserwerkes 'An den

Graften' betrug im Jahr 1997 2,616 Mio. m³, also etwa 0,355 Mio. m³ mehr als im Jahr 2004.

Die Güte des Modells für das Testjahr 1997 ist in den Anlagen 12.1 bis 12.3 zu sehen. In Anlage 12.1 und 12.2 sind auf Grundlage von Messdaten konstruierte Linien gleicher Grundwasserspiegel für das Jahr 1997 (Zielfunktion) den berechneten gegenübergestellt. Wie auch im Kalibrierungsjahr 2004 konnte hier aufgrund einer zu geringen Datendichte die Zielfunktion nur allgemein für den Hauptgrundwasserleiter erstellt werden (keine Unterscheidung nach Stockwerken möglich, s. Kap. 7). Gegenüber der Kalibrierung ist visuell keine auffällige Verschlechterung der Modellgüte erkennbar. Anlage 12.3 zeigt die gemessenen und berechneten Werte im Streudiagramm. Die entsprechenden Differenzen zwischen Messung und Berechnung sind in den Anlagen 12.1 und 12.2 eingetragen. Die quantitativen Güteparameter (Anlage 12.3) unterscheiden sich nur unwesentlich von denen für die Kalibrierung. Die Modellgüte liegt weiterhin bei einem Wert von 1,1 % und kann gemäß DVGW (2016) als „gut“ bezeichnet werden.

Modelltest 2:

Im Jahr 2011 waren alle Brunnen des Wasserwerks 'An den Graften' für etwa 8 Monate außer Betrieb, was zu einer entnahmebedingten Aufhöhung der Grundwasserspiegel geführt hat. Im Jahr 2014 wurden 1,93 Mio. m³/a gefördert, was die Grundwasserspiegel (in Verbindung mit den etwa gleich großen Entnahmen in den Jahren 2012 und 2013) wieder abgesenkt hat. Diese beiden Zustände wurden mit dem Modell simuliert (3 und 5 in Tab. 3) und dann die Differenz zwischen den jeweiligen Grundwasserspiegelflächen gebildet. Die resultierenden Linien gleicher Absenkung sind in den Anlagen 12.4 und 12.5 für die Rechenebenen 1 und 3 dargestellt. Zusätzlich enthalten die Pläne die aus Messdaten ermittelten Differenzen zwischen den mittleren Grundwasserspiegeln im Kalenderjahr 2014 und den Grundwasserspiegeln im Sep. 2011 an den zur Verfügung stehenden Grundwassermessstellen.

In größerer Entfernung zu den Förderbrunnen verbleiben die Differenzen meist in einem Wertebereich zwischen 0 und -0,2 m. In dieser Größenordnung ist somit von einem witterungsbedingten Abstieg der Grundwasserspiegelfläche zwischen Sep. 2011 und dem Kalenderjahr 2014 auszugehen, d.h. die Differenzen müssten betragsmäßig generell etwa um diesen Wertebereich verringert werden, um die entnahmebedingte Absenkung aus den Messdaten abzuschätzen. Anders ausgedrückt sind negative Differenzen ab einem Wert von deutlich unter ca. -0,2 m mit hoher Wahrscheinlichkeit auch entnahmebeeinflusst (z.B. -0,37 m an Messstelle 203 im Norden). Es ist visuell erkennbar, dass die berechnete Absenkungsreichweite deutlich über der aus Messda-

ten ableitbaren hinaus geht, und zwar auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass im September 2011 ein quasistationärer Zustand wahrscheinlich noch nicht vollständig eingetreten war.

Modelltest 3:

Ein zweiter Vergleich zwischen Messung und Berechnung umfasst die Jahre 2000 und 2014 mit jährlichen Entnahmevermolumina von 2,48 Mio. m³ und 1,93 Mio. m³ (4 und 5 in Tab. 3). Bezüglich der Fassungsanlage 'An den Graften' ergibt sich mit dem Modell ein signifikanter Aufhöhungsbereich im Umfeld des Brunnens 6 (s. Anlagen 12.6 und 12.7), der im Jahr 2000 noch in Betrieb war. Entnahmebedingte Absenkungen treten gemäß der Berechnung nicht auf. Die Ergebnisse sind konform mit den Differenzen aus Messdaten. Auch diese zeigen allenfalls für die Messstellen 206 und 207 im Umfeld des Brunnens 6 entnahmebedingte Aufhöhungen an. Alle anderen Differenzwerte im Umfeld der Brunnen B1, B3, B4 und B5 liegen i.d.R. betragsmäßig unterhalb von 0,25 m (eine Ausnahme mit +0,29 m). Die Differenzen an weiter entfernt liegenden Messstellen liegen meist in der Größenordnung von \pm einem Dezimeter, so dass ein Witterungsanteil in den Differenzen nicht signifikant ist. Im Bereich der Brunnen des Wasserwerkes 'Annenheide' liegen dagegen vorwiegend negative Differenzen vor, was im Wesentlichen auf die Entnahmesteigerung von 2,00 auf 3,18 Mio. m³/a zwischen den hier betrachteten Jahren zurückzuführen ist. Die Beträge der berechneten entnahmebedingten Absenkungen sind i.d.R. größer als die aus Messdaten bestimmten Differenzen, obwohl in diesem Bereich ein Witterungsanteil von rd. -2 Dezimetern wahrscheinlich ist. Vor Einsatz des Modells für den Bereich des Wasserwerkes 'Annenheide' müsste allerdings ein weiterer Test vorgenommen werden, da nicht gesichert ist, dass im Jahr 2014 nach der kontinuierlichen Entnahmesteigerung ab 2010 schon wieder ein quasistationärer Zustand eingetreten war.

Schlussfolgernd ist festzustellen, dass die Prognosefähigkeit des Modells für das Wassergewinnungsgebiet 'An den Graften' gegeben ist. Die Modelltests 2 und 3 haben gezeigt, dass berechnete entnahmebedingte Absenkungen bzw. Aufhöhungen eher zu groß sind und damit auf der sicheren Seite liegen.

9 Erhöhung der Modellauflösung

Seitens der SWD GmbH ist für beide Wassergewinnungsgebiete geplant, zur Güteüberwachung des geförderten Grundwassers Vorwarnmessstellen gemäß DVGW (2003) einzurichten bzw. für diesen Zweck ggf. geeignete bestehende Messstellen auszuwählen. Als Werkzeug zur Berechnung von Fließstrecken für geeignete Fließ- bzw. Vorwarnzeiten (mindestens 1 Jahr gemäß DVGW, 2003) soll das bestehende Grundwasserströmungsmodell 'Delmenhorst' eingesetzt werden. Für diesen Zweck wurde die Modellauflösung auf 25 m erhöht. Wie die Anlagen 13.1 bis 13.3 zeigen, ist damit eine nur sehr geringe Änderung des Kalibrierungsergebnisses verbunden. Dieses höher aufgelöste Modell wurde letztlich auch zur Durchführung der erforderlichen Simulationen im Rahmen des Wasserrechtsantrages genutzt.

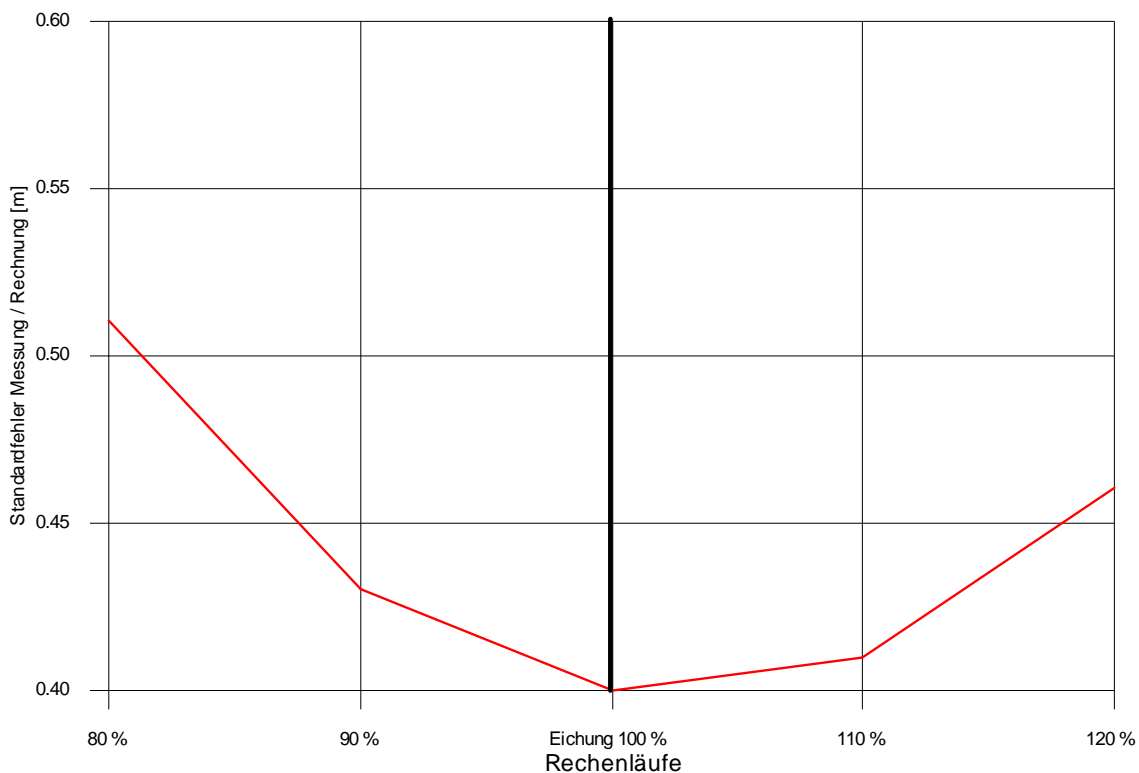


Abb. 2: Sensitivität der Modellergebnisse auf Veränderungen des Parameters "Grundwasserneubildung"

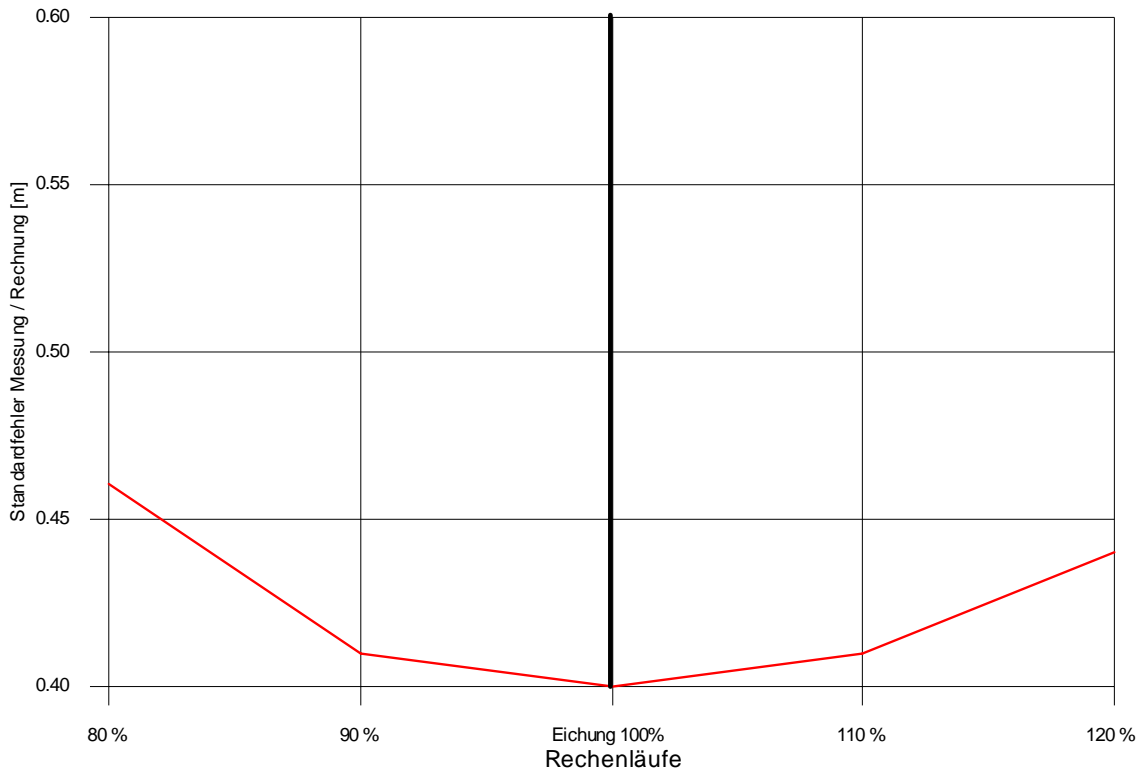


Abb. 3: Sensitivität der Modellergebnisse auf Veränderungen des Parameters "Durchlässigkeitsbeiwert"

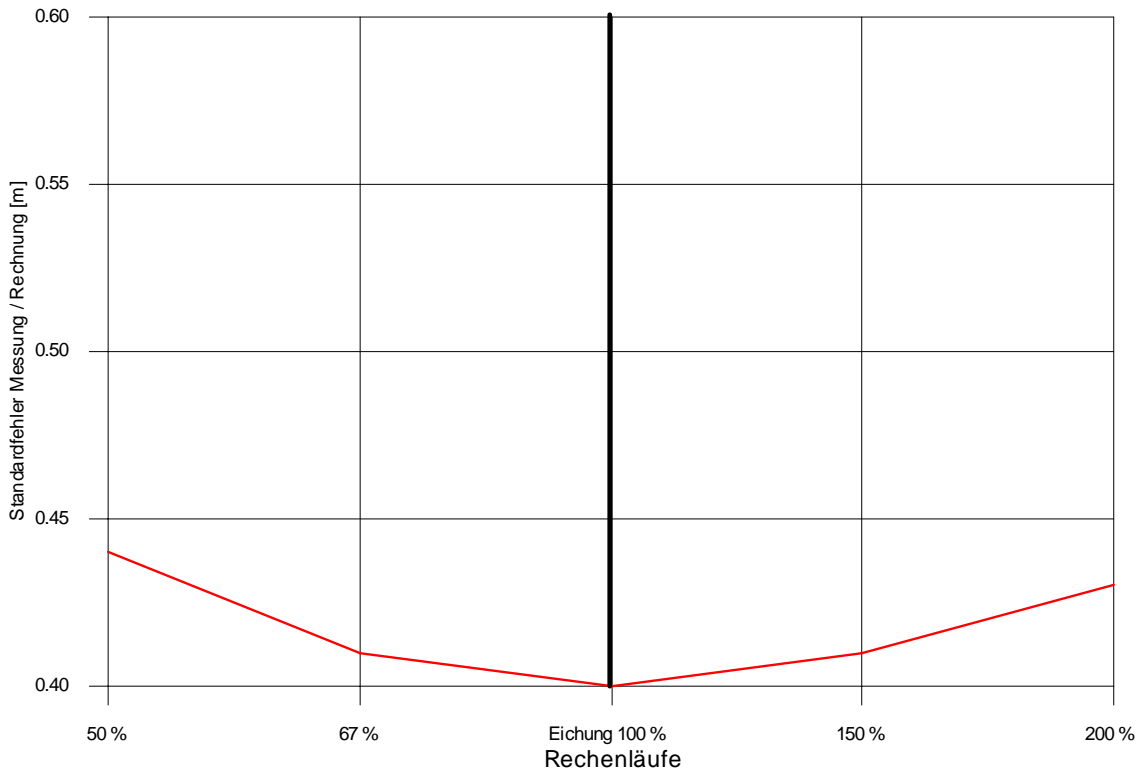


Abb. 4: Sensitivität der Modellergebnisse auf Veränderungen des Parameters "Leitwert"

Tab. 5: Wasserbilanz für das Modellgebiet (100 m – Raster)

Bilanzglied	Modellzustrom (positive Werte) bzw. Modellabstrom (negative Werte) [Mio. m ³ /a]			
	Kalibrierung	Null-Zustand	Ist-Zustand	Prognosezustand
Unterirdischer Zustrom Nordrand	0,384	0,384	0,384	0,384
Unterirdischer Abstrom Nordrand	-3,935	-3,976	-3,908	-3,891
Unterirdischer Zustrom Ostrand	0,265	0,343	0,343	0,343
Unterirdischer Abstrom Ostrand	-1,619	-1,301	-1,301	-1,301
Unterirdischer Zustrom Südrand	3,084	3,111	3,112	3,112
Unterirdischer Abstrom Südrand	-0,486	-0,482	-0,482	-0,482
Unterirdischer Zustrom Westrand	1,160	1,162	1,162	1,162
Unterirdischer Abstrom Westrand	-0,269	-0,270	-0,269	-0,269
Grundwasserneubildung	31,857	31,857	31,857	31,857
Exfiltration in das oberirdische Fließgewässersystem	-27,125	-26,720	-25,394	-25,037
Infiltration aus dem oberirdischen Fließgewässersystem	2,959	3,274	3,781	3,907
Entnahmen	-6,216	-7,323	-9,226	-9,726
Summe (Kontrolle)	0,059	0,058	0,058	0,058
Bilanzfehler [%]	0,15	0,14	0,14	0,14

10 Datengrundlage und Literatur

- ANDERSON, M. P.; WOESSNER, W. W. (2002): Applied Groundwater Modeling. Academic Press. Copyright 2002, Elsevier.
- BOOCHS, P.-W.; MULL, R. et al. (1985): Berücksichtigung der grundwasserabhängigen Neubildung bei mathematischen Grundwassermodellen. In: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Band 136, S. 365-373, Hannover.
- CHIANG, W.-H.; KINZELBACH, W. (2001): 3D-Groundwater Modeling with PMWIN. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- DVGW (DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES e.V.) (2003): Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regel Arbeitsblatt W 108, Bonn.
- DVGW (DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES e.V.) (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regel, Arbeitsblatt W 107 (A), Bonn.
- ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. - GeoBerichte 15. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- HARBAUGH, A.W. (2005): Modflow-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground Water Model – the Ground Water Flow Process. In: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.
- HARZWASSERWERKE (2018): AqualInfo_Datenbank für das Wassergewinnungsgebiet "Ristedt" mit Stand 24.04.2018. Brunnenbezogene Monatssummen von 1985 bis 2017. Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim.
- HMM (2003): Geohydrologisches Gutachten für einen Wasserrechtsantrag. Wasserwerk II 'Annenheide' der Stadtwerke Delmenhorst. Ing.-Büro H.-H. Meyer, Hemmingen, 14.02.2003 (jetzt: Bad Nenndorf).
- HMM (2017): Voruntersuchungen als Grundlage für das Geohydrologische Gutachten zum Wasserrechtsantrag. Ingenieurbüro H.-H. Meyer, Bad Nenndorf.
- LANDKREIS OLDENBURG (2019): Brunnenbezogene Wasserrechte und tatsächliche Jahressummen von 2003 bis 2018. Landkreis Oldenburg, Oldenburg.
- LANDKREIS DIEPHOLZ (2017): Brunnenbezogene Wasserrechte. Landkreis Diepholz, Diepholz.
- LBEG (2017): Grundwasserneubildung GROWA06V2 mit Stand Okt. 2017. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- LEMKE & ELBRACHT (2008): Grundwasserneubildung in Niedersachsen: Ein Vergleich der Methoden Dörhöfer & Josopait und GROWA06V2. GeoBerichte 10. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- LGLN Hannover (2016): Digitales Geländehöhenmodell 1 : 25.000 (DGM 25) des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems. Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen, Hannover.

- MATHEJA (2016-2017): Bereitstellung von Vermessungs- und Abflussdaten für oberirdische Fließgewässer im Untersuchungsgebiet aus diversen Quellen. Matheja Consult, Burgwedel/Wettmar.
- MATHEJA (2019a): Stichtagsmessung des Abflusses in diversen oberirdischen Fließgewässern im Untersuchungsgebiet. Matheja Consult, Burgwedel/Wettmar.
- MATHEJA (2019b): Recherche aktueller relevanter Einleitungen in Welse und Kleiner Delme. Matheja Consult, Burgwedel/Wettmar.
- NEUSS, M & DÖRHÖFER, G. (2009): GeoFakten 8 (3. Aufl.): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- NLFB (1969): Hydrogeologisches Gutachten zur Erschließung von Grundwasser im Raum Annenheide – Gr. Ippener – Gr. Mackenstedt für die Stadtwerke Delmenhorst. Zeichen: VI-2326/69 – Dürb.-Gerh./Grb. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 08.08.1969 (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- NIWA (2019): Geologisches 3D Strukturmodell mit Top und Basis der hydrostratigrafischen Einheiten. Modellstand: Juli 2019
- REUTTER (2011): Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens. – 2. Aufl., Geofakten 21. Hannover (LBEG)
- SPITZ, K, MORENO, J. (1996): A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. - John Wiley & Sons. Inc., New York.
- STADT DELMENTHORST (2019): Jahressummen 2008 bis 2017 für die „sonstigen Entnahmen“. Stadt Delmenhorst, Delmenhorst.
- STADTWERKE DELMENHORST (2016): Historie der Grundwasserentnahmen für die Wasserwerke 'An den Graften' und 'Annenheide'. Jahressummen 1962 bis 2010. Stadtwerkegruppe Delmenhorst, Delmenhorst.
- STADTWERKE DELMENHORST (2019): Brunnenbezogene Jahressummen 2001 bis 2010, Monatssummen Januar 1995 bis Januar 2011 und Jahressummen 2012 bis 2018 für das Wasserwerk 'An den Graften'. Brunnenbezogene Jahressummen 2001 bis 2018 und Monatssummen 1994 bis 2018 für das Wasserwerk 'Annenheide'. Stadtwerkegruppe Delmenhorst, Delmenhorst.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. In: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung von Rudolf Grahmann. – Forschungen zur Deutschen Landeskunde. Band 104, S. 47-54.



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerke 'An den Graften' und
'Annenheide'*

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'

Dokumentation

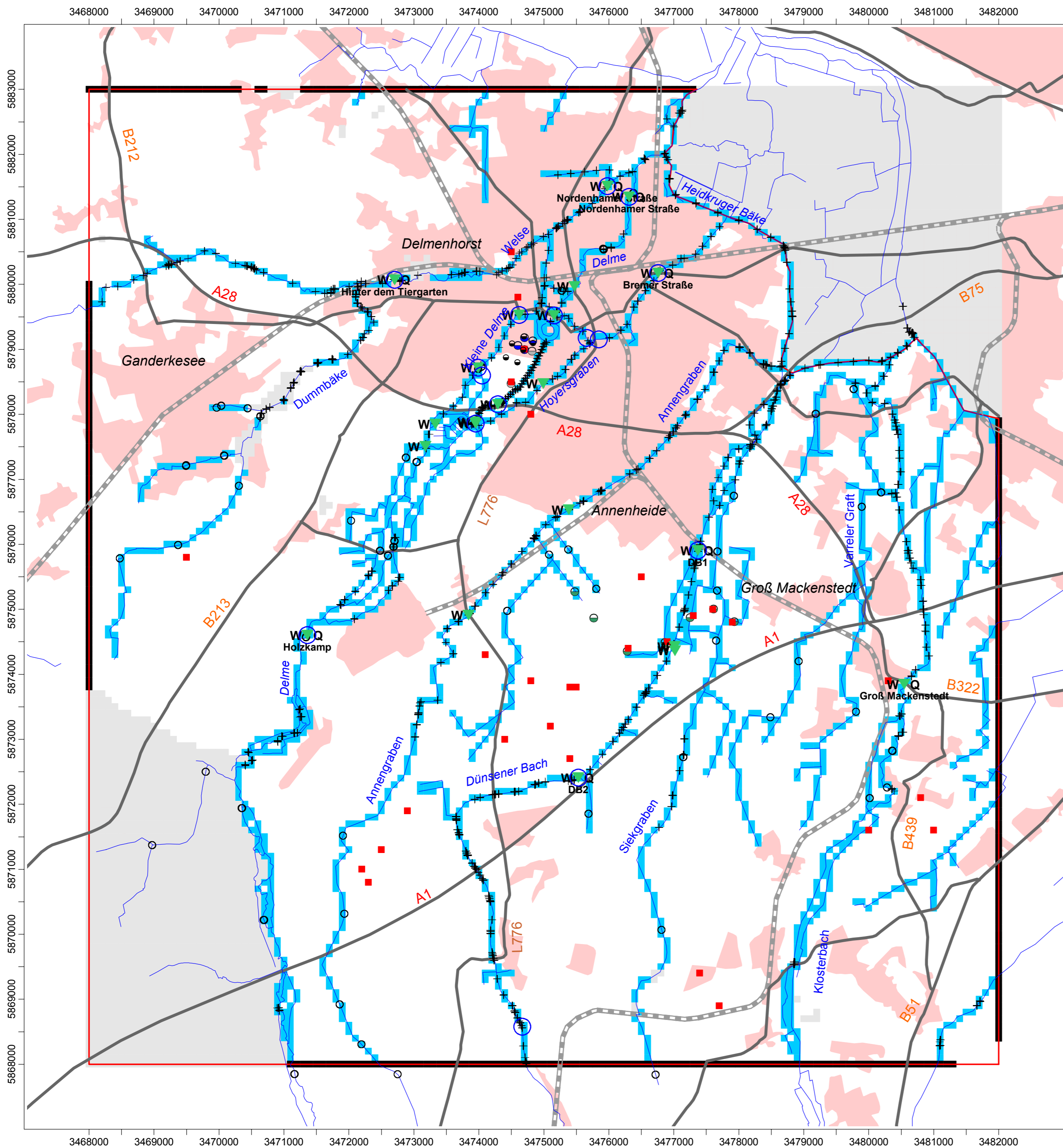
A N L A G E N

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, 03. Januar 2020



INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnlilien
- W Q Pegel - W: Wasserstandsdaten vorhanden
Q: Abflussdaten vorhanden
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Gemessene Sohlhöhen + Wasserstände (Quelle: Matheja-Consult)
- + Gemessene Sohlhöhen (Quelle: Matheja-Consult)
- Synoptische Aufnahme vom 28.02.2019 (Quelle: Matheja-Consult)

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl01_1_Randbedingungen_Delmenhorst

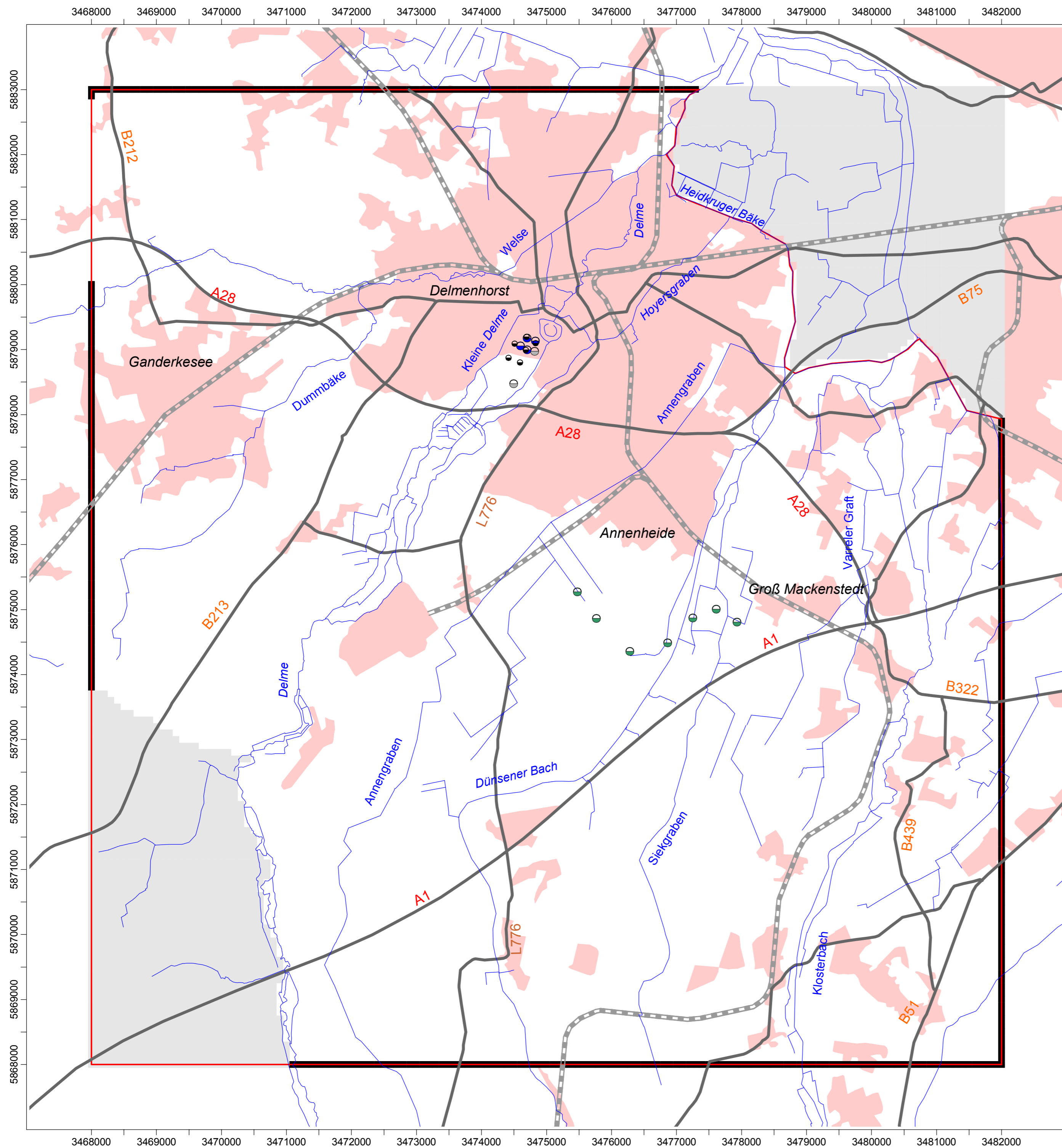
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

Modellgebiet "Delmenhorst"
 mit
Randbedingungen
 Rasterweite: 100 m
 Modellebene: 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 1.1
--	------------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent (grey circle)
 - Bestehende Standorte (blue circle)
 - Geplante Standorte (black circle)
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide' (green circle)
- Oberirdische Fließgewässer (blue line)
- Straßennetz (black line)
- Bahnlilien (grey dashed line)
- Modellrand (red line)
- Deaktivierter Modellbereich (grey shaded area)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand) (black line)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung) (blue dashed line)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen) (red square)

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl01_2_Randbedingungen_Delmenhorst.r

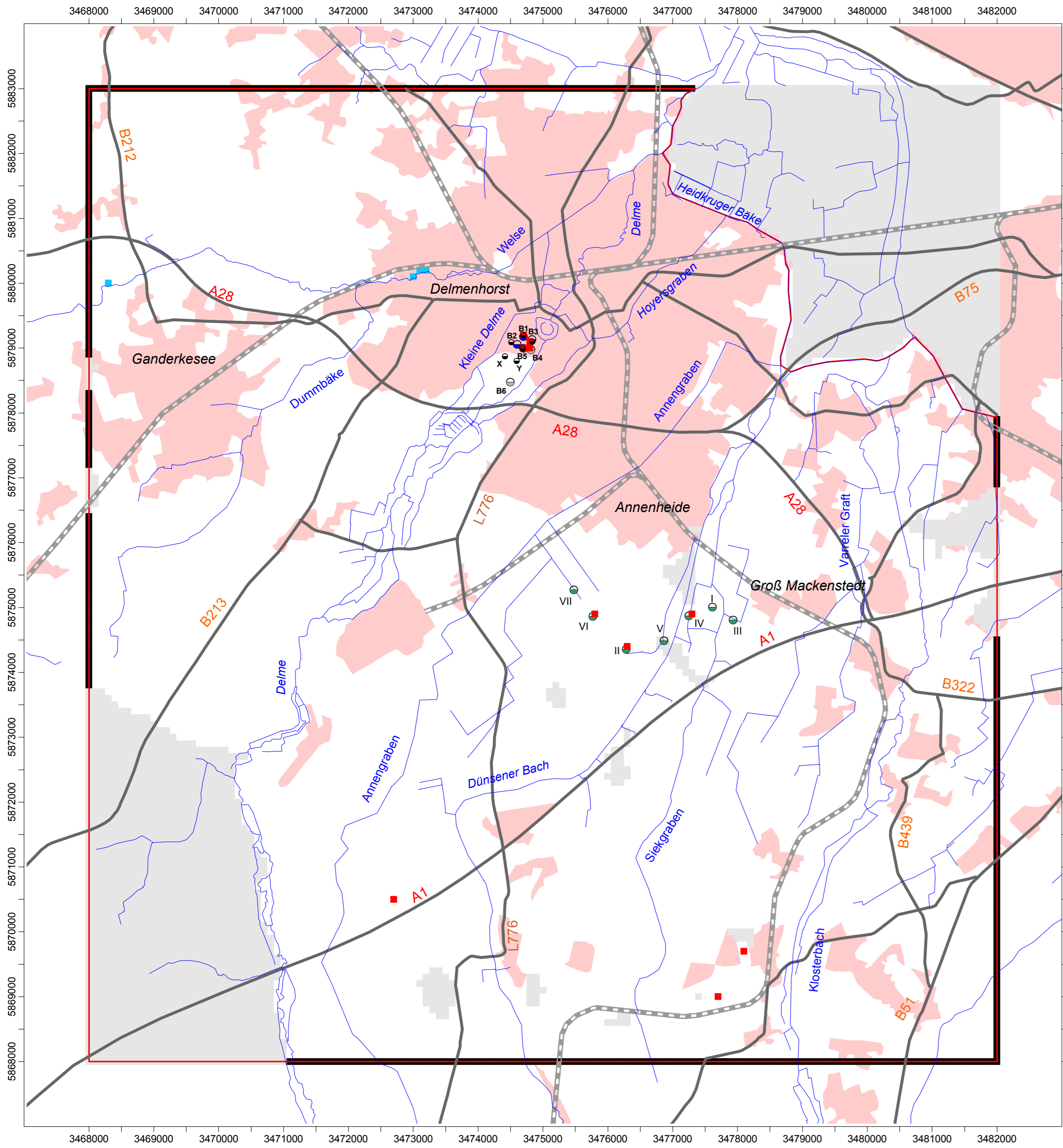
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

Modellgebiet "Delmenhorst"
 mit
Randbedingungen
 Rasterweite: 100 m
 Modellebene: 2

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 1.2
--	------------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl01_3_Randbedingungen_Delmenhorst.r

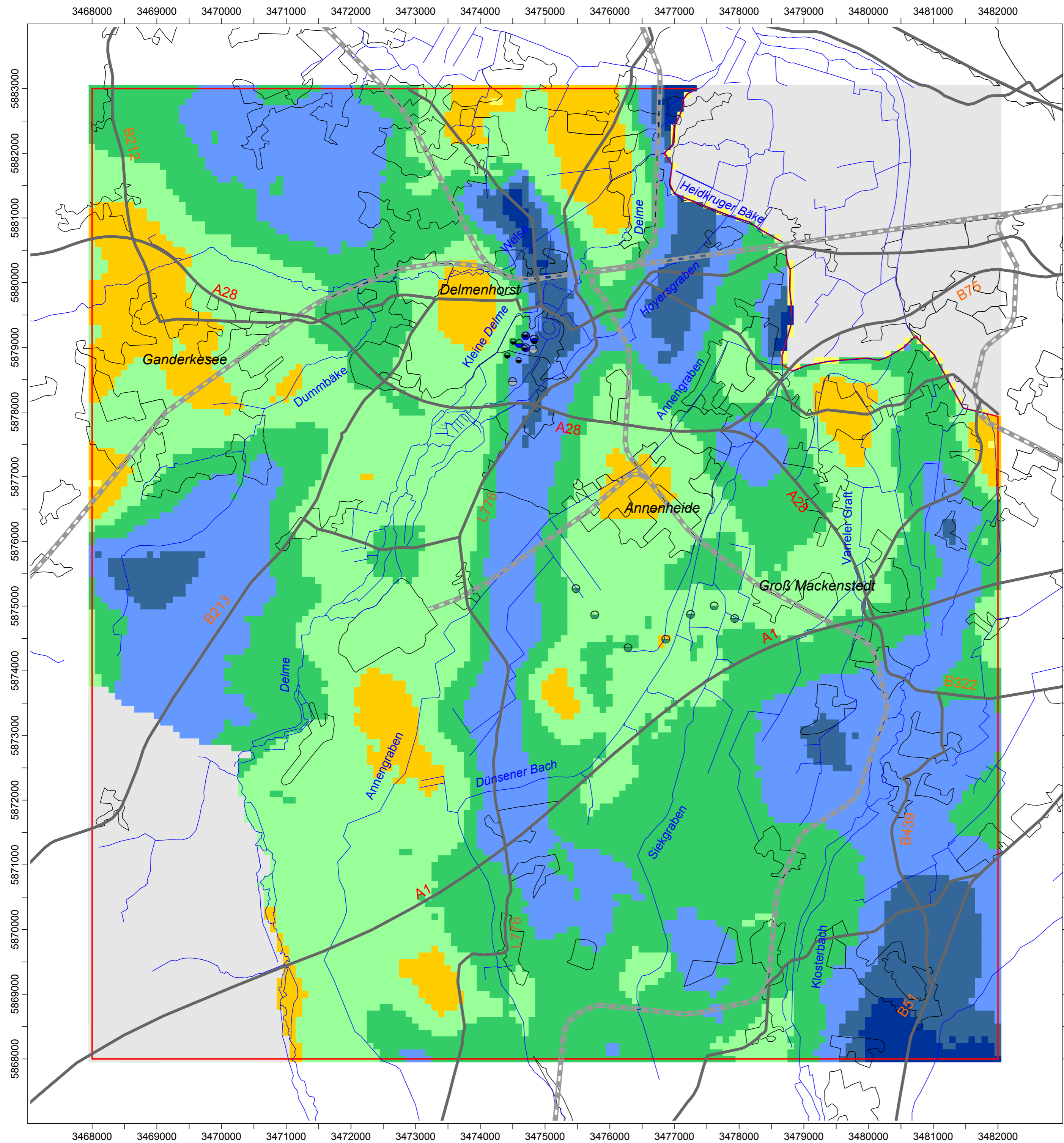
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

