

Ingenieurbüro für  
Grundwasser GmbH



Mull und Partner  
Ingenieurgesellschaft mbH  
Hauptniederlassung Köln



## ***Grundwassermodell Rondorf Nordwest***

### **Variantenuntersuchung zur Seeverlegung / Verfüllung**

Auftraggeber: **Amelis Projektentwicklungs GmbH & Co. KG**  
Oskar-Jäger-Str. 173, 50825 Köln

Auftragnehmer: **M&P Ingenieurgesellschaft mbH**  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

**Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH**  
Nonnenstraße 9, 04229 Leipzig

Projekt Nr.: 2020/0028

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Thom (IBGW)  
M.Sc.-Geol. M. Vollrodt (IBGW)  
M.Sc.-Hyd. S. Köhler (IBGW)  
Prof. Dr.-Ing. H. Mansel (IBGW)  
(Sachverständiger für Montanhydrologie)  
Dipl.-Geogr. S. Hagenkamp (M&P)

Leipzig, 31.07.2020

Köln, 31.07.2020

Prof. Dr. Ing. H. Mansel  
Geschäftsführer IBGW

Dr. J. Margane  
Geschäftsführer M&P

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Anlagenverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Datenquellenverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Symbole und Abkürzungen .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Veranlassung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Beschreibung des Modellgebietes .....</b>	<b>3</b>
2.1 Geologische Verhältnisse .....	3
2.2 Hydrogeologie .....	5
2.3 Hydrologische Verhältnisse .....	6
2.4 Klima .....	7
2.5 Wassernutzungen .....	8
<b>3 Aufbau des Grundwasserströmungsmodells .....</b>	<b>9</b>
3.1 Verwendetes Programmsystem – PCGEOFIM® .....	9
3.2 Hydrogeologisches 3D-Strukturmodell „Köln“ .....	10
3.2.1 <i>Programmsystem GMS (Groundwater Modeling System)</i> .....	10
3.2.2 <i>Datengrundlagen</i> .....	10
3.2.3 <i>Horizontaler und vertikaler Modellaufbau</i> .....	11
3.3 Zeitliche Diskretisierung .....	14
<b>4 Signalmodell - Modellrandbedingungen .....</b>	<b>15</b>
4.1 Modellränder .....	15
4.2 Standgewässer .....	15
4.2.1 <i>Kurzcharakteristik</i> .....	15
4.2.2 <i>Standgewässer im Untersuchungsgebiet</i> .....	16
4.2.3 <i>Geplante Seeverlegung</i> .....	17
4.3 Flussrandbedingung - Rhein .....	17
4.4 Brunnen .....	18
4.5 Grundwasserneubildung .....	18
4.5.1 <i>Aufbau eines Bodenwasserhaushaltsmodells</i> .....	18

---

4.5.2	Amtlicher Referenzdatensatz – Mittlere GWN 1971-2000 (mGROWA) [D8] .....	19
4.5.3	Klimatische Randbedingungen .....	20
4.5.4	Instationäre Vorgabe der Grundwasserneubildung im Grundwassermodell .....	21
<b>5</b>	<b>Modellkalibrierung .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Modellvarianten .....</b>	<b>25</b>
6.1	Variante 0 - Istzustand .....	25
6.2	Variante 1 – Seeverlegung und Teilverfüllung .....	26
6.3	Variante 2 - Seeverfüllung .....	26
<b>7</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>28</b>
7.1	Allgemeine Grundwasserdynamik .....	28
7.2	Grundwasserverhältnisse unter verschiedenen Abflussbedingungen .....	28
7.3	Bahnlinienberechnung .....	29
7.4	Variantenvergleich .....	30
<b>8</b>	<b>Uferlinien nach aktuellem Planungsstand 03/2020 (Variante 3) .....</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>33</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stratigraphische Gliederung des Modells (in Anlehnung an L6 und L7)	4
Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der Referenzperioden 1981-2010 der Köln Flughafen	7
Tabelle 3: Modellgrundwasserleiterzuordnung	12
Tabelle 4: Modelleingangsdatei mit monatlicher Grundwasserneubildung [ $l/s \cdot km^2$ ]	21

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schollenaufbau der Niederrheinischen Bucht (Modellgebiet - grüner Rahmen; [L4])	3
Abbildung 2: vereinfachte Darstellung zur Verbreitung der quartären Schichten im UG [D1]	5
Abbildung 3: Vergleich: Wasserstand Pegel-Rhein und Grundwasser (GWM70405311-rheinnah und GWM76533918-rheinfern)	7
Abbildung 4: Diskretisierung der Grundwasserleiter in finite Volumina	9
Abbildung 5: horizontale Modelldiskretisierung	11
Abbildung 6: Modellschnitte	13
Abbildung 7: Prinzipdarstellung der Modellankopplung eines Standgewässers an die MGWL	16
Abbildung 8: Geplante Seeverlegung Bauvorhaben Rondorf Nordwest	17
Abbildung 9: Berechnete jährliche Grundwasserneubildung in unterschiedlichen Teilräumen des Modellgebietes im Zeitraum 1971-2018	19
Abbildung 10: Unterteilung des Gebietes in 7 GWN-Zonen (Grundlage: berechnete mittlere Grundwasserneubildung im Zeitraum 1971-2000 nach dem mGROWA-Verfahren)	20
Abbildung 11: Korrigierter Niederschlag und Grasreferenzverdunstung am Standort Köln	21
Abbildung 12: Modellanpassung 1:1 Plot	23
Abbildung 13: Berechnete vs. Gemessene Ganglinien: GWM-73536910 (Kiessee Rondorf) und 73540535 (Rheinufer), Brunnen-Wasserwerk Hochkirchen und Rhein	24
Abbildung 14: Überblick Variante 0	25
Abbildung 15: Überblick Variante 1	26
Abbildung 16: Überblick Variante 2	27
Abbildung 17: Vergleich der Strömungsrichtung im (V0-Istzustand)	29
Abbildung 18: Teilverlegung des Galgbergsees in Köln Rondorf Nordwest (Quelle: Amelis, 03/2020)	31
Abbildung 19: Überblick Variante 3	32

## Anlagenverzeichnis

	<b>Maßstab</b>
<b>Anlage 1 Übersichtskarte – Grundwassermodell Rondorf Nordwest</b>	1:25000
<b>Anlage 2 Modellaufbau</b>	
Anlage 2.1 Darstellung des Modellgebietes und der hydraulischen Randbedingungen	1:25000
Anlage 2.2 Grundwassergleichen berechnet mit GWM– 05/2008	1:25000
Anlage 2.3 Berechnete Grundwasserganglinien	
<b>Anlage 3 Modellergebnisse – Hydroisohypsen</b>	
Anlage 3.1 Hydroisohypsen mittlere Verhältnisse	
3.1.1. V0 – Istzustand	1:10000
3.1.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
3.1.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
3.1.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
Anlage 3.2 Hydroisohypsen Niedrigwasser-Verhältnisse	
3.2.1. V0 – Istzustand	1:10000
3.2.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
3.2.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
3.2.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
Anlage 3.3 Hydroisohypsen Hochwasser-Verhältnisse	
3.3.1. V0 – Istzustand	1:10000
3.3.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
3.3.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
3.3.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
<b>Anlage 4 Modellergebnisse – Bahnlinien</b>	
Anlage 4.1 Bahnlinien mittlere Verhältnisse	
4.1.1. V0 – Istzustand	1:10000
4.1.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
4.1.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
4.1.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
Anlage 4.2 Bahnlinien Niedrigwasser-Verhältnisse	
4.2.1. V0 – Istzustand	1:10000
4.2.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
4.2.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
4.2.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
Anlage 4.3 Bahnlinien Hochwasser-Verhältnisse	
4.3.1. V0 – Istzustand	1:10000
4.3.2. V1 – Seeverlegung und Teilverfüllung	1:10000
4.3.3. V2a – Seeverfüllung mit ortstypischem Material	1:10000
4.3.4. V2b – Seeverfüllung mit bindigem Material	1:10000
<b>Anlage 5 Präzisierung der Uferlinie nach aktuellem Planungsstand</b>	1:10000

## Literaturverzeichnis

- L1 PCGEOFIM - Anwenderdokumentation, Version 8.4; Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Leipzig, 2003.
- L2 AQUAVEO, „GMS User Manual (v8.3) - <http://www.aquaveo.com>,“ AQUAVEO, Provo, 2012
- L3 GD NRW – Geologischer Dienst von Nordrhein-Westfalen - Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen; Krefeld, 2016
- L4 Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen – Bürgerinformationsdienst Braunkohle: Geologie im Rheinischen Revier (Stand: 2019)
- L5 Nickel, E., - Dissertation – Oligozäne Beckendynamik und Sequenzstratigraphie am Südrand des Nordwesteuropäischen Tertiärbeckens; Bonn , 2003
- L6 GD NRW – Geologischer Dienst von Nordrhein-Westfalen – Stratigraphische Gliederung des Tertiärs; Krefeld, 2016
- L7 GD NRW – Geologischer Dienst von Nordrhein-Westfalen – Stratigraphische Gliederung des Quartärs; Krefeld, 2016
- L8 Boenigk, W. – Die flussgeschichtliche Entwicklung der Niederrheinischen Bucht im Jungtertiär und Altquartär, A. Aufsätze 28; Öhringen/Württ., 1978
- L9 Kehl, M. et al. – Exkursionsführer - Löss und Paläoböden an Nieder- und Mittelrhein: Chronologie, Pedostratigraphie und Bezüge zur Paläolithikforschung; Brühl 2017
- L10 Mattheß, G. ; Ubell, K. – Allgemeine Hydrogeologie Grundwasserhaushalt, Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1, Berlin; 1983
- L11 Winter, K.-P. – Untere Mittelterrasse und Krefelder Mittelterrasse im Südtteil der Niederrheinischen Bucht, Eiszeit und Gegenwart Band 21; Frankfurt a.M., 1970
- L12 ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) – ArcGIS für Desktop Hilfe
- L13 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft – Lexikon der Geographie, Stand Januar 2019
- L14 AD-HOC Arbeitsgruppe Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Staatliche Geologische Dienste Bundesrepublik Deutschland, 5. Auflage. – Hannover, 2005
- L15 ATV-DVWK: Merkblatt 504: Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Hennef, 2002
- L16 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: BÜK 1000. Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:1.000.000. – Hannover, 2019
- L17 DVWK: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238/1996, 1996
- L18 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50.000. Blatt L5106 Köln. – Krefeld, 1972
- L19 Glugla, G.: Berechnungsverfahren zur Ermittlung des aktuellen Wassergehaltes und Gravitationswasserabflusses im Boden. In: Albrecht-Thaer-Archiv 13, S. 371-376, 1969
- L20 Hermann, F. et al.: Zeitlich und räumlich hochaufgelöste flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Niedersachsen mit dem Modell mGROWA. Hydrologie u. Wasserbewirtschaftung, 57 (5), 206-224. – Koblenz, 2013
- L21 Richter, D.: Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik. Ein Handbuch für die Praxis, Reihe B, Band 6 „Verdunstung“, 1984
- L22 Richter, D.: Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, - Offenbach a. M., 1995