Modellgebiet "Delmenhorst"
 mit
Randbedingungen
 Rasterweite: 100 m
 Modellebene: 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 1.3
--	------------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42



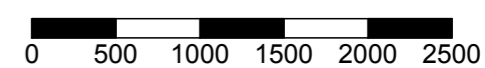
Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graffen':
- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide'
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

Mächtigkeit [m]

- | | |
|-----------|-------------|
| 1 bis 20 | 60 bis 80 |
| 20 bis 40 | 80 bis 100 |
| 40 bis 60 | 100 bis 120 |
| | 120 bis 140 |

Quelle:
Geologisches 3D-Untergrundmodell
(Stand: Jul 2019)
NIEDERSACHSEN WASSER GmbH, Oldenburg



H:_Prj\SWD-GrGw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl02_1_Maechtigkeit_Gesamt.srf



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'*

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

Gesamtmächtigkeit

Besteht aus: qhy, qhfs, qhnn, qh2, qwfs,
qwGs, qwf, qee, qw, qdlg, qdgg,
qL, qLs, qelg, qp-qe

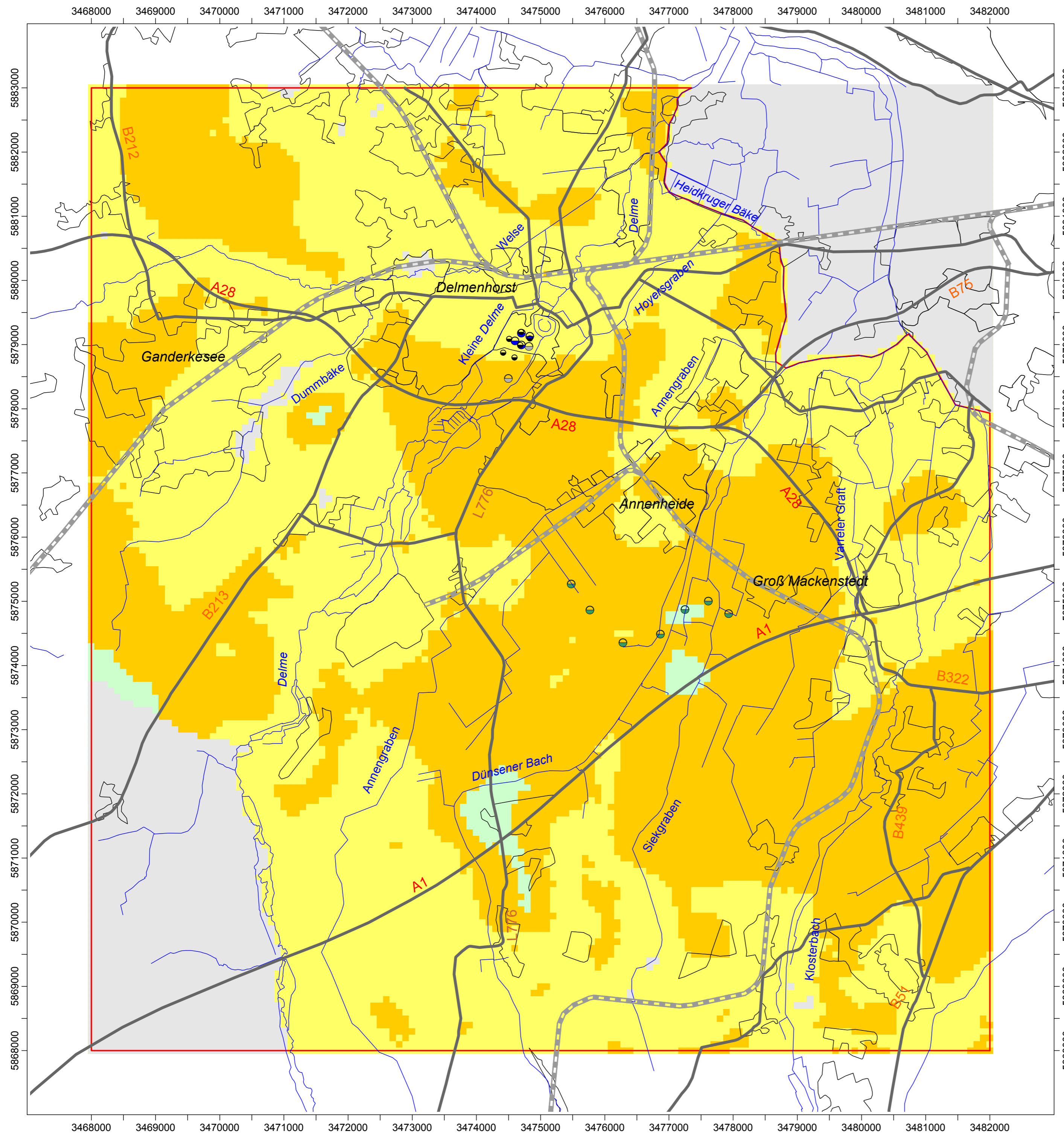
M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2)

21. August 2019

Anlage 2.1



Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graffen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

Mächtigkeit [m]

- 1 bis 20
- 20 bis 40
- 40 bis 60

Quelle:
Geologisches 3D-Untergundmodell
(Stand: Jul 2019)
NIEDERSACHSEN WASSER GmbH, Oldenburg

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Grat-Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Docu\Anlagen\Anl02_2_Maechtigkeit_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

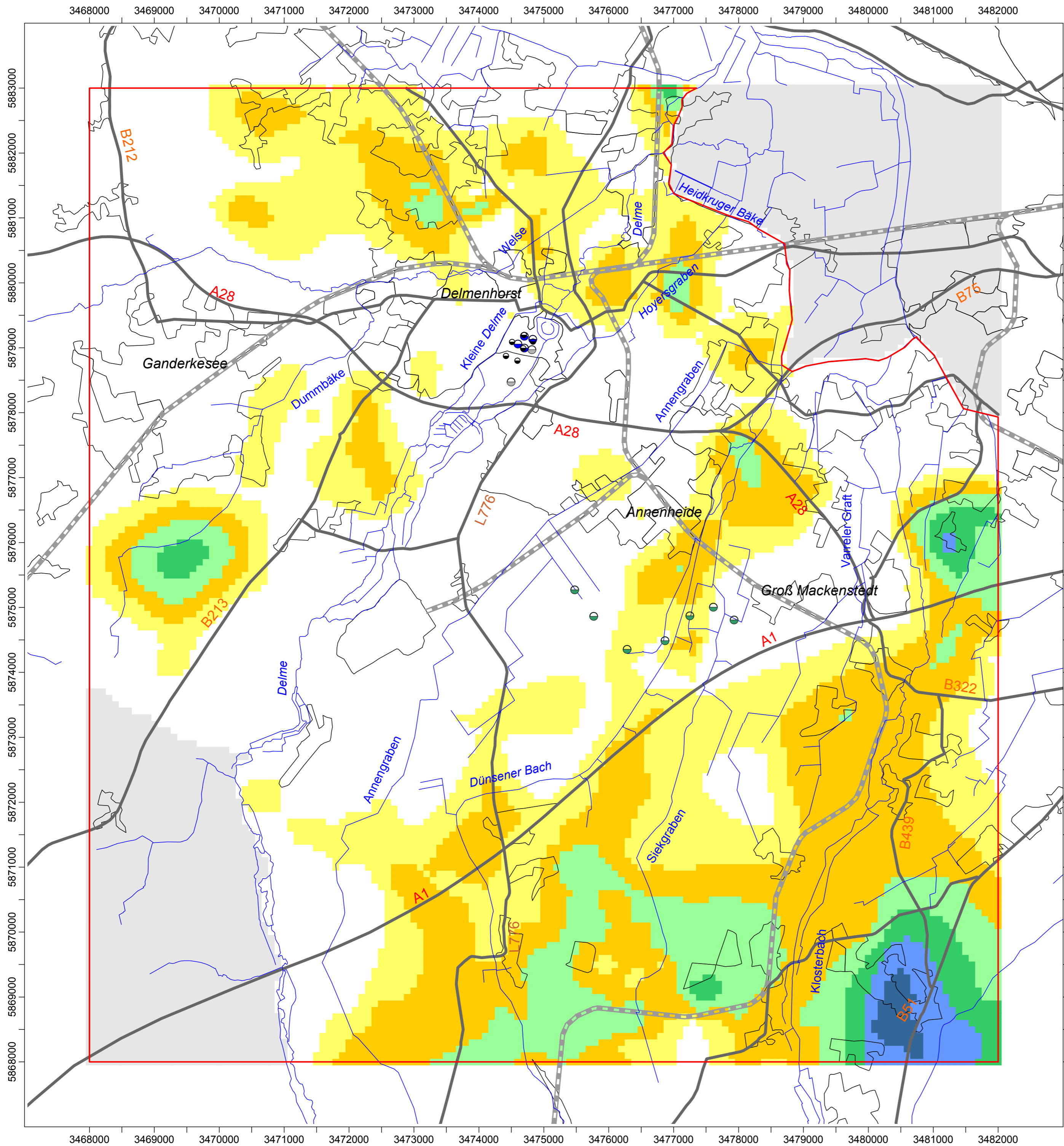
**Mächtigkeit
Modellebene 1**

Besteht aus: qhy, qhfs, qhnn, qh2, qwfs,
qwGds, qwf, qee, qw, qdlg, qdgg

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 2.2
--	-----------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

-

— Oberirdische Fließgewässer

— Straßennetz

— Bahnlilien

— Modellrand

■ Deaktivierter Modellbereich

Mächtigkeit [m]

0	60 bis 80
1 bis 20	80 bis 100
20 bis 40	100 bis 120
40 bis 60	

Quelle:
Geologisches 3D-Untergrundmodell
(Stand: Jul 2019)
NIEDERSACHSEN WASSER GmbH, Oldenburg

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-GratGw-Modell\PMWINV02-S\Doku\Anlagen\Anl02_3_Maechtigkeit_2.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Mächtigkeit
Modellebene 2**

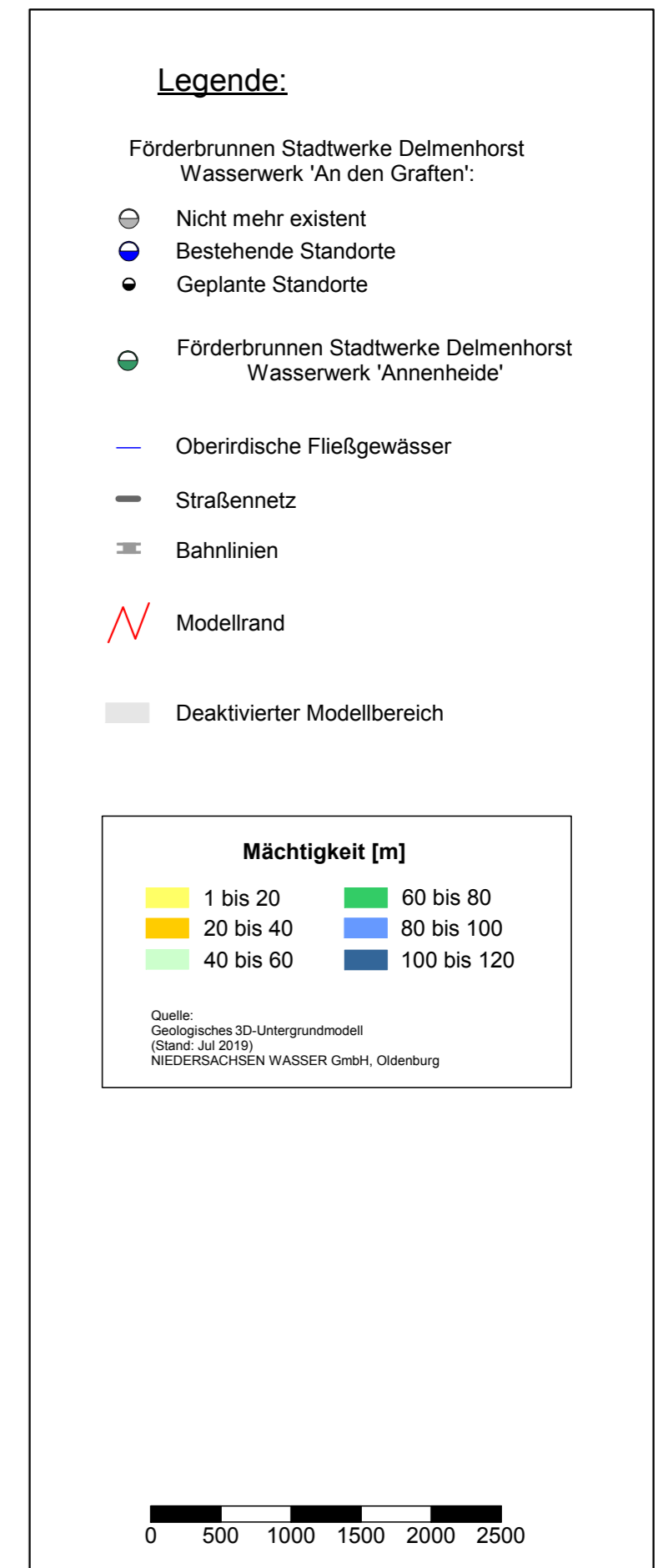
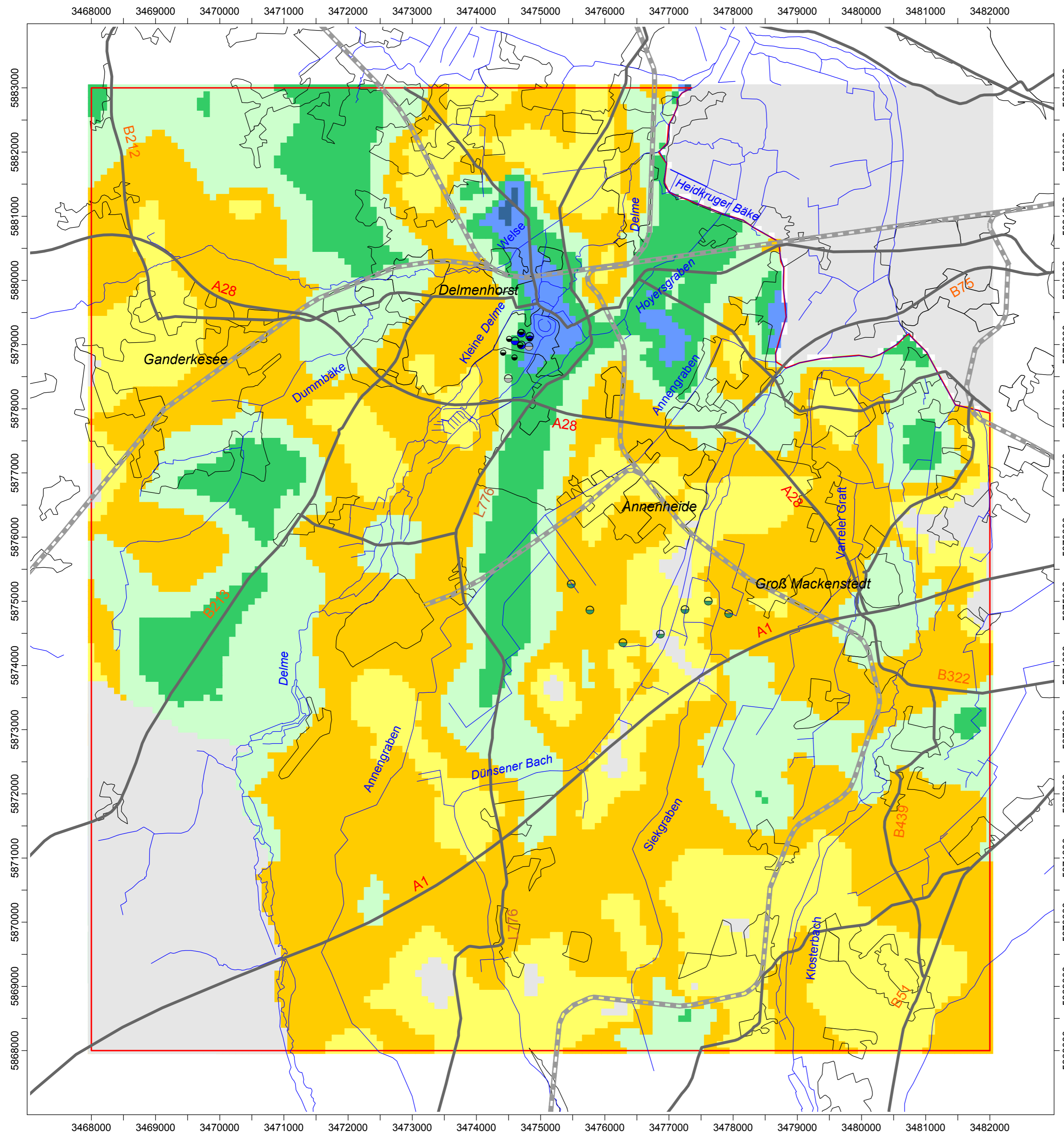
Besteht aus: qL, qLs, qelg

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 2.3
--	-----------------	-------------------

Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40

Fax: 05723 / 749 82 42



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

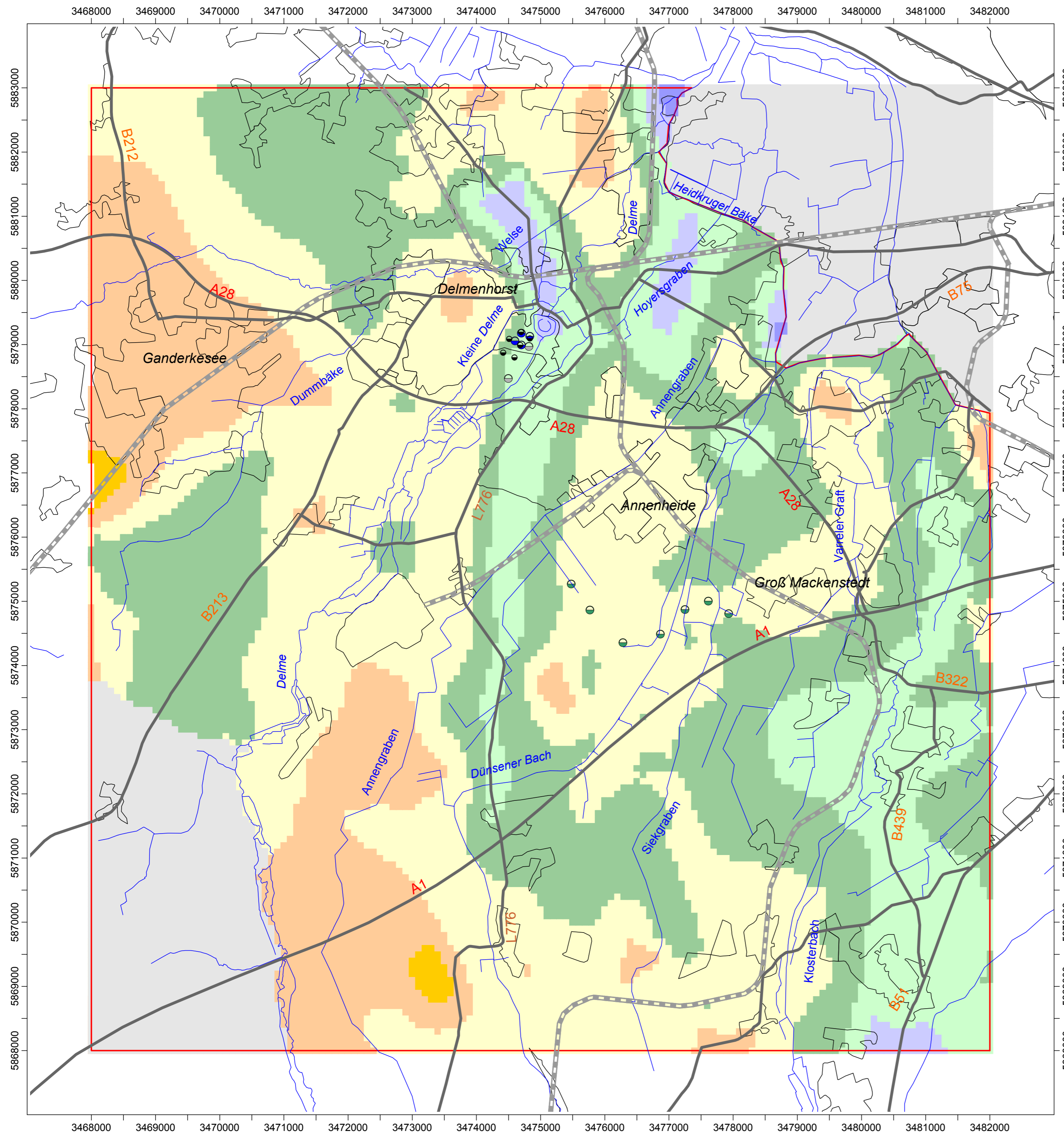
Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Mächtigkeit
Modellebene 3**

Besteht aus: qp-qe

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 2.4
--	-----------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

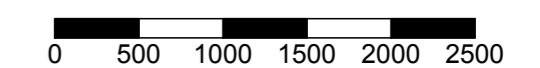
-
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand

Deaktivierter Modellbereich

Modellbasis [mNN]

- | | |
|-------------|---------------|
| 25 bis 0 | -75 bis -100 |
| 0 bis -25 | -100 bis -125 |
| -25 bis -50 | -125 bis -150 |
| -50 bis -75 | |

Quelle:
Geologisches 3D-Untergrundmodell
(Stand: Jul 2019)
NIEDERSACHSEN WASSER GmbH, Oldenburg



H:_Prj\SWD-Grat\Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl02_5_Basis.srf



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
Delmenhorst
- Dokumentation -

Modellbasis

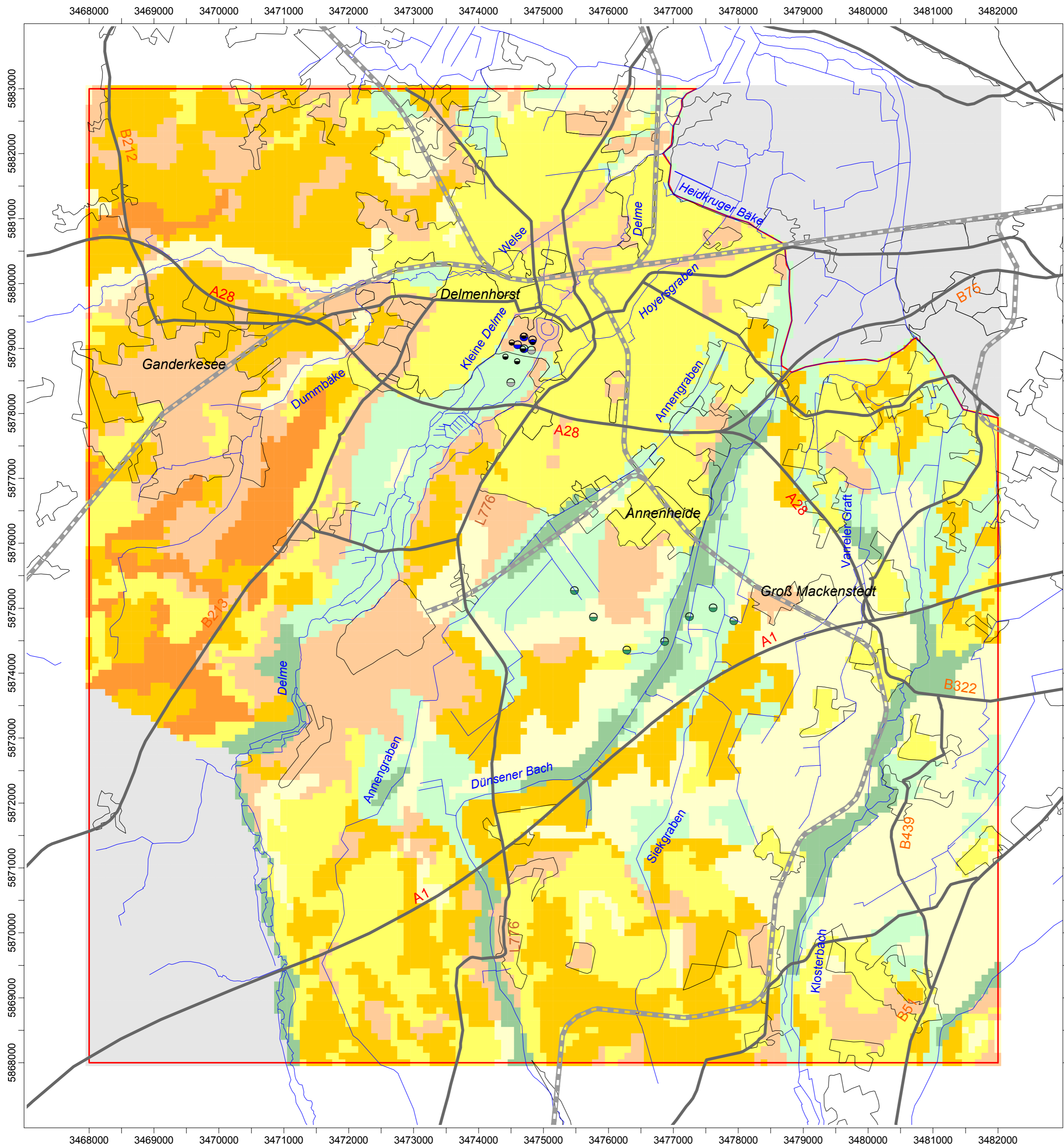
M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2)

21. August 2019

Anlage 2.5



Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42

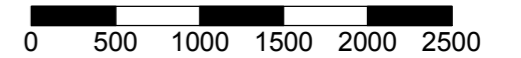


Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
- Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Anneneide':
- Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
 - Straßennetz
 - Bahnlinien
 - Modellrand
 - Deaktivierter Modellbereich

**Grundwasserneubildung [mm/a]
(LBEG, Okt. 2016)**

- >0 bis 50
- 50 bis 100
- 100 bis 150
- 150 bis 200
- 200 bis 250
- 250 bis 300
- 300 bis 350



H:_Proj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\INV02-S\Doku\Anlagen\Anl03_GWN.srf



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Anneneide'

Grundwasserströmungsmodell
Delmenhorst
- Dokumentation -

**Grundwasserneubildung
GROWA06 V2
(LBEG, 2016)**

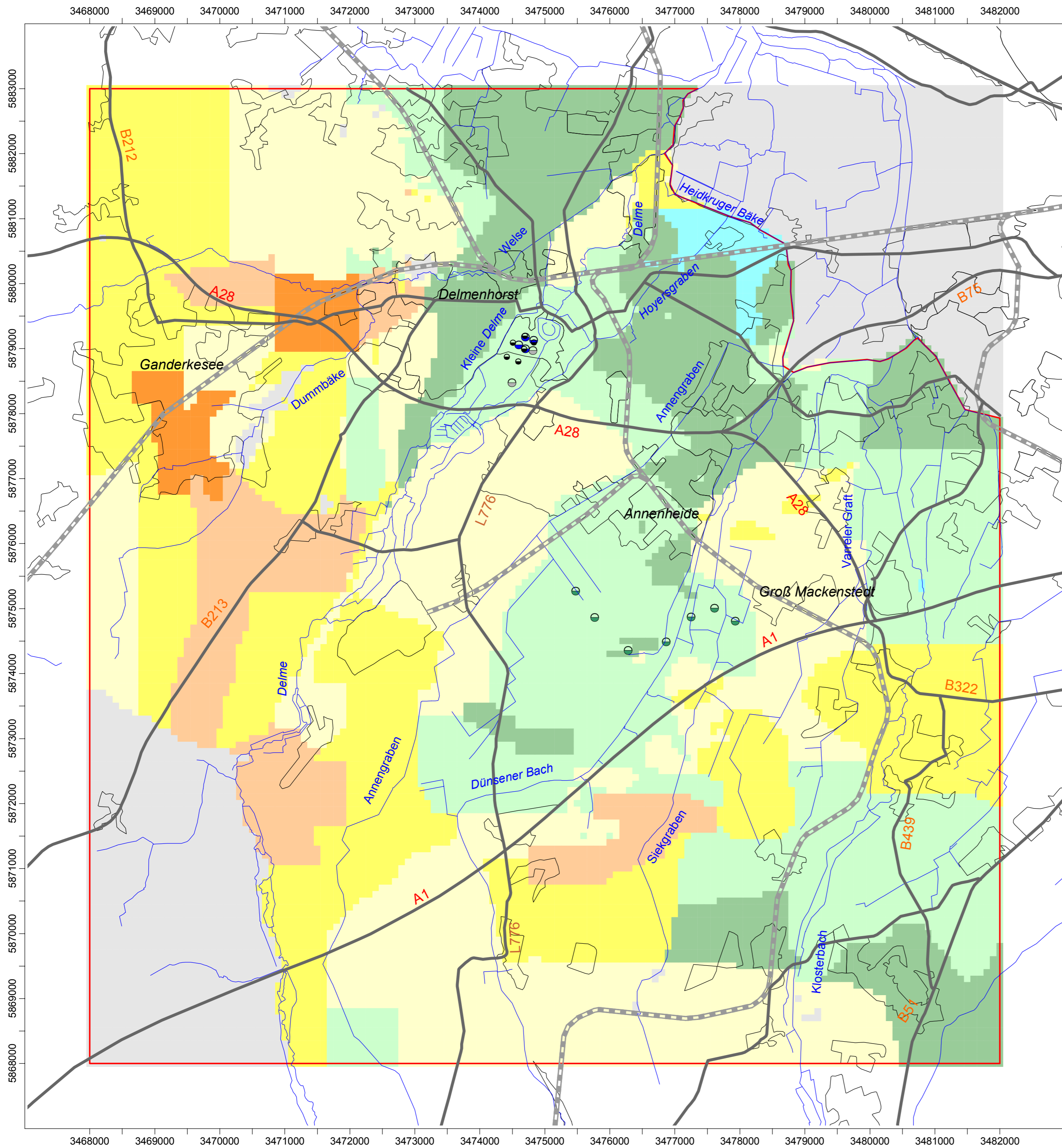
M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2)

21. August. 2019

Anlage 3



Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42

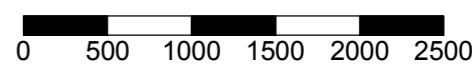


Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graffen':
- Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
-
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

Horizontale kf-Werte [* E-04 m/s]
- Modellebene 1 -

- 0,1 bis 0,2
- 0,2 bis 0,4
- 0,4 bis 0,8
- 0,8 bis 1,6
- 1,6 bis 3,2
- 3,2 bis 6,4
- 6,4 bis 12,8



H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl04_1_kf_h_1.1.tif

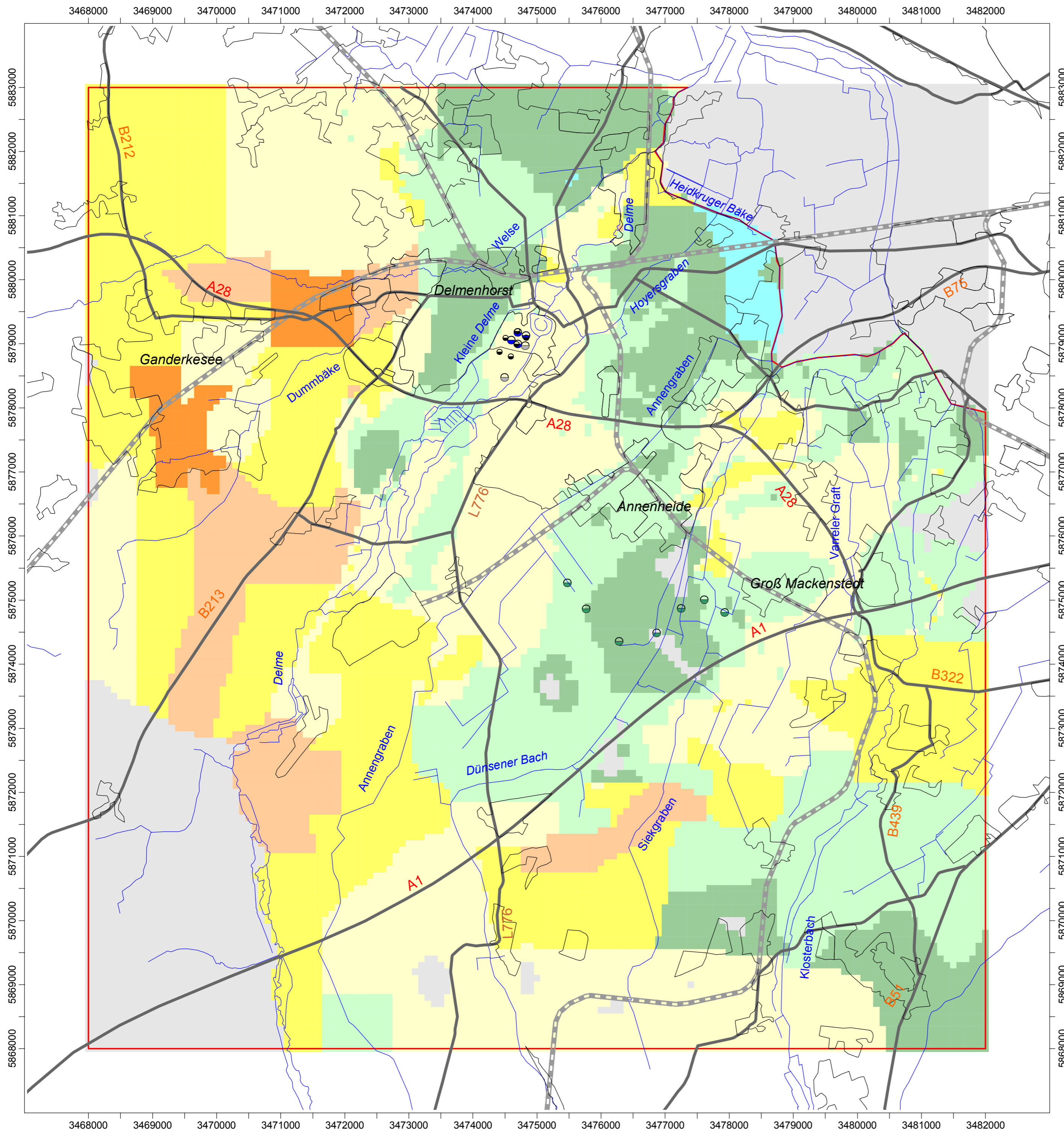
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Horizontale Durchlässigkeitsbeiwerte
Modellebene 1**

M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2) 21. August. 2019 **Anlage 4.1**

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42

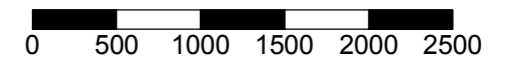


Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graffen':
- Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Anneneide':
-
- Oberirdische Fließgewässer
 - Straßennetz
 - Bahnliesen
 - Modellrand
 - Deaktivierter Modellbereich

**Horizontale kf-Werte [* E-04 m/s]
- Modellebene 3 -**

- 0,1 bis 0,2
- 0,2 bis 0,4
- 0,4 bis 0,8
- 0,8 bis 1,6
- 1,6 bis 3,2
- 3,2 bis 6,4
- 6,4 bis 12,8



H:_Prj\SWD-GraGw-Modell\PMW\INV02-S\Doku\Anlagen\Anl04_2_kf_h_L3.srf



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Anneneide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Horizontale Durchlässigkeitsbeiwerte
Modellebene 3**

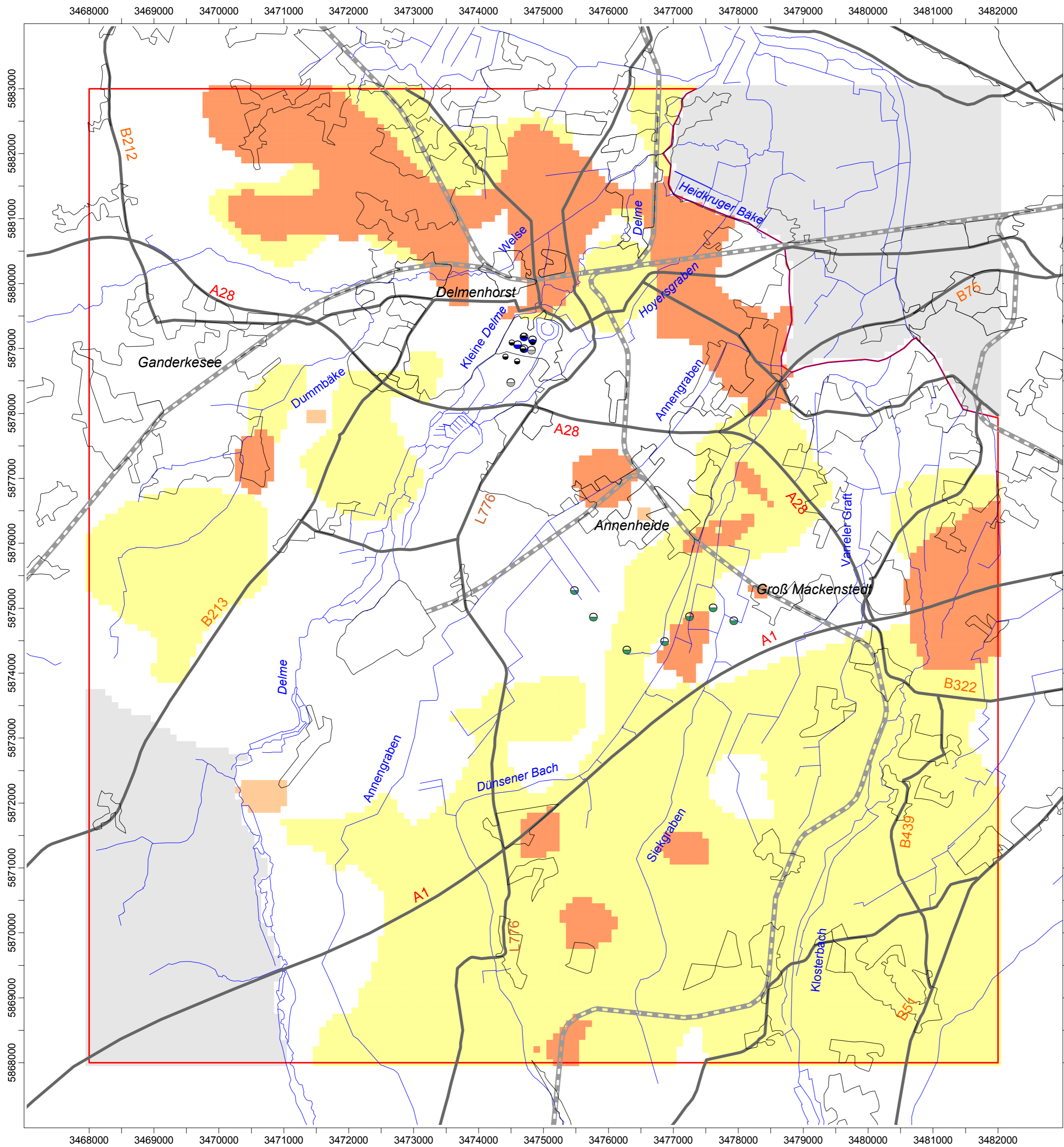
M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2)

21. August. 2019

Anlage 4.2



Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42

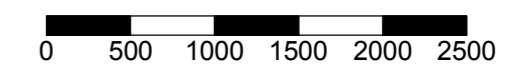


Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
- Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
-
- Oberirdische Fließgewässer
 - Straßennetz
 - Bahnlinien
 - Modellrand
 - Deaktivierter Modellbereich

Vertikale kf-Werte [m/s]
- Modellebene 2 -

- 1*E-008 (Lauenburger Ton)
- > 1*E-008 bis 1*E-007
- > 1*E-007
- Zwischenschicht nicht ausgebildet



H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\INV02-S\Doku\Anlagen\Anl04_3_kf_v_L2.srf

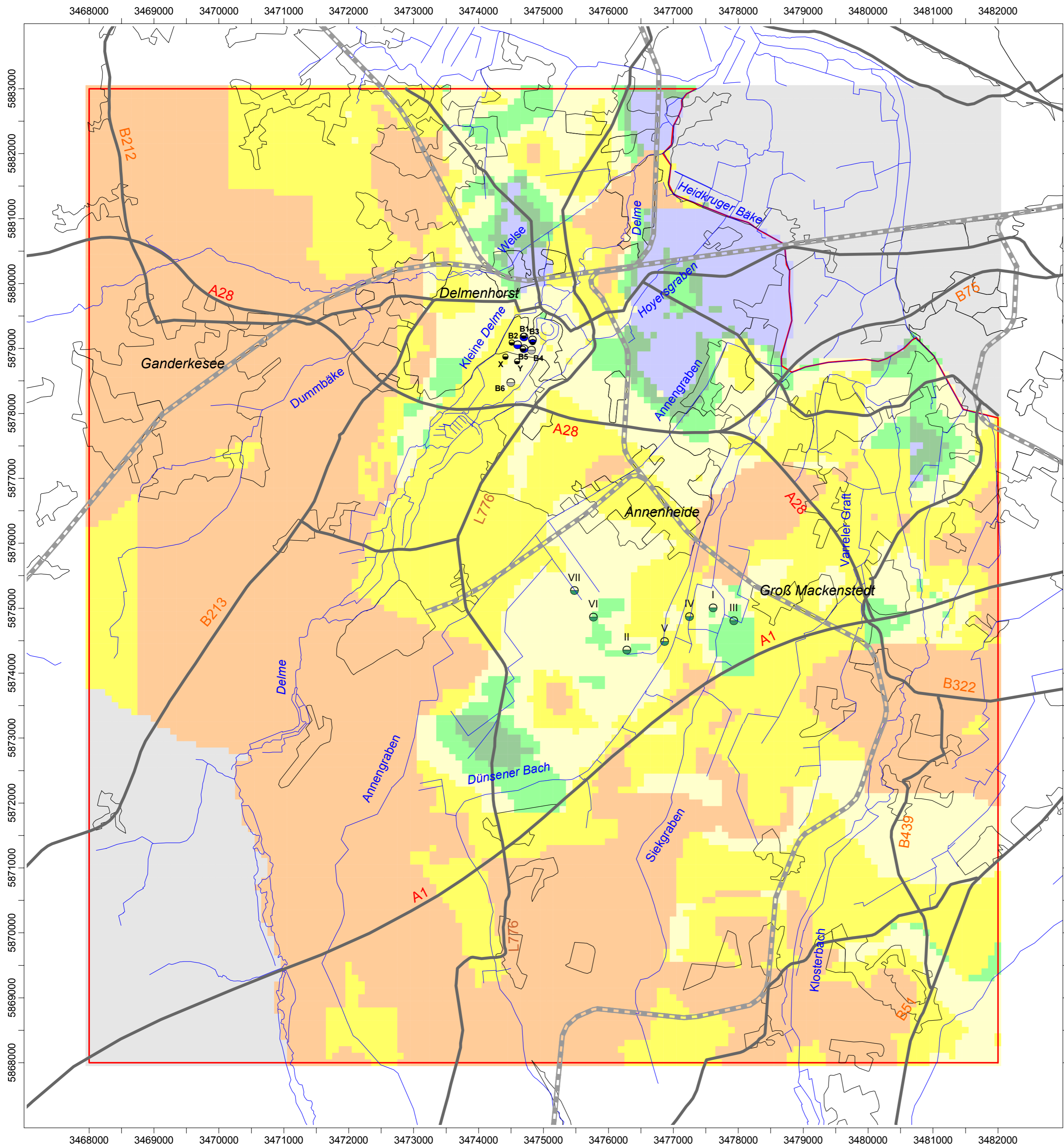
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte
Modellebene 2**

M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2) 21. August. 2019 **Anlage 4.3**

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graffen':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

Transmissivität [m²/h]

- 0 bis 20
- 20 bis 40
- 40 bis 60
- 60 bis 80
- 80 bis 100
- > 100

H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\INV02-S\Doku\Anlagen\Anl05_Transmissivität.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

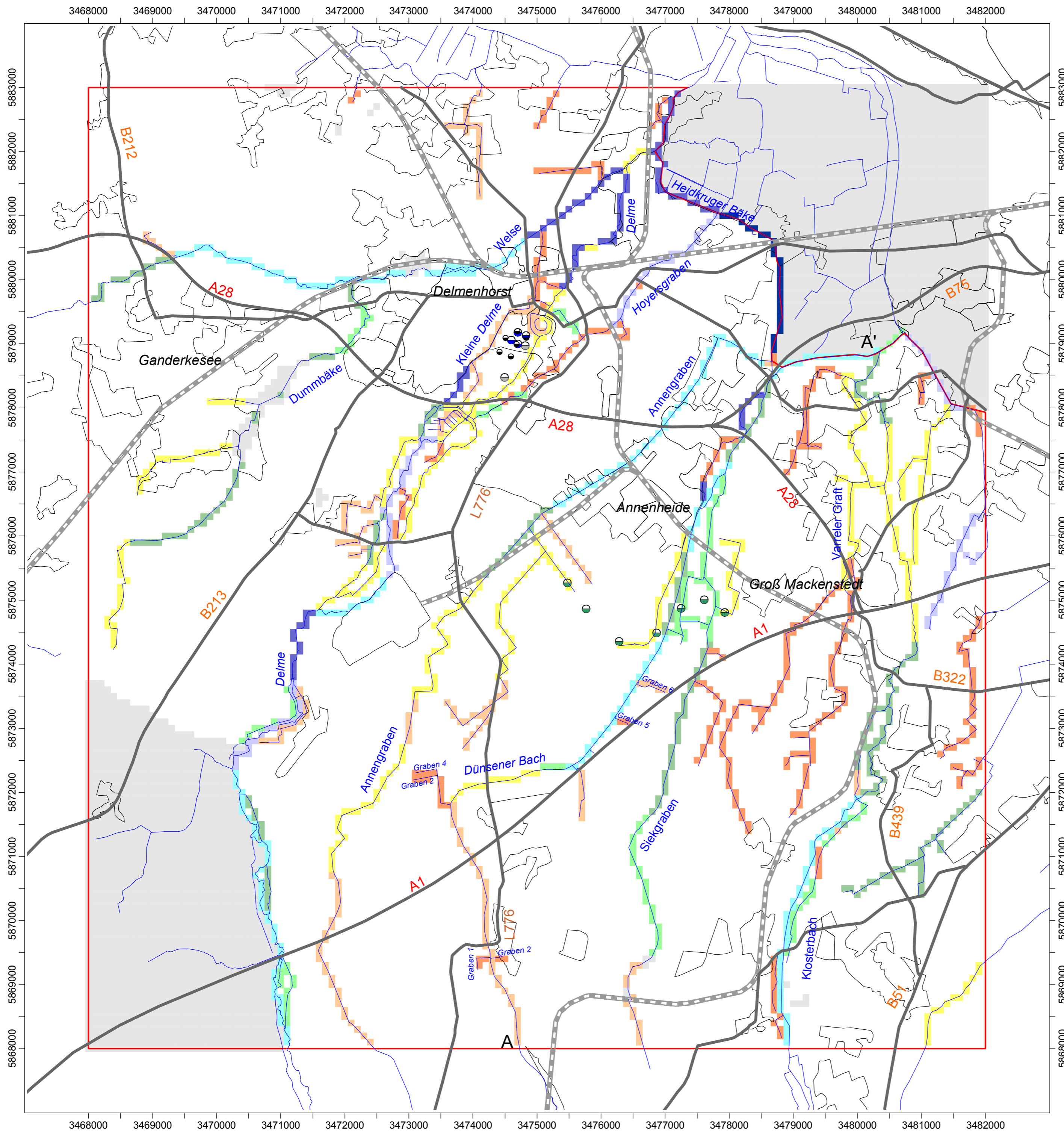
Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Durchlässigkeits-Verteilung
für den wassererfüllten
Bereich des Grundwasserleiters
(Transmissivität)**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 5
--	------------------	-----------------

Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Grafen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

A - A' Längsschnitt 'Dünsener Bach' (Siehe Anlage 9)

Hydraulische Leitwerte [$\cdot E03 m^2/s$] - Modellebene 1 -

<0,2	3,2 bis 6,4
0,2 bis 0,4	6,4 bis 12,8
0,4 bis 0,8	12,8 bis 25,6
0,8 bis 1,6	> 25,6
1,6 bis 3,2	

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doc\Anlagen\Anl06_1_Leitwerte_Vorfluter_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

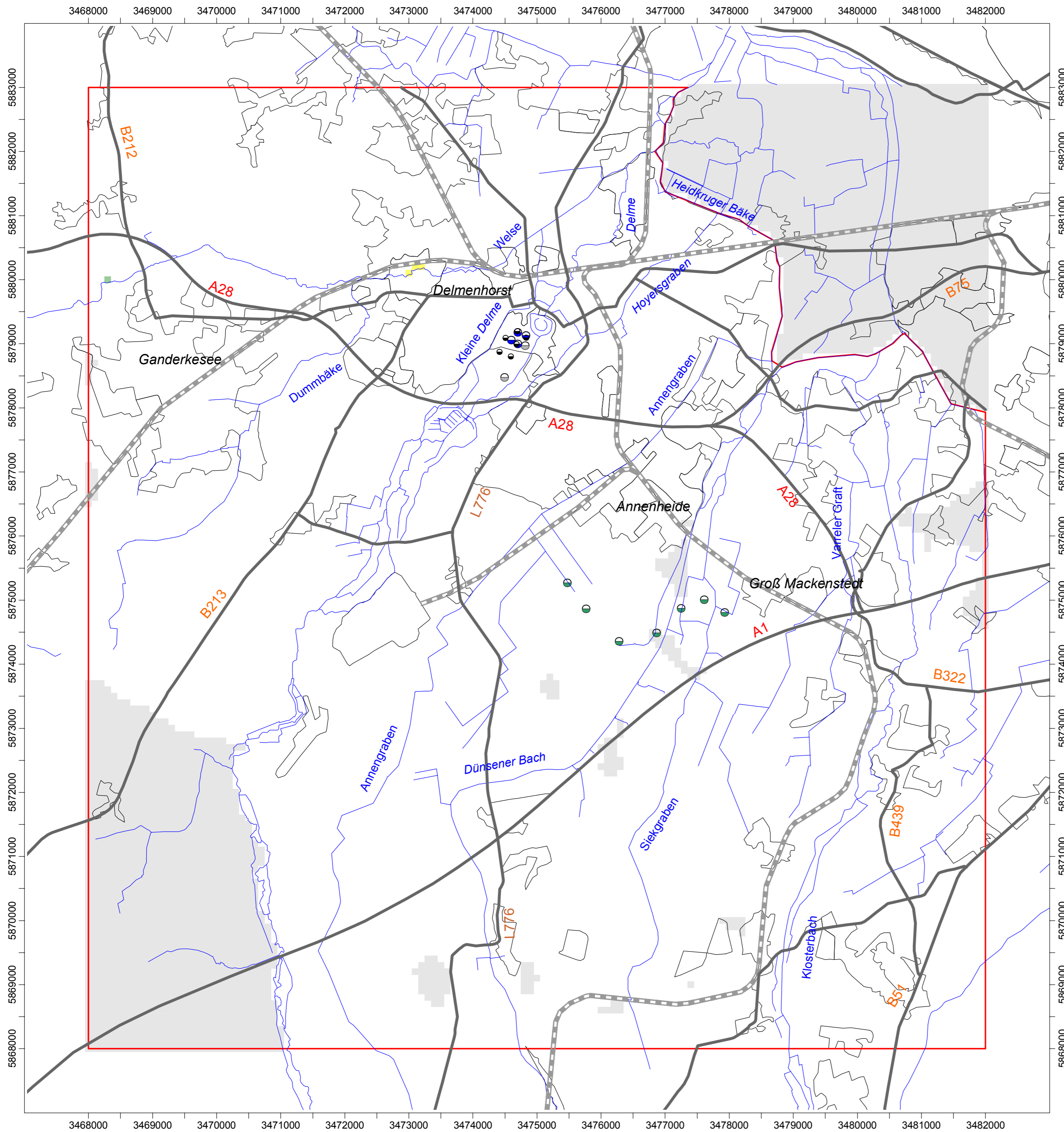
Wasserwerk I 'An den Grafen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

Durchlässigkeit zwischen oberirdischen Fließgewässern und Grundwassersystem Modellebene 1

M : 1:45.000 (Ausdruck auf DIN A2)	21. August. 2019	Anlage 6.1
---------------------------------------	------------------	------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5 31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graffen':
- Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte

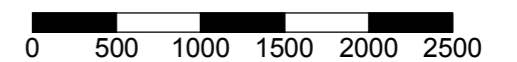
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
-

- Oberirdische Fließgewässer
- Straßennetz
- Bahnliesen
- Modellrand

Deaktivierter Modellbereich

**Hydraulische Leitwerte [* E03 m²/s]
- Modellebene 3 -**

<0,2	3,2 bis 6,4
0,2 bis 0,4	6,4 bis 12,8
0,4 bis 0,8	12,8 bis 25,6
0,8 bis 1,6	> 25,6
1,6 bis 3,2	



H:_Prj\SWD-Gra/Gw-Modell\PMW\INV02-S\Doku\Anlagen\Anl06_2_Leitwerte_Vorfluter_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Durchlässigkeit zwischen
oberirdischen Fließgewässern
und Grundwassersystem
Modellebene 3**

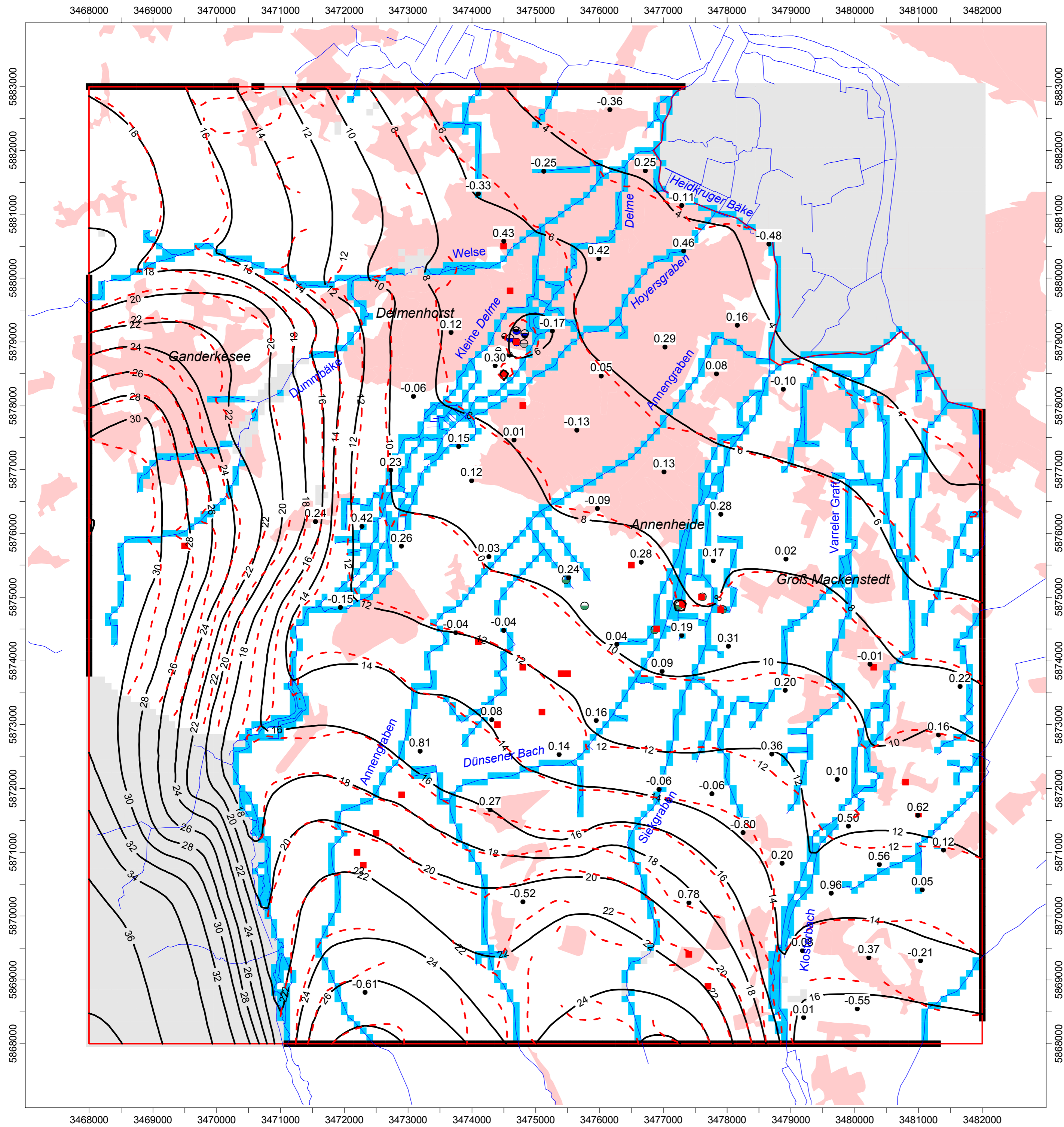
M : 1:45.000
(Ausdruck auf DIN A2)

21. August. 2019

Anlage 6.2



Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Gräften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 1 mit dem Grundwassermodell berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Grat\Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl07_1_Vergleich_Mess_Rechnung_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

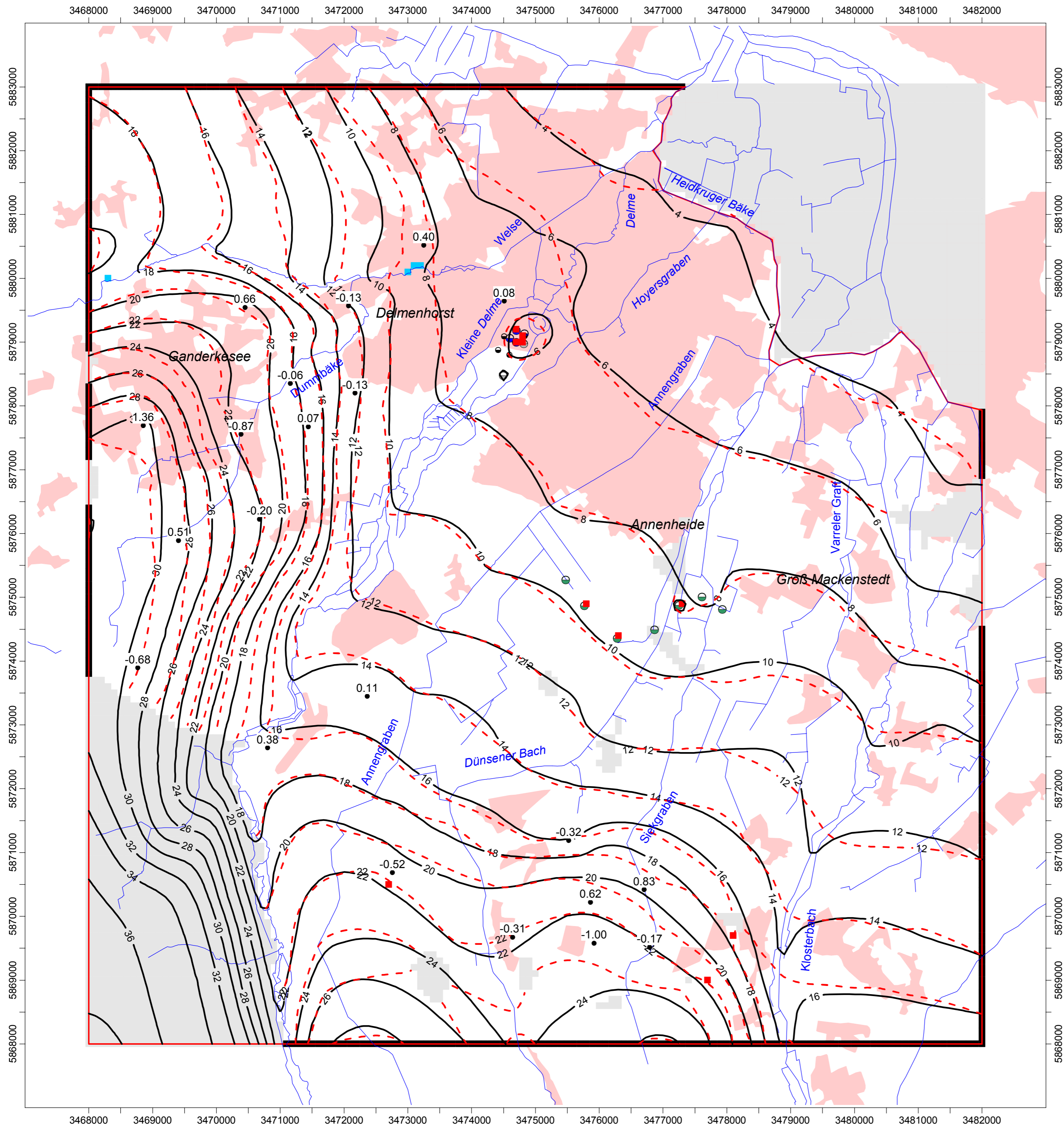
Wasserwerk I 'An den Gräften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Grundwasser-Gleichenplan
MGW 2004
- Vergleich Messung/Rechnung -
Modellebene 1**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 7.1
--	------------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Grafen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 ● Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 3 mit dem Grundwassermodell berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMW\IN\02-S\Doku\Anlagen\Anl07_2_Vergleich_Mess_Rechnung_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Grafen'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Grundwasser-Gleichenplan
 MGW 2004
 - Vergleich Messung/Rechnung -
 Modellebene 3**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 7.2
--	------------------	-------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Vergleich gemessener und berechneter
Standrohrspiegel [mNN] an ausgewählten
(Kontroll-)Messstellen im Modellgebiet

1	2	3	4	5
Messstellen- Bezeichnung	MGW KJ 2004	MGW berechnet	Differenz 2 - 3	abs. Differenz 2 - 3
	mNN	mNN	m	m
OOW111	26.43	27.05	-0.61	0.61
29	2.67	3.03	-0.36	0.36
28	4.89	5.14	-0.25	0.25
5	3.86	3.61	0.25	0.25
27	5.89	6.22	-0.33	0.33
6	3.82	3.93	-0.11	0.11
26	6.66	6.23	0.43	0.43
T3	3.60	4.08	-0.48	0.48
T20	5.86	5.44	0.42	0.42
7	4.63	4.17	0.46	0.46
221	20.45	19.79	0.66	0.66
225	12.03	12.16	-0.13	0.13
33	7.86	7.74	0.12	0.12
203	6.57	6.49	0.08	0.08
T15	5.97	6.14	-0.17	0.17
11	4.74	4.58	0.16	0.16
12	4.63	4.73	-0.10	0.10
31	5.70	5.41	0.29	0.29
2	6.13	6.08	0.05	0.05
206	6.64	6.34	0.30	0.30
T16	8.90	8.96	-0.06	0.06
209	12.40	12.53	-0.13	0.13
217	18.24	18.30	-0.06	0.06
229	30.39	29.03	1.36	1.36
228	20.97	21.84	-0.87	0.87
226	17.66	17.59	0.07	0.07
HRB1	10.00	9.77	0.23	0.23
HRB6	8.81	8.66	0.15	0.15
21	7.87	7.86	0.01	0.01
22	6.87	7.00	-0.13	0.13
138	7.26	6.98	0.28	0.28
32	7.78	7.87	-0.09	0.09
230	9.17	9.05	0.12	0.12
220	11.41	10.99	0.42	0.42
212	17.04	16.80	0.24	0.24
214	28.95	28.44	0.51	0.51
227	22.13	22.33	-0.20	0.20
20	10.79	10.53	0.26	0.26
17	9.83	9.80	0.03	0.03
120	9.62	9.38	0.24	0.24

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation-

Bearbeitet von:
In.-Büro H.-H. Meyer,
Bad Nenndorf





Vergleich gemessener und berechneter
Standrohrspiegel [mNN] an ausgewählten
(Kontroll-)Messstellen im Modellgebiet

1	2	3	4	5
Messstellen- Bezeichnung	MGW KJ 2004	MGW berechnet	Differenz 2 - 3	abs. Differenz 2 - 3
	mNN	mNN	m	m
146	8.59	8.31	0.28	0.28
135	7.86	7.69	0.17	0.17
136	7.84	7.82	0.02	0.02
117	9.38	9.07	0.31	0.31
130	8.88	8.69	0.19	0.19
105	9.71	9.67	0.04	0.04
33a	11.41	11.45	-0.04	0.04
S19	12.01	12.05	-0.04	0.04
215	12.34	12.49	-0.15	0.15
219	29.36	30.04	-0.68	0.68
216	15.07	14.96	0.11	0.11
S053	13.89	13.81	0.08	0.08
145	11.73	11.57	0.16	0.16
147	9.94	9.85	0.09	0.09
63	10.58	10.38	0.20	0.20
88	8.76	8.77	-0.01	0.01
78	8.79	8.57	0.22	0.22
170	10.20	10.04	0.16	0.16
SZ2	11.30	11.20	0.10	0.10
64	12.06	11.70	0.36	0.36
151	13.21	13.07	0.14	0.14
223	16.85	16.47	0.38	0.38
149	15.73	14.92	0.81	0.81
150	16.06	15.79	0.27	0.27
152	13.36	13.42	-0.06	0.06
65	13.17	13.23	-0.06	0.06
86	13.48	14.28	-0.80	0.80
81	11.72	11.22	0.50	0.50
PB5.4	11.18	10.56	0.62	0.62
76	12.17	12.05	0.12	0.12
SP3	13.13	13.08	0.05	0.05
G.10	13.04	12.48	0.56	0.56
92	14.25	13.29	0.96	0.96
85	13.63	13.43	0.20	0.20
131	18.62	17.84	0.78	0.78
211	19.88	19.06	0.82	0.82
204	21.87	21.25	0.62	0.62
141	20.50	21.02	-0.52	0.52
140	21.81	22.12	-0.31	0.31
104	22.59	23.59	-1.00	1.00

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

Bearbeitet von:
In.-Büro H.-H. Meyer,
Bad Nenndorf





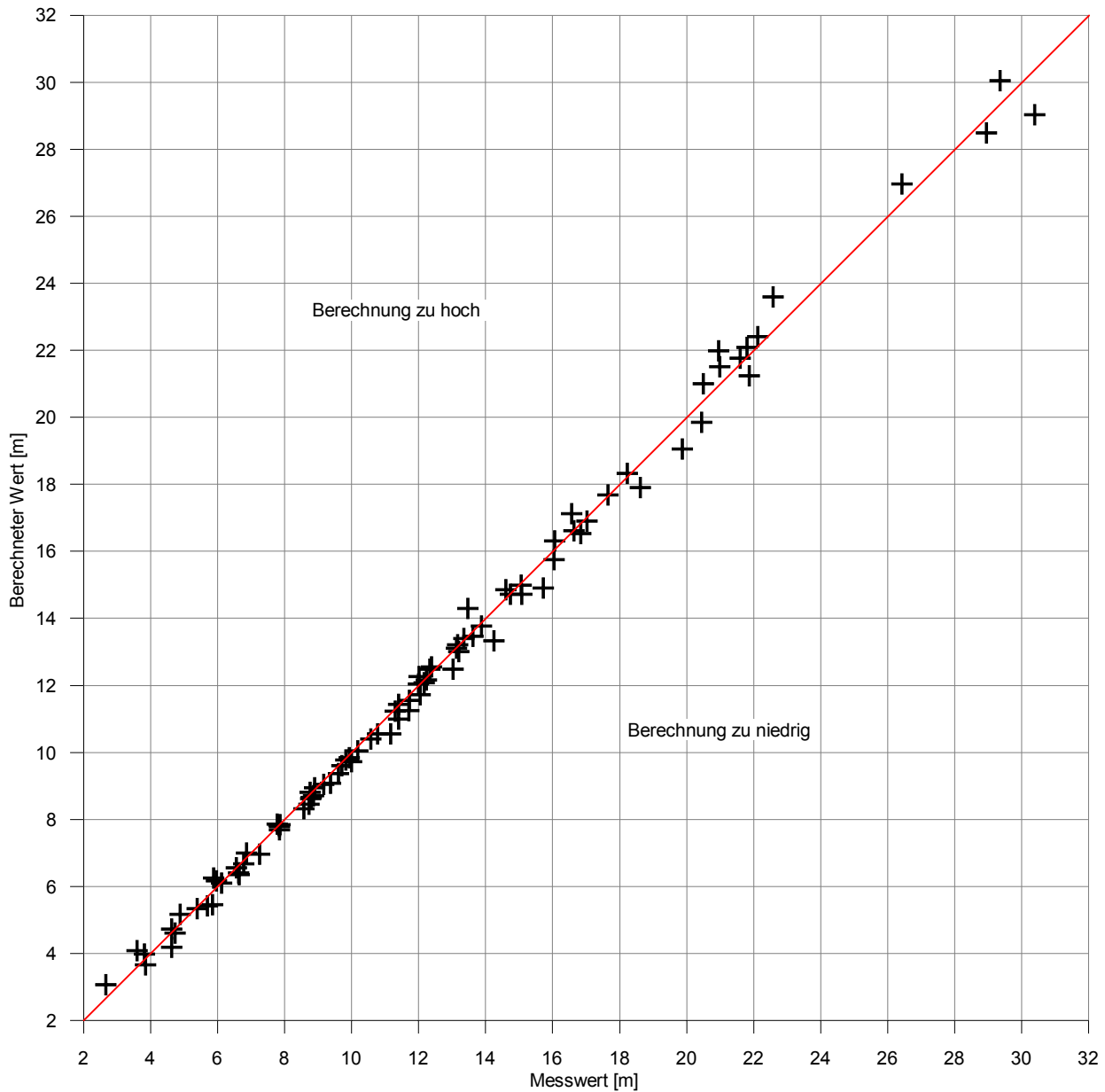
Vergleich gemessener und berechneter
Standrohrspiegel [mNN] an ausgewählten
(Kontroll-)Messstellen im Modellgebiet

1	2	3	4	5
Messstellen- Bezeichnung	MGW KJ 2004	MGW berechnet	Differenz 2 - 3	abs. Differenz 2 - 3
	mNN	mNN	m	m
162	21.60	21.77	-0.17	0.17
134	14.75	14.67	0.08	0.08
36	15.08	14.71	0.37	0.37
38	14.62	14.83	-0.21	0.21
V.1	16.58	17.13	-0.55	0.55
139	16.64	16.63	0.01	0.01
SWDA122	20.99	21.51	-0.52	0.52
OOWV208	16.06	16.39	-0.32	0.32
SWDG204	8.73	8.33	0.40	0.40
SDT1	6.80	6.67	0.13	0.13
SDT7	5.40	5.32	0.08	0.08
Mittelwerte	12.40	12.31	0.09	0.30



Grundwasserströmungsmodell Delmenhorst

Standrohrspiegel - Vergleich Messung / Rechnung im Streudiagramm



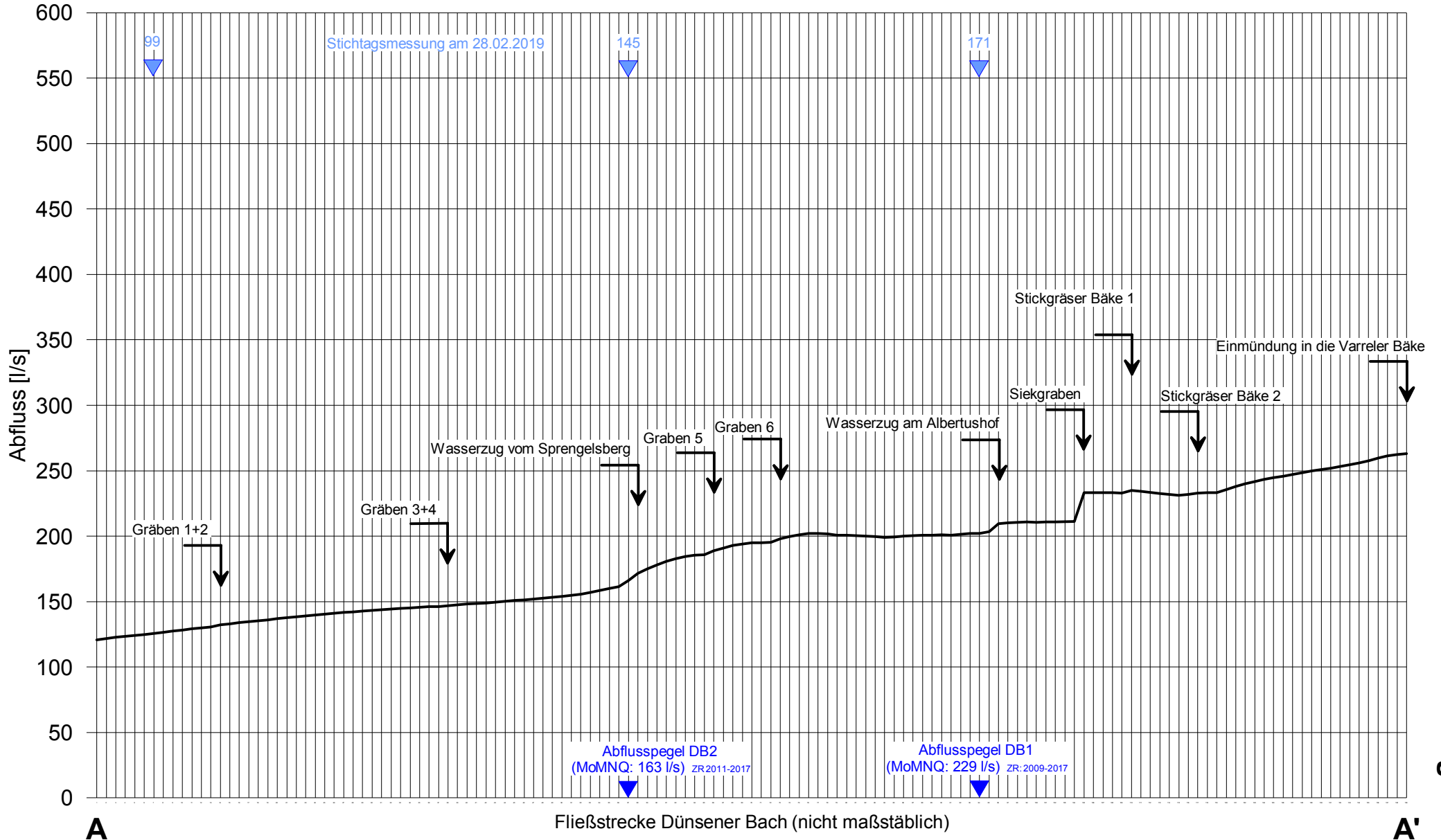
mittlere Abweichung: -0,09 m
 mittlere absolute Abweichung: 0,30 m
 Standardfehler (RMSE): 0,40 m
 Modellfehler: 1,1 % (mittlere absolute Abweichung / Spannweite)
 Korrelationskoeffizient: 1,00 [-]