## Datenquellenverzeichnis

- D1. BGR Geoviewer – Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (GK1000), online zur Verfügung gestellte Shapes (Stand 2003) (<https://geoviewer.bgr.de/ct-mapapps-webapp-4.5.0/resources/apps/geoviewer/index.html?lang=de>)
- D2. Landesamt für Wasser und Abfall NW - Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Profilkarte, 1:25.000; Essen, 1992, 1985, 1961 - Blätter 5107 - Brühl, 5108 - Porz am Rhein, 5007 – Köln
- D3. Geologischer Dienst NRW – Isolinien der Quartärbasis (Shape-Format)
- D4. Geologischer Dienst NRW – 3D Strukturmodell von Nordrhein-Westfalen (10-fach überhöht)
- D5. Geologischer Dienst NRW – Bohrungen in NRW (online-Portal – Stand Januar 2019) (<http://www.bohrungen.nrw.de/bohrungen.html?lang=de>)
- D6. Land NRW (2019) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)) – Digitales Geländemodell (ETRS/UTM) – DGM1 (1 m Gitterweite)
- D7. Deutscher Wetterdienst: Bereitstellung von Tageswerten hydrometeorologischer und meteorologischer Messgrößen für die Station Köln-Bonn. – Berlin, 2019
- D8. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Bereitstellung der mittleren Grundwasserneubildung des Zeitraums 1971-2000. – Recklinghausen, 2019
- D9. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Grundwasserstände von 350 Messstellen im Untersuchungsgebiet; E-Mail vom 12.02.2019
- D10. Rheinenergie AG: Übermittlung von Förderraten der Brunnengalerien Hochkirchen und weißer Bogen sowie Ausbauprofile der Einzelbrunnen; E-Mail vom 12.02.2019
- D11. Erftverband: Grundwasserstände und Ausbauprofile von Messstellen im Untersuchungsgebiet; E-Mail vom 07.02.2019
- D12. Bezirksregierung Köln: Wasserbuchblätter und Informationen zu Entnahme-/Einleitmengen im UG aus dem Wasserbuch; E-Mails vom 13./14.02.2019
- D13. Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz: Grundwasserauskunft; E-Mail vom 20.12.2018
- D14. Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Rhein, Sachbereich 3, Gewässervermessung: Querprofile des Rheins im LS498 und HS160 aus 2016; E-Mail vom 20.12.2018
- D15. Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Rhein, Sachbereich 3, Gewässervermessung: Stromachse des Rheins; E-Mail vom 21.12.2018
- D16. Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Rhein, Gewässerkunde Niederrhein: Tagesmittelwerte des Rheinpegel Kölns für 2018, WSP-Lagen für den Streckenbereich km 660 - km 687; E-Mail vom 03.01.2019
- D17. Geologischer Dienst NRW, Fachbereich 21, Fachinformationssystem Geologie: Hydrologische Profilkarten Porz und Brühl; 07.01.2019
- D18. Basell Polyolefine GmbH, Umweltschutz und Genehmigungsverfahren: Förderraten der von Basell betriebenen Brunnen; E-Mail vom 25.01.2019
- D19. Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR, Hochwasserschutzzentrale: Schlüsselkurve des Rheins; E-Mail vom 21.01.2019
- D20. Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR, Hochwasserschutzzentrale: Daten des Köln-Pegels seit 1816; E-Mail vom 21.01.2019
- D21. Shell Deutschland Oil GmbH: Förderraten der Brunnen des Shellwerkes in Godorf; E-Mail vom 28.01.2019
- D22. Stadt Köln - Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz / Sanierungen und Grundwasserschutz: Grundwasserstandsdaten der städtischen Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet; E-Mail vom 07.02.2019
- D23. Planungsbüro Koenzen: Digitales Geländemodell – Planung zum teilverfüllten See; 09.03.2020
- D24. Geologischer Dienst NRW: Bohrungen im Untersuchungsgebiet; Online-Zugriff am 23.01.2019
- D25. Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Pegelinformationen; Online-Zugriff am 01.02.2019
- D26. Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz - ELWAS-WEB: Übersicht der Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet und deren Lage im Grundwasserkörper; Online-Zugriff am 13.02.2019

D27. Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz - NRW Umweltdaten vor Ort: Informationen zu Landschafts- und Naturschutzgebieten, Wasserschutzgebieten und Niederschlagsdaten; Online-Zugriff am 04.04.2019

## Symbole und Abkürzungen

AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
DGM	Digitales Geländemodell
dh	Delta h (Wasserspiegelunterschied)
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
GWN	Grundwasserneubildung
GWST	Grundwasserstand
IBGW	Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH
KVB	Kölner Verkehrs-Betriebe
MGWL	Modell-Grundwasserleiter
PFT	Perfluorierte Tenside
NHN	Normalhöhennull
RB	Randbedingung
TIN	Triangulated Irregular Network (unregelmäßiges Dreiecksnetz)
UG	Untersuchungsgebiet

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Amelis Projektentwicklungs GmbH & Co. KG Köln, entwickelt das Plangebiet „Rondorf Nordwest“. In dem städtebaulichen Plangebiet sollen ca. 1.000 Wohneinheiten, eine Kita, Schulen, Sportflächen und eine erweiterte Verkehrsanbindung durch Umgehungsstraßen und Schienentrassen der Stadtbahnlinie der KVB realisiert werden.

Zur Realisierung des B-Plans bzw. der Bebauung ist der vorhandene Galgenberg See teilzufüllen. Das Konzept hierzu wurde vom Planungsbüro Dr. Koenzen erarbeitet.

Im unmittelbaren Abstrom des Sees befinden sich die Wasserschutzzone II bzw. in ca. 400 m die Entnahmebrunnen des Wasserwerks Hochkirchen. Weiterhin gibt es ca. 500 m nordwestlich des Sees private Entnahmebrunnen (Am Heidekaul).

Im Rahmen eines Prescopingtermins bei der Stadt Köln am 06.11.2018 wurde seitens der Ordnungsbehörden der Stadt Köln, vertreten durch das Umwelt- und Verbraucherschutzamt, das Gesundheitsamt sowie den Wasserwerksbetreiber, die RheinEnergie AG, ein Grundwassermodell gefordert.

Dies begründet sich u.a. auf die bestehende Grundwasserverunreinigung mit Perfluorierten Tensiden (PFT) im Umfeld des Sees. Nach vorliegenden Informationen handelt es sich hierbei um einen im Anstrom befindlichen aktenkundigen Schadensfall der Basell Polyolefine GmbH im Süden des B-Plangebietes. Der Schaden wird derzeit im Bereich der Schadensquelle hydraulisch saniert. Im Bereich des gegenständlichen Sees, d.h. im Bereich der Schadstofffahne wurde 2018 eine PFT-Konzentration von 1.075 ng/l ermittelt. Auch die nordwestlich gelegenen privaten Entnahmebrunnen weisen bereits PFT-Konzentrationen im Bereich von 10-260 ng/l auf.

Das Grundwassermodell soll aufzeigen, ob sich durch die geplante Seeverlagerung nachteilige hydraulische Auswirkungen der Grundwasserströmung und damit auch der Schadstoffe ergeben – vor allem im Bereich der Objekte „Am Heidekaul“ bzw. der Wasserfassung Hochkirchen der Rheinenergie AG. Mit Hilfe des Grundwassermodells soll gezeigt werden, ob eine Verunreinigung der Brunnen „Am Heidekaul“ mit PFT durch die Seeverlegung oder Seeverfüllung begünstigt wird.

Entsprechend den Nachforderungen der Stadt Köln bzw. der RheinEnergie AG im Zuge der Präsentation der ersten Ergebnisse des Grundwassermodells am 20.03.2019 wurde das Modellraster für einen Teilbereich von 50m auf 25m und schließlich 12,5 m (s. Abbildung 5) verfeinert.

Für die Identifikation evtl. auftretender Veränderungen in der Grundwasserströmungsrichtung werden vorerst insgesamt 9 Szenarien geprüft. Für jede Verfüllungsvariante des Sees (IST-

---

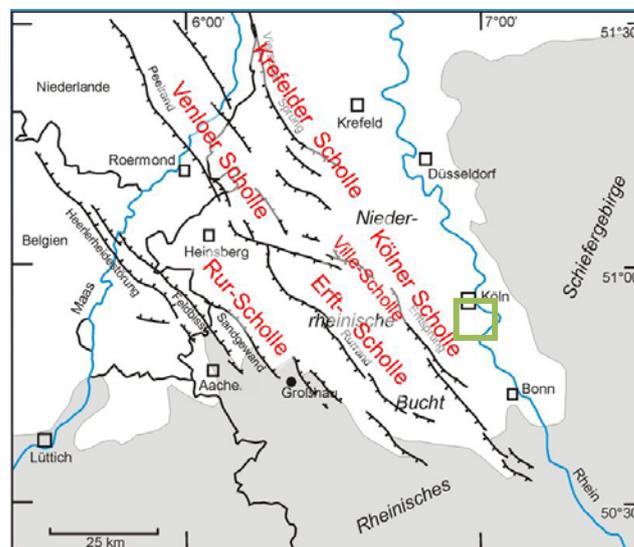
Zustand, Verlagerung des Sees/Teilverfüllung, Vollverfüllung) werden die unterschiedlichen Grundwasserstände (Niedrigwasser, Mittelwasser, Hochwasser) betrachtet. Anhand der verschiedenen Szenarien soll ermittelt werden, ob und wie sich die Grundwasserfließrichtung mit unterschiedlichen Rheinwasserständen ändert. Es wird geprüft, inwiefern eine veränderte See-kubatur bei unterschiedlichen Rheinwasserständen Einfluss auf die Grundwasserfließrichtung und damit potenziell auf die PFT-Belastung der Brunnen „Am Heidekaul“ nimmt.

## 2 Beschreibung des Modellgebietes

Das Modellgebiet liegt im Süden bzw. südlich der Stadt Köln und westlich des Rheins. Mit einer Gesamtfläche von ca. 70 km<sup>2</sup> dient es der Erfassung und Darstellung verschiedener Gebietszustände wie die hydraulische Wirkung einer Seeeverlegung bzw. Verfüllung und die Abbildung der Interaktion Fluss-Grundwasser unter verschiedenen Abflussbedingungen im Rhein. Es umfasst im Süden die Kiesgruben Meschenich und Immendorf. Die östliche Grenze bildet der Verlauf des Rheins. Im Westen entspricht die Modellgrenze dem Verlauf der Eisenbahnstrecke Köln-Brühl.

### 2.1 Geologische Verhältnisse

Das Modellgebiet befindet sich in der Niederrheinischen Bucht, ein in mehrere Schollen gegliedertes Senkungsgebiet im Westen von Deutschland. Die einzelnen Schollen werden durch NW-SE verlaufende Störungen begrenzt, welche das Senkungsgebiet im Osten gegen das Bergische Land und im Südwesten gegen die Eifel abgrenzen. Das Modellgebiet ist Teil der Kölner Scholle (Abbildung 1). Die Einsenkung begann vor ca. 34 Mio. Jahren und begünstigte die Akkumulation tertiärer und quartärer Sedimente.