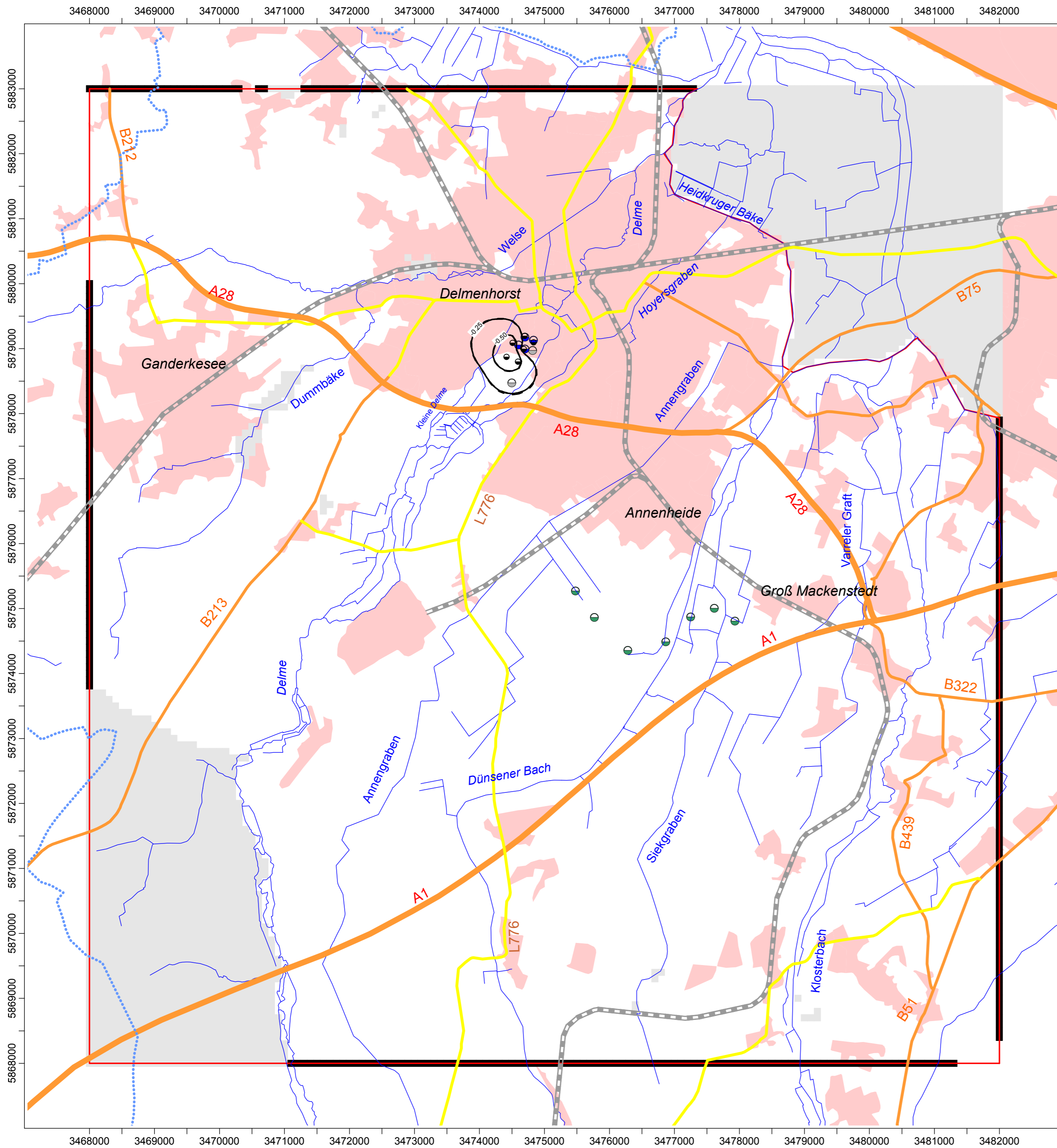
Modellstand: August. 2019
 Bearbeitung:

Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
 31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42



Kumulativer Basis-Abfluss im Dünsener Bach - Eichzustand (MGW 2004) -





Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

-

— Oberirdische Fließgewässer

— Autobahnen

— Bundesstraßen

— Landstraßen

— Bahnlinien

— Modellrand

■ Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a

N Sensitivität Grundwasserneubildung: 90 (außen) und 110 % (innen)

N Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWIN\02-SIDoku\Anlagen\Anl10_1_Sens_GWN_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

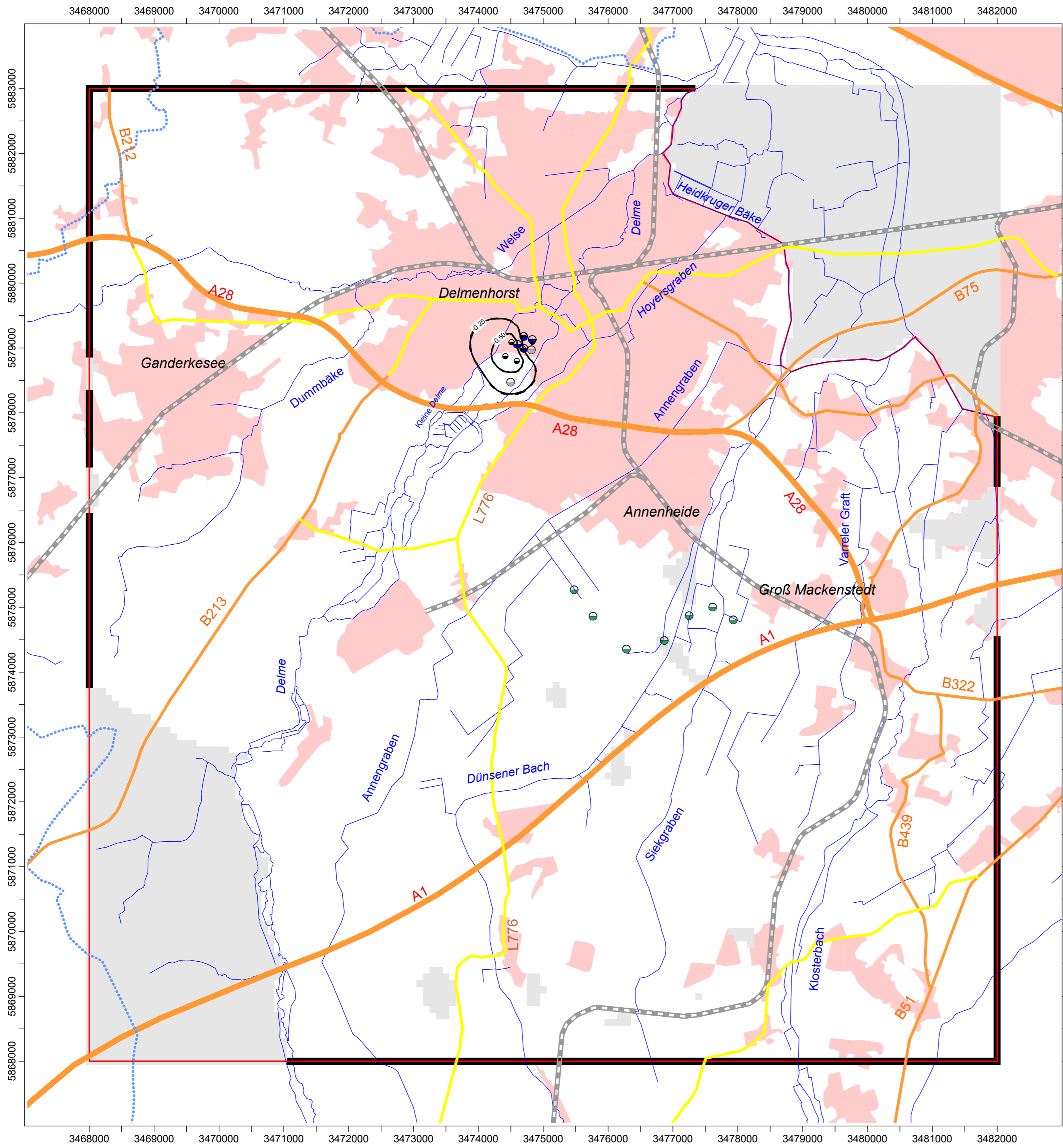
Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Sensitivität der prognostizierten
zusätzlichen GW-Absenkung
gegenüber einer Veränderung
der Grundwasserneubildung**

Modellebene: 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.1
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

-

— Oberirdische Fließgewässer

— Autobahnen

— Bundesstraßen

— Landstraßen

— Bahnlinien

— Modellrand

■ Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a

N Sensitivität Grundwasserneubildung: 90 (außen) und 110 % (innen)

N Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\An110_2_Sens_GWN_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

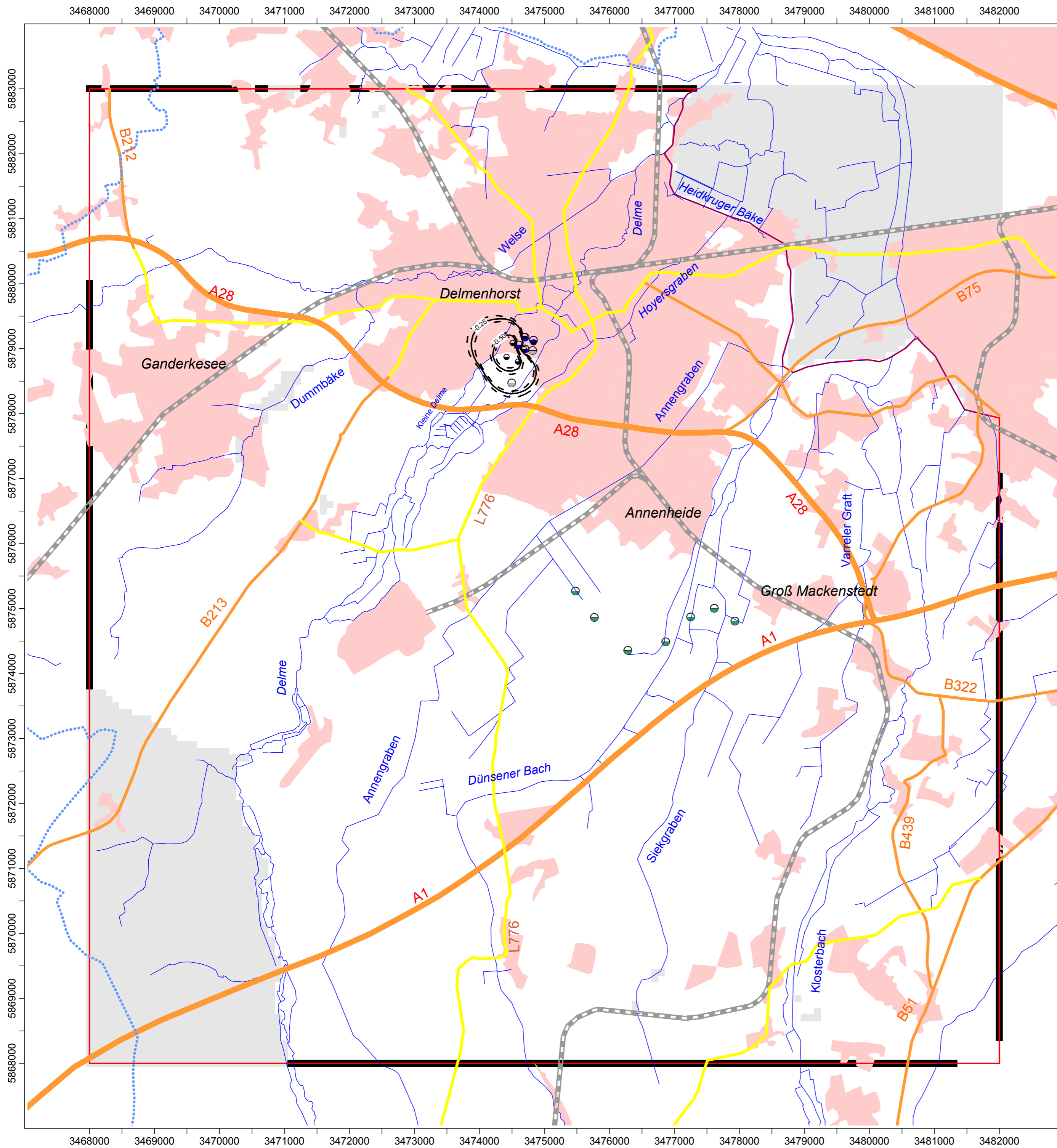
Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Sensitivität der prognostizierten
zusätzlichen GW-Absenkung
gegenüber einer Veränderung
der Grundwasserneubildung**

Modellebene: 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.2
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a
 N Sensitivität horizontaler Durchlässigkeitsbeiwert: 90 (außen) und 110 % (innen)
 N Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl10_3_Sens_xfm_L1.srf

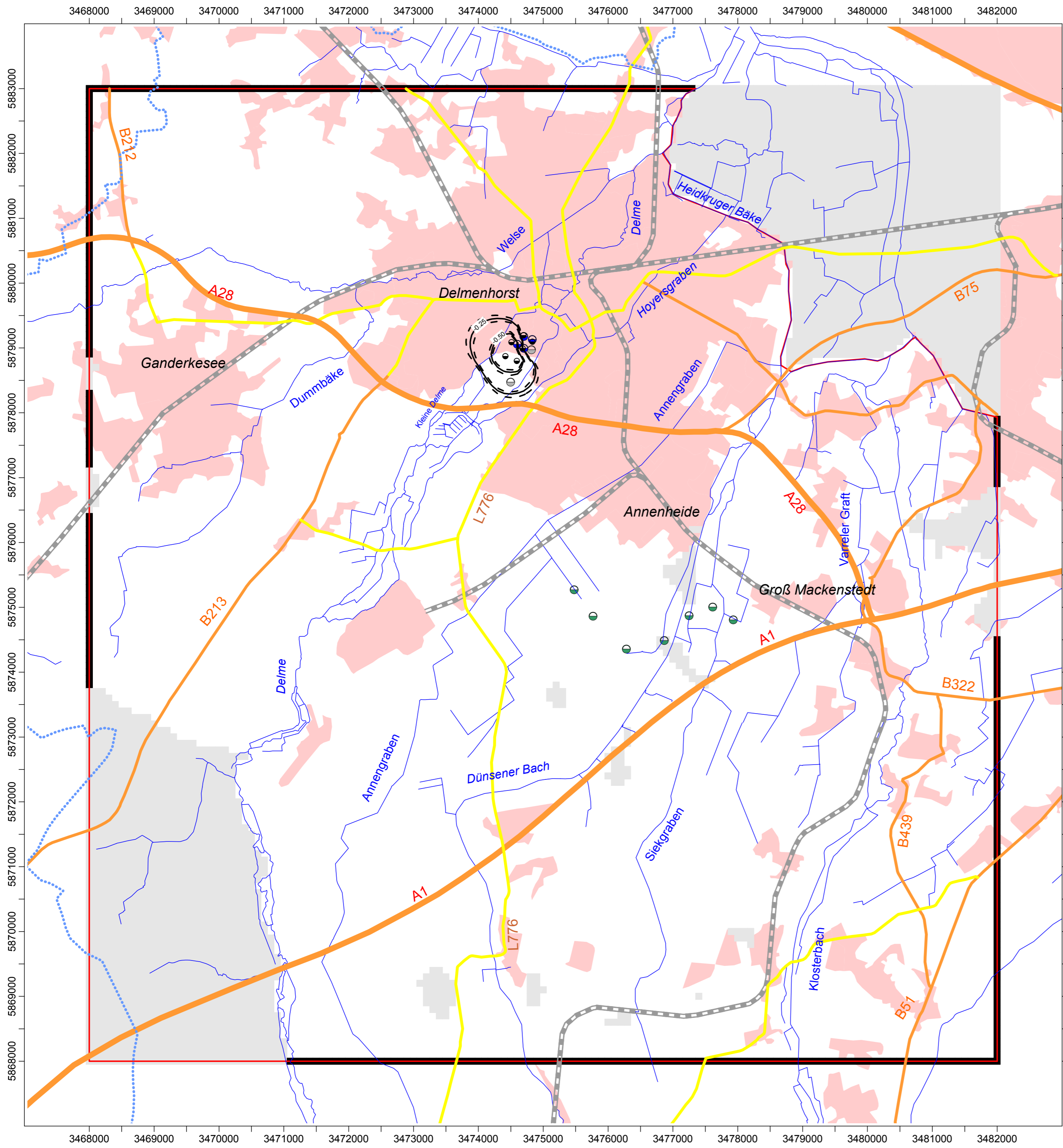
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Sensitivität der prognostizierten
 zusätzlichen GW-Absenkung
 gegenüber einer Veränderung
 der Durchlässigkeitsbeiwerte**
 Modellebene: 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.3
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'An den Graffen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnliesen
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a
 N Sensitivität horizontaler Durchlässigkeitsbeiwert: 90 (außen) und 110 % (innen)
 N Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl10_4_Sens_xfm_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graffen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

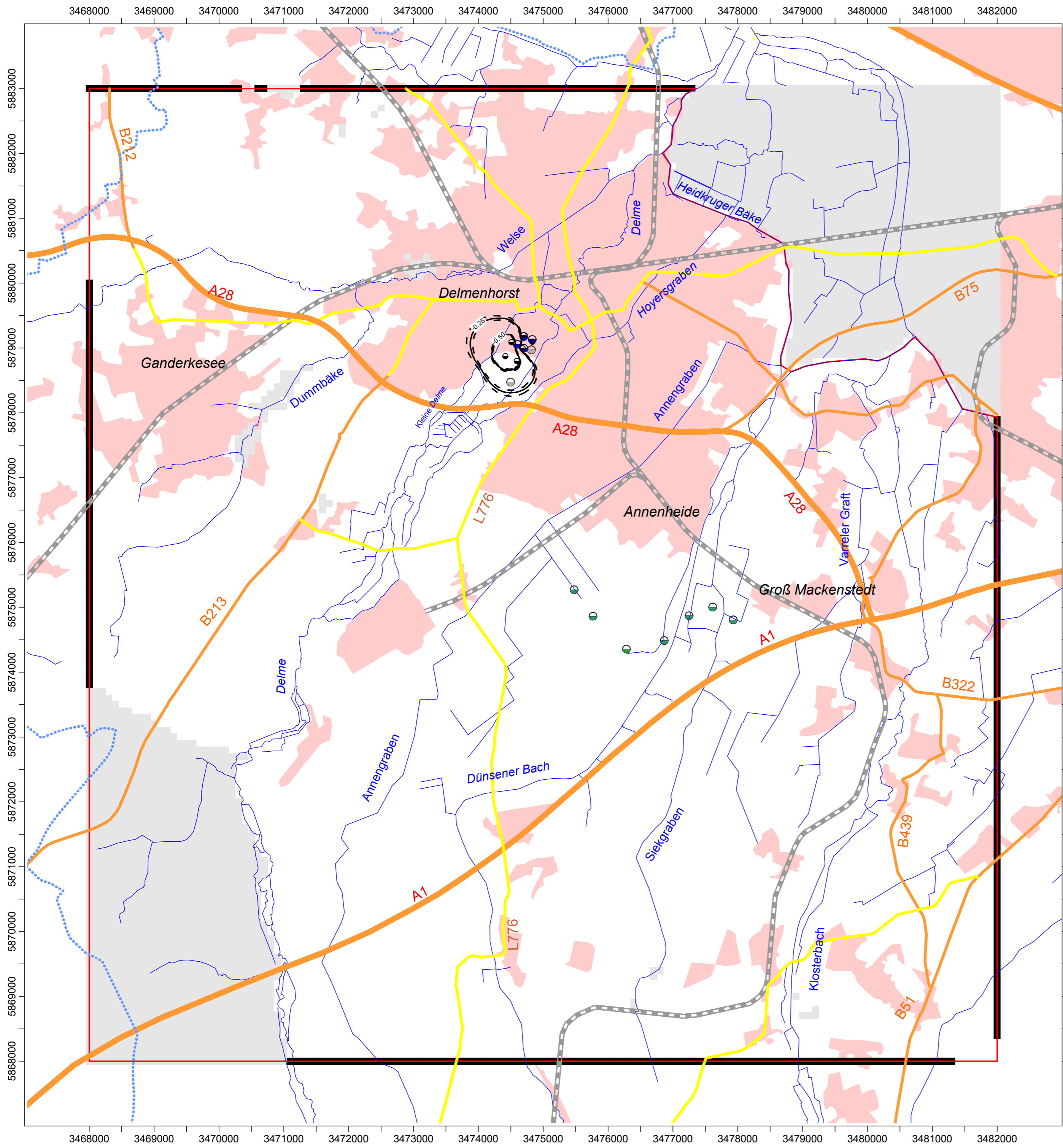
Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Sensitivität der prognostizierten
zusätzlichen GW-Absenkung
gegenüber einer Veränderung
der Durchlässigkeitsbeiwerte**

Modellebene: 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.4
--	-----------------	--------------------

Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

-
-
-

- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a

N Sensitivität Leitwert: 67 (außen) und 150 % (innen)

N Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl10_5_Sens_Leitwerte_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

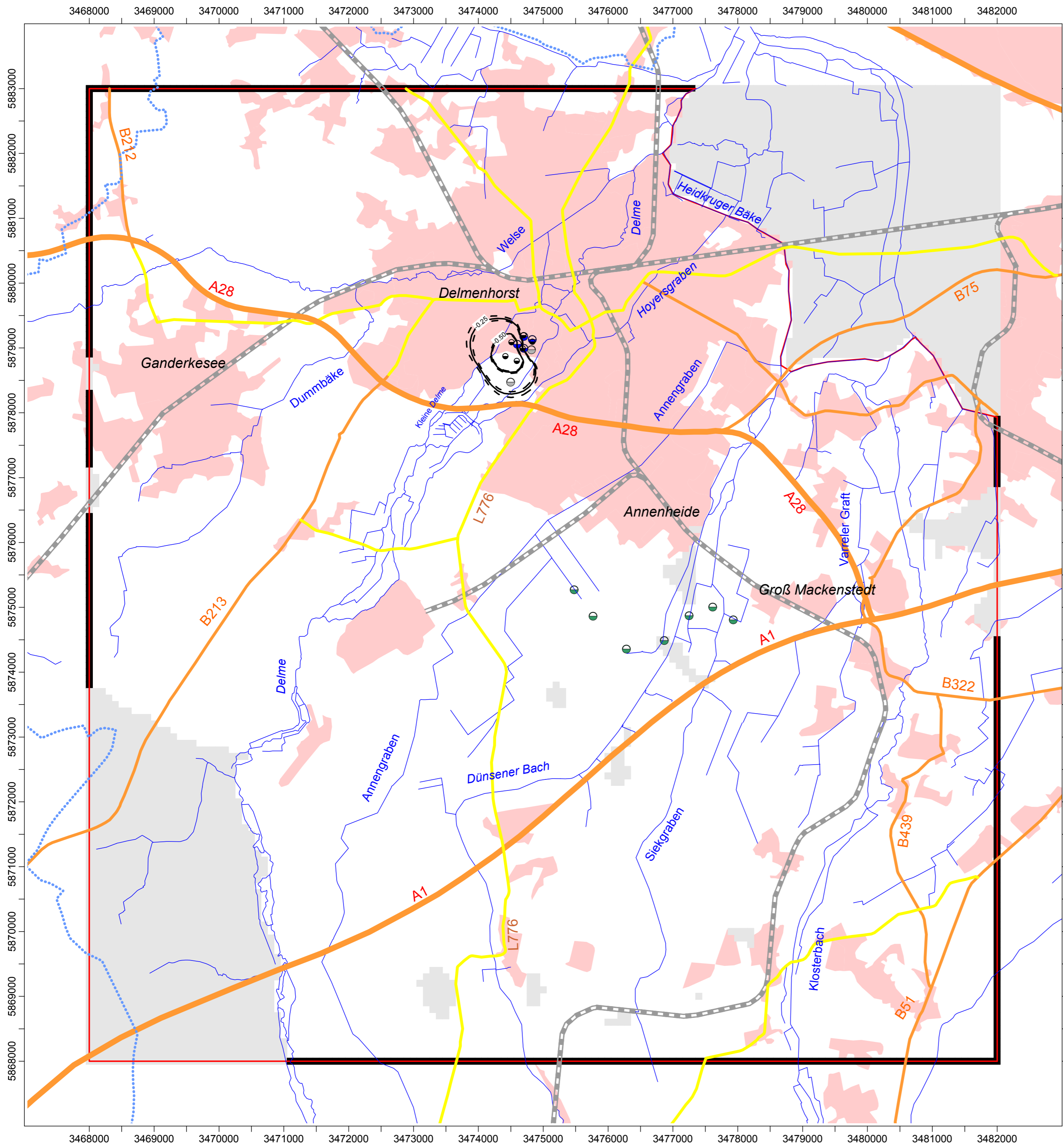
**Sensitivität der prognostizierten
zusätzlichen GW-Absenkung
gegenüber einer Veränderung
der Vorfluter-Leitwerte**

Modellebene: 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.5
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':

- Nicht mehr existent
- Bestehende Standorte
- Geplante Standorte

Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':

-

— Oberirdische Fließgewässer

— Autobahnen

— Bundesstraßen

— Landstraßen

— Bahnlinien

— Modellrand

■ Deaktivierter Modellbereich

N Linie gleicher zusätzlicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 2.4 Mio. m³/a

N Sensitivität Leitwert: 67 (außen) und 150 % (innen)

--- Grenzlinie Grundwasserkörper

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl10_6_Sens_Leitwerte_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

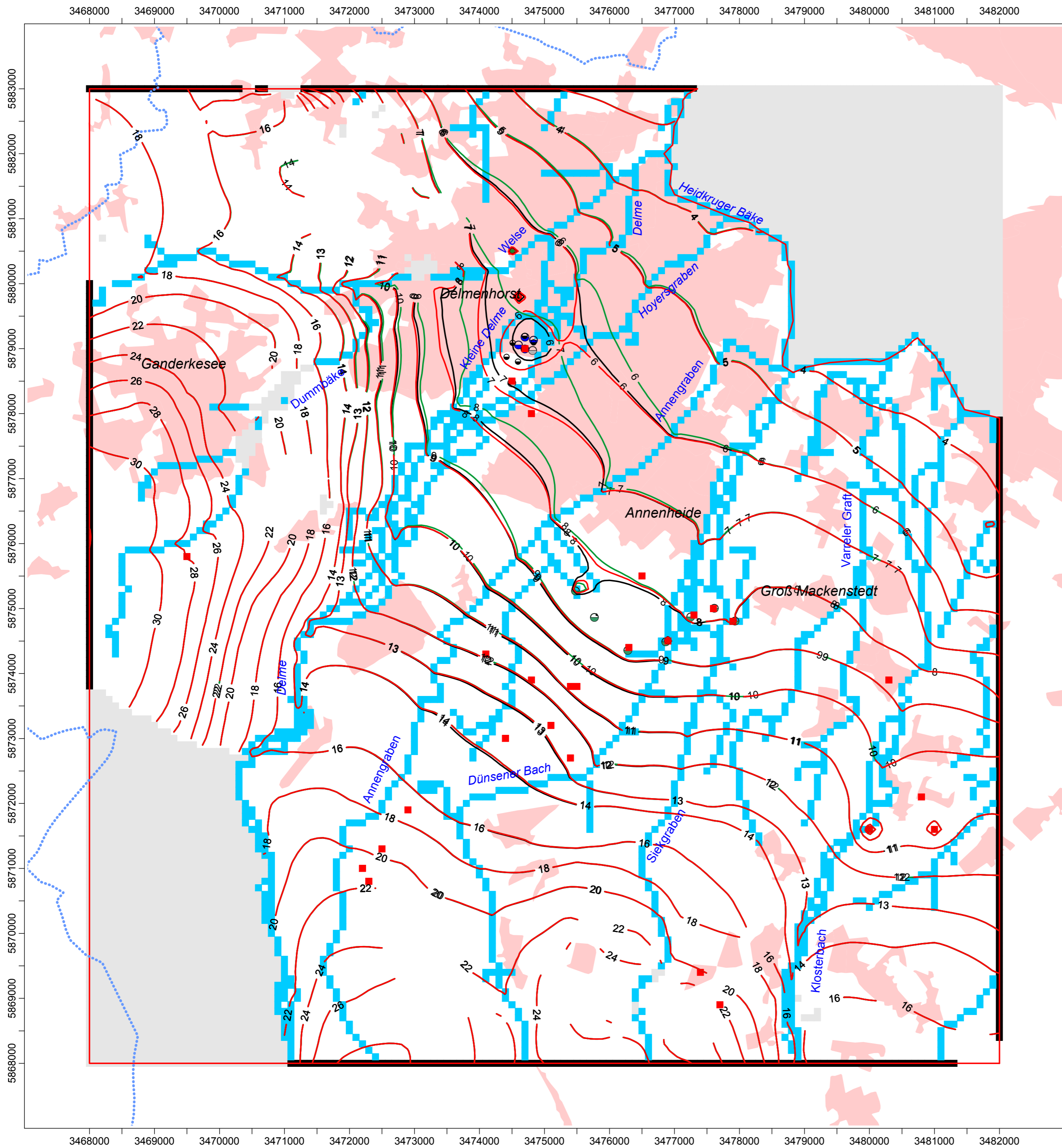
**Sensitivität der prognostizierten
zusätzlichen GW-Absenkung
gegenüber einer Veränderung
der Vorfluter-Leitwerte**

Modellebene: 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 10.6
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
 - ⊖ Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel Fließgewässern (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher GW-Spiegel [mNN] im Hauptgrundwasserleiter
 - grün: NULL
 - schwarz: IST
 - rot: PROGNOSE

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWIN\02-S\Docu\Anlagen\An11_1_GW-Gleichen-Vergleich_IST_NULL_PROG_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

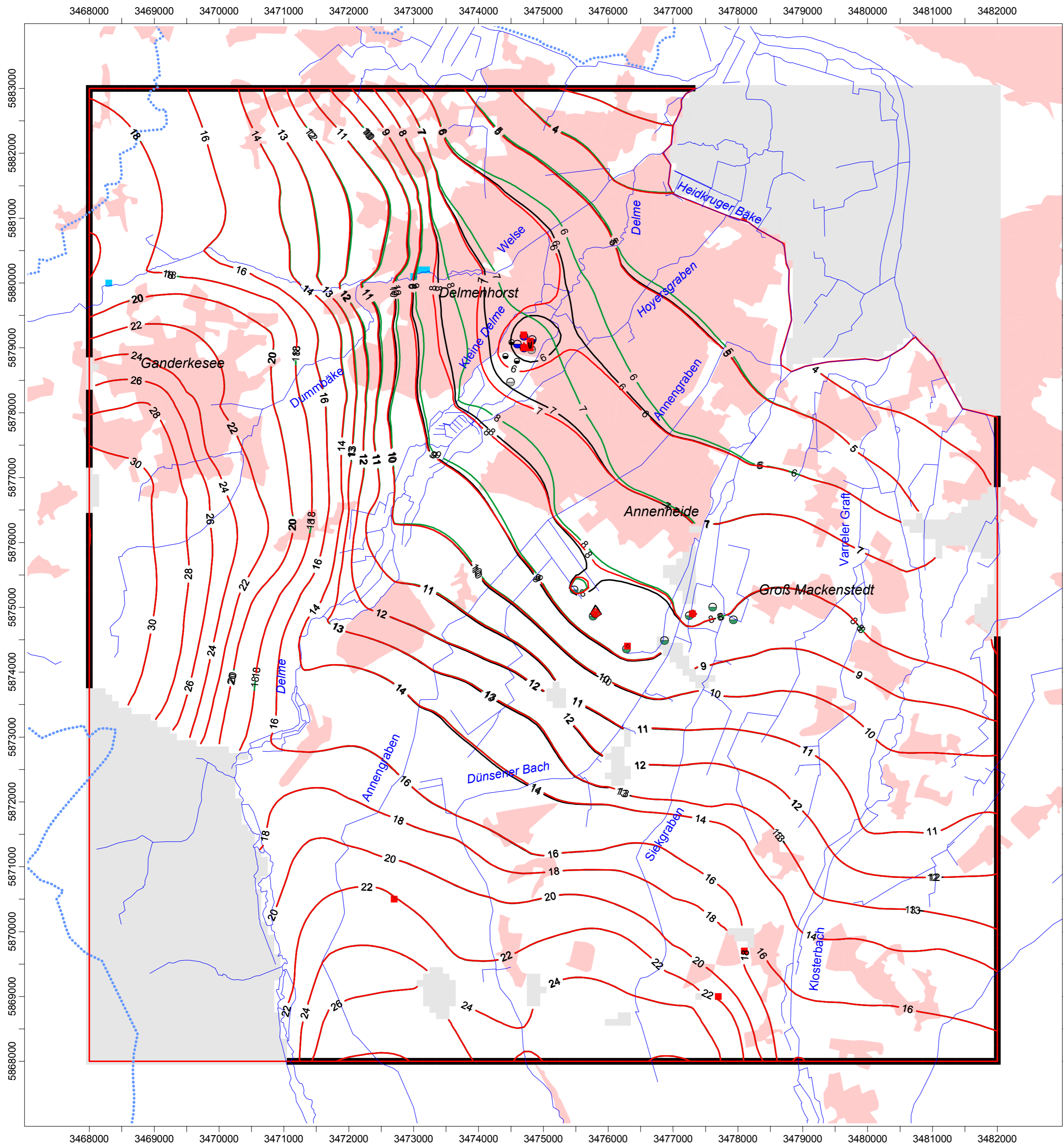
Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Mit dem GW-Modell berechnete
Linien gleicher Grundwasserspiegel
für die Zustände
"NULL", "IST" und "PROGNOSE"**
Modellebene: 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 11.1
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Grafen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel Fließgewässern (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher GW-Spiegel [mNN] im Hauptgrundwasserleiter:
 - grün: NULL
 - schwarz: IST
 - rot: PROGNOSE

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\GW-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl11_2_GW-Gleichen-Vergleich_IST_NULL_PROG_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

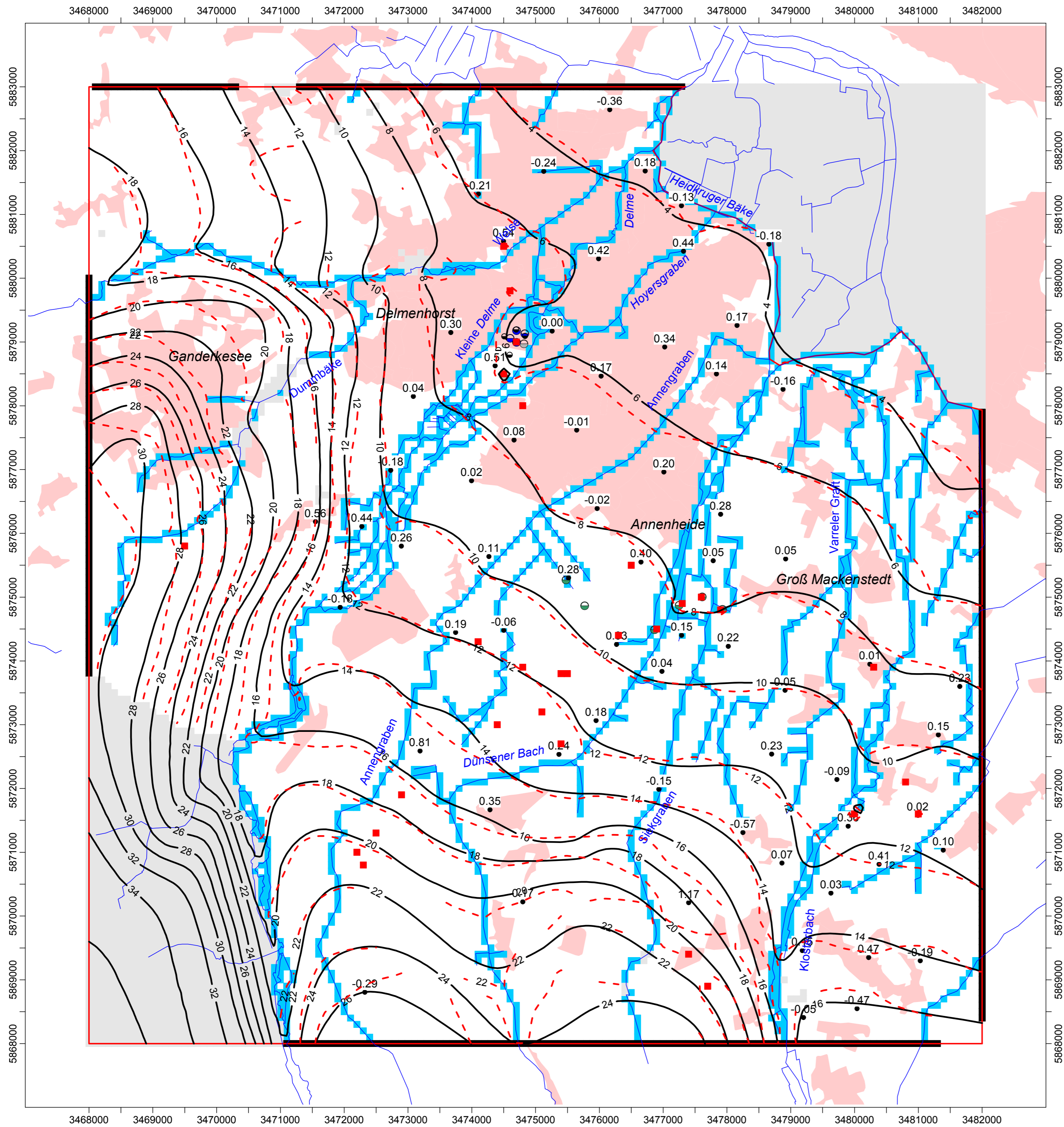
Wasserwerk I 'An den Grafen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Mit dem GW-Modell berechnete
Linien gleicher Grundwasserspiegel
für die Zustände
"NULL", "IST" und "PROGNOSE"**
Modellebene: 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 11.2
--	------------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Grafen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 1 mit dem Grundwassermodell berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Proj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWIN\02-S\Doku\Anlagen\An12_1_Modelltest1_1997_L1.srf