**Abbildung 1: Schollenaufbau der Niederrheinischen Bucht (Modellgebiet - grüner Rahmen; [L4])**

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die im Modellgebiet vorliegenden stratigraphischen Einheiten. Die Basis der tertiären Sedimentation bildet das durch das känozoische Zentraleuropäische Riftsystem beeinflusste devonische Festgestein, welches aufgrund NW-SE streichender Störungen

in verschiedene Schollen und Blöcke gegliedert ist [L5]. Die tertiäre Schichtenfolge des Untersuchungsgebietes beschränkt sich auf oligozäne bis pliozäne Ablagerungen.

Aus den differierend wirksamen tektonischen Prozessen und den Klimaschwankungen während des Quartärs resultierte die mehrphasige Einschneidung des Rheins in das bestehende Deckgebirge und die Herausbildung verschiedener Terrassenstufen wie der Nieder-, Mittel- und Hauptterrasse [L9]. Frühere Flussebenen bleiben nach dem Einschnitt der Flüsse als Terrassen zurück, die äquivalent zu ihrem Alter immer höher über dem aktuellen Flussbett liegen.

**Tabelle 1: Stratigraphische Gliederung des Modells (in Anlehnung an L6 und L7)**

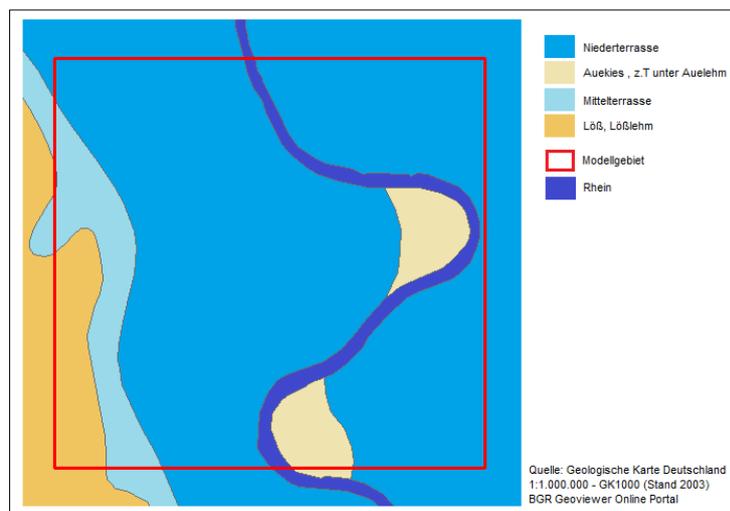
System	Serie	Formation	MGWL Bezeichnung	Petrographische Beschreibung
<b>Quartär</b>	Holozän/ Pleistozän		Bindige Deckschicht	Löß, Lößlehm, Auelehm, anthropogene Ablagerungen
	Pleistozän	Weichsel- Kaltzeit	Niederterrassen	fluviale Schotter, Kiese und Sande
		Saale-Kaltzeit	Jüngere Mittelterrasse	fluviale Schotter, Kiese und Sande
		Elster-Kaltzeit	ältere Mittelterrasse	
<b>Tertiär</b>	Ober-Miozän	Indener-Forma- tion	Hangend-Sandfolge	fluviale Sande mit Schlufflagen, teils geringmächtige Flözlagen
	Mittel-Miozän	Ville-Formation	Hauptflöz-Komplex	Hauptflöz mit Schluff/Ton-Begleitern
	Unter-Miozän	Köln-Formation	Liegend-Sandfolge	marine Feinsande
	Oberoligozän			

Fluviale Schotter der älteren und jüngeren Hauptterrasse (Unterpleistozän) sind im Untersuchungsgebiet nicht verbreitet. Sie wurden durch die wiederholten Einschnitte des Rheins erodiert. Die ältesten im Modellgebiet vorliegenden Schotter wurden im Mittelpleistozän (Elster-Kaltzeit) sedimentiert und entsprechen der älteren Mittelterrasse [L7]. Nach der Holstein-Warmzeit (keine nachweisbaren Ablagerungen im UG) folgte die Saale-Kaltzeit mit wiederholten Einschnitten des Rheins und seiner Nebenflüsse und der sich anschließenden Sedimentation von fluvialen Schottern und Sanden, die als jüngere Mittelterrassen zusammengefasst werden [L6]. Die Verbreitung der Mittelterrassen beschränkt sich auf den südwestlichen bis westlichen Rand des

Modellgebietes, im übrigen Untersuchungsgebiet wurden die Mittelterrassen ebenso wie die Hauptterrasse erodiert.

Mit dem Übergang zur Weichsel-Kaltzeit (Oberpleistozän) setzten sich durch die anhaltenden differenten klimatischen Verhältnisse (Kalt- und Warmzeiten) auch das Einschneiden und Aufschottern im Rheintal fort. Die Mittelterrassen wurden erodiert und durch Kiese und Sande der jüngeren und älteren Niederterrassen ersetzt [L6]. Lokal können schluffige Lagen und Linsen zwischen den fluviatilen Schottern ausgebildet sein. Die Sedimente der Niederterrassen besitzen im UG die größte Verbreitung. Überdeckt werden die erosiven Reste der Mittelterrassen und Teile der Niederterrassen durch weichselkaltzeitlichen Löss und Lösslehme.

Das Holozän bildet die jüngste stratigraphische Einheit im Modellgebiet. Dieser der Warmzeit zuzuordnende Abschnitt des Quartärs ist durch einen signifikanten Temperaturanstieg und dem daraus resultierenden kurzzeitigen Anstieg fluviatiler Aktivität charakterisiert. Bedeutsame Ablagerungen dieser Zeit werden durch die Auekiese/-lehme repräsentiert. Die Verbreitung der Aueablagerungen beschränkt sich auf die Gleithänge des Rheins (Abbildung 2). Veränderungen der oberflächennahen Schichten unterliegen zunehmenden anthropogenen Eingriffen.



**Abbildung 2: vereinfachte Darstellung zur Verbreitung der quartären Schichten im UG [D1]**

## 2.2 Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet ist ein Grundwasserstockwerk aus 2 Grundwasserleiterkomplexen anzutreffen. Der Grundwasserleiterkomplex 1 (Hauptgrundwasserleiter) bildet sich aus den kiesigen Ablagerungen der Nieder- und Mittelterrassen des Rheins. Daran schließen sich im Liegenden

die tertiären Lockergesteinsablagerungen aus einer Wechselfolge von Sanden, Schluffen und Tonen mit Braunkohleeinschaltungen an.

Der tertiäre fein- bis mittelsandige Grundwasserleiterkomplex 2 wird nicht flächendeckend durch das Mittelmiozäne Hauptflöz hydraulisch vom oberen Grundwasserstockwerk getrennt. Hydraulische Kopplungen beider Grundwasserleiterkomplexe bestehen in den Randbereichen der Nieder- und Mittelterrassen des Rheins sowie im Bereich des Rheinverlaufs.

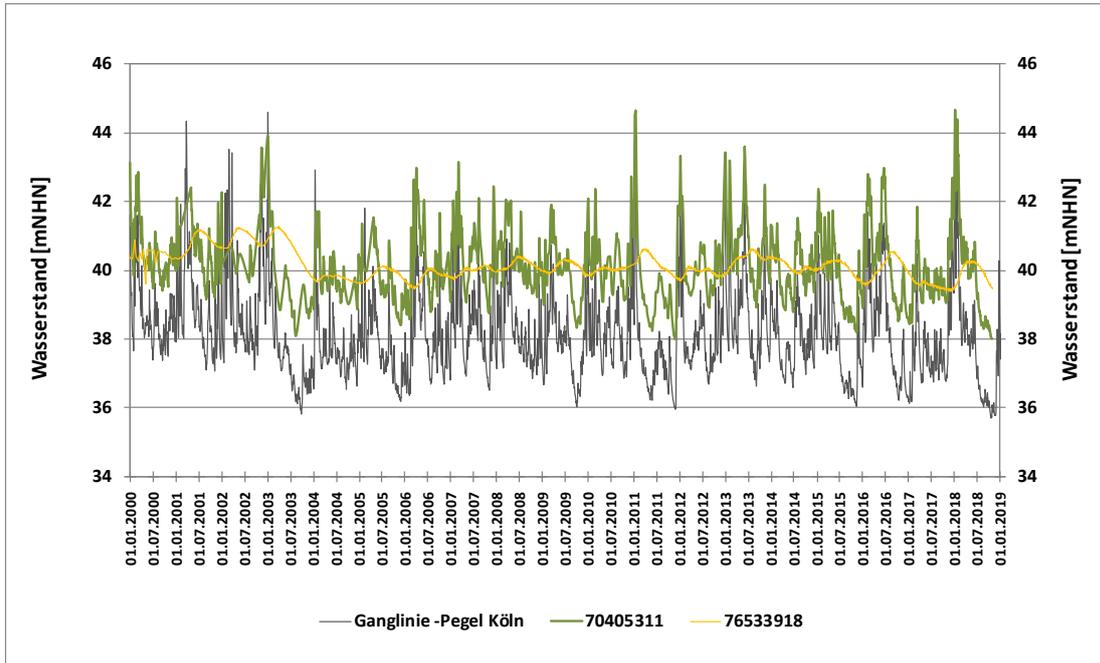
Die hydraulischen Durchlässigkeiten ( $k_f$ -Wert) sind mit  $10^{-3}$  bis  $10^{-2}$  m/s als sehr durchlässig einzuschätzen. Die hydraulischen Durchlässigkeiten des unteren Stockwerks sind mit  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  m/s als durchlässig bis gut durchlässig zu bewerten. Das Hauptflöz wirkt als Grundwasserstauer.

### **2.3 Hydrologische Verhältnisse**

Gebietsprägend ist der Flusslauf des Rheins, der das Untersuchungsgebiet von Süden nach Norden durchquert. Der nächstgelegene Rhein-Pegel befindet sich in Köln (Messstellennummer 2730010). Am Pegel-Köln wird ein mittlerer Abfluss (MQ) von 2090 m<sup>3</sup>/s gemessen (<https://www.pegelonline.wsv.de/gast/stammdaten?pegelnr=2730010>).

Zwischen Rhein und Grundwasserleiter besteht ein nahezu vollkommener hydraulischer Anschluss. Hauptsächlich liegen exfiltrierende Bedingungen vor, bei denen der Grundwasserleiter in den Rhein entlastet. Kurzzeitig hohe Rheinwasserstände bedingen eine Umkehr der Fließverhältnisse. Besonders in Rheinnähe liegt eine große Schwankungsbreite in den Grundwasserständen vor.

Exemplarisch stellt Abbildung 3 die Wechselwirkung zwischen Rhein und Grundwasserleiter dar. Während im Uferbereich die Grundwasserdynamik durch die Oberflächenwasserschwankungen bestimmt wird, kommt es mit zunehmender Entfernung zum Rhein zu einer Dämpfung und Phasenverschiebung der rheininduzierten Grundwasserschwankungen.