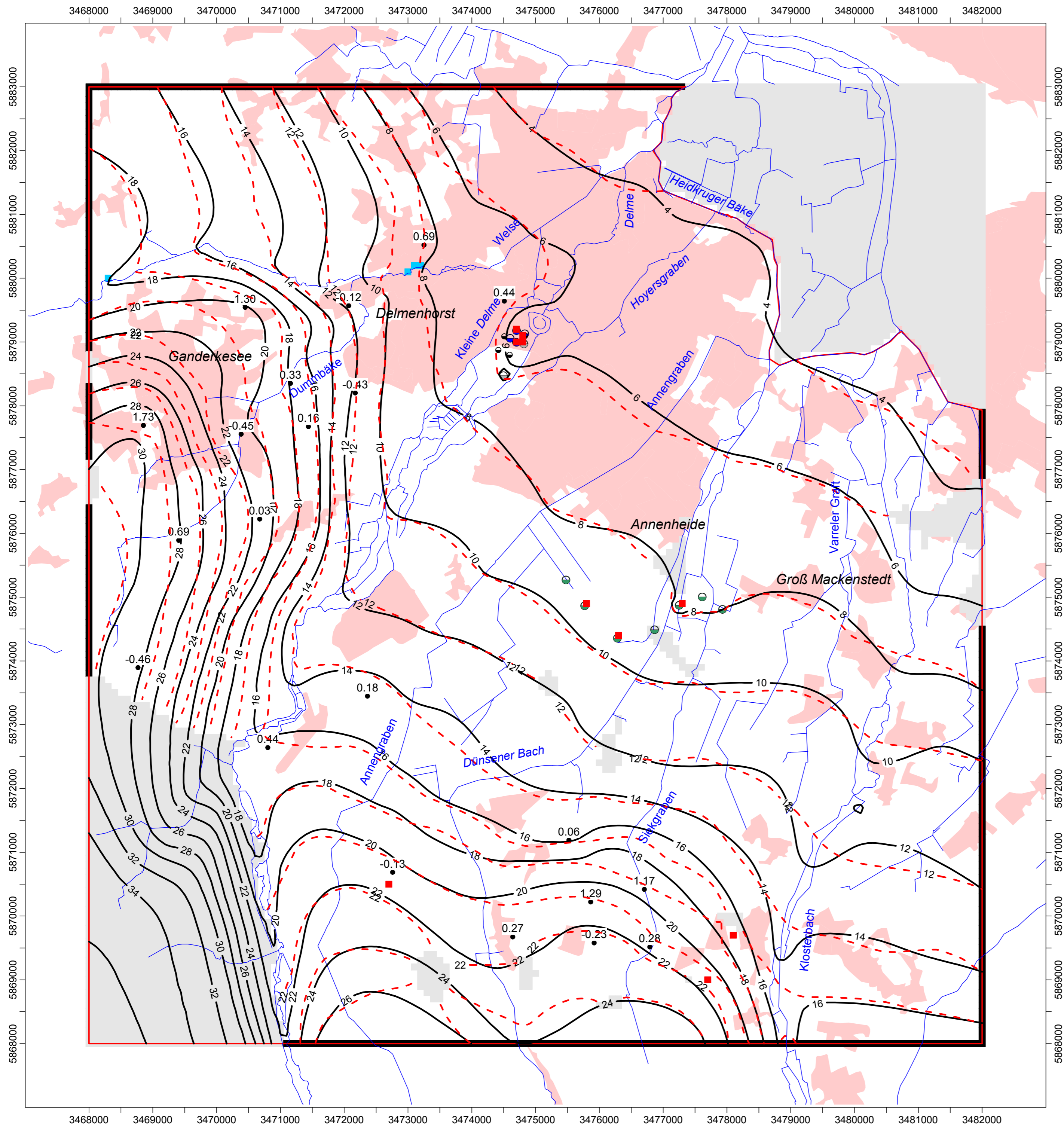
Stadtwerke Delmenhorst GmbH
 Wasserwerk I 'An den Grafen'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Modelltest 1:
 Grundwasser-Gleichenplan
 MGW 1997
 - Vergleich Messung/Rechnung -
 Modellebene 1**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 12.1
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 3 mit dem Grundwassermodell berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Grw-Modell\PMWIN\02-S\Doku\Anlagen\Anl12_2_Modelltest1_1997_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

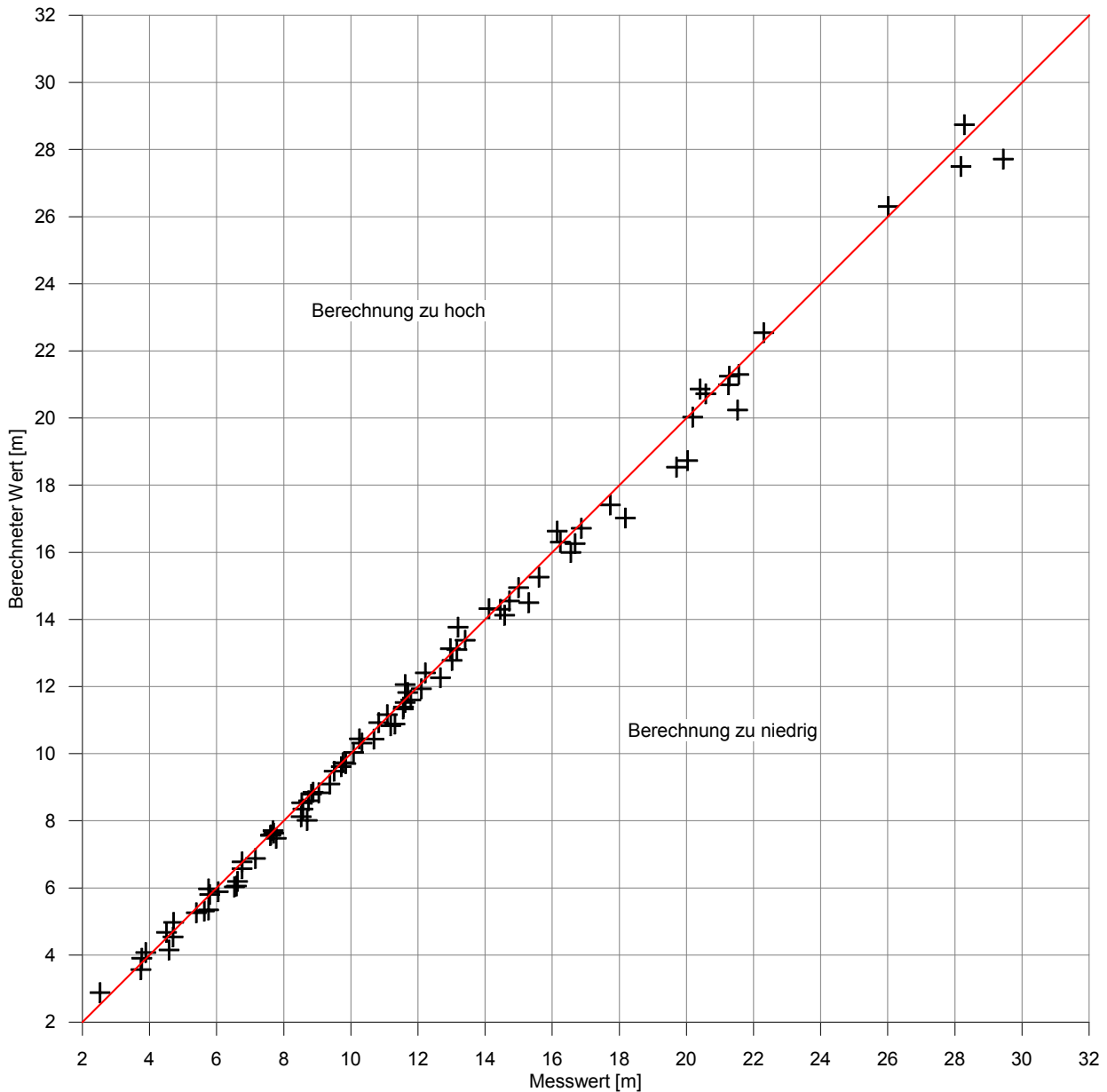
**Modelltest 1:
Grundwasser-Gleichenplan
MGW 1997
- Vergleich Messung/Rechnung -
Modellebene 3**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 12.2
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42

Grundwasserströmungsmodell Delmenhorst

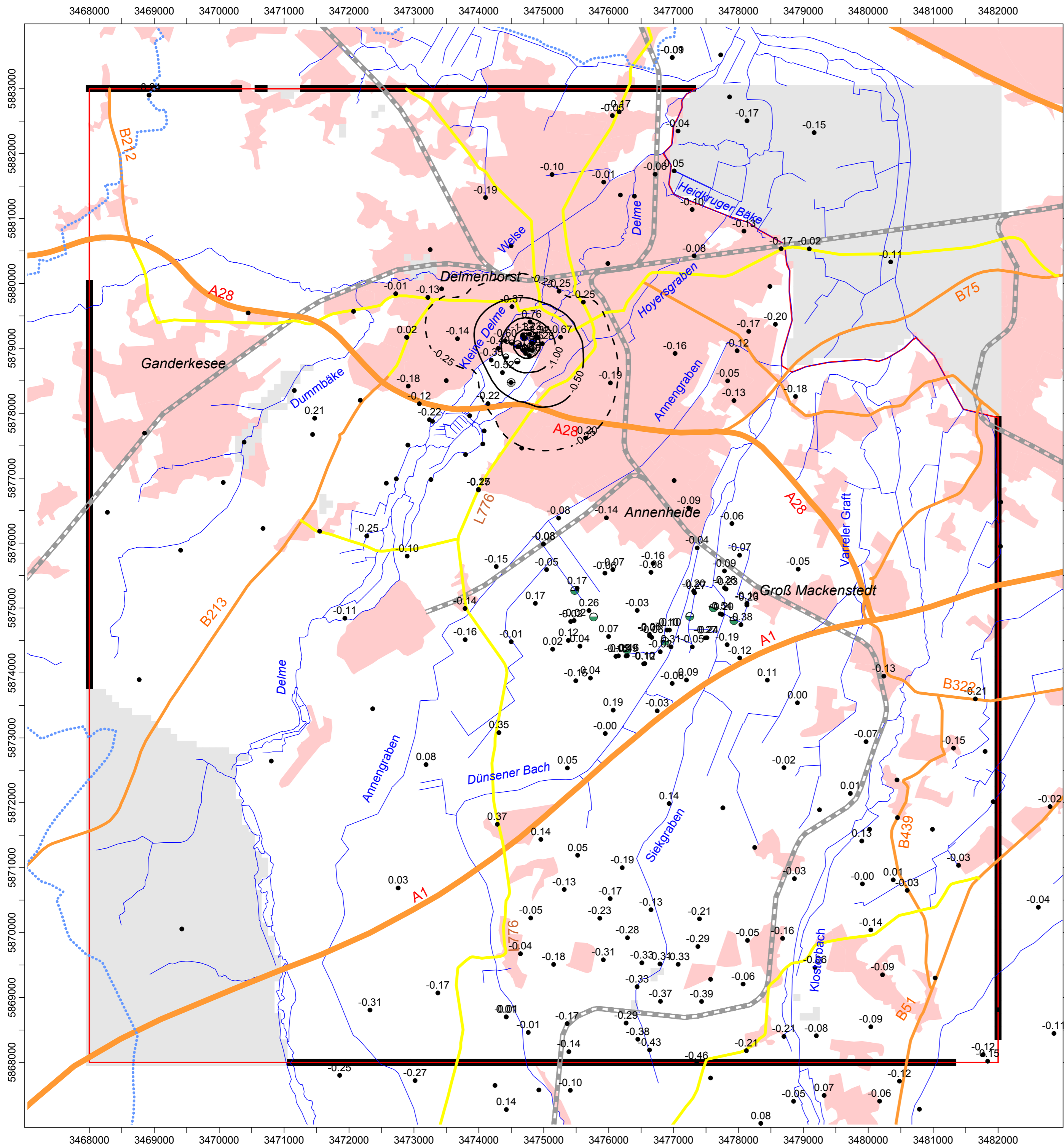
Modelltest 1:
Vergleich Messung / Rechnung - Streudiagramm
MGW 1997



mittlere Abweichung: -0,18 m
mittlere absolute Abweichung: 0,29 m
Standardfehler (RMSE): 0,43 m
Modellfehler: 1,1 % (mittlere absolute Abweichung / Spannweite)
Korrelationskoeffizient: 1,00 [-]

Modellstand: August. 2019
Bearbeitung:

Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5 Fon: 05723 / 749 82 40
31542 Bad Nenndorf Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0,05 Messstellen mit Grundwasserspiegeldifferenz 2014 - 2011
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 1,927 Mio. m³/a (Entnahmezustand 2014)
- Grenzlinie Grundwasserkörper

Entnahmen 'An den Graften':
 2011: keine GW-Entnahme
 2014: 1,927 Mio. m³/a

Entnahmen 'Annenheide':
 2011: 2,918 Mio. m³/a
 2014: 3,175 Mio. m³/a

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Gra\Gw-Modell\PMW\NW\02-S\Docu\Anlagen\Anl12_4_Modelltest2-GW-Absenkung_L1.rtf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

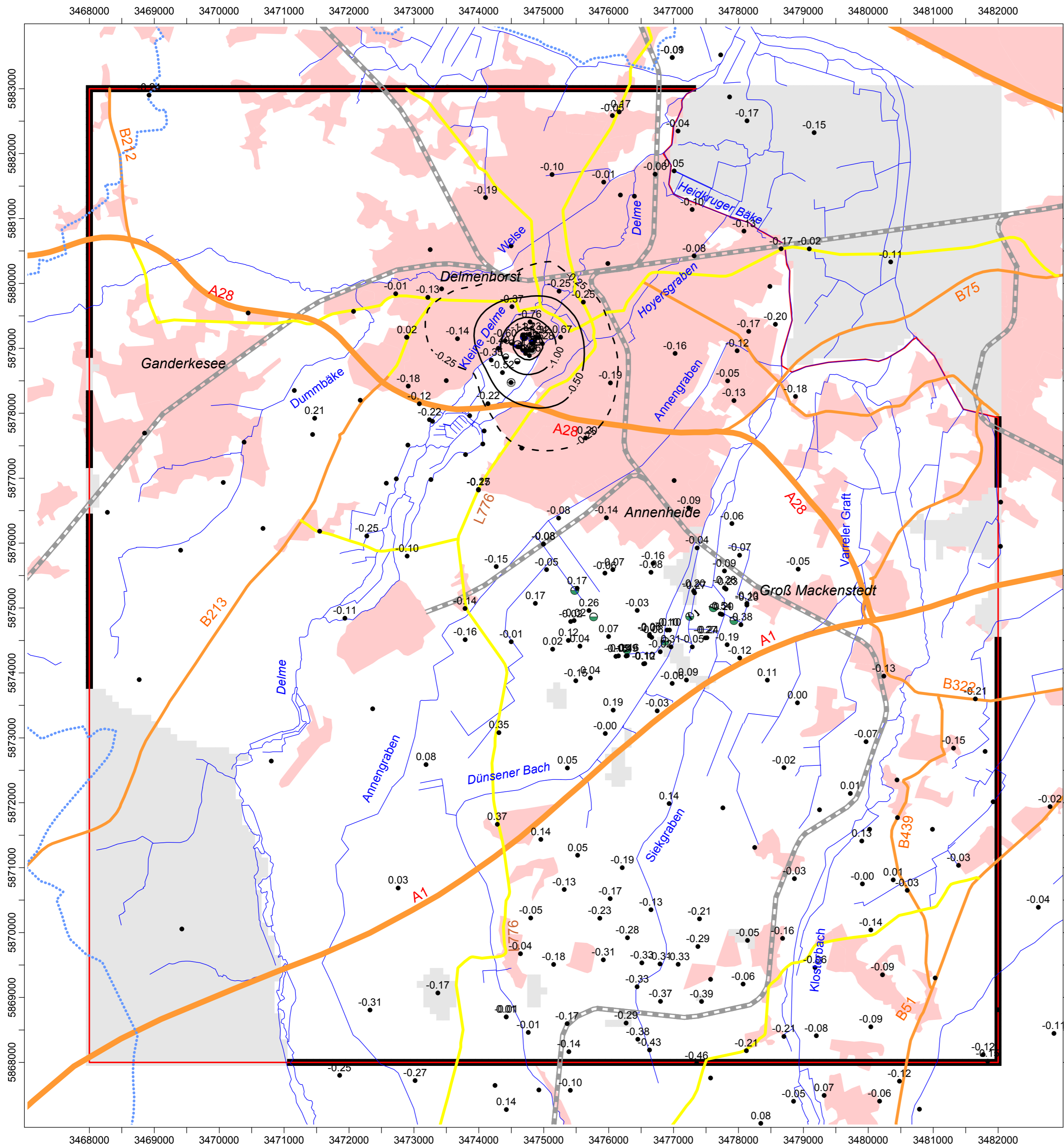
Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Modelltest 2:
 Grundwasserspiegelveränderung
 zwischen 2011 und 2014**

Modellebene 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 12.4
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graffen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- -0.05 Messstellen mit Grundwasserspiegeldifferenz 2014 - 2011
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] berechnet für 1,927 Mio. m³/a (Entnahmezustand 2014)
- Grenzlinie Grundwasserkörper

Entnahmen 'An den Graffen':
 2011: keine GW-Entnahme
 2014: 1,927 Mio. m³/a

Entnahmen 'Annenheide':
 2011: 2,918 Mio. m³/a
 2014: 3,175 Mio. m³/a

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMW\NW02-SIDoku\Anlagen\Anl12_5_Modelltest2-GW-Absenkung_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graffen'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

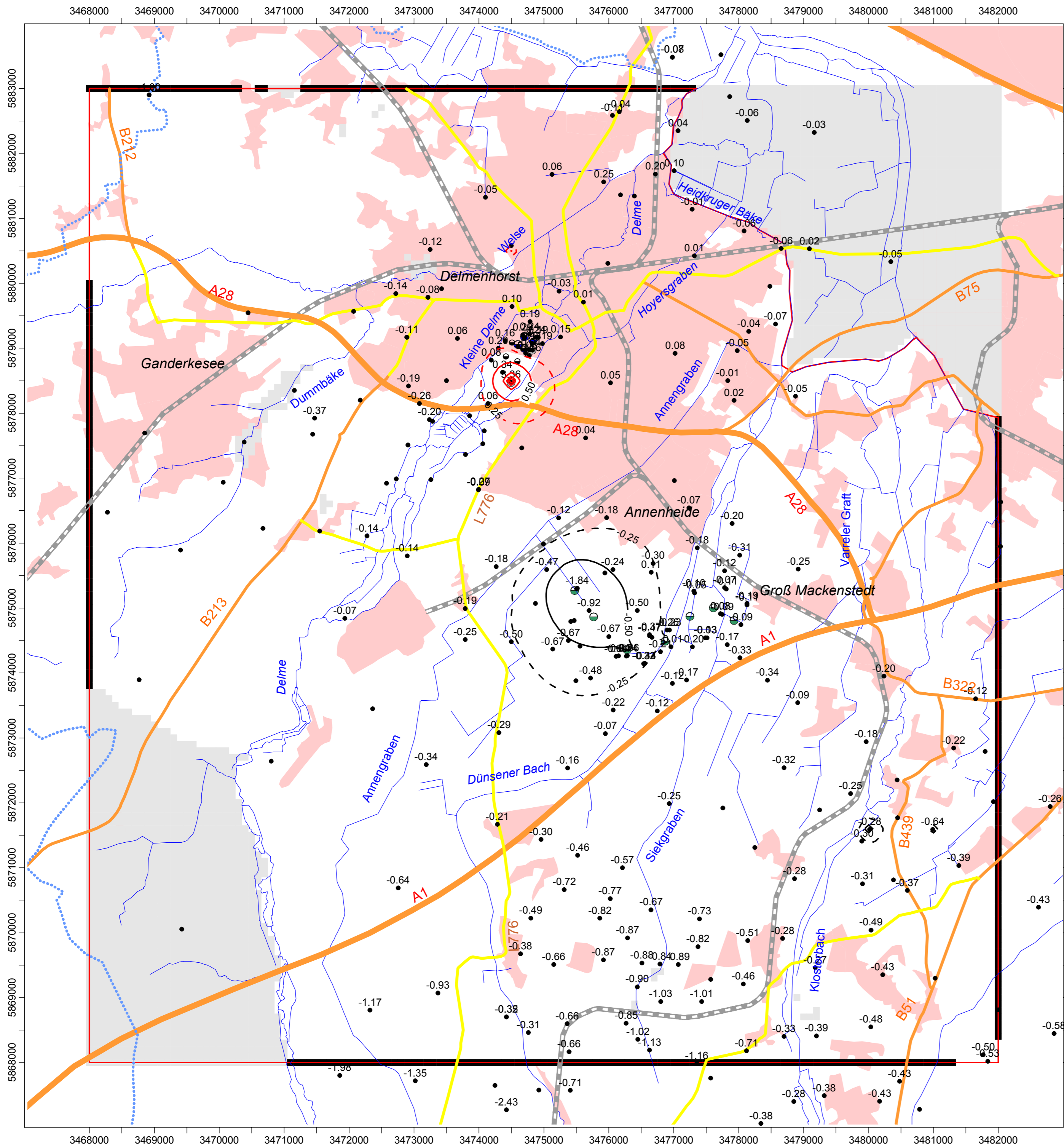
Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Modelltest 2:
 Grundwasserspiegelveränderung
 zwischen 2011 und 2014**

Modellebene 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August 2019	Anlage 12.5
--	-----------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- Messstellen mit Grundwasserspiegeldifferenz 2014 - 2000
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Aufhöhung [m] zwischen den Entnahmeständen mit rd. 2,47 Mio. m³/a (2000) und 1,927 Mio. m³/a (2014), jeweils WW 'Graften' (mit dem GW-Modell berechnet)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] zwischen den Entnahmeständen mit rd. 2,47 Mio. m³/a (2000) und 1,927 Mio. m³/a (2014), jeweils WW 'Graften' (mit dem GW-Modell berechnet)
- Grenzlinie Grundwasserkörper

Entnahmen 'An den Graften':
2000: 2,47 Mio. m³/a
2014: 1,927 Mio. m³/a

Entnahmen 'Annenheide':
2000: 2,004 Mio. m³/a
2014: 3,175 Mio. m³/a

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\Pj\SWD-Gra\GW-Modell\PMW\IN\02-SIDoku\Anlagen\Anl12_6_Modelltest3-GW-Aufhöhung_L1.srt

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

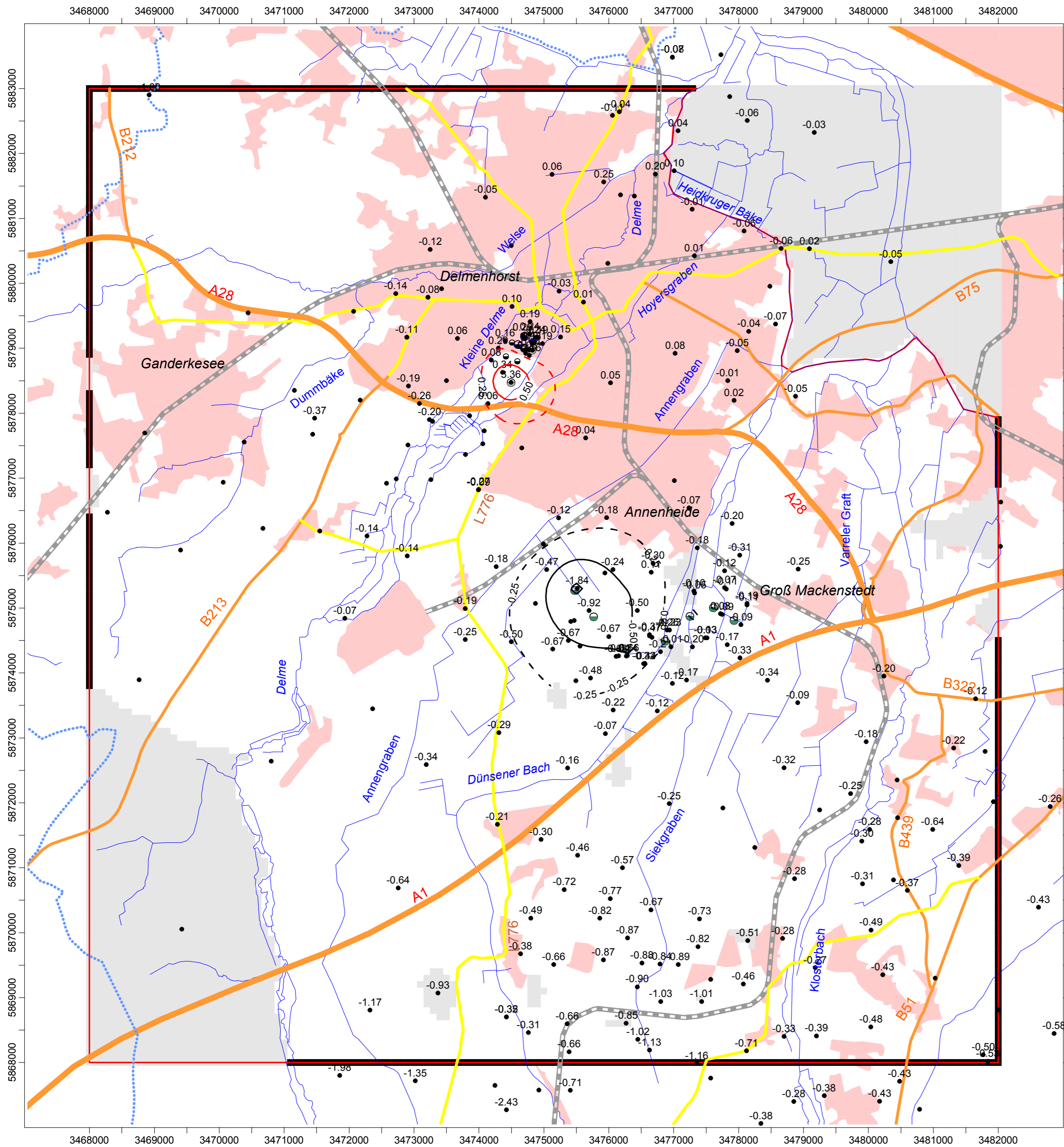
**Modelltest 3:
Grundwasserspiegelveränderung
zwischen 2000 und 2014**

Modellebene 1

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 12.6
--	------------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 -
- Oberirdische Fließgewässer
- Autobahnen
- Bundesstraßen
- Landstraßen
- Bahnlinien
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.05 Messstellen mit Grundwasserspiegeldifferenz 2014 - 2000
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Aufhöhung [m] zwischen den Entnahmezuständen mit rd. 2,47 Mio. m³/a (2000) und 1,927 Mio. m³/a (2014), jeweils WW 'Graften' (mit dem GW-Modell berechnet)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel-Absenkung [m] zwischen den Entnahmezuständen mit rd. 2,47 Mio. m³/a (2000) und 1,927 Mio. m³/a (2014), jeweils WW 'Graften' (mit dem GW-Modell berechnet)
- Grenzlinie Grundwasserkörper

Entnahmen 'An den Graften':
 2000: 2,47 Mio. m³/a
 2014: 1,927 Mio. m³/a

Entnahmen 'Annenheide':
 2000: 2,004 Mio. m³/a
 2014: 3,175 Mio. m³/a

0 500 1000 1500 2000 2500

H:\P\j\SWD-Graft-GW-Modell\PMWINV02-SIDoku\Anlagen\Anl12_7_Modelltest3-GW-Aufhöhung_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

Wasserwerk I 'An den Graften'
 Wasserwerk II 'Annenheide'

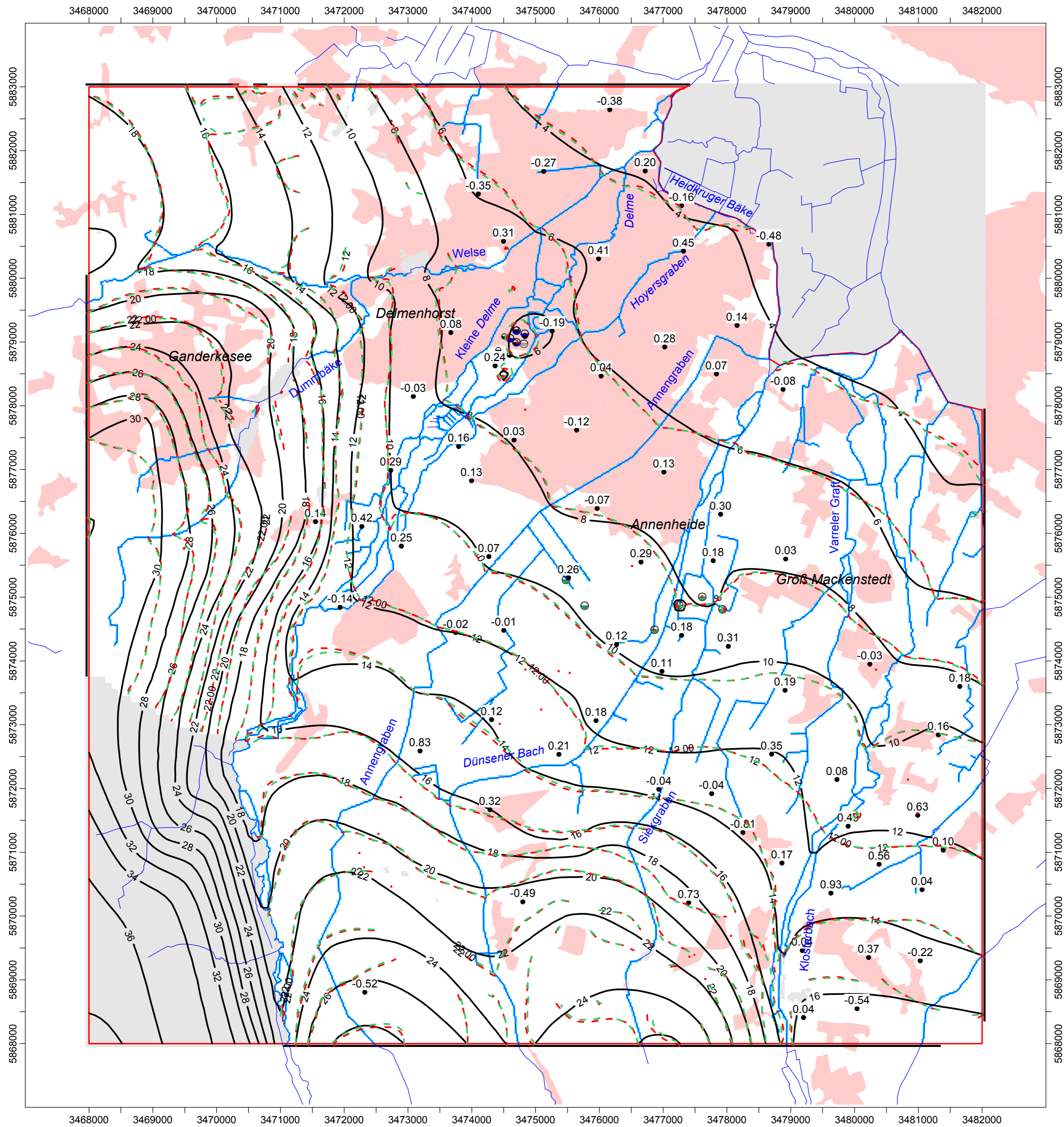
Grundwasserströmungsmodell
 'Delmenhorst'
 - Dokumentation -

**Modelltest 3:
 Grundwasserspiegelveränderung
 zwischen 2000 und 2014**

Modellebene 3

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	21. August. 2019	Anlage 12.7
--	------------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
 Parkstr. 5
 31542 Bad Nenndorf
 Fon: 05723 / 749 82 40
 Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'An den Grafen':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst Wasserwerk 'Annenheide':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- - - Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 1 mit dem '25 m Raster Grundwassermodell' berechnet
- - - Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 1 mit dem '100 m Raster Grundwassermodell' berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Proj\SWD-Grw-Modell\PMWINIV02-S\Doku\Anlagen\Anl13_1_Vergleich_Mess_Rechng_NetzV_L1.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

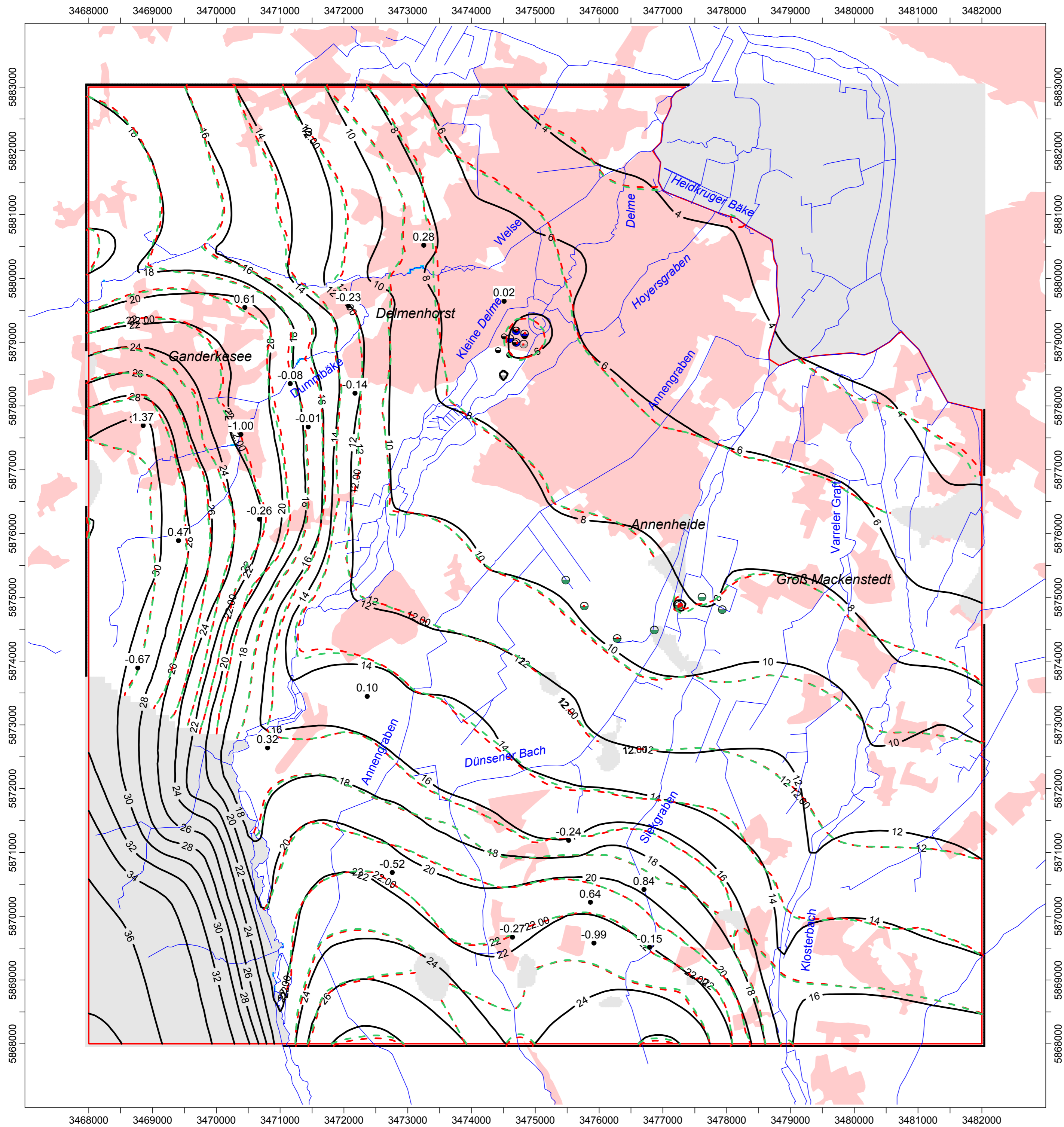
Wasserwerk I 'An den Grafen'
Wasserwerk II 'Annenheide'

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

**Grundwasser-Gleichenplan
MGW 2004
25 m - Raster
- Vergleich Messung/Rechnung -
Modellebene 1**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	9. September. 2019	Anlage 13.1
--	--------------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42



Legende:

- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'An den Graften':
 - Nicht mehr existent
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Förderbrunnen Stadtwerke Delmenhorst
Wasserwerk 'Annenheide':
 - Bestehende Standorte
 - Geplante Standorte
- Oberirdische Fließgewässer
- Modellrand
- Deaktivierter Modellbereich
- 0.02 ● Kontrollmessstelle mit Differenz Messung - Rechnung
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserspiegel (Festpotentialrand)
- Modellelemente mit Vorgabe Wasserstand in oberirdischen Fließgewässern (potentialabhängige Zu- oder Aussickerung)
- Modellelemente mit Vorgabe Grundwasserentnahme (Brunnen)
- Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) im Hauptgrundwasserleiter auf Grundlage von Messdaten interpoliert
- - - Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 3 mit dem '25 m Raster Grundwassermodell' berechnet
- - - Linie gleicher Grundwasserspiegel (mNN) für Modellebene 3 mit dem '100 m Raster Grundwassermodell' berechnet

0 500 1000 1500 2000 2500

H:_Prj\SWD-Gra\Gw-Modell\PMWINV02-S\Doku\Anlagen\Anl13_2_Vergleich_Mess_Rechng_NetzV_L3.srf

Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I 'An den Graften'
Wasserwerk II 'Annenheide'*

Grundwasserströmungsmodell
'Delmenhorst'
- Dokumentation -

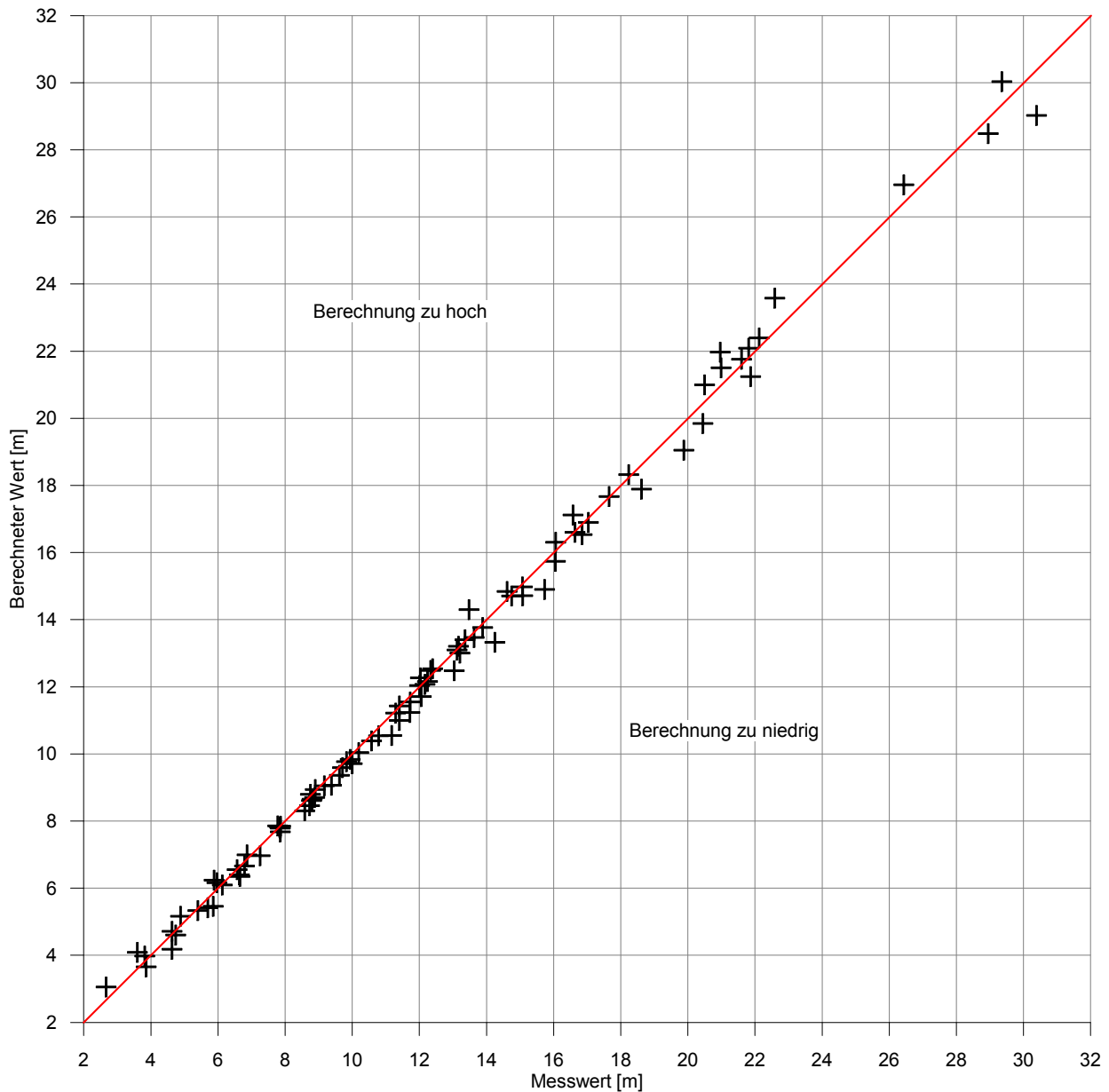
**Grundwasser-Gleichenplan
MGW 2004
25 m - Raster
- Vergleich Messung/Rechnung -
Modellebene 3**

M : 1:45.000 <small>(Ausdruck auf DIN A2)</small>	9. September. 2019	Anlage 13.2
--	--------------------	--------------------

HMM Ing.-Büro H.-H. Meyer
Parkstr. 5
31542 Bad Nenndorf
Fon: 05723 / 749 82 40
Fax: 05723 / 749 82 42

Grundwasserströmungsmodell Delmenhorst

Standrohrspiegel - Vergleich Messung / Rechnung im Streudiagramm
25m - Raster



mittlere Abweichung: -0,09 m
 mittlere absolute Abweichung: 0,29 m
 Standardfehler (RMSE): 0,39 m
 Modellfehler: 1,0 % (mittlere absolute Abweichung / Spannweite)
 Korrelationskoeffizient: 1,00 [-]

Modellstand: September. 2019

Bearbeitung:

Ing.-Büro H.-H. Meyer

Parkstr. 5

31542 Bad Nenndorf

Fon: 05723 / 749 82 40

Fax: 05723 / 749 82 42



Stadtwerke Delmenhorst GmbH

*Wasserwerk I
'An den Graften'*

Antrag auf Bewilligung
einer Grundwasserentnahme
über 2,4 Mio. m³/a

- Geohydrologisches Gutachten -

A N H A N G 3

Dokumentation geologisches 3D-Untergrundmodell

im Auftrag der Stadtwerke Delmenhorst GmbH, Delmenhorst

Bad Nenndorf, Januar 2020

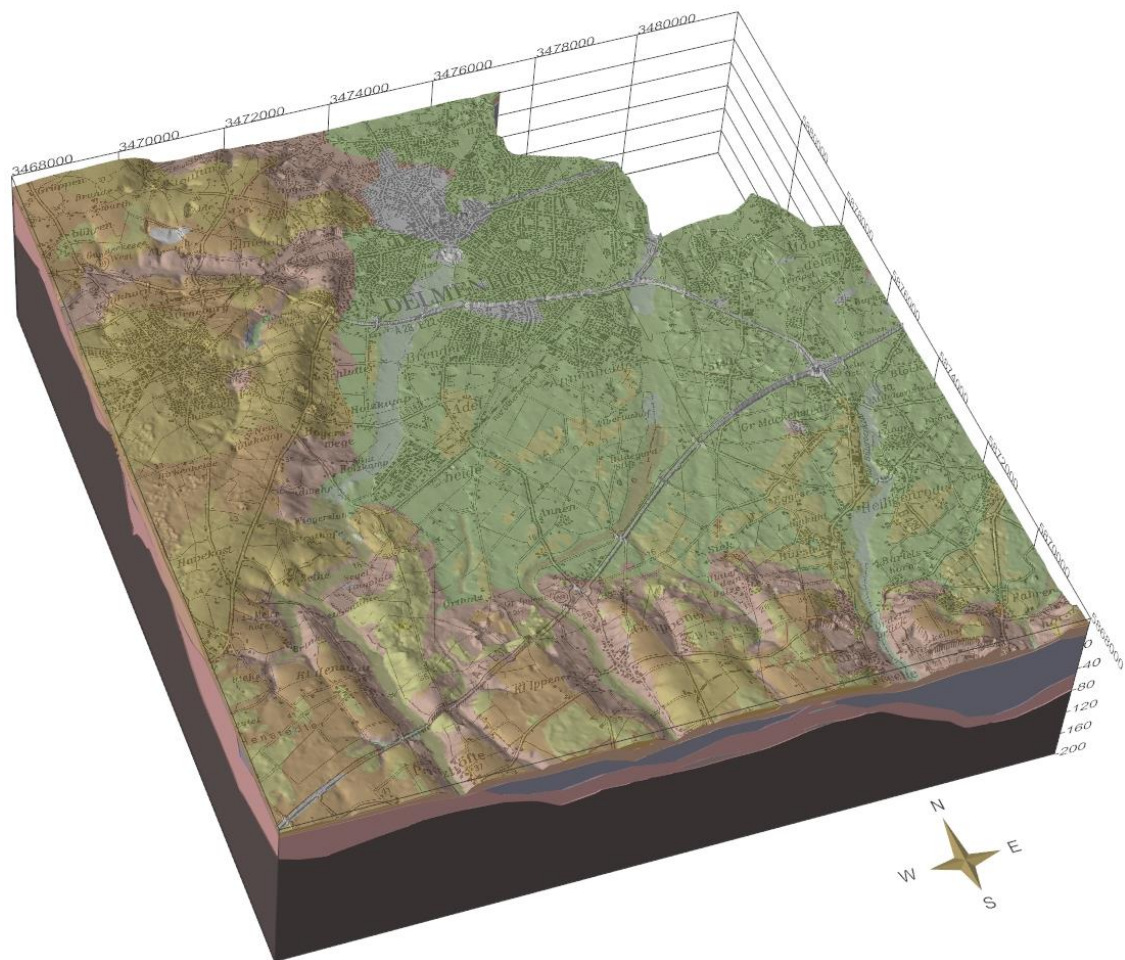


INGENIEURBÜRO H.-H. MEYER, Bad Nenndorf
Geohydrologie und Grundwasserbewirtschaftung

Geologische 3D-Untergrundmodellierung im Bereich Delmenhorst

Beauftragt durch
Stadtwerke Delmenhorst GmbH

STADTWERKEGRUPPE
DELMENHORST



NIEDERSACHSEN WASSER Kooperations- und Dienstleistungsgesellschaft mbH
Hausanschrift: Donnerschwer Str. 72-80 | 26123 Oldenburg | Internet: www.niedersachsen-wasser.de
Geschäftsführer: Egon Harms | Firmensitz: Georgstr. 4 | 26919 Brake
USt-IdNr.: DE245091098 | Steuernummer: 63/200/01481 | Amtsgericht Oldenburg - HRB 100783
Bankverbindung: Landessparkasse zu Oldenburg | IBAN: DE14 2805 0100 0001 2295 66 | BIC: SLZODE22XXX

**Projekt: Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst**

Auftraggeber: Stadtwerke Delmenhorst GmbH
Fischstraße 32-34
27749 Delmenhorst

Ansprechpartner: Henry Voltmann
Tel.: 04221/1276-2221
E-Mail: h.voltmann@stadtwerkegruppe-del.de

Auftragnehmer: NIEDERSACHSEN WASSER
Kooperations- und Dienstleistungsgesellschaft mbH
Georgstraße 4
26919 Brake

Projektleitung: Malko Bischke
Tel.: 0441/5707-521
Fax.: 0441/5707-523
E-Mail: bischke@niedersachsen-wasser.de

Datei: 170130_NiW_022_000_2016_A0002_3D_Modell_SWD_Bericht.docx

Inhalt: 23 Seiten, 3 Abbildungen, 16 Karten

Datum: 03. Februar 2017

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
ANLAGENVERZEICHNIS	4
1 EINLEITUNG	5
2 LAGE UND AUSDEHNUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES.....	6
3 EINGANGSDATEN	8
4 GEOLOGISCHE 3D-MODELLIERUNG.....	9
4.1 MODELLIERUNGSMETHODIK.....	9
4.2 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	11
4.3 BESCHREIBUNG DER MODELLEINHEITEN	12
4.3.1 <i>Unterbau des quartärgeologischen 3D-Modells.....</i>	<i>13</i>
4.3.2 <i>Modelleinheiten des frühen Pleistozäns bis zur Elster-Eiszeit.....</i>	<i>13</i>
4.3.3 <i>Modelleinheiten der Saale-Eiszeit.....</i>	<i>15</i>
4.3.4 <i>Modelleinheit des Eem-Interglazials.....</i>	<i>17</i>
4.3.5 <i>Modelleinheiten der Weichsel-Kaltzeit</i>	<i>17</i>
4.3.6 <i>Modelleinheiten des Holozäns.....</i>	<i>18</i>
4.4 HYDROSTRATIGRAFISCHE EINSTUFUNG DER EINZELNEN MODELLEINHEITEN.....	21
5 ZUSAMMENFASSUNG UND ERGEBNISSE	22
6 VERWENDETE LITERATUR UND GUTACHTEN	23

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des Modellgebietes und des Wasserschutzgebietes Annenheide (Kartengrundlage: TK100).....	6
Abb. 2: Geologisches 3D-Modell im Bereich Delmenhorst	9
Abb. 3: Exemplarischer Profilschnitt durch das Modellgebiet von Südwesten nach Nordosten (30-fach überhöht).....	20

Anlagenverzeichnis

- Karte 1 Lage des Modellgebietes, des WSG Annenheide, der verwendeten Bohrdaten und des konstruierten Profilschnittnetzes
- Karte 2 Mächtigkeit und Basis der quartären Ablagerungen
- Karte 3 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qp-qe* (Altpleistozäne bis elsterzeitliche Sande)
- Karte 4 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qelg* (Elsterzeitlicher Geschiebelehm)
- Karte 5 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qLs* (Lauenburger Randfazies)
- Karte 6 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qL* (Lauenburger Ton)
- Karte 7 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qdgf* (Drenthezeitliche Schmelzwassersande)
- Karte 8 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qdlg* (Drenthezeitlicher Geschiebelehm)
- Karte 9 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qee* (Eemzeitliche Wattablagerungen)
- Karte 10 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qwF* (Weichselzeitliche, fluviatile Sand)
- Karte 11 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qwGds* (Weichselzeitliche Geschiebedecksande)
- Karte 12 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qwfls* (Weichselzeitliche Flugsande)
- Karte 13 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qh2* (Holozäne Flusssande)
- Karte 14 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qhhn* (Holozäne Niedermoortorfe)
- Karte 15 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qhfls* (Holozäne Flugsande)
- Karte 16 Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit *qhy* (Anthropogene Ablagerungen)

1 Einleitung

Bereits seit über 100 Jahren versorgt die *Stadtwerke Delmenhorst GmbH*¹ die Bürger Delmenhorsts mit Trinkwasser. Das 1909 in Betrieb genommene Wasserwerk „An den Graften“ wurde 2011 abgeschaltet und die Trinkwasserversorgung wurde in Folge dessen vollständig dem 1974 in Betrieb genommenen und 2008 erweiterten Wasserwerk „Annenheide“ übertragen. Im Bereich Delmenhorst erfolgt die Grundwasserförderung aus einem Aquifersystem, das sich aus quartären Lockersedimenten aufbaut.

Die *NIEDERSACHSEN WASSER Kooperations- und Dienstleistungsgesellschaft mbH*² erhielt am 12.07.2016 von der *Stadtwerke Delmenhorst GmbH* den Auftrag, ein geologisches 3D-Modell dieses grundwasserwirtschaftlich genutzten Aquifersystems im erweiterten Bereich Delmenhorsts zu erarbeiten, welches das Wasserschutzgebiet Annenheide beinhaltet. Dies geschah in Kooperation mit dem OOWV³, der das 3D-Detailmodell „Harpstedt“ mit einem Überlappungsbereich von 78,67 km² zur Verfügung stellte.

Ziel dieser Untersuchungen sollte es sein, die Verbreitungen, Tiefenlagen und Mächtigkeiten der einzelnen geologischen Sedimentkörper bis zur Basis des für die Wasserversorgung relevanten Aquifersystems in größtmöglicher Auflösung dreidimensional zu kartieren. Alle zum Zeitpunkt der Modellerstellung zugänglichen Untergrund- und Oberflächeninformationen sollten einheitlich interpretiert in die Untergrundmodellerstellung einfließen.

Zudem waren die in diesem Zuge erkundeten grundwasserleitenden und grundwasserhemmenden Einheiten unter Berücksichtigung ihres geologischen Alters in die *Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens* (LBEG, 2011) einzuordnen.

Diese geologischen 3D-Informationen sollen zukünftig Maßnahmen der Grundwasserbewirtschaftung und des Grundwasserschutzes möglichst effektiv unterstützen. In einem ersten Folgeschritt ist geplant, die erhobenen hydrogeologischen Modelldaten in ein numerisches Grundwasserströmungsmodell einfließen zu lassen.

¹ im nachfolgenden Text: *Stadtwerke Delmenhorst*

² im nachfolgenden Text: *NIEDERSACHSEN WASSER*

³ OOWV: Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband

2 Lage und Ausdehnung des Untersuchungsgebietes

Das vorgestellte 3D-Untergrundmodell deckt die kreisfreie Stadt Delmenhorst sowie das Wasserschutzgebiet Annenheide (34,3 km²) ab (Abb. 1). Die Gesamtfläche beträgt 192,4 km². Im Detail ist das Modellgebiet zudem in der Anlagenkarte 1 dargestellt.

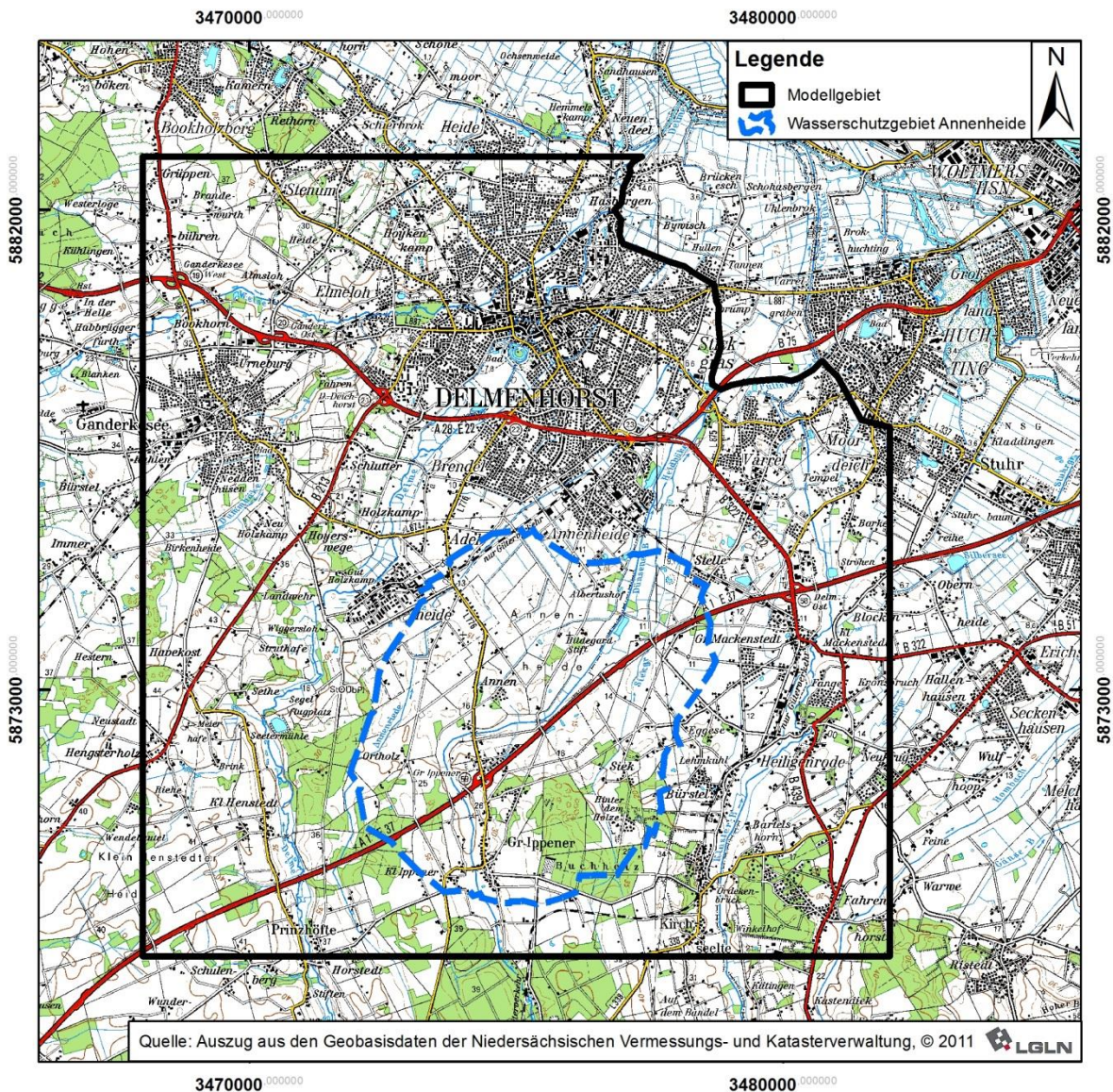


Abb. 1: Lage des Modellgebietes und des Wasserschutzgebietes Annenheide (Kartengrundlage: TK100)

Das Modellgebiet reicht im Norden bis an die Ganderkeseer Ortsteile Bookholzberg und Heide heran. Richtung Süden erstreckt es sich über 15 km bis zu den Gemeinden Prinzhöfte und Kirchseele. Der Ortskern von Ganderkesee bildet in etwa die westliche Gebietsgrenze. Die östliche Begrenzung liegt 14 km entfernt bei Stuhr.

Im nordöstlichen Bereich folgt die Modellgrenze dem Verlauf verschiedener Vorfluter und Entwässerungsgräben: angefangen mit dem *Braunwasser von Blocken*, über den *Moordeicher Wasserzug*, die *Varreler Bäke*, die *Pultern*, den *Annengraben*, die *Heidkruger Bäke* sowie schließlich die *Delme*.

Das nordöstliche und östliche Gebiet im Bereich der Stadt Delmenhorst gehört dem fluviatil geprägten Naturraum *Thedinghäuser Vorgeest* an (BFLR, 1961). Dieses Niederungsgebiet zeichnet sich durch Geländehöhen zwischen +1 und +12 m NN und einem geringen Gefälle in Richtung Nordosten, zur Weser gerichtet, aus. Die Bereiche im Westen und Süden gehören hingegen den glazial(tektonisch) geprägten Naturräumen *Delmenhorster Geest* und *Syker Geest* an (BFLR, 1959). Hier sind mit rund +46 m NN die höchsten Geländehöhen des Modellgebietes zu verzeichnen.

3 Eingangsdaten

Folgende Eingangsdaten standen für die Erstellung des geologischen 3D-Untergrundmodells im Bereich Delmenhorst zur Verfügung:

Datenbereitstellung der *Stadtwerke Delmenhorst*

- **62 Bohrungen** aus der AqualInfo-Datenbank der *Stadtwerke Delmenhorst*
- Digitales Geländemodell (DGM) mit einer Zellengröße von 25 x 25 m (LGLN)

Datenbereitstellung des LBEG⁴

- Daten aus dem NIBIS® Kartenserver (2016) – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover:
 - **1404 Bohrungen** aus der Bohrdatenfachanfrage (Stand: 19.07.2016) (Karte 1)
 - Digitale Geologische Karte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Grundkarte (GK50)
 - Profilschnitt „GE_Ochtum_Lockergestein_S3“
 - Daten aus dem Geotektonischen Atlas von Niedersachsen (GTA3D):
Blätter C3114 Oldenburg (Oldenburg) und C3118 Bremen

Datenbereitstellung des OOWV

- 3D-Modell Harpstedt (Detailmodell mit 78,67 km² Überlappungsbereich)

⁴ LBEG: Landesamt für Bergbau- Energie und Geologie

4 Geologische 3D-Modellierung

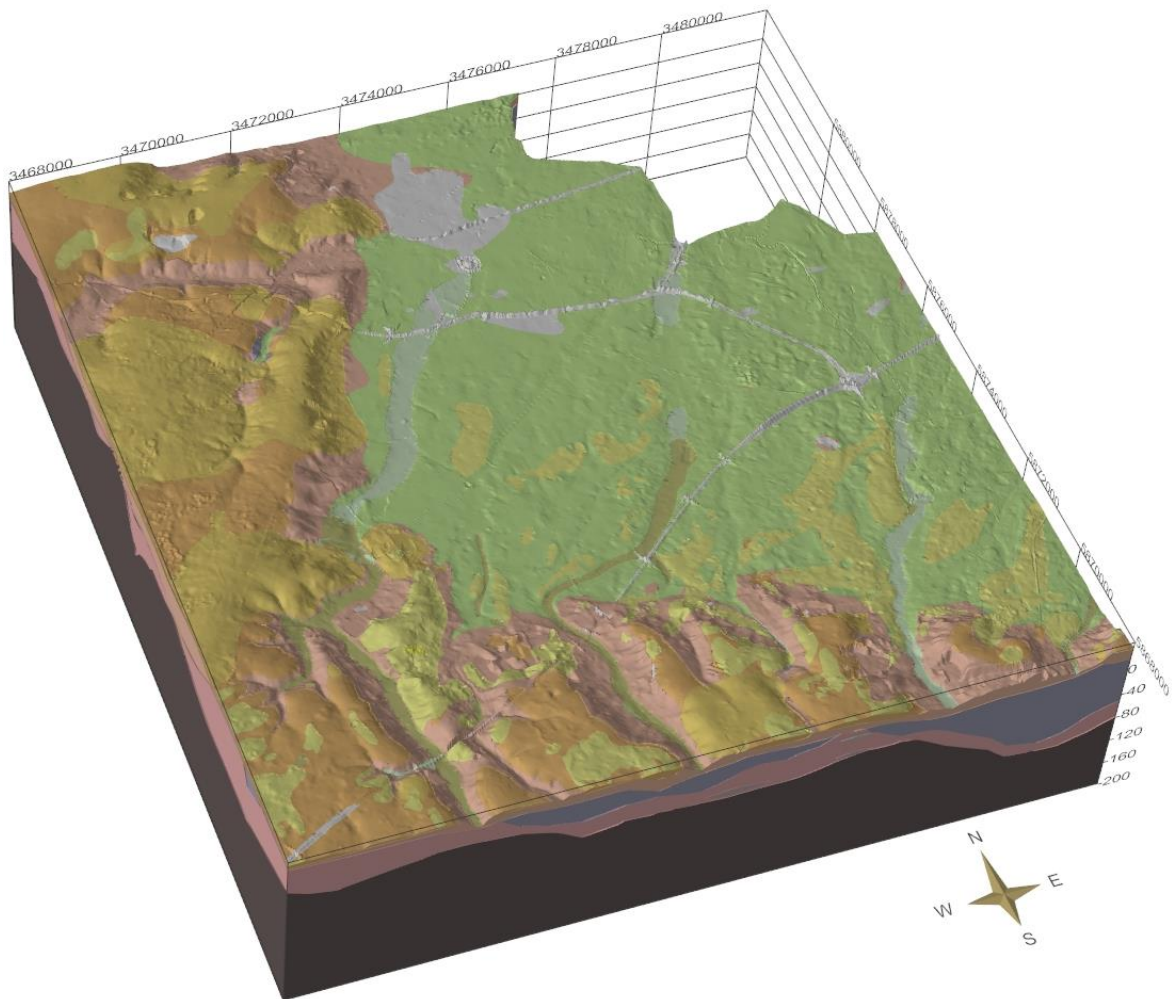


Abb. 2: Geologisches 3D-Modell im Bereich Delmenhorst

4.1 Modellierungsmethodik

Die Modellerstellung erfolgte mit der 3D-Kartierungssoftware *SubsurfaceViewer*[®] *MX* (vormals: GSI3D[®]), die es erlaubt, alle verfügbaren Geoinformationen in adäquater Form mit in die räumliche Untergrundkartierung einfließen zu lassen.

Für die Erstellung eines geologischen Untergrundmodells mit *SubsurfaceViewer*[®] *MX* waren vor diesem Hintergrund die folgenden grundlegenden Bearbeitungsschritte durchzuführen:

- **Konstruktion eines engmaschigen Netzes aus geologischen Profilschnitten**, in denen die Schichtuntergrenzen für alle Modelleinheiten im Detail festgelegt werden.

- **Konstruktion von Schichtverbreitungsgrenzen** für jede der Modelleinheiten, die in den Profilschnitten angelegt wurden.

Bei der Erstellung dieses Profilschnittnetzes, das in Karte 1 dargestellt ist, wurden nahezu alle der zur Verfügung stehenden relevanten Bohrungen direkt mit berücksichtigt. Die Profilschnittkonstruktionen erfolgten dabei unter ständigem Abgleich und Plausibilitätskontrollen der im vorherigen Kapitel aufgelisteten Eingangsdaten.

Bei widersprüchlicher Datenlage wurde versucht, die Eingangsdaten hinsichtlich ihres ursprünglichen Erhebungszweckes und Untersuchungshintergrundes zu gewichten und sie nach folgender Hierarchie in die zu konstruierenden Profilschnitte einfließen zu lassen:

1. Bohrungen
 - a. GE-Bohrungen des LBEG
 - b. Bohrungen der *Stadtwerke Delmenhorst*, HY-, IG- und SE-Bohrungen des LBEG.
 - c. BV-Bohrungen des LBEG
2. NIBIS[®]-Profilschnitte
3. Geologische Karte (GK50)
4. Quartärbasis-Informationen (aus Geologischen Karten, aus Gutachten und aus dem GTA3D)

Unter Miteinbeziehung des DGM (horizontale Auflösung 25 x 25 m) als Höhenreferenz, den Informationen der konstruierten geologischen Profilschnitte sowie der Schichtverbreitungspolygone wurden abschließend mit der *SubsurfaceViewer*[®]-Softwaremethode für jede Modelleinheit geologische Volumenkörper errechnet. Jeder Volumenkörper wird hiernach von triangulierten Flächen (TIN) räumlich begrenzt.

Alle Modellkörper wurden zudem zur alternativen GIS-Weiterverarbeitung als ESRI ASCII-Raster (.asc) mit einer Zellauflösung von 25 x 25 m exportiert. Für jede Modelleinheit wurde so je ein Raster mit den Schichtober- und den Schichtunterflächeninformationen erzeugt und je ein Raster mit Mächtigkeitsinformationen (nicht für Linsenkörper).

Um eine problemlose Überführung in hydrogeologische Anwendungen zu gewährleisten wurden die einzelnen Modelleinheiten entsprechend ihrer lithologischen Ausbildungen und ihrer geologi-

schen Alterseinstufungen in die für Niedersachsen gültige Hydrostratigraphische Gliederung (LBEG, 2011) eingepasst.

4.2 Geologischer Überblick

Das Modellgebiet Delmenhorst liegt im Übergangsbereich zwischen der Syker Geest im Süden, der Delmenhorster Geest im Westen und der Thedinghäuser Vorgeest im Nordosten. Dieser großräumigen Lage im Zentralen Norddeutschen Tiefland entsprechend sind oftmals bereits wenige Zehnermeter unter der Geländeoberfläche des Bearbeitungsgebietes tertiäre Tone anzutreffen.

Der wasserwirtschaftlich bedeutsame Untergrund wird im Modellgebiet von jungtertiären und quartären Lockergesteinen aufgebaut. Die Oberfläche der marinen Abfolge des **Miozäns** ist hier als Aquiferbasis anzusehen und bildet daher die Basis des erstellten Untergrundmodells.

Vom **Altpleistozän** bis zur **Elster-Eiszeit** wurden im Modellgebiet vornehmlich glazifluviatile Sande, aber auch feinkörnige Beckensedimente, abgelagert. Die pleistozäne Abfolge weist über dem bewegten Relief des tonig-schluffigen Tertiärs recht starke Mächtigkeitsschwankungen auf.

Im Laufe des Quartärs (innerhalb der letzten 2 Mio. Jahre) wurde das Untersuchungsgebiet – unterbrochen von mehreren warmzeitlichen Perioden – mindestens zweimal von Gletschern überfahren. Mittels Schmelzwasserströmen der **Saale-Eiszeit** gelangten mächtige Sand-Kiesschüttungen (glazifluviatile Sedimente) in das Untersuchungsgebiet. Der Gletscher des drenthezeitlichen Hauptvorstoßes selbst hinterließ eine Geschiebelehmedecke, die heute vielerorts zum Teil in Bohrungen oder auch nahe der Geländeoberfläche als grundwasserhemmende Einheit nachweisbar ist.

Mit dem Einsetzen periglazialer Klimabedingungen in der **Weichsel-Kaltzeit** wurden im Arbeitsgebiet fluviatile Sedimente, im Spätglazial hauptsächlich äolisches Material, abgelagert.

Charakteristisch für den nördlichen Bereich bei Delmenhorst ist die Thedinghäuser Vorgeest, in der überwiegend saale- bis weichselzeitliche und holozäne Sande fluviatilen und äolischen Ursprungs anstehen. Stellenweise sind hier auch torfige Bildungen zu beobachten. An der Geländeoberfläche der südlichen und westlichen Hochgebiete, d.h. der Delmenhorster Geest und der Syker Geest, werden dagegen überwiegend saalezeitliche Schmelzwassersedimente, Geschiebelehm, Geschiebedecksande und Flugsande angetroffen.

4.3 Beschreibung der Modelleinheiten

<u>Modelleinheit</u>	<u>Hydrostratigraphische Einheit⁵</u>	<u>Kurzbeschreibung</u>
qhy	L/H0	Künstliche Aufschüttungen (z.B. Autobahn)
qhfls	L1.2	Flugsand (Holozän)
qhhn	H1	Niedermoortorf
qh2	L1.2	Fluviatile Sande (Holozän)
qwfls qwGds qwF	L1.3	Flugsande (Weichsel-Kaltzeit) Geschiebedecksand (Weichsel-Kaltzeit) Fluviatile Sande, z.T. kiesig (Weichsel-Kaltzeit)
qee	H2	Humose Tone und Schluffe (Eem-Warmzeit)
qdlg	H3	Geschiebelehm des Drenthe-Eisvorstoßes (Saale-Eiszeit)
qdgf	L3	Schmelzwassersande/-kiese (Vorschütt-sedimente des Drenthe-Eisvorstoßes) <ul style="list-style-type: none"> • qpt_lio: eingelagerter toniger Linsenhorizont
qL qLs	H4.1	Lauenburger Ton Lauenburger Randfazies
qelg	H4.2	Geschiebelehm der Elster-Eiszeit <ul style="list-style-type: none"> • qelg_li als eingelagerte Geschiebelehm-linse bzw. -schuppe
qp-qe	L4.1/L4.2	Altquartäre bis elsterzeitliche Sande und Kiese <ul style="list-style-type: none"> • qpt_lio: eingelagerter toniger Linsenhorizont • qpi_lio: eingelagerter Torf, stark humoser Sand • qp_m-gS_li: eingelagerter sandiger Linsenhorizont
Basement	H...	Unterbau (Tertiär) des erstellten quartärgeologischen Modells: <ul style="list-style-type: none"> • Oberkante $\hat{=}$ Quartärbasis; fiktive Unterkante bei -200 m NN

⁵ LBEG (2011): Geofakten 21, Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsens – Hannover.

4.3.1 Unterbau des quartärgeologischen 3D-Modells

Der Unterbau des vorgestellten Modells besteht im Wesentlichen aus grundwasserhemmenden **tertiären Tonen** des Miozän (vermutlich dem jungtertiären „Oberen Glimmertone“). Lithologisch handelt es sich dabei überwiegend um glimmer- und glaukonithaltige Schluffe und Tone, selten um schluffige Feinstsande, von grünlicher bis dunkelgrauer Färbung.

Teilweise wurden innerhalb der tertiären Tone sandige Abschnitte angetroffen, die als Linseneinheit **tmi_gk** (dunkelgrüne bis schwarze Glaukonitsande) modelliert wurden. Diese stellen lediglich eine Zusatzinformation zum internen Aufbau des Modellunterbaus dar.

Die Oberfläche der Einheiten des Miozäns wurde in vielen Fällen durch vorliegende Bohrungen nachgewiesen; Angaben zur Tiefenlagen ihren Unterkanten, d.h. ihrer Mächtigkeiten, lieferten die Bohrungsbeschreibungen jedoch in der Regel nicht. Diese Einheiten wurden somit zur grundwasserhemmenden Modelleinheit **Basement** zusammengefasst; mit einer rein fiktiven, einheitlichen Unterkante bei -200 m NN.

Die Oberfläche der Einheit **Basement** weist ein hohes Relief auf und entspricht im Untersuchungsgebiet der Basis der quartären Lockergesteine (Quartärbasis), d.h. des für die Grundwasserbewirtschaftung relevanten Systems aus grundwasserleitenden und grundwasserhemmenden Einheiten.

In Karte 3 ist die Tiefenlage der Quartärbasis, die der Oberfläche der Modelleinheit **Basement** entspricht, dargestellt. Im Süden (Klein Ippener) und Westen (Ganderkesee) erreicht sie ein Höhengniveau von bis zu +38 m NN. Richtung Norden und Osten fällt die Quartärbasis sukzessive ab. Mit etwa +3 m NN wird der tiefste Punkt im äußersten Nordosten des Modellgebiets erreicht.