**Abbildung 3: Vergleich: Wasserstand Pegel-Rhein und Grundwasser (GWM70405311-rheinnah und GWM76533918-rheinfern)**

## 2.4 Klima

Das Modellgebiet befindet sich im Übergangsbereich von einer maritim beeinflussten zu einer kontinental beeinflussten gemäßigten Klimazone. Für die klimatische Charakterisierung des Modellgebietes wurden langjährige Messreihen 1961-2019 als Tageswerte der Klimastation Flughafen Köln-Bonn des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Mit den Parametern Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer können aus den Messreihen klimatische Aussagen abgeleitet werden. Der DWD stellt nach der WMO-Richtlinie (World Meteorological Organisation) 30-jährige Messreihen zur Verfügung. Tabelle 2 stellt die Referenzperioden 1981-2010 dar.

**Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der Referenzperioden 1981-2010 der Köln Flughafen**

	<b>1981-2010</b>
Lufttemperatur [°C] <sup>1</sup>	10,3
Niederschlag [mm/a] <sup>1</sup> ( <i>unkorrigiert</i> )	839
Sonnenscheindauer [h] <sup>1</sup>	1563

---

## 2.5 Wassernutzungen

Bei der Bezirksregierung Köln wurden die eingetragenen Wasserrechte für das Modellgebiet angefragt. Folgende Wasserrechte wurden berücksichtigt.

- Förderbrunnen Shell AG
- Förderbrunnen Basell Polyolefine GmbH
- Förderbrunnen Sanierungsbrunnen Immendorf

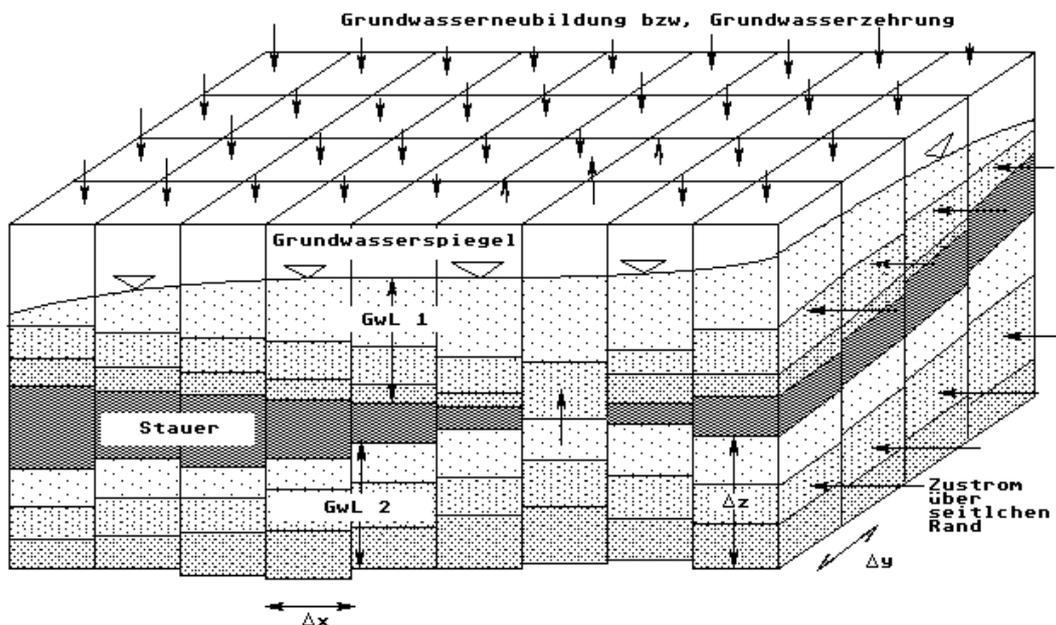
Die RheinEnergie AG stellte die Informationen zu monatlichen Entnahmemengen an den Förderbrunnen der Wasserwerke Hochkirchen und weißer Bogen im Zeitraum 2000-2019 zur Verfügung.

### 3 Aufbau des Grundwasserströmungsmodells

#### 3.1 Verwendetes Programmsystem – PCGEOFIM®

PCGEOFIM® [L1] wird seit drei Jahrzehnten für die modelltechnische Begleitung montanhydrologischer Fragestellungen im Rahmen des aktiven Bergbaus, wie auch der Sanierungstagebaue im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier angewendet. Das Programmsystem besteht im Wesentlichen aus den beiden Komponenten *pcgeofim.exe* und *geofim.exe*. *Pcgeofim.exe* enthält alle Routinen, die zum Aufbau und zur Auswertung eines Projekts benötigt werden. Das Programm *geofim.exe* führt die Grundwasserströmungsberechnung und die Transportmodellierung aus.

Der in PCGEOFIM® verwendete numerische Lösungsalgorithmus basiert auf der Finiten-Volumen-Methode, einem numerischen Lösungsverfahren, das sich durch Bilanztreue und relativ flexible Gitterstrukturen auszeichnet [L1]. Das gesamte zu untersuchende Gebiet wird in finite Volumina unterteilt. Die Größe der finiten Volumina ist so gewählt, dass durch die Geometrie, die hydrogeologischen Eigenschaften der Grundwasserleiter und die Randbedingungen hinreichend genau erfasst werden. Für jedes Volumenelement ist ein Datensatz, bestehend aus den Abmessungen, der hydraulischen Leitfähigkeit, der effektiven Porosität, des spezifischen Speicherkoeffizienten sowie der Grundwasserneubildung, innerer Quellen bzw. Senken und eventuell weiterer Randbedingungen, vorzugeben.



**Abbildung 4: Diskretisierung der Grundwasserleiter in finite Volumina**

### **3.2 Hydrogeologisches 3D-Strukturmodell „Köln“**

Grundlage für die numerische Berechnung der Grundwasserströmung ist die hydrogeologische Modellbildung auf der Grundlage der Interpretation der geologischen Schichten innerhalb des betrachteten Modellgebietes. Die hydrogeologisch relevanten Einheiten werden nach Tiefe, Abfolge und Ausdehnung unterteilt und generalisiert in einem hydrogeologischen Strukturmodell dargestellt.

Das Modell besitzt ein Grundraster von 50 m Kantenlänge. Im Bereich von Rondorf wird das Raster verfeinert durch die Modelllupen 1 und 2 auf Kantenlängen von 25 m bzw. 12,5 m. Die horizontale Ausdehnung des Strukturmodells folgt der Ausdehnung des Grundwasserströmungsmodells. Der vertikale Aufbau ist durch die Nutzungs- bzw. Beeinflussungskriterien definiert und beinhaltet die im Modellgebiet anzutreffenden strömungsrelevanten geologischen Einheiten.

Der Aufbau des hydrogeologischen Strukturmodells erfolgte mit dem Programmsystem GMS (Groundwater Modeling System) von AQUAVEO™ [L2]. Das Strukturmodell bildet die hydrogeologischen Verhältnisse zum aktuellen Zeitpunkt ab.

#### **3.2.1 Programmsystem GMS (Groundwater Modeling System)**

Das Programmsystem GMS von AQUAVEO™ [L2] bietet die Möglichkeit, geologische sowie hydrogeologische Daten zu dreidimensionalen Struktur-, Parameter- und Strömungsmodellen zu entwickeln.

#### **3.2.2 Datengrundlagen**

Im Rahmen der Grundlagenermittlung wurden folgende Daten recherchiert und ausgewertet:

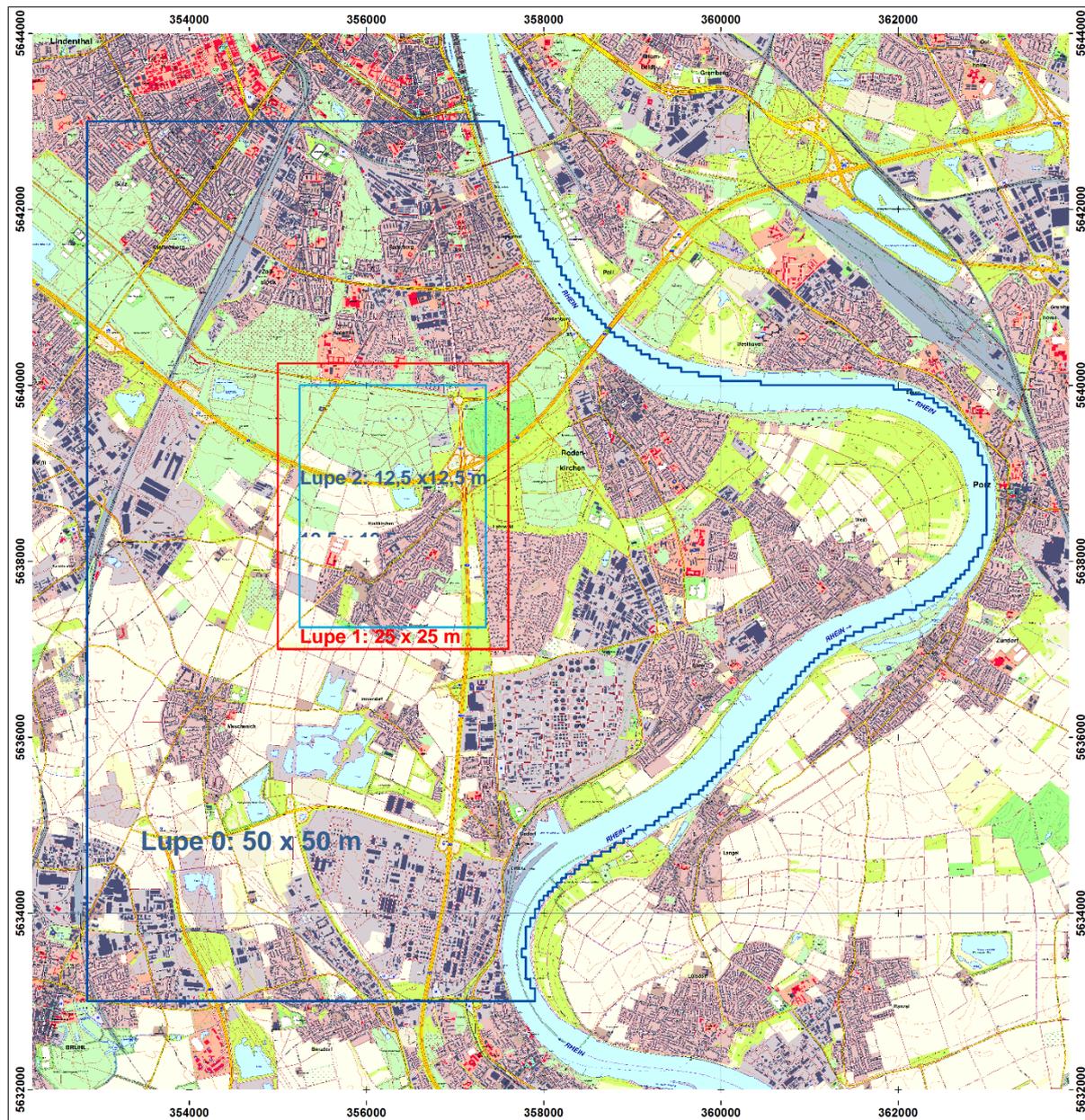
- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Profilkarte, 1:25.000 - Blätter 5107 - Brühl, 5108 - Porz am Rhein, 5007 - Köln [D2]
- Isolinien der Quartärbasis [D3]
- Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1: 1.000.000 (GK1000) [D1]
- 3D-Modell von Nordrhein-Westfalen (10-fach überhöht) [D4]
- Bohrungen [D5]
- Digitales Geländemodell mit 1 m Gitterweite [D6]

Ausgehend von diesen Basisdaten werden im Strukturmodell folgende Informationen dargestellt:

- Zusammenfassung geologischer Einheiten nach geohydraulischen Eigenschaften und Stratigraphie
- Lage der Schichtober- und Schichtuntergrenzen

### 3.2.3 Horizontaler und vertikaler Modellaufbau

Für die numerische Lösung der Grundwasserbewegung ist es erforderlich, den zu untersuchen- den Raum in einzelne Zellen zu zerlegen. Über das Modellgebiet wird dazu ein horizontal-ebenes Raster gelegt. Die horizontale Diskretisierung des Modells beträgt im Grundraster (Lupe 0) 50 x 50 m. Im Bereich von Rondorf wird die horizontale Diskretisierung des Modells durch die Modelllupen 1 und 2 auf 25 x 25 m bzw. 12,5 x 12,5 m verfeinert (Abbildung 5).