Die Verteilung der Gesamtmächtigkeit der quartären Lockersedimente oberhalb der Modelleinheit **Basement** (Karte 2) ist eng mit der Tiefenlage der Quartärbasis verknüpft. Analog zur Tiefenverteilung der Quartärbasis wird im Nordosten und Südosten mit fast 140 m die größte Gesamtmächtigkeit erreicht. Im Westen bei Ganderkesee und im Osten bei Moordeich liegen die Mächtigkeiten stellenweise bei etwa 20 m. Auf das Gesamtgebiet bezogen liegt die mittlere Mächtigkeit bei rund 65 m.

4.3.2 Modelleinheiten des frühen Pleistozäns bis zur Elster-Eiszeit

Bei den ältesten quartären Lockersedimenten, deren Unterkante durch die vorliegenden Eingangsdaten erfasst werden konnte, handelt es sich um (alt-)pleistozäne bis elsterzeitliche Sande

und Kiese (qp-qe//gf). Sie wurden zur Modelleinheit **qp-qe** zusammengefasst und sind in erster Linie in Bereichen tieferer quartärer Erosionsformen zu finden und grenzen somit direkt an die liegenden Gesteine des Tertiärs, d.h. die Modelleinheit *Basement*. Örtlich können Ton/Schluff-Horizonte in die sandig-kiesige Abfolge eingelagert sein (Modelleinheiten **qpt_lio** und **qpi_lio**). Lokal begrenzte kiesige Mittel- bis Grobsande wurden als Linsenkörper **qp_m-gS_li** modelliert.

In vielen Bohrungen sind Beimengungen von Glaukonit aufgeführt. Dieses marin gebildete Material dürfte durch Aufarbeitungsvorgänge der liegenden miozänen Abfolge in die Einheit **qp-qe** gelangt sein.

Karte 5 stellt die Tiefenlage der Basis und die Mächtigkeit der Einheit **qp-qe** dar. Innerhalb des Modellgebietes reicht ihre Basis im Nordosten bis auf -130 m NN herunter. Weitere tiefgelegene Bereiche liegen im Südosten. Während die Mächtigkeit der Einheit oftmals mit der Tiefe ihrer Basis zunimmt, zeigen sich dagegen gerade im südöstlichen Bereich geringe Mächtigkeiten bis hin zu 2 m. Die größte Mächtigkeit wird im Bereich Stickgras mit etwa 114 m erreicht, während sich die durchschnittliche Mächtigkeit auf 37 m beläuft.

Nach der für Niedersachsen gültigen Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) handelt es sich hierbei um den Grundwasserleiter **L4.1** bzw. **L4.2**. Die Linsenkörper werden dabei den Einheiten **HL4.2** (**qpt_lio** und **qpi_lio**) sowie **LH4.2** (**qp_m-gS_li**) zugeordnet.

Der Elster-Geschiebelehm (qe//Lg) wird im erstellten Untergrundmodell durch die Einheit **qelg** repräsentiert. Er liegt im Modellgebiet nur an einer Stelle östlich von Hengsterholz kleinräumig auf den Sanden der Einheit **qp-qe** vor.

Die Basis der Einheit **qelg** reicht in diesem Vorkommen von etwa +3,5 bis +10 m NN (vgl. Karte 4). Entsprechend dazu gestaltet sich die Mächtigkeit des Geschiebelehms von etwa 0,1 bis 7,5 m.

Hydrostratigrafisch wird der Elster-Geschiebelehm nach LBEG (2011) als Einheit **H4.2** geführt.

Ablagerungen der „**Lauenburger Ton**“-Fazies wurden während der späten Elster-Eiszeit in durch Gletschertätigkeit geschaffene Hohlformen wie Rinnen oder Becken sedimentiert. Um der Heterogenität der Lauenburger Sedimente Rechnung zu tragen, werden diese in **zwei Einheiten** unterschieden:

Schluffe, stark schluffige Feinst- bis Feinsande mit teilweise tonigen Beimengungen und Wechselagerungen aus diesen Lithologien, wurden in der Modellierung als Beckenablagerung „**Lauenburger Randfazies**“ (*qLs*) abgebildet, die frühzeitig oder randlich in das aufzufüllende Becken geschüttet wurden. Diese oftmals auch Glimmer und (holz)kohleführenden Feinsedimente treten im Modellgebiet vor allem im Südosten auf (vgl. Karte 5), wo sie ihre maximale Mächtigkeit von etwa 100 m erreichen. Im restlichen Gebiet treten sie nur fleckhaft auf und erreichen insgesamt eine durchschnittliche Mächtigkeit von 26 m. Die Tiefenlage der Basis dieser Einheit verläuft entsprechend ihrer Mächtigkeit, sodass im Südosten der tiefste Punkt mit etwa -85 m NN und westlich von Delmenhorst der höchste Punkt mit etwa +10 m NN erreicht wird.

Die Modelleinheit *qL* repräsentiert hingegen den eigentlichen „**Lauenburger Ton**“, einen teils schluffig-feinsandigen, glimmer- und kalkhaltigen Ton von meist dunkelgrauer bis schwarzer Farbe. Dieser tritt im Gegensatz zur Einheit *qLs* im Südosten nur sehr kleinräumig und geringmächtig auf (vgl. Karte 6). Auch im übrigen Modellgebiet ist er nur fleckhaft verteilt; schwerpunktmäßig im Norden. Seine maximale Mächtigkeit erreicht er dabei mit rund 57 m südlich von Moordeich, während sich die durchschnittliche Mächtigkeit auf etwa 12 m beläuft. Die Tiefenlage variiert dabei von -64 m NN bis hin zu +17 m NN.

Die grundwasserhemmenden Modelleinheiten *qLs* und *qL* wurden nach LBEG (2011) der hydrostratigrafischen Einheit **H4.1** zugeordnet.

4.3.3 Modelleinheiten der Saale-Eiszeit

Während der nachfolgenden Saale-Eiszeit wurde das Modellgebiet im Zuge des so genannten Drenthe-Haupteisvorstoßes vom Gletscher überfahren und erhielt im Wesentlichen seine heutige morphologische Ausprägung. Im Vorfeld wurden Schmelzwassersandserien abgelagert (*qD//gf*), die im Untergrundmodell durch die Einheit *qdgf* repräsentiert werden. Die Abgrenzung dieser sandig bis kiesigen Modelleinheit zum Liegenden war aufgrund des kaum verbreiteten elsterzeitlichen Geschiebelehms und dem dadurch verursachten direkten Aufliegen auf den Sanden der Einheit *qp-qe*, nicht allein anhand der lithologischen Bohrgutbeschreibungen möglich. ELBRACHT et al. (2007) beschreiben allerdings in der Übersicht des hydrogeologischen Teilraums der Syker Geest eine 10 bis 30 m mächtige, grobkörnige, saalezeitliche Sandserie, derer liegende Sande einen charakteristischen Gehalt an Glimmer und Glaukonit aufweisen. Diese Kriterien der Korngröße, Mineralgehalt und durchschnittliche Mächtigkeit konnten zur Abgrenzung der Einheit *qdgf* zum Lie-

genden hin herangezogen werden. Die Abgrenzung zum Hangenden konnte zusätzlich an der Verbreitung des Drenthe-Geschiebelehm orientiert werden.

In Karte 9 sind die für Einheit *qdgf* so erarbeiteten Tiefen der Basisfläche und die Mächtigkeitsverteilung im Modellgebiet dargestellt. Die Basis der Einheit *qdgf* ist hiernach in Tiefen zwischen -35 und +36 m NN zu finden, wobei sie entsprechend der Morphologie im nördlichen und östlichen Bereich tiefer liegt, während sie im Westen und Süden flacher anzutreffen ist. Die durchschnittliche Mächtigkeit der drenthezeitlichen Sande beträgt rund 14 m. Die größten Mächtigkeiten von 30 bis 40 m (punktuell maximal 46 m) sind schwerpunktmäßig in der zentralen Modellregion zu finden.

Während des Drenthe-Haupteisvorstoßes wurden außerdem zahlreiche grundwasserhemmende Schuppen aus tertiären Tonen (*qpt_lio*) in die Einheit *qdgf* eingeschuppt.

Die Drenthe-Schmelzwassersedimente werden in der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) als Aquifereinheit **L3** geführt.

Die Modelleinheit *qdlg* steht im vorgestellten Untergrundmodell für die Gletschermoränenablagerungen des Drenthe-Hauptvorstoßes der Saale-Eiszeit (*qD//Lg-Mg*). Dieser Geschiebelehm/-mergel steht nach der Geologischen Karte (GK) in den Geestbereichen, d.h. überwiegend im Westen und Süden des Modellgebietes, stellenweise oberflächennah an.

Diese Verteilung hat sich in den Bohrgutbeschreibungen bestätigt und spiegelt sich in Karte 8 wider. Die Basis der Einheit reicht von +9 m NN im nördlichen Gebiet bis +37 m NN im Süden. Die Mächtigkeit (Karte 8) kann im Norden und Westen kleinräumig Maximalwerte von über 20 m erreichen. In den übrigen Geestbereichen sind dagegen weite Bereiche mit Mächtigkeiten kleiner als 10 m zu verzeichnen. Insgesamt konnte im Gebiet mittlere Mächtigkeit von 5,7 m festgestellt werden.

Gemäß der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) handelt es sich bei dem Saale-Geschiebelehm/-mergel um die grundwasserhemmende Einheit **H3**.

4.3.4 Modelleinheit des Eem-Interglazials

An drei vereinzelt Stellen im Modellgebiet im Bereich zwischen Annenheide und Groß Mackenstedt (s. Karte 9) wurden humose Ablagerungen aufgrund von Bohrungsangaben dem Eem-Interglazial (Modelleinheit **qee**) zugeordnet.

In der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) werden eemzeitliche Sedimente als hemmende Einheit **H2** geführt.

4.3.5 Modelleinheiten der Weichsel-Kaltzeit

Während der Weichsel-Kaltzeit erreichte der Gletscher das Untersuchungsgebiet nicht mehr, d.h. es herrschten periglaziale Sedimentations- und Umlagerungsbedingungen vor.

Die fluviatilen Sedimente der Weichsel-Kaltzeit wurden im erstellten geologischen Untergrundmodell unter der Einheit **qwf** zusammengefasst. Deren Vorkommen beschränkt sich dabei auf den Bereich der *Thedinghäuser Vorgeest* im nördlichen und östlichen Bereich des Modellgebietes. Diese Sande sind abschnittsweise z.T. kiesig ausgebildet. In der geologischen Karte handelt es sich hierbei um die dort ausgewiesene Einheit *qw//p-f*. Als weiteres Abgrenzungskriterium zu liegenden sandig-kiesigen Sedimenten wurden stellenweise basale Grobsedimentlagen oder humose Horizonte genutzt.

Karte 10 stellt die Tiefenlage der Basis und die Mächtigkeit der Einheit **qwf** dar. Die Basis liegt im Zentrum des Modellgebiets bei +22 m NN und fällt in Richtung Nordosten auf bis zu -6 m NN ab. Die Mächtigkeit zeigt hingegen eine etwas diffusere Verteilung. Neben Flächen im WSG Annenheide und bei Heiligenrode, treten größere Mächtigkeiten bis zu 14 m auch punktuell im Norden von Delmenhorst und bei Blocken auf. In den zwischenliegenden Bereichen gibt es Minimalwerte von 0,5 m. Die mittlere Mächtigkeit beträgt hierbei ca. 3,7 m.

Weichselzeitliche fluviatile Sedimente werden in der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) als Aquifereinheit **L1.2** geführt.

Die Modelleinheit **qwGds** umfasst weichselzeitliche, geringmächtige, überwiegend sandige, periglaziale Umlagerungs- und Verwitterungsprodukte des liegenden Geschiebelehms. Ihre Mächtigkeit und Tiefenlage der Basis ist in Karte 11 dargestellt. Das Vorkommen beschränkt sich hauptsächlich auf den nordwestlichen Bereich des Modellgebiets. Die Tiefenlage der Basis reicht von +5 bis +44

m NN. Die Mächtigkeit der Einheit liegt zwischen 0,1 m und 12 m, mit einem Durchschnitt von etwa 1,6 m.

Entsprechend der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) werden die weichselzeitlichen Geschiebedecksande als Aquifereinheit **L1.2** eingestuft.

Während der späten Weichsel-Kaltzeit bis ins Holozän wurden in das Modellgebiet äolische Decksande (Flugsande) eingetragen und stellenweise zu Dünen aufgeweht. Im Untergrundmodell werden diese Feinsande, die durch sekundäre Prozesse auch untergeordnet mittel- bis grobsandige Anteile aufweisen können, zur Modelleinheit **qwfls** zusammengefasst.

Karte 12 stellt die Mächtigkeit der Flugsande dar, die im Mittel ca. 1,4 m beträgt, im Bereich von Dünenaufwehungen aber auch Maximalwerte von rund 13 m erreichen kann. Die Tiefenlage der Basis der Einheit (s. Karte 12) zeigt das oberflächennahe Auftreten der Flugsande und ihre Verbreitung hauptsächlich in der südlichen Modellhälfte.

Weichselzeitliche Flugsande werden in Anlehnung an die Hydrostratigrafische Gliederung (LBEG, 2011) als Aquifereinheit **L1.2** eingestuft.

4.3.6 Modelleinheiten des Holozäns

Den Abschluss der geologischen Abfolge zur Geländeoberfläche hin bilden die holozänen Einheiten, d.h. Ablagerungen und Bildungen innerhalb der letzten ca. 10.000 Jahre vor heute. Im erstellten 3D-Untergrundmodell wird dieser jüngste geologische Zeitabschnitt durch geringmächtige fluviatile Sedimente (Modelleinheit **qh2**), Niedermoortorfe (**qhhn**), Flugsande (**qhfls**) und anthropogene Ablagerungen (**qhy**) repräsentiert. Diese Einheiten wurden in erster Linie hinsichtlich ihrer Verbreitung und stellenweise auch ihrer Mindestmächtigkeiten aus der Geologischen Karte (GK50) übernommen und durch vereinzelt vorhandene Bohrdaten präzisiert.

Karte 13 stellt die Mächtigkeit und Tiefenlage der Basis der holozänen, fluviatilen Talsande (**qh2**) dar. Im Wesentlichen sind dies die Ablagerungen der holozänen *Delme*, des *Klosterbachs* und kleinerer Nebengewässer, wie des *Dünsener Bachs*, der *Heidbäke* oder des *Hombachs*. Für die Modelleinheit **qh2** konnte eine mittlere Mächtigkeit von 1,2 m und ein Maximum von 10,6 m ermittelt werden.

In der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) werden holozäne, fluviatile Talsande als Grundwasserleiter **L1.2** geführt.

In Karte 14 sind die Mächtigkeiten der Niedermoortorfe (Modelleinheit **qhhn**) und die Tiefenlage ihrer Basis dargestellt. Ihre Verbreitung in der südlichen Hälfte des Modellgebiets orientiert sich größtenteils am Verlauf des Dünsener Bachs, der Delme und kleinerer Nebengewässer. Die Niedermoore sind im Modellgebiet im Mittel 1 m mächtig. Maximale Mächtigkeiten von mehr als 5 m sind nach den vorliegenden Eingangsdaten nur sehr kleinräumig anzutreffen.

Die holozänen Torfeinheiten werden nach der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) als Grundwasserhemmer **H1** eingestuft.

Die Einheit **qhfls** umfasst holozäne Flugsande, die oftmals als Dünenkörper auch morphologisch in Erscheinung treten. Im Modellgebiet ist das Vorkommen allerdings auf einen sehr kleinräumigen und geringmächtigen Bereich westlich des WSG Annenheide beschränkt (s. Karte 15).

Nach der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) werden holozäne Flugsande als Grundwasserleiter **L1.2** eingestuft.

Die Mächtigkeiten der anthropogenen Ablagerungen bzw. Aufschüttungen (Modelleinheit **qhy**) sind in Karte 16 dargestellt. Diese wurden in erster Linie – aber nicht ausschließlich – aus den Daten des Digitalen Geländemodells abgeleitet, d.h. es handelt sich hierbei um offensichtlich nicht-natürliche Geländeerhebungen, wie Autobahnen oder Straßen.

Anthropogene Bildungen werden in der Hydrostratigrafischen Gliederung (LBEG, 2011) als stark variable Einheit **L0** geführt.

Abbildung 3 zeigt abschließend einen exemplarischen Profilschnitt im erstellten Untergrundmodell von der Syker Geest im Südwesten in die Thedinghäuser Vorgeest im Nordosten und die darin vorkommenden Modelleinheiten.

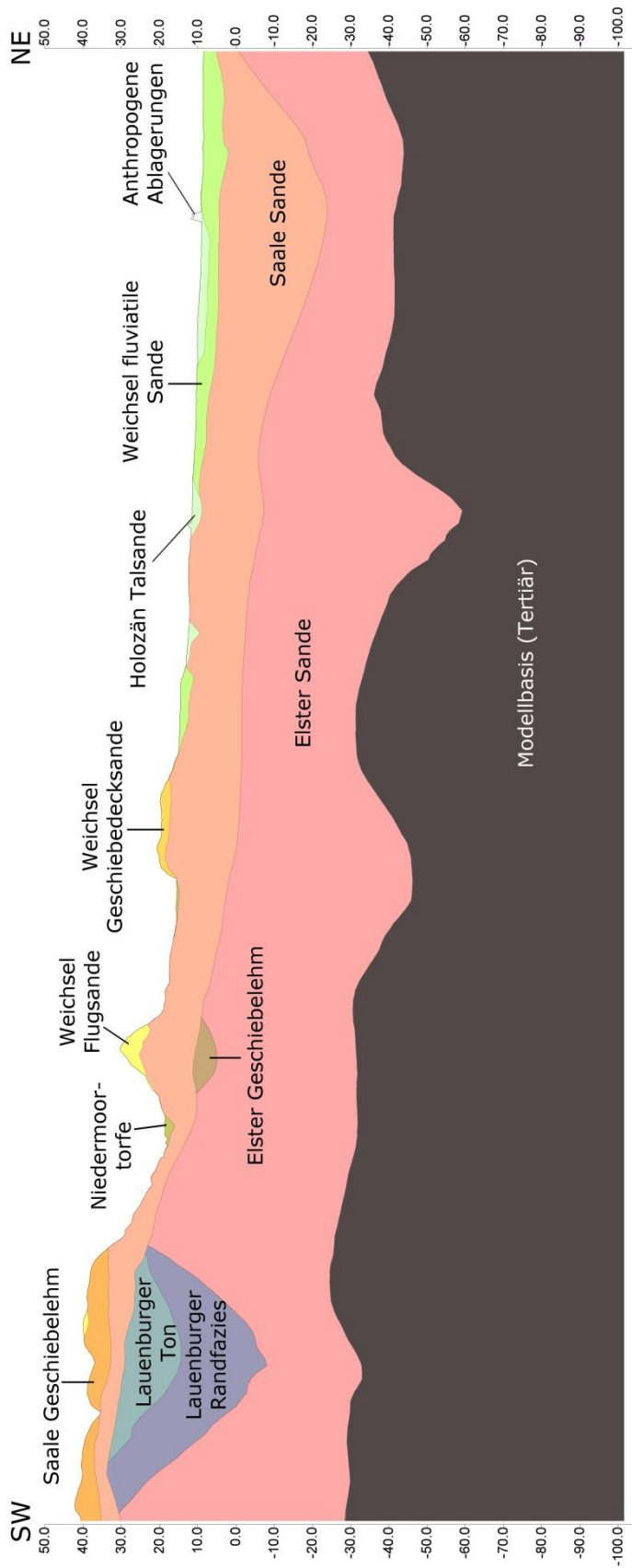


Abb. 3: Exemplarischer Profilschnitt durch das Modellgebiet von Südwesten nach Nordosten (30-fach überhöht)

Februar 2017

4.4 Hydrostratigrafische Einstufung der einzelnen Modelleinheiten

In der folgenden Tabelle sind zusammenfassend nochmals die einzelnen Untergrundmodelleinheiten sowie ihre Einordnung in die Hydrostratigrafische Gliederung von Niedersachsen (LBEG, 2011) dargestellt. Die sich aus der k_f -Klasse ergebenden k_f -Wertebereiche sind dabei als grobe Annäherungen zu betrachten. Bedingt durch örtliche geologische Gegebenheiten können die realen Durchlässigkeiten deutlich von diesen überregionalen Angaben abweichen.

3D-Modelleinheit	Hydrostratigrafie (LBEG, 2011)	k_f -Klasse (LBEG, 2011)	k_f -Wertebereich (LBEG, 2011)	Durchlässigkeit (LBEG, 2011)
qhy	L0	11	n.b.	stark variabel
qhfls	L1.2	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qhhn	H1	10	<1E-5	gering bis äußerst gering
qh2	L1.2	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qwfls	L1.3	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qwGds	L1.3	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qwf	L1.3	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qee	H2	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qdlg	H3	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qdgf	L3	3	>1E-4 bis 1E-3	mittel
qL	H4.1	6	>1E-9 bis 1E-7	sehr gering
qLs	H4.1	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qelg	H4.2	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qp-qe	L4.1/L4.2	9/2	>1E-5 bis 1E-2	mittel bis hoch
Basement	H...	10/6/5	<1E-9 bis 1E-5	gering bis äußerst gering
Linsenkörper				
qpi_li	HL4.2	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qpt_lio	HL4.2	5	>1E-7 bis 1E-5	gering
qp_m-gS_li	LH4.2	2	>1E-3 bis 1E-2	hoch
tmi_gk	LH5	4	>1E-5 bis 1E-4	mäßig

5 Zusammenfassung und Ergebnisse

Das hier vorgestellte geologische 3D-Modell im Bereich Delmenhorst stellt eine erstmalige Zusammenführung der wesentlichen Untergrund- und Oberflächeninformationen, die in den letzten Jahrzehnten für unterschiedlichste Fragestellungen erhoben worden sind, dar.

Im Bereich Delmenhorst ist ein meist zusammenhängender **Grundwasserleiter (Förderstockwerk)** aus hauptsächlich saale- bis weichselzeitlichen, sandig-kiesigen Schmelzwasser- und Flussablagerungen ausgebildet. Die Basis dieses im Allgemeinen freien Aquifers wird durch tertiäre Tone gebildet. Innerhalb des Aquifers bestehen nach Interpretation des vorliegenden Bohrdatenbestandes keine zusammenhängenden, grundwasserhemmenden Horizonte. Die auftretenden Einheiten des drenthezeitlichen Geschiebelehms, des Lauenburger Tons und der Lauenburger Randfazies unterteilen den Aquifer nur lokal. Folglich bilden die pliozänen bis elsterzeitlichen Schmelzwasserablagerungen zusammen mit den saalezeitlichen Schmelzwassersanden den Gesamtaquifer.

Ziel sollte es zukünftig sein, das erstellte 3D-Untergrundmodell sukzessive durch weitere Untergrundinformationen zu verfeinern.

6 Verwendete Literatur und Gutachten

BUNDESANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMFORSCHUNG (BFLR, 1959): Geographische Landesaufnahme: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 72 Nienburg; Bad Godesberg.






BUNDESANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMFORSCHUNG (BFLR, 1961): Geographische Landesaufnahme: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 56 Bremen; Bad Godesberg.

ELBRACHT, J., MEYER, R. & REUTTER, E. (2007): Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. – Geoberichte, 3, LBEG, Hannover.











LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (LBEG, 2011): Geofakten 21, Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens; Hannover.

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende

-  Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer
-  Wasserschutzgebiet Annenheide
-  Bohrdaten der Stadtwerke Delmenhorst GmbH
-  LBEG-Bohrungen aus dem NIBIS (Lieferung: 19.07.2016)
-  Konstruierte Profilschnitte für die Modellrechnung

Geländehöhe (Digitales Geländemodell; horizontale Zellauflösung: 25 m)

- in m NN
-  1,1 - 5
 -  5,1 - 10
 -  10,1 - 15
 -  15,1 - 20
 -  20,1 - 25
 -  25,1 - 30
 -  30,1 - 35
 -  35,1 - 40
 -  40,1 - 45
 -  45,1 - 50

Karte 01:
Lage des Modellgebietes, des Wasserschutzgebiets Annenheide, der
verwendeten Bohrdaten und des konstruierten Profilschnittnetzes

Maßstab: **1:45.000**  Meter
(auf DIN A2)

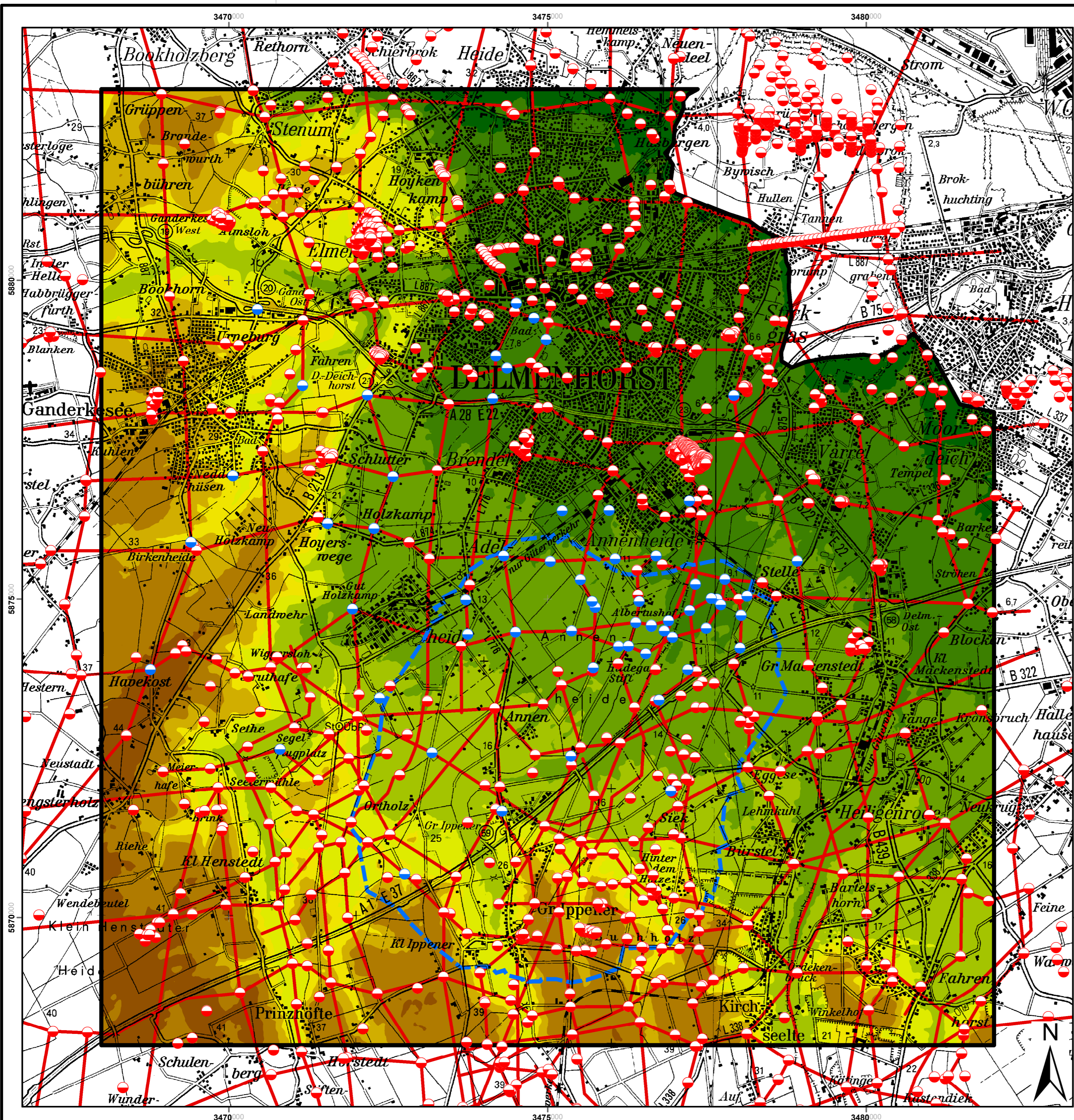
Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**

Bearbeitung: **Bearbeiter:**
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de


Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011



Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst







Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide





Mächtigkeit der quartären
Ablagerungen

in m

-  weniger als 20
-  20,1 - 40
-  40,1 - 60
-  60,1 - 80
-  80,1 - 100
-  mehr als 100

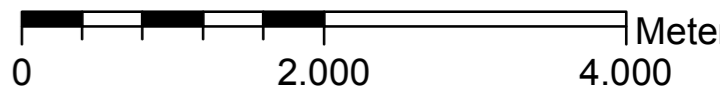
Tiefenlage der Basis der quartären
Ablagerungen (Modellbasis)

in m NN

-  höher als -20
-  -39,9 - -20
-  -59,9 - -40
-  -79,9 - -60
-  -99,9 - -80
-  tiefer als -100

Karte 02:
Mächtigkeit und Basis der quartären Ablagerungen

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



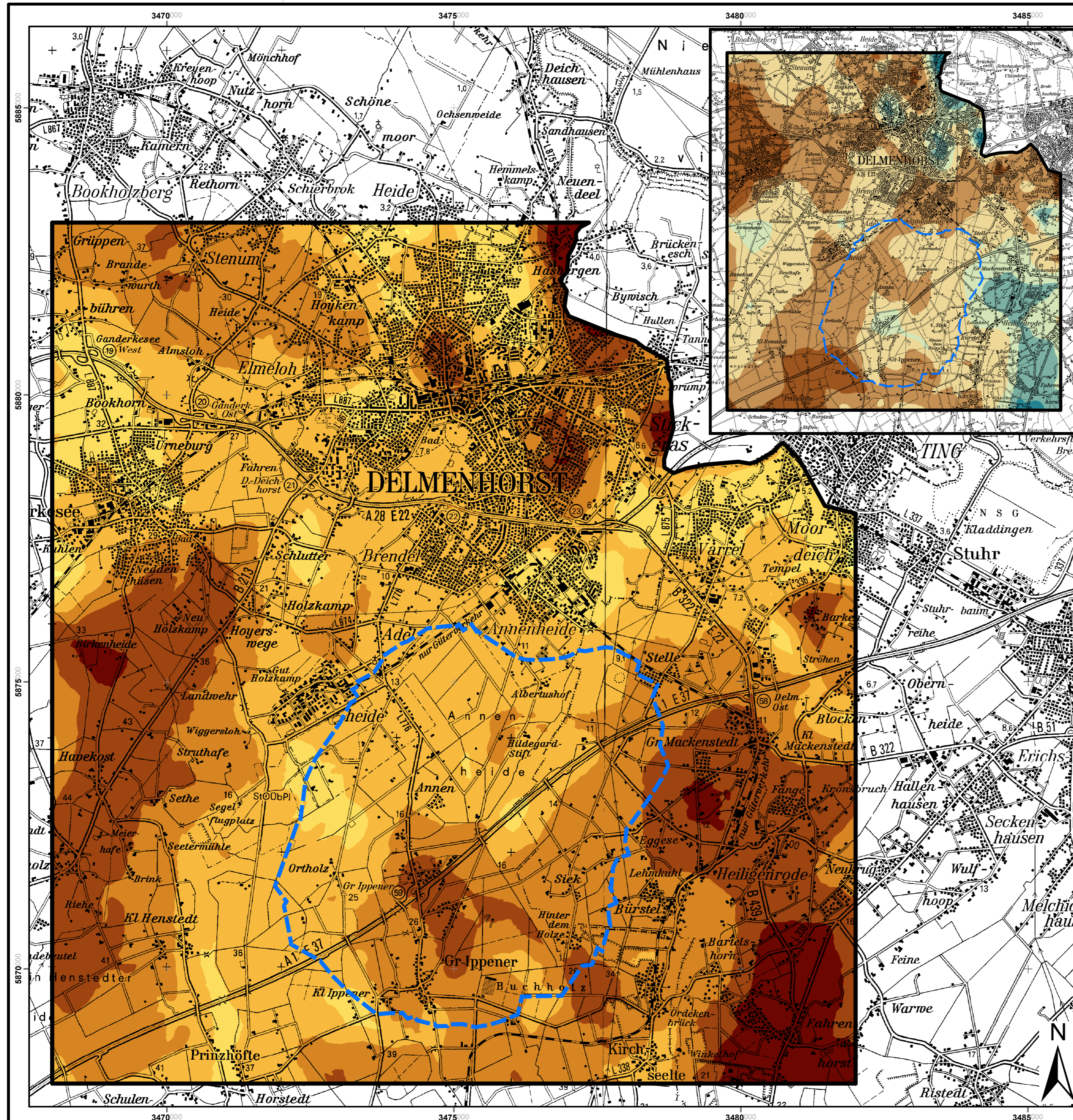
Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**

Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de


Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011



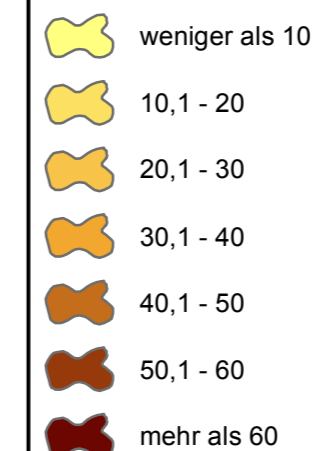
Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende

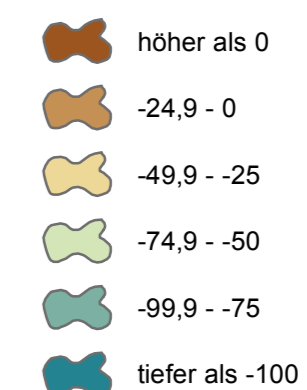
 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeiten der altpleistozänen
bis elsterzeitlichen Sande (qp-qe)
in m

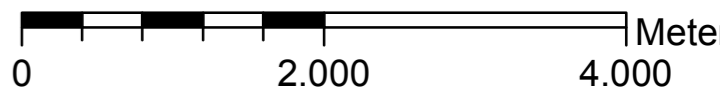


Tiefenlage der Basis der
altpleistozänen bis elsterzeitlichen
Sande (qp-qe)
in m NN



Karte 03:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qp-qe
(Altpleistozäne bis elsterzeitliche Sande)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017

 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de





Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst






Legende

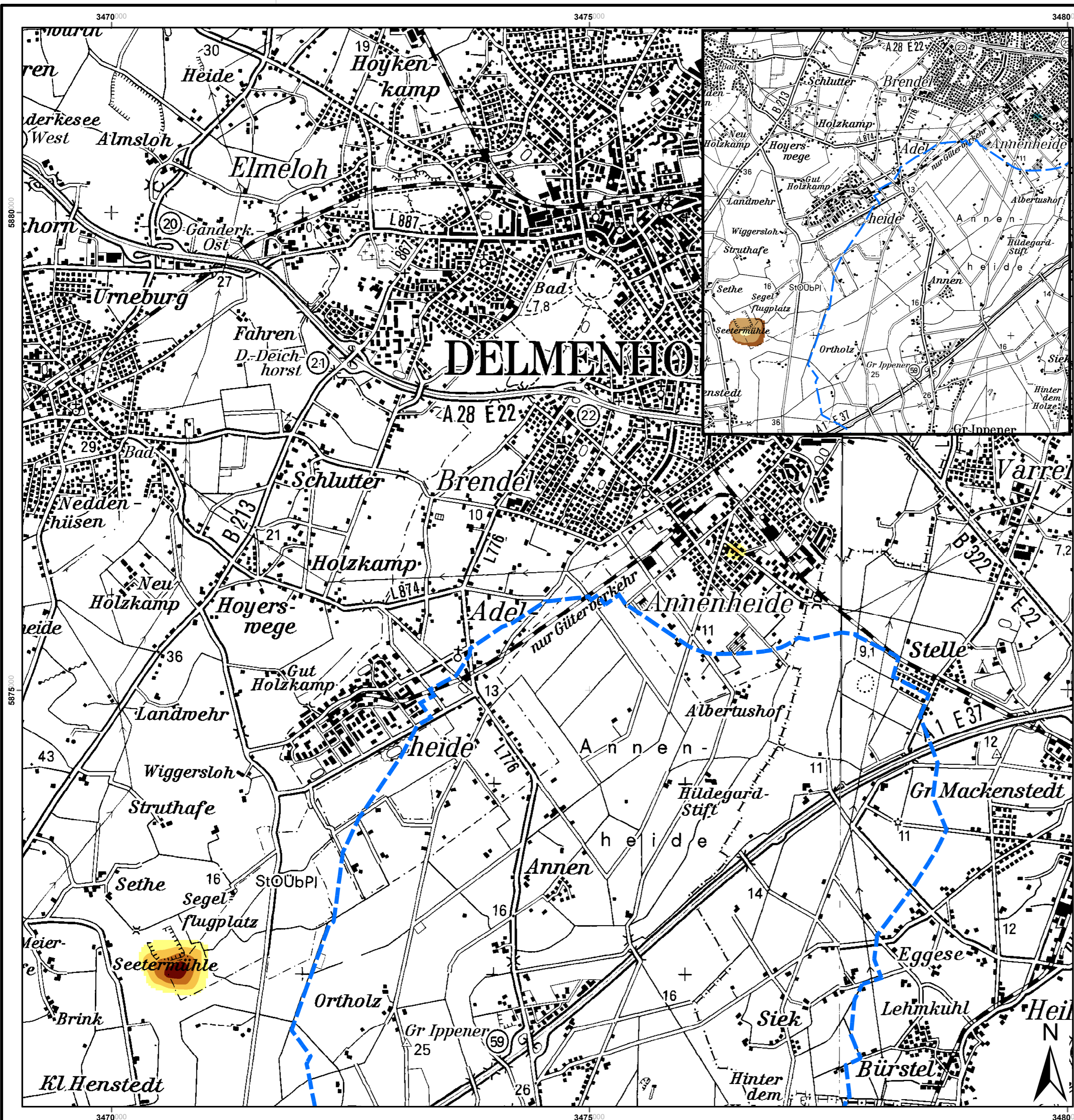
 Wasserschutzgebiet

Mächtigkeit des elsterzeitlichen
Geschiebelehms (qelg)
in m

-  0,1 - 2
-  2,1 - 4
-  4,1 - 6
-  6,1 - 8

Tiefenlage der Basis des
elsterzeitlichen Geschiebelehms
(qelg)
in m NN

-  8,1 - 12
-  4,1 - 8
-  0,1 - 4
-  -3,9 - 0
-  tiefer als -4



Karte 04:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qelg
(Elsterzeitlicher Geschiebelehm)