**Abbildung 5: horizontale Modelldiskretisierung**

Die **vertikale Modellstruktur** des Grundwassermodells „Rondorf Nordwest“ berücksichtigt 6 Modellgrundwasserleiter (MGWL). Die Struktur der MGWL ist in der Tabelle 3 dargestellt.

Die vertikalen Gliederungsebenen werden im Folgenden mit „Modellgrundwasserleiter“ (MGWL) bezeichnet, gleichgültig ob es sich um einen Grundwasserleiter im klassischen Sinn oder einen sogenannten Grundwassergeringleiter oder -stauer handelt. Die hydraulischen Eigenschaften des jeweiligen MGWL werden durch seine Parameter definiert. Die Aufstellung der Kopplungsmatrix im numerischen Modell PCGEOFIM® erfolgt in horizontaler Richtung entlang der Verbreitung der MGWL. Die vertikale Kopplung ergibt sich aufgrund der Bedingung, dass die Liegendhöhe eines MGWL gleich der Hangendhöhe eines (tiefer) folgenden MGWL ist.

**Tabelle 3: Modellgrundwasserleiterzuordnung**

System	MGWL	Schichtenfolge	GWL
Quartär	MGWL 1	bindige Deckschicht	
	MGWL 2	Niederterrassen	GWL 1
	MGWL 3	Mittelterrassen	GWL 2
Tertiär	MGWL 4	Hangend-Sandfolge	GWL 3
	MGWL 5	Hauptflöz-Komplex	
	MGWL 6	Liegend-Sandfolge	GWL 4

In Abbildung 6 sind Modellschnitte durch das hydrogeologische Strukturmodell in Nord-Süd- und West-Ost-Richtung dargestellt.

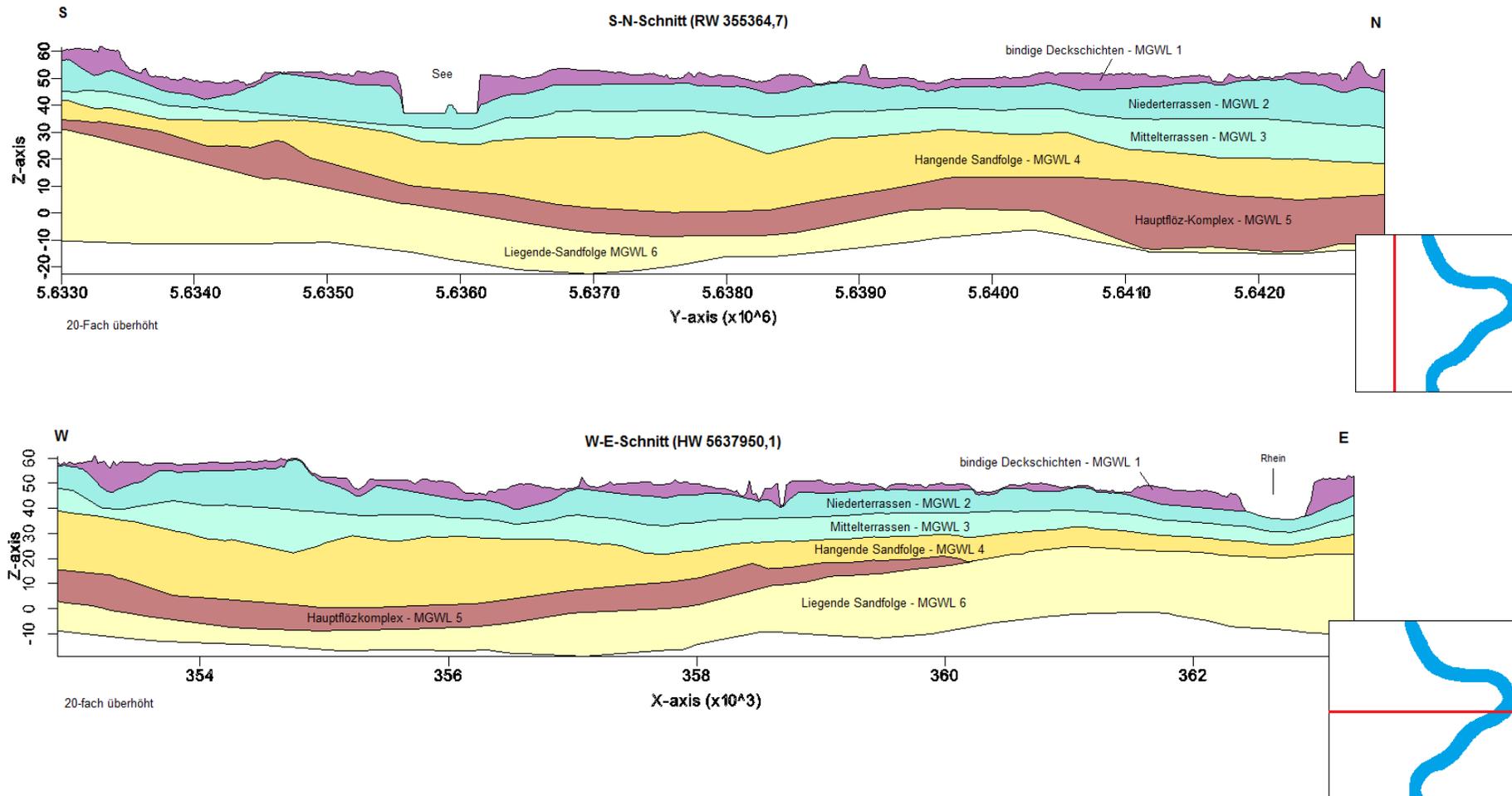


Abbildung 6: Modellschnitte

### **3.3 Zeitliche Diskretisierung**

Die Berechnung erfolgt instationär für den Zeitraum 2000-2019. Anschließend erfolgt die Berechnung mittlerer Abflussverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Hier wird der Zeitraum 2019-2025 gewählt.

Für die instationäre Berechnung stehen folgende Eingangsdaten zur Verfügung:

- Tagesgenaue Pegel- und Durchflusswerte des Rheins
- Tagesgenau Grundwasserstände
- Fördermengen der Wasserwerke Hochkirchen und weißer Bogen
- Fördermengen der Wasserfassungen der Basell AG und Shell AG
- Klimadaten (Grundwasserneubildung, Niederschlag und Verdunstung).

## **4 Signalmodell - Modellrandbedingungen**

Die Lage der im Modell implementierten Randbedingungen (RB) zeigt Anlage 2.1.

### **4.1 Modellränder**

An den Modellrändern können über das Grund- und Oberflächenwasser Austauschprozesse mit den angrenzenden Gebieten erfolgen. Die Wahl der Modellränder ist daher so zu definieren, dass eine Beeinflussung des Aussagebereichs durch die äußeren Ränder ausgeschlossen werden kann.

In der Regel eignen sich Wasserscheiden (Einzugsgebietsgrenzen), Fließ- oder Standgewässer. Die Festlegung der Ränder des Grundwassermodells und damit die Größe des Modellraums wurde auf Basis von Grundwassergleichenplänen (D13) erarbeitet.

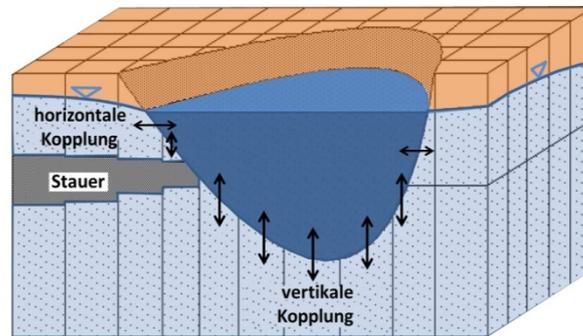
Die Vorgabe einer RB 1. Art ist immer besonders sorgfältig vorzunehmen (vgl. Anlage 2.1), da mit der Definition des Wasserstandes am Rand ein Zu- oder Abströmen über die Modellränder angenommen wird, wodurch der definierte Wasserstand konstant gehalten wird.

### **4.2 Standgewässer**

#### **4.2.1 Kurzcharakteristik**

Als Randbedingung See sind die Tagebaurestseen, natürliche Seen, Teichgruppen und Vernäsungsflächen in grundwassererfüllten Geländesenken enthalten. Sie können wasserstand- oder durchflussgesteuert (h- oder Q-gesteuert) sein.

Die Abbildegenauigkeit der Wechselwirkungen See-Grundwasser richtet sich hierbei nicht nach der Ortsdiskretisierung des Modells, sondern ergibt sich aus der die Hohlform beschreibenden Datenbasis. Die Kontur der Hohlform sollte hierfür möglichst exakt durch Punktdaten (Vermessungsdaten bzw. Lotungsdaten) beschrieben werden. Diese werden trianguliert und durch schrittweises Vorgeben einer Wasserspiegellage wird das Hohlraumvolumen des Sees berechnet. Aus dem sich daraus ergebenden geometrischen Modell und der explizit vorzugebenden horizontalen und/oder vertikalen Gewässerkopplung, kann so eine relativ exakte Berechnung der Wasserstands-Flächen- bzw. Wasserstands-Volumen-Funktion erfolgen. Abbildung 7 zeigt die prinzipielle Ankopplung der Modellelemente entsprechend der Hohlformkontur des Standgewässers.



**Abbildung 7: Prinzipdarstellung der Modellankopplung eines Staugewässers an die MGWL**

Die Änderung des im Staugewässer vorhandenen Wassers berechnet sich aus der Summe der Flüsse zwischen dem Aquifer und dem Staugewässer plus der Summe oberirdischer Zuflüsse minus Zehrung. Sie wird mit folgender Bilanzgleichung beschrieben:

$$\sum_{\text{alle Kopplungen}} L_{\text{See}} (H_{\text{See}} - H_{\text{LUPE,IS,JZ,MG}}) + \sum_{\text{oberirdische Zuflüsse}} Q_{\text{zu}} + Z(\text{Fläche}_{\text{See}}) = \text{Fläche}_{\text{see}}(H_{\text{See}}) \Delta H_{\text{See}} / \Delta t$$

Die Zehrung wird aus der klimatischen Wasserbilanz für Oberflächengewässer gemäß den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes abgeleitet.

#### 4.2.2 Staugewässer im Untersuchungsgebiet

Die Seen im Untersuchungsgebiet sind künstlich geschaffene Gewässer infolge von Kiesabbau. Die Kiesgruben werden im Grundwassermodell demnach als sog. Grundwasserblänke betrachtet. In Folge des Kiesabbaus in den Nieder- und Mittelterrassen des Rheins entstanden Vertiefungen im Gelände, die denselben Wasserspiegel wie das umgebende Grundwasser aufweisen und keinen nennenswerten oberirdischen Zufluss bzw. Abfluss besitzen.

Die Gewässersohlen der jeweiligen Staugewässer leiten sich aus den Unterkanten der Nieder- und Mittelterrassen des Rheins ab und wurden in das hydrogeologische Strukturmodell entsprechend eingearbeitet. Es wird angenommen, dass die Seen gut an den Grundwasserleiterkomplex 1 angebunden sind und die Seewasserstände mit den Grundwasserständen korrespondieren.

Da die Seen keinen Zufluss oder Abfluss besitzen, sind die Wasserstände maßgeblich durch die vorherrschenden Witterungsverhältnisse beeinflusst. Die Speisung der Seen erfolgt neben dem Basisabfluss durch Niederschläge auf die direkte Seefläche und durch den oberirdischen Abfluss

in die Seen infolge von Starkregenereignissen innerhalb des Einzugsgebietes. Die Zehrung erfolgt über die Verdunstung von der Seefläche.

Grundsätzlich sind die Seen Q-gesteuert, d.h. die Berechnung der Seewasserstände erfolgt auf Basis aller Zu- und Abflüsse (Grundwasser und Niederschlag).

### 4.2.3 Geplante Seeverlegung

Der Galgenbergsee in einer heutigen Form besitzt eine Tiefe von ca. 7 m. Analog zu den bestehenden Kiesseen wird die geplante Verlegung des Galgenbergsees auf Basis der technologischen Vorgabe erstellt (D23). Es wird bei der Parametrisierung der Gewässersohle davon ausgegangen, dass eine hydraulische Kommunikation mit dem Grundwasserleiter möglich ist. Der See wird nach der Verlegung und Ausgestaltung des Uferbereichs eine maximale Tiefe von 10 m erreichen.



**Abbildung 8: Geplante Seeverlegung Bauvorhaben Rondorf Nordwest**

### 4.3 Flussrandbedingung - Rhein

Die Randbedingung Fluss im Modellgebiet bildet die Wechselwirkungen zwischen Grundwasserleiter und Fließgewässer ab. Wasserbilanzseitig werden dabei im Grundwasserströmungsmodell die Basisabflüsse oder explizit vorzugebende Quellen und Senken (z.B. Zu-/Abflüsse, Überschusswassermengen) berücksichtigt. Unberücksichtigt bleiben die schnellen Abflussanteile Zwischenabfluss und Oberflächenlandabfluss. Der Durchfluss und somit der Flusswasserspiegel werden aus dem Grundwasserzu- oder abfluss, der Gewässergeometrie, dem Gefälle sowie der Rauigkeit für jeden Zeitschritt berechnet [D14/D15/D19].

#### **4.4 Brunnen**

Alle im Modellgebiet erbauten Brunnen und Entwässerungsmaßnahmen sowie sonstige relevante Entnahmebrunnen finden im Modell Berücksichtigung. Brunnen zur Eigenwasserversorgung oder Nutzung oberflächennaher Geothermie werden aufgrund des geringen Einflusses auf die Grundwasserdynamik nicht berücksichtigt. Die modellseitigen Umsetzungen erfolgen als Randbedingung (RB) Brunnen (Anlage 2.1). Die Randbedingungen werden zeitvariabel entsprechend ihrer Betriebsdauer vorgegeben.

Die Lage und Förderraten ergeben sich aus den übergebenen Daten:

- RheinEnergie AG - Förderraten der Brunnengalerien Hochkirchen und Weißer Bogen sowie Ausbauprofile der Einzelbrunnen
- Bezirksregierung Köln - Wasserbuchblätter und Informationen zu Entnahme-/Einleitmengen im Untersuchungsgebiet
- Basell Polyolefine GmbH - Förderraten der von Basell betriebenen Brunnen
- Shell Deutschland Oil GmbH - Förderraten der Brunnen des Shellwerkes in Godorf.

#### **4.5 Grundwasserneubildung**

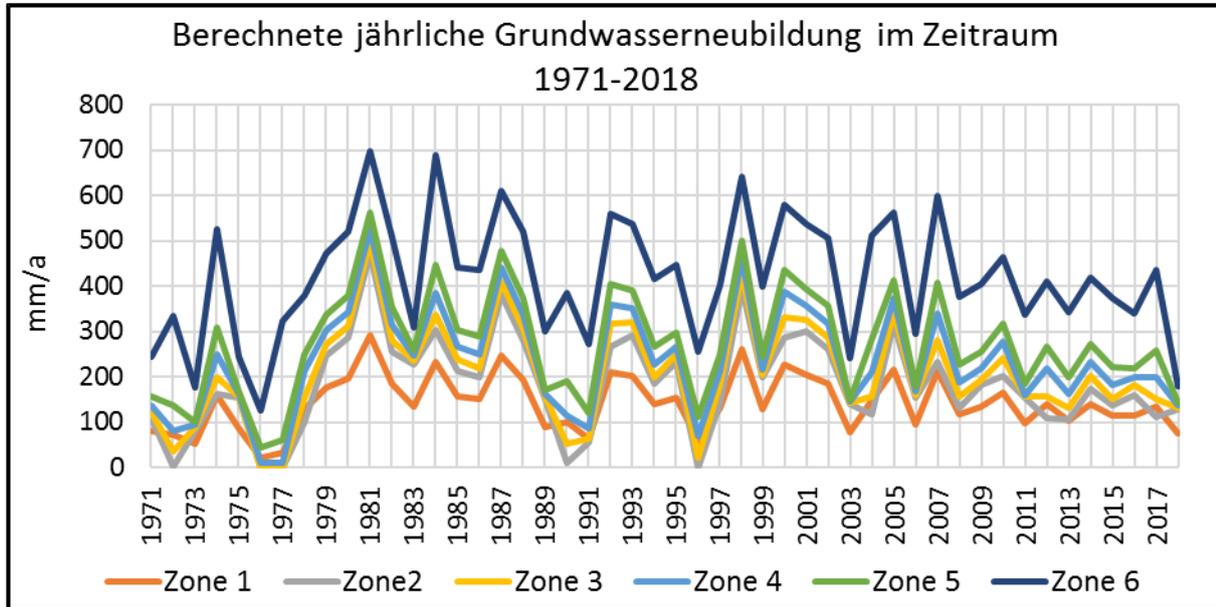
##### **4.5.1 Aufbau eines Bodenwasserhaushaltsmodells**

Die Ermittlung der zeitvariablen Grundwasserneubildung erfolgte mittels eines vereinfachten Bodenwasserhaushaltsmodellansatzes (BWHM) auf Grundlage der Berechnung des Bodenwasservorrates mittels der Wasserhaushaltsgleichung sowie der Simulation des Gravitationswasserabflusses nach Glugla (L19). Das Verfahren erlaubt die tageweise Ermittlung der Grundwasserneubildung in Abhängigkeit der meteorologischen Gegebenheiten sowie der bodenphysikalischen Eigenschaften. Benötigte Daten sind:

- Tagesniederschlagshöhe
- potentielle Tagesverdunstungshöhe
- Bodenkennwerte
- Informationen zur Landnutzung

In Abhängigkeit der Wasserspeichereigenschaften, der Bodenmächtigkeit, des Niederschlags sowie eines bodenartabhängigen Sickerparameters und der Landnutzungsart angepassten maximal möglichen Verdunstung wurde im betrachteten Zeitraum 1961-2018 die tägliche Sickerwasserrate für das Modellgebiet ermittelt. Dabei wurde flächendifferenziert vorgegangen, indem für jede Grundwasserneubildungszone gemäß Abbildung 10 eine landnutzungsartabhängige maximal mögliche Verdunstung (ermittelt nach L15) vorgegeben und die Grundwasserneubildung auf

dieser Grundlage berechnet wurde. Abbildung 9 zeigt den jährlichen Gang der berechneten Grundwasserneubildung für jede Zone im Zeitraum 1971-2018.

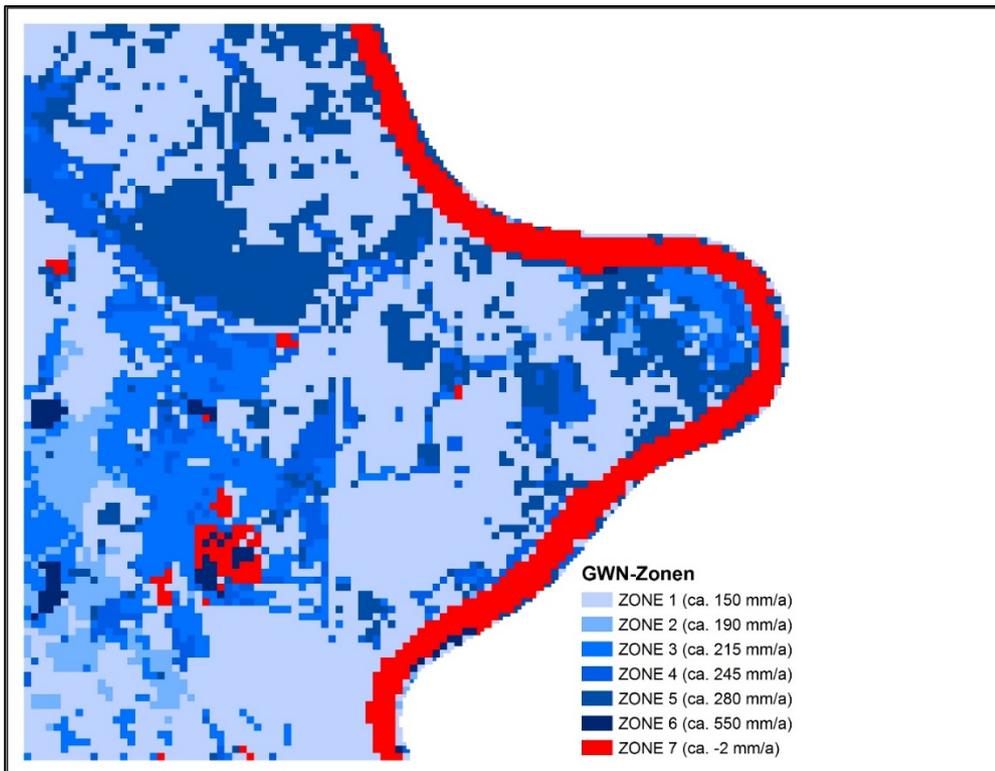


**Abbildung 9: Berechnete jährliche Grundwasserneubildung in unterschiedlichen Teilräumen des Modellgebietes im Zeitraum 1971-2018**

Eine Eichung bzw. Kalibrierung des Modells erfolgte anhand des Referenzdatensatzes der mit mGROWA berechneten mittleren Grundwasserneubildung. Durch gezielte Variation der landnutzungsartabhängigen maximal möglichen Verdunstung wurden die mittleren Berechnungsergebnisse des BWHM des Vergleichszeitraums 1971-2000 an die mGROWA-Werte angenähert.