Maßstab: **1:30.000**  Meter
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

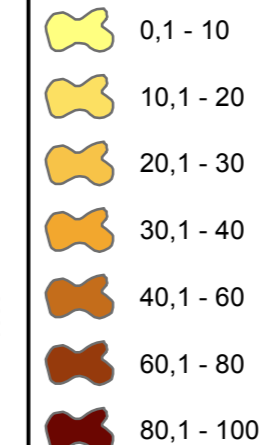
Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

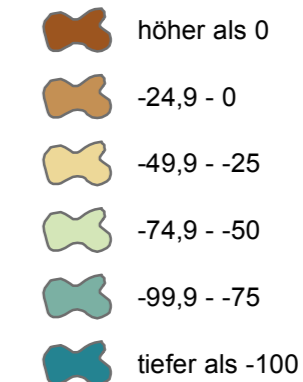
Mächtigkeit der Lauenburger
Randfazies (qLs)

in m

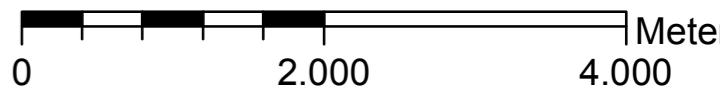


Tiefenlage der Basis der
Lauenburger Randfazies (qLs)

in m NN



Karte 05:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qLs
(Lauenburger Randfazies)

Maßstab: **1:50.000**  Meter
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende







 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit des Lauenburger Tons (qL)
in m

-  0,1 - 10
-  10,1 - 20
-  20,1 - 30
-  30,1 - 40
-  40,1 - 50
-  50,1 - 60

Tiefenlage der Basis des
Lauenburger Tons (qL)
in m NN

-  höher als 20
-  0,1 - 20
-  -19,9 - 0
-  -39,9 - -20
-  -59,9 - -40
-  tiefer als -60

Karte 06:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qL
(Lauenburger Ton)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



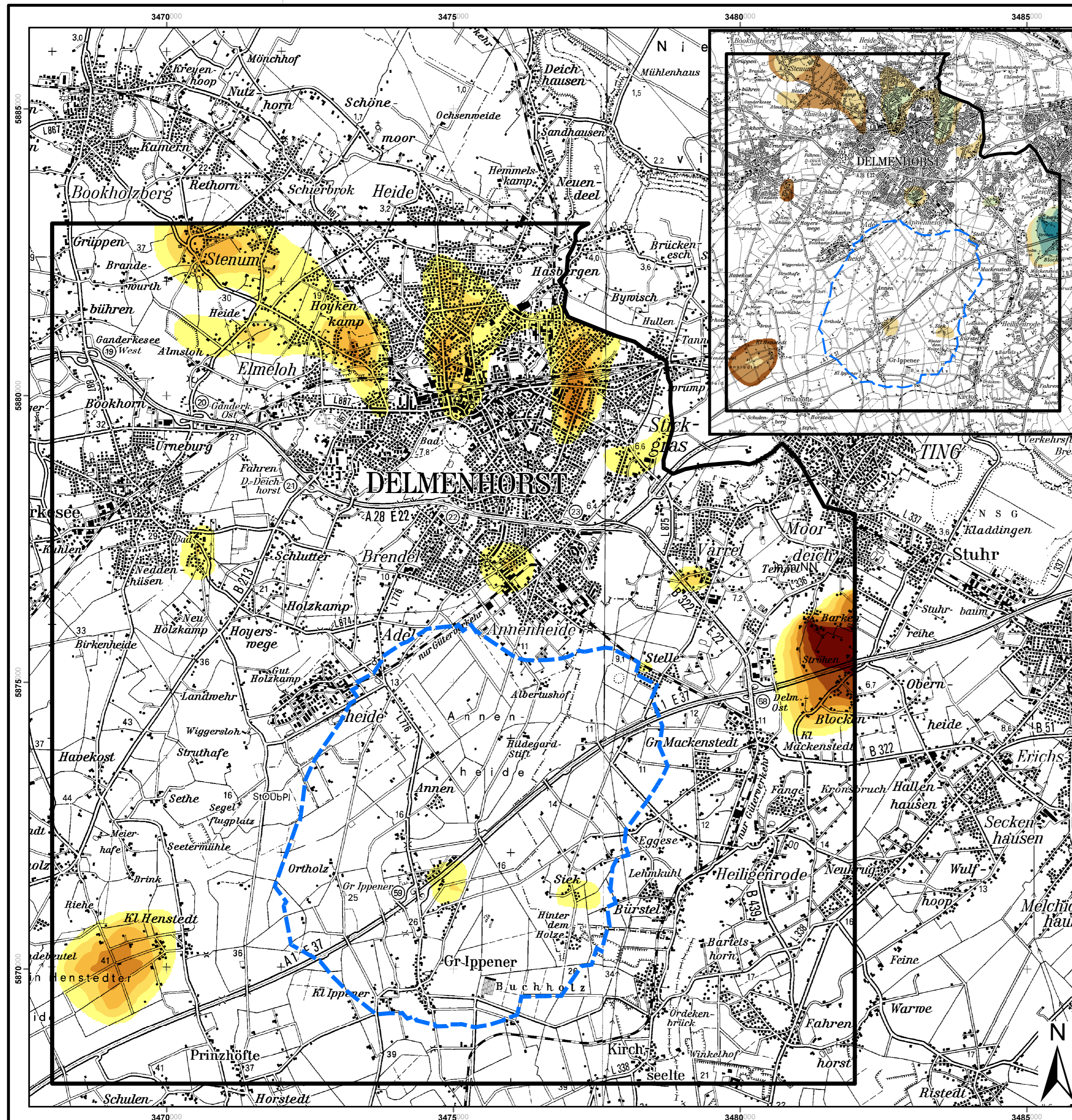
Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)

Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de


Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011




Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende






 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeiten der
drenthezeitlichen
Schmelzwassersande (qdgf)
in m

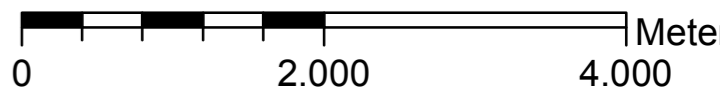
-  weniger als 10
-  10,1 - 20
-  20,1 - 30
-  30,1 - 40
-  mehr als 40

Tiefenlage der Basis der
drenthezeitlichen
Schmelzwassersande (qdgf)
in m NN

-  höher als 30
-  20,1 - 30
-  10,1 - 20
-  0,1 - 10
-  -9,9 - 0
-  -19,9 - -10
-  -29,9 - -20
-  tiefer als -30

Karte 07:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qdgf
(Drenthezeitliche Schmelzwassersande)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

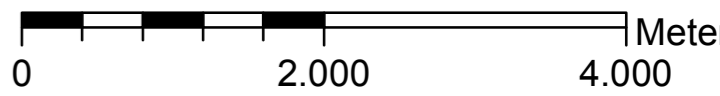
Mächtigkeit des drenthezeitlichen
Geschiebelehms (qdlg)
in m



Tiefenlage der Basis des
drenthezeitlichen Geschiebelehms
(qdlg)
in m NN



Karte 08:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qdlg
(Drenthezeitlicher Geschiebelehm)

Maßstab: **1:50.000**  Meter
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017

 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst


Legende

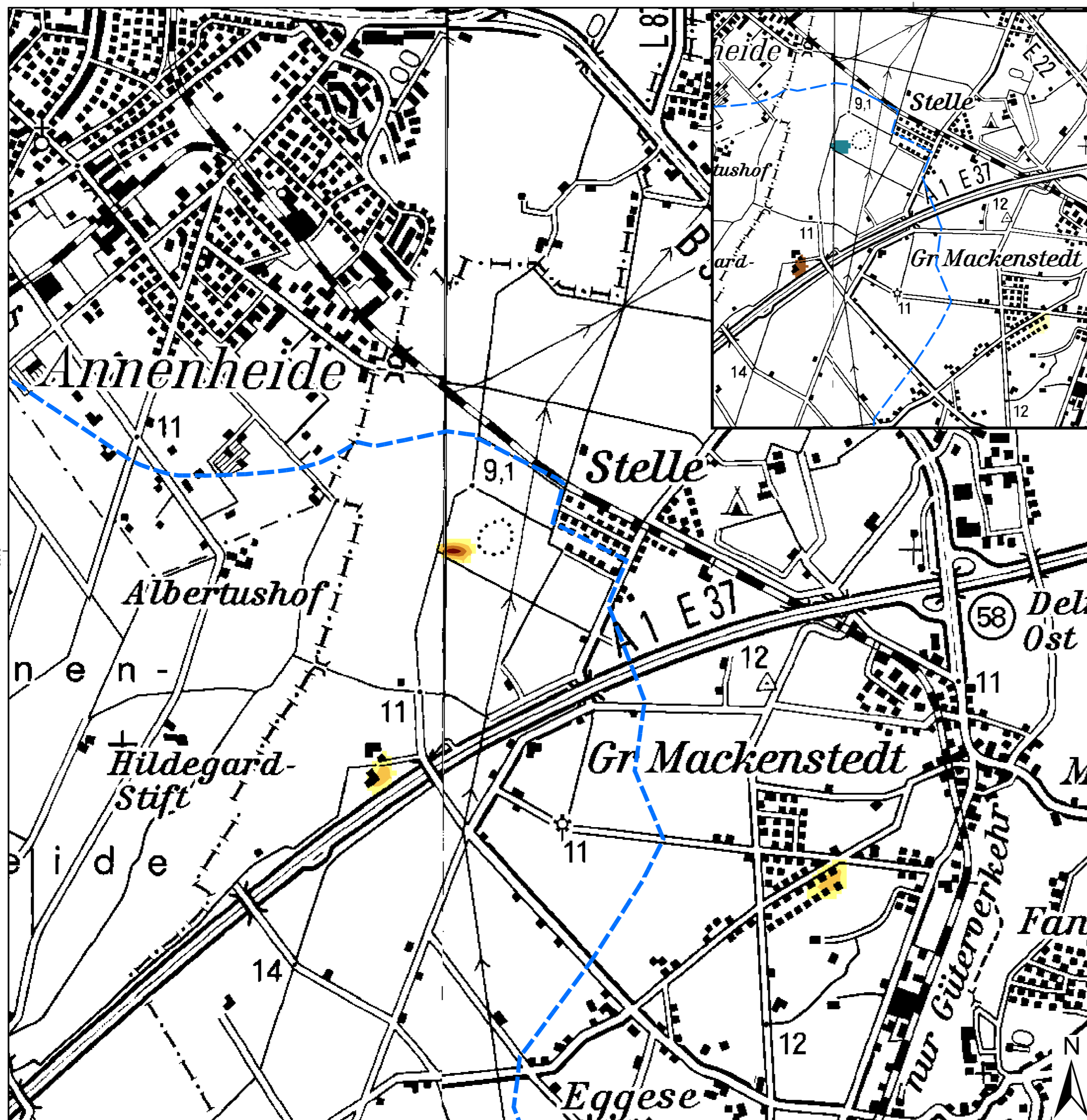
 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit der eemzeitlichen
Wattablagerungen (qee)
in m

-  weniger als 0,5
-  0,51 - 1
-  1,01 - 1,5
-  1,51 - 2

Tiefenlage der Basis der
eemzeitlichen Wattablagerungen
(qee)
in m NN

-  8,1 - 10
-  6,1 - 8
-  tiefer als 6



Karte 09:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qee
(Eemzeitliche Wattablagerungen)

Maßstab: **1:15.000**  Meter
(auf DIN A2) 0 500 1.000

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)

Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017

 **NIEDERSACHSEN WASSER**
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

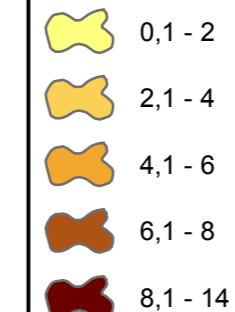
Legende

Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

Wasserschutzgebiet Annenheide

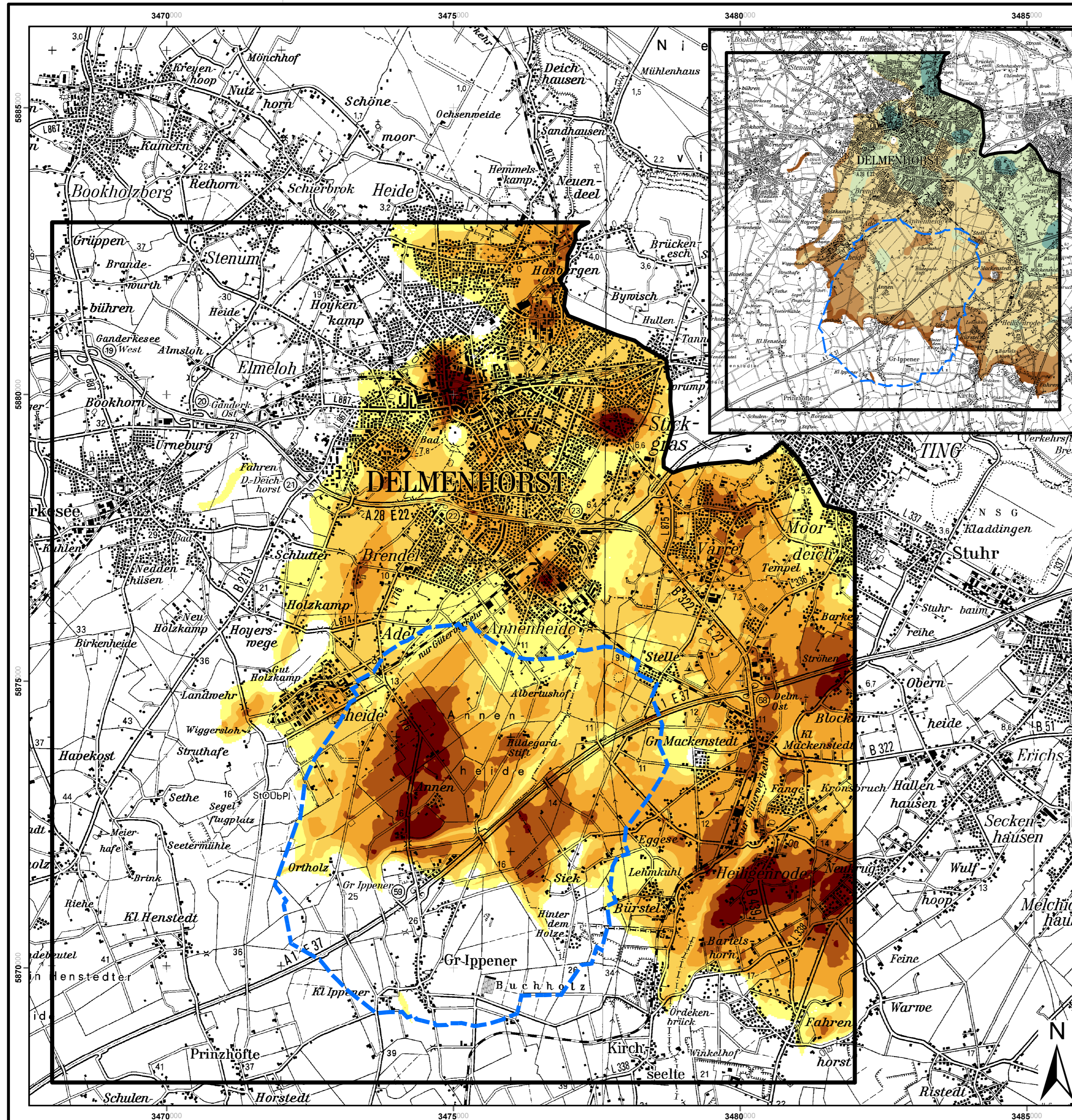
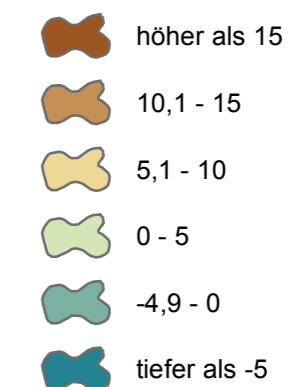
Mächtigkeit der weichselzeitlichen
fluviatilen Sande (qwf)

in m



Tiefenlage der Basis der
weichselzeitlichen fluviatilen Sande
(qwf)

in m NN



Karte 10:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qwf
(Weichselzeitliche, fluviatile Sande)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit der weichselzeitlichen
Geschiebedecksande (qwGs)

in m



Tiefenlage der Basis der
weichselzeitlichen
Geschiebedecksande (qwGs)

in m NN



Karte 11:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qwGs
(Weichselzeitliche Geschiebedecksande)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



Kartengrundlage: **TK100**

Datengrundlage: **Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)**


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

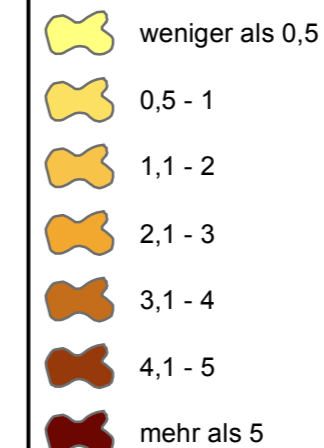
Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

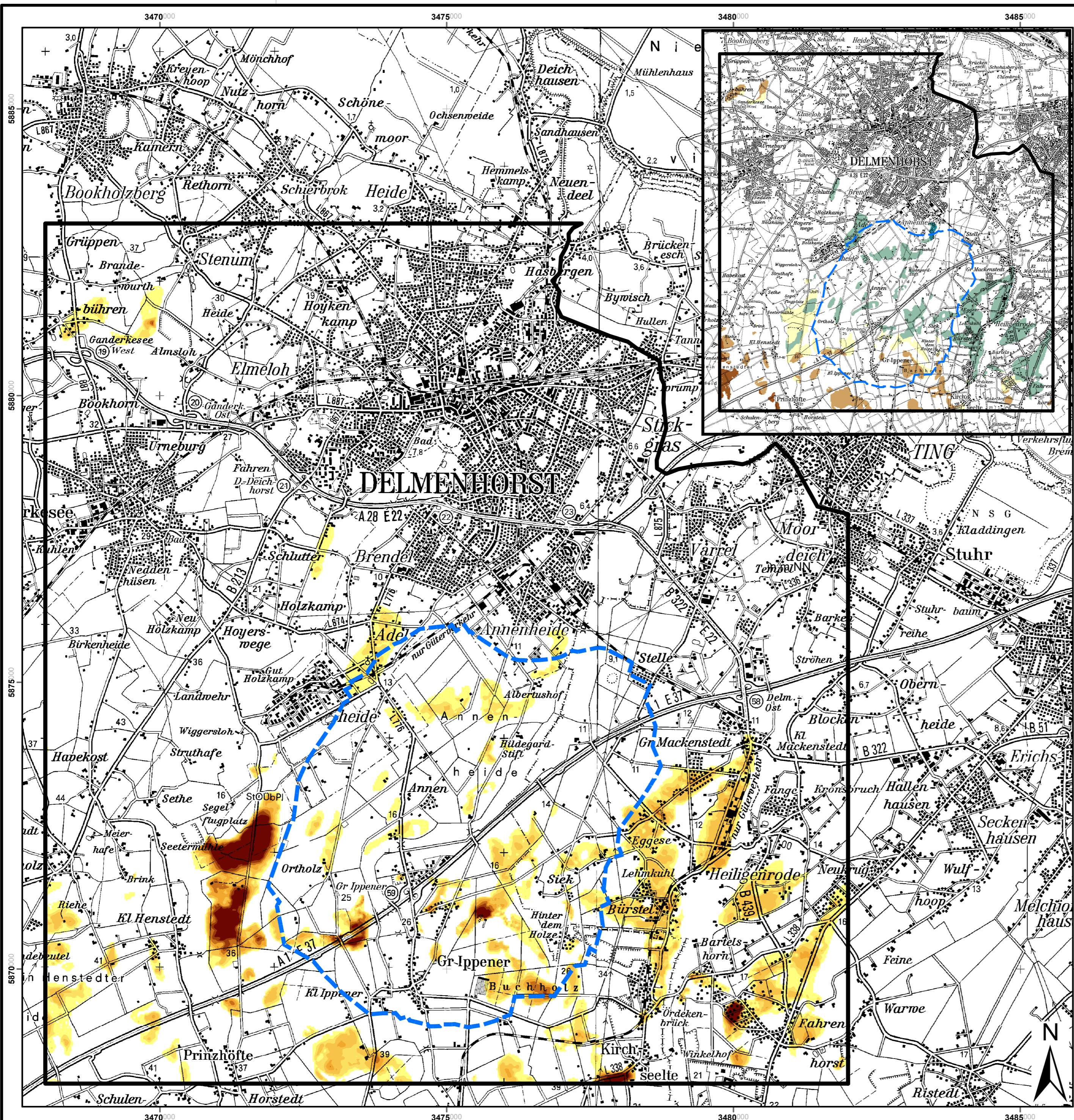
Mächtigkeit der weichselzeitlichen
Flugsande (qwfls)

in m

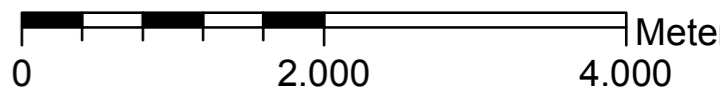


Tiefenlage der Basis der
weichselzeitlichen Flugsande
(qwfls)

in m NN



Karte 12:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qwfls
(Weichselzeitliche Flugsande)

Maßstab: **1:50.000**  Meter
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst






Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit der holozänen
Flusssande (qh2)

in m

-  0,1 - 1
-  1,1 - 2
-  2,1 - 3
-  3,1 - 4
-  mehr als 4

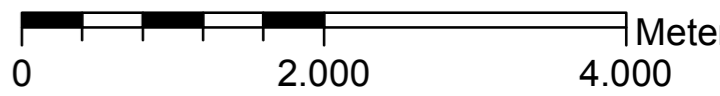
Tiefenlage der Basis der holozänen
Flusssande (qh2)

in m NN

-  15,1 - 20
-  10,1 - 15
-  5,1 - 10
-  tiefer als 5

Karte 13:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qh2
(Holozäne Flusssande)

Maßstab: **1:50.000**
(auf DIN A2)



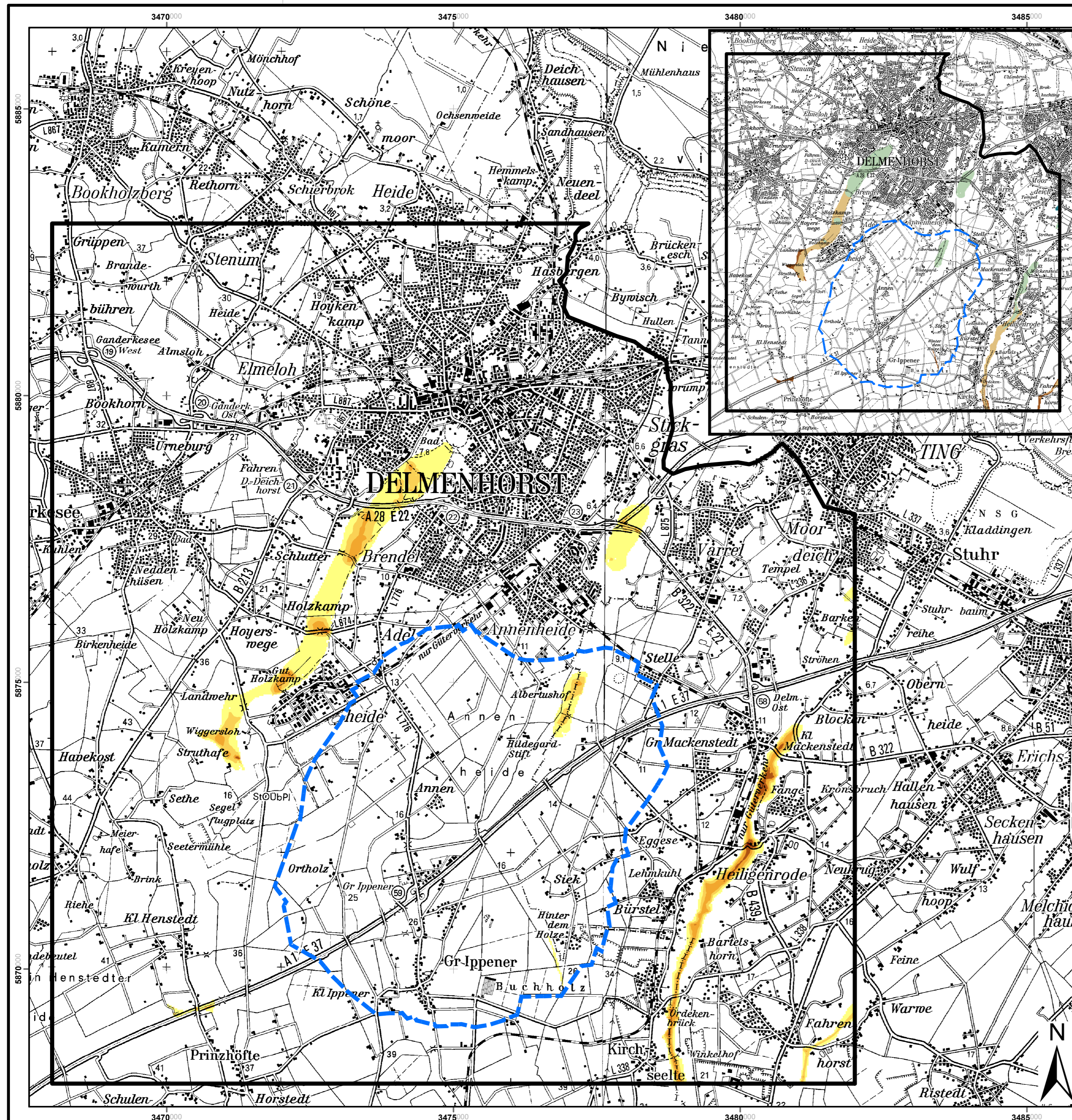
Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)

Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de


Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011



Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

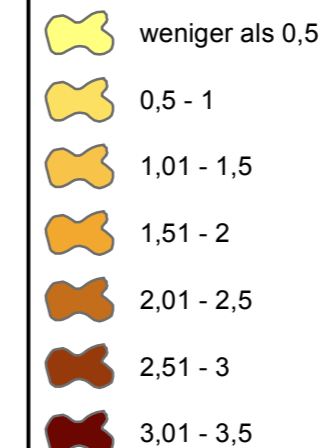
Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

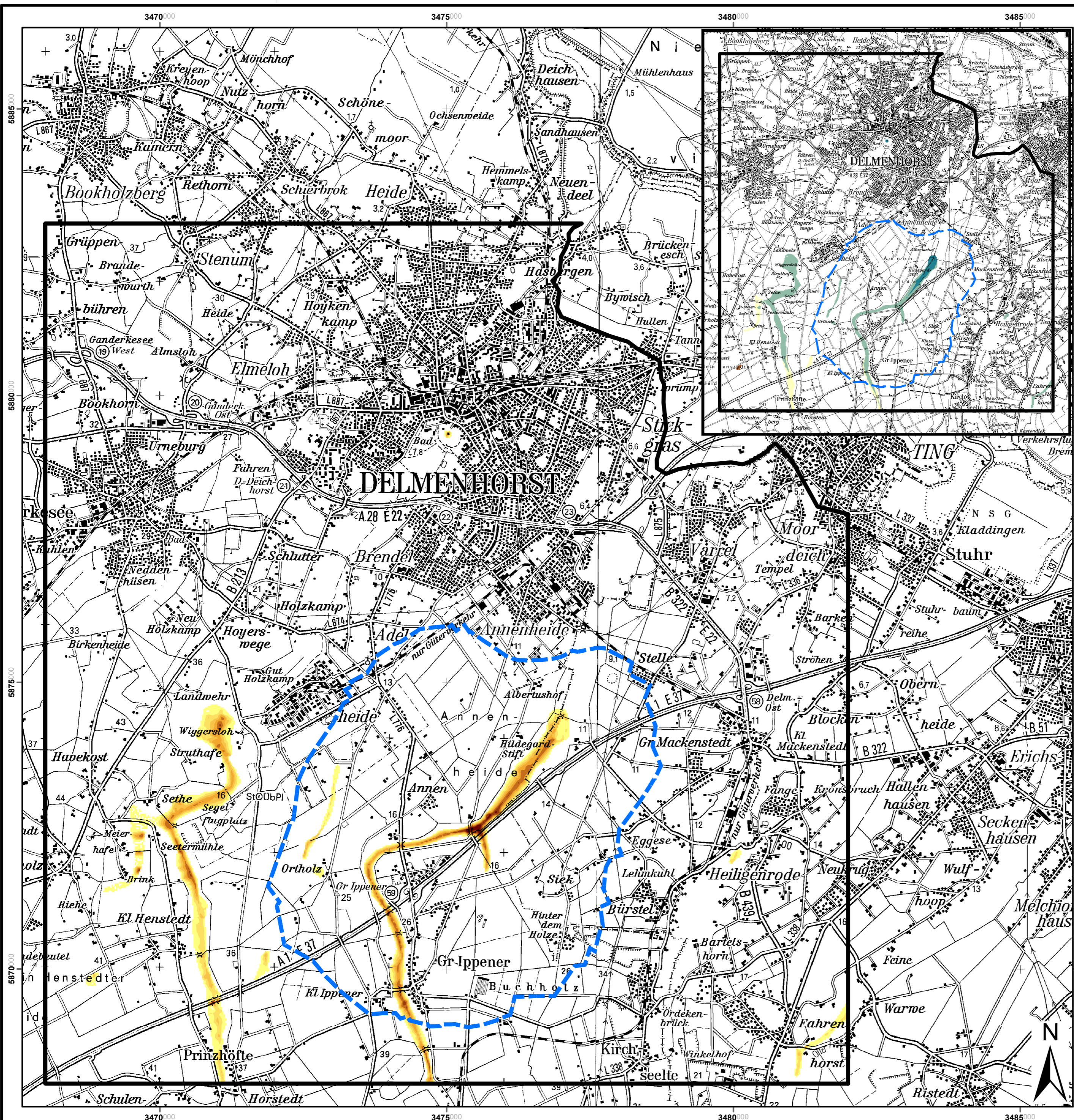
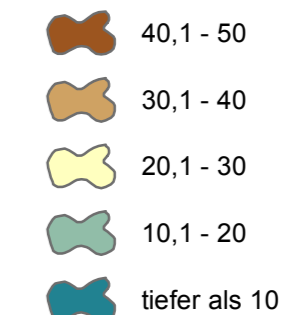
Mächtigkeit der holozänen
Niedermoortorfe (qhn)

in m

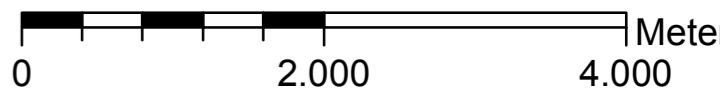


Tiefenlage der Basis der holozänen
Niedermoortorfe (qhn)

in m NN



Karte 14:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qhn
(Holozäne Niedermoortorfe)

Maßstab: **1:50.000**  Meter
(auf DIN A2)

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017

 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst

Legende

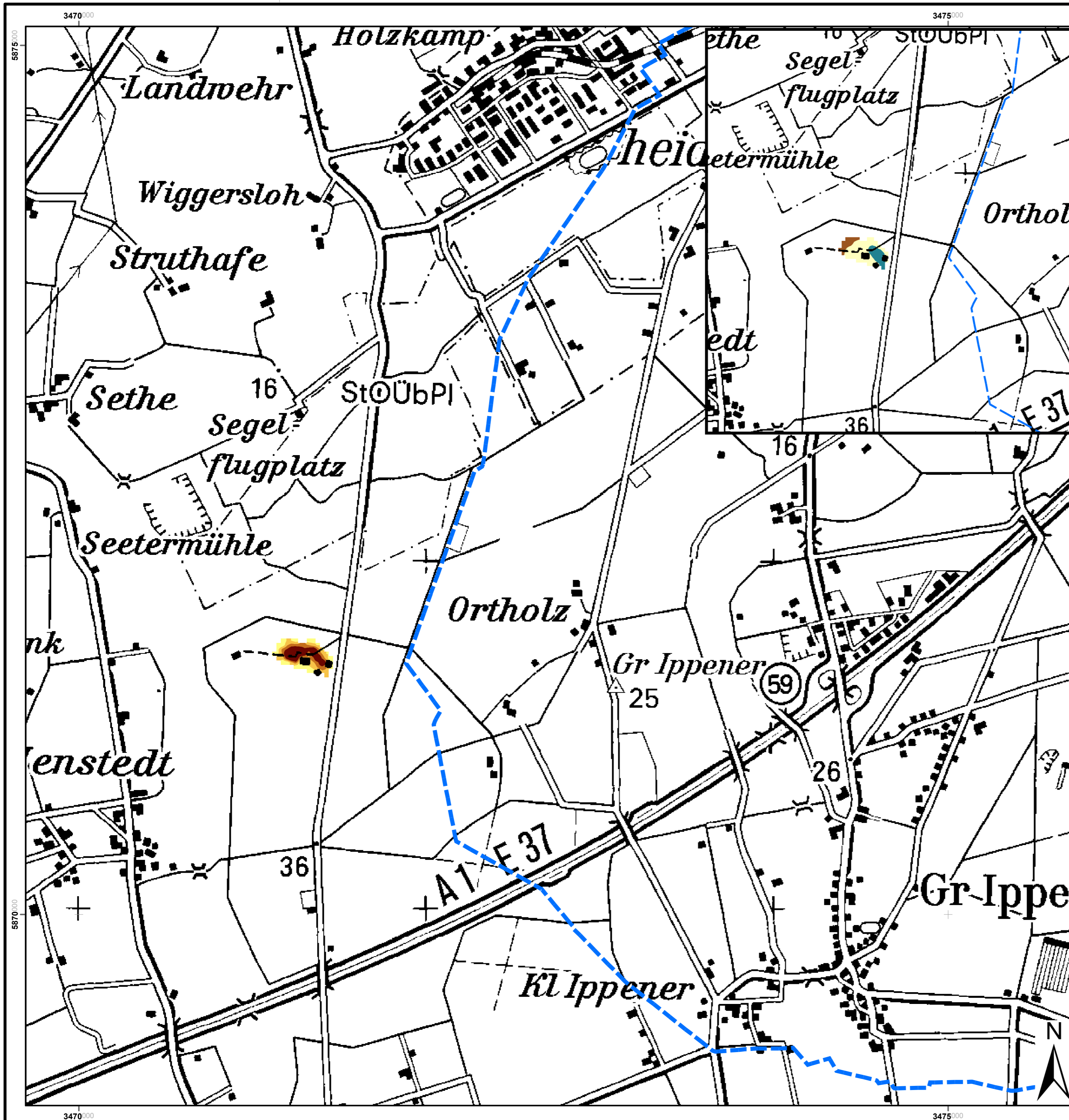
 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit der holozänen
Flugsande (qhfs)
in m

-  weniger als 0,5
-  0,51 - 1
-  1,01 - 1,5
-  mehr als 1,5

Tiefenlage der Basis der holozänen
Flugsande (qhfls)
in m NN

-  27,51 - 30
-  25,01 - 27,5
-  22,51 - 25



Karte 15:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qhfs
(Holozäne Flugsande)

Maßstab: **1:16.500** (auf DIN A2)  Meter

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)


Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017


 NIEDERSACHSEN WASSER
Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011

Geologische 3D-Untergrundmodellierung
im Bereich Delmenhorst









Legende

 Modellgrenze nach Ing.-Büro H.-H. Meyer

 Wasserschutzgebiet Annenheide

Mächtigkeit der anthropogenen
Ablagerungen (qhy)

in m

-  weniger als 0,5
-  0,5 - 1
-  1,01 - 1,5
-  1,51 - 2
-  2,01 - 2,5
-  2,51 - 3
-  3,01 - 3,5
-  mehr als 3,5

Tiefenlage der Basis der
anthropogenen Ablagerungen
(qhy)

in m NN

-  höher als 10
-  8,1 - 10
-  6,1 - 8
-  4,1 - 6

Karte 16:
Mächtigkeit und Basis der Modelleinheit qhy
(Anthropogene Ablagerungen)

Maßstab: **1:50.000**  Meter
(auf DIN A2) 0 2.000 4.000

Kartengrundlage: TK100

Datengrundlage: Geofachdaten: Stadtwerkegruppe Delmenhorst,
NIEDERSACHSEN WASSER (3D-Modell-Version: 170103)

Bearbeitung:
Bearbeiter:
J. Beienz
Stand:
03. Februar 2017

 Donnerschwer Str. 72-80
26123 Oldenburg
Telefon: 0441 / 5707 - 521
Telefax: 0441 / 5707 - 523
E-Mail: info@niedersachsen-wasser.de

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011