#### 4.5.2 Amtlicher Referenzdatensatz – Mittlere GWN 1971-2000 (mGROWA) [D8]

Die Validierung des Verfahrens erfolgte anhand eines amtlichen Referenzdatensatzes [D8], welcher durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen bereitgestellt wurde. Er beinhaltet die mittlere jährliche Grundwasserneubildung für den Bezugszeitraum 1971-2000 und wurde mit dem hydrologischen Modellierungssystem mGROWA (L20) berechnet. Abbildung 10 zeigt die räumliche Verteilung der mittleren Grundwasserneubildung. Für die Modellbildung erfolgte eine Zusammenfassung zu sieben Klassen. Die unterschiedlichen Grundwasserneubildungshöhen resultieren vornehmlich aus Differenzen in der Bodenbedeckung bzw. Landnutzung.



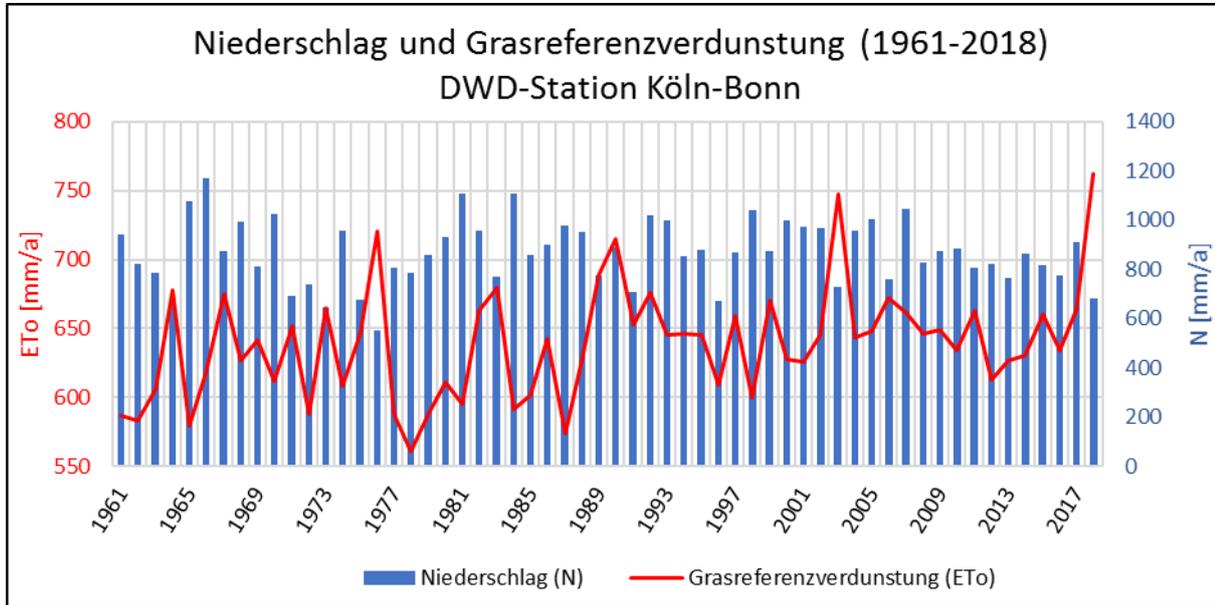
**Abbildung 10: Unterteilung des Gebietes in 7 GWN-Zonen (Grundlage: berechnete mittlere Grundwasserneubildung im Zeitraum 1971-2000 nach dem mGROWA-Verfahren)**

### 4.5.3 Klimatische Randbedingungen

Unter Bezugnahme auf den Referenzdatensatz der Grundwasserneubildung werden sich die Aussagen zum mittleren stationären Grundwasserströmungsverhalten auf die langjährigen mittleren klimatischen Verhältnisse der Zeitreihe 1971-2000 stützen. Für die instationäre Berechnung im Rahmen der Modellkalibrierung werden zeitvariable meteorologische Daten des Zeitraums 2000-2018 herangezogen. Um die langfristige Auswirkung einer längeren unterdurchschnittlichen Trockenperiode sowie überdurchschnittlichen Feuchtperiode auf die Grundwasserdynamik untersuchen zu können, werden aus dieser 30-jährigen Reihe eine Trocken- sowie eine Feuchtdekade herausgegriffen.

Die Identifikation dieser beiden Zeiträume erfolgte durch eine Analyse der klimatischen Verhältnisse am Standort Köln. Die Datengrundlage bilden meteorologische Messdaten des Deutschen Wetterdienstes der Klimastation Flughafen Köln-Bonn (D7). Abbildung 11 zeigt den korrigierten gemessenen Niederschlag und die berechnete Grasreferenzverdunstung am Standort der Station Flughafen Köln-Bonn im Zeitraum 1961-2018. Die Korrektur des Niederschlages erfolgte nach dem Verfahren von Richter (1995). Die Berechnung der Grasreferenzverdunstung erfolgte

auf Grundlage der Messgrößen Tagesmitteltemperatur, Relative Luftfeuchte, Sonnenscheindauer und Windgeschwindigkeit nach DVWK (L15).



**Abbildung 11: Korrigierter Niederschlag und Grasreferenzverdunstung am Standort Köln**

#### 4.5.4 Instationäre Vorgabe der Grundwasserneubildung im Grundwassermodell

Für die Modellkalibrierung und -validierung standen gemessene Grundwasserstände für den Zeitraum 2000 bis 2018 zur Verfügung. Die Vorgabe der Grundwasserneubildung im Grundwassermodell erfolgt flurabstandsabhängig. Tabelle 4 zeigt exemplarisch die Umsetzung der Grundwasserneubildung in der entsprechenden Modelleingangsdatei. Für jede Grundwasserneubildungszone (IGWF) werden die Grundwasserneubildungswerte monatlich für flurnahe (0m) und flurferne (2m) Grundwasserstände definiert.

**Tabelle 4: Modelleingangsdatei mit monatlicher Grundwasserneubildung [l/s\*km²]**

IGWF	DATUM	GWN1	GWN2
1		0 m u GOK	2 m u GOK
1	01.01.2000	6,97	8,78
1	01.02.2000	15,18	13,61
1	01.03.2000	8,72	11,36
1	01.04.2000	-6,85	2,19
1	01.05.2000	-11,30	0,20
1	01.06.2000	-13,25	0,02
1	01.07.2000	30,05	5,11

## 5 Modellkalibrierung

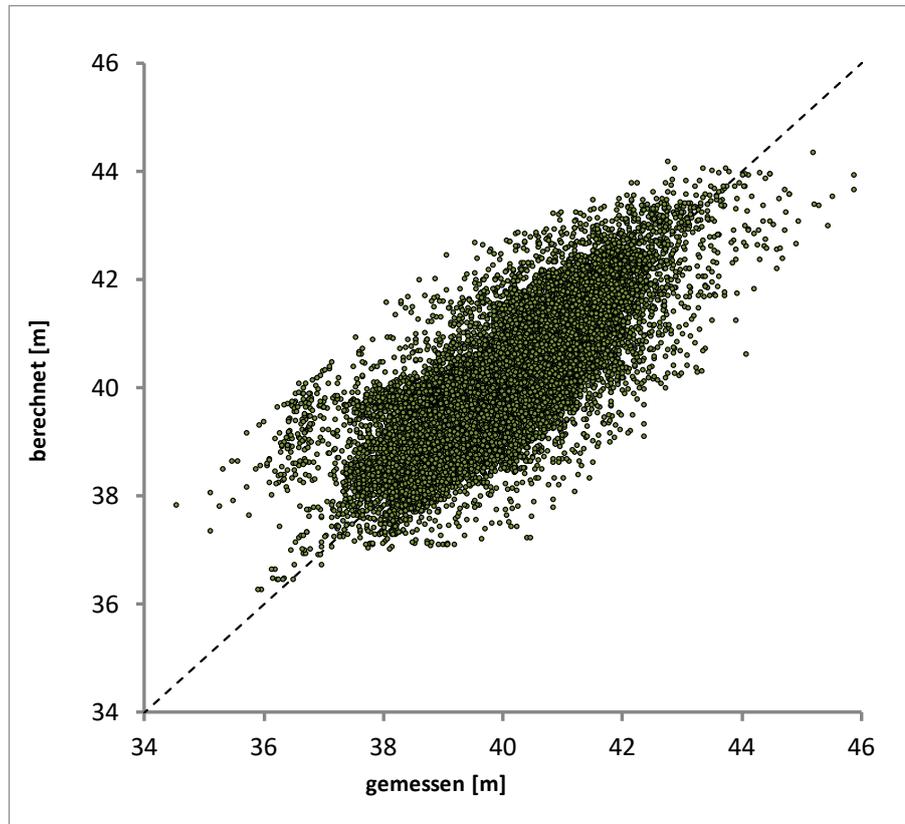
Die **Kalibrierung** des Grundwasserströmungsmodells ist ein Vorgang zur Ermittlung bzw. Absicherung der hydrogeologischen Parameter und deren Verteilung auf Basis der gemessenen Grundwasserdynamik. Die Modellkalibrierung erfolgte durch Anpassung bzw. Identifizierung der speicherwirksamen Größen, der hydraulischen Durchlässigkeiten sowie den Parametern der Kollimation der Oberflächengewässer.

Die **Modellvalidierung** umfasst die Überprüfung des Modells auf Funktionalität und Plausibilität. Allgemein ist eine Validierung notwendig, um die Prognosefähigkeit des entwickelten Modells zu quantifizieren.

Für die Modellkalibrierung und -validierung wurden 362 Grundwassermessstellen im UG berücksichtigt. Als Kalibrierungszeitraum werden die Jahre 2000-2010 verwendet. Der Zeitraum 2010-2019 wird als Validierungszeitraum verwendet.

Betrachtet man den gesamten Kalibrierzeitraum 01/2000 bis 01/2010, liegt die Standardabweichung zwischen den gemessenen und berechneten Pegelmesswerten bei 0,73 m.

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt die Modellanpassung in Form eines 1:1-Plots über den gesamten Kalibrierungszeitraum 2000-2010. Aus 362 Grundwassermessstellen (vgl. gemessen – berechnet) konnte eine für das Modellgebiet insgesamt sehr gute Anpassungsgüte erreicht werden.



**Abbildung 12: Modellanpassung 1:1 Plot**

In Anlage 2.2, 3.2.1 und 3.3.1 werden bei Mittel-, Niedrig- und Hochwasserverhältnissen die berechneten Hydroisohypsen dargestellt und außerdem Grundwassermessstellen aufgeführt, für welche innerhalb eines Zeitraums von einem Vierteljahr vor und nach dem Darstellungszeitpunkt mindestens ein Messwert vorhanden ist. Dabei wird der dem Darstellungszeitpunkt zeitlich am nächsten kommende Messwert mit dem berechneten Grundwasserstand verglichen. Bei den schwarz markierten Grundwassermessstellen ist die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem Grundwasserstand kleiner als  $\pm 1$  m. Bei den rot markierten Messstellen wird der gemessene Grundwasserstand um mehr als 1 m unterschätzt, bei den blau markierten Messstellen liegt der berechnete Grundwasserstand um mehr als 1 m über dem gemessenen. Bei den allermeisten Grundwassermessstellen liegen die Abweichungen zwischen Messwerten und berechneten Werten bei unter 1 m, was die sehr gute Modellkalibrierung belegt.

Anhand von Wasserstands- und Durchflussmesswerten sowie Fördermengen der Brunnen kann zusätzlich eine Kalibrierung bzw. Plausibilitätsprüfung der Randbedingungswirkungen erfolgen. Abbildung 13 stellt den Ganglinienvergleich aus beobachteten und berechneten Ganglinien dar.

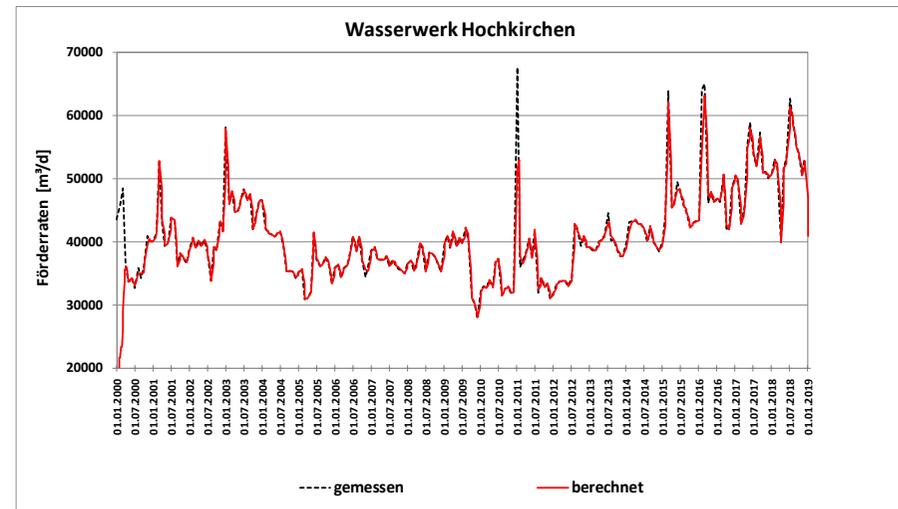
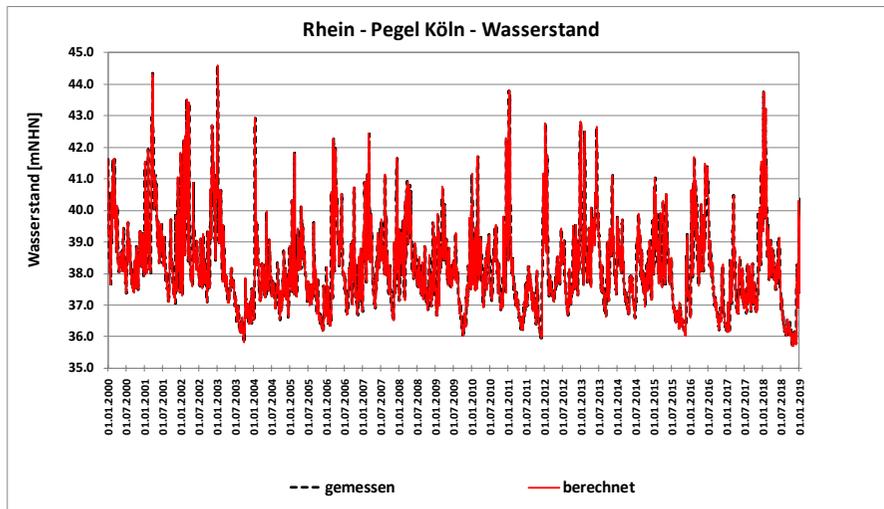
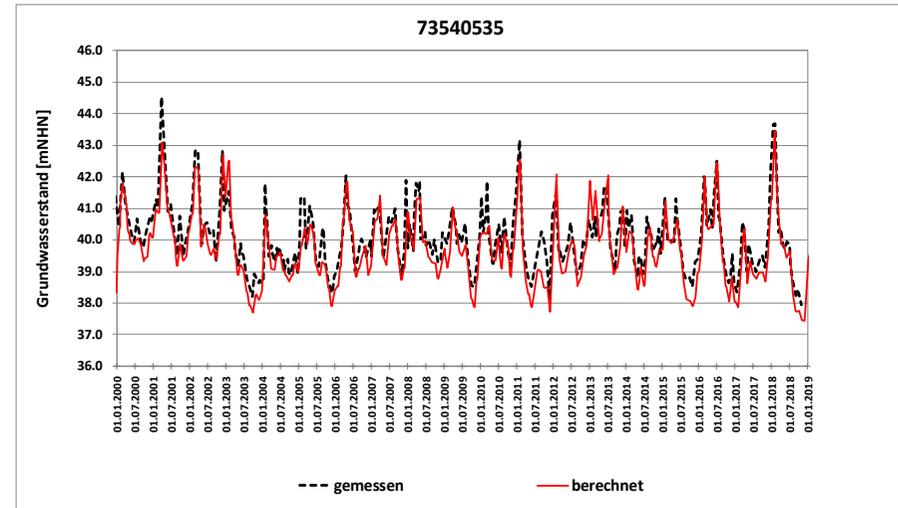
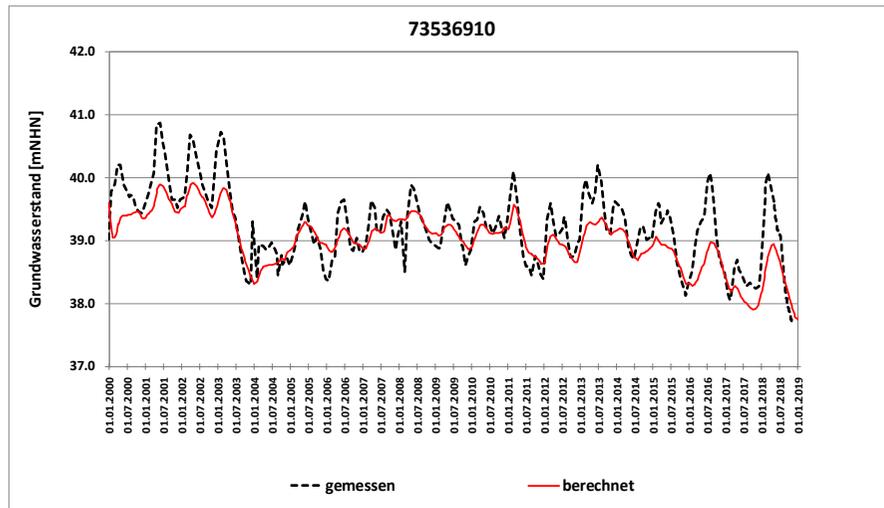


Abbildung 13: Berechnete vs. Gemessene Ganglinien: GWM-73536910 (Kiessee Rondorf) und 73540535 (Rheinufer), Brunnen-Wasserwerk Hochkirchen und Rhein

## 6 Modellvarianten

Aufbauend auf dem kalibrierten und validierten Grundwasserströmungsmodell wurden verschiedene Modellvarianten erstellt.

Alle Varianten werden im Zeitraum 2000 bis 2025 gerechnet. Die Auswertung erfolgt für Niedrigwasserverhältnisse (12/2018), Hochwasserverhältnisse (02/2003) und für mittlere stationäre Verhältnisse (2025).

### 6.1 Variante 0 - Istzustand

Die Variante entspricht grundsätzlich dem kalibrierten und validierten Grundwasserströmungsmodell und repräsentiert den aktuellen Ist-Zustand. Der gegenständliche Kiessee (südlich der A4) behält seine aktuellen Ausmaße (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14: Überblick Variante 0**

Der Berechnungszeitraum wird um den Prognosezeitraum verlängert. Im Prognosezeitraum werden im Grundwasserströmungsmodell zeitlich konstante mittlere Randbedingungen angesetzt, so dass eine Stationarität unter mittleren Verhältnissen erzielt und ausgewertet werden kann. Die mittleren Randbedingungen umfassen

- mittlere Durchflüsse des Rheins,
- mittlere Grundwasserneubildungsraten,
- mittlere Entnahmeraten der Brunnen sowie
- Randbedingungen 1. Art - langjährige Mittelwerte der gemessenen Wasserstände.





**Abbildung 16: Überblick Variante 2**

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Allgemeine Grundwasserdynamik

Anlage 2.2 zeigt die berechneten Grundwassergleichen für den Zeitpunkt 05/2008. Dieser Grundwassergleichenplan dient der Beschreibung des aktuellen Zustands und repräsentiert insgesamt mittlere Grundwasserfließverhältnisse.

Der Grundwasserstrom erfolgt von Süden/Südwesten in nordöstlicher Richtung zum Rhein hin. Der Rhein bildet die natürliche Vorflut im Modellgebiet. Die Grundwasserstände liegen im nordöstlichen Modellgebiet im Bereich des Rheins bei +39 bis +40 m NHN. Die niedrigsten Grundwasserstände werden am nördlichen Modellrand mit etwa +38 m NHN und die höchsten Grundwasserstände mit +42 m NHN am Südwestrand des Modellgebietes berechnet. Im Bereich des Wasserwerks Hochkirchen bildet sich ein lokaler Absenktrichter aus. Die Grundwasserstände liegen dort bei etwa +39 m NHN.

Die Kiesgruben im Modellgebiet sind durch den Kiesabbau hydraulisch gut an den Grundwasserleiterkomplex 1 angebunden. Die Seewasserstände der Kieseen korrespondieren mit den Grundwasserständen.

### 7.2 Grundwasserverhältnisse unter verschiedenen Abflussbedingungen

In den Anlagen 3.1.1 / 3.2.1 / 3.3.1 sind die Hydroisohypsen der Variante 0 für Mittel-, Niedrig- und Hochwasserverhältnisse dargestellt.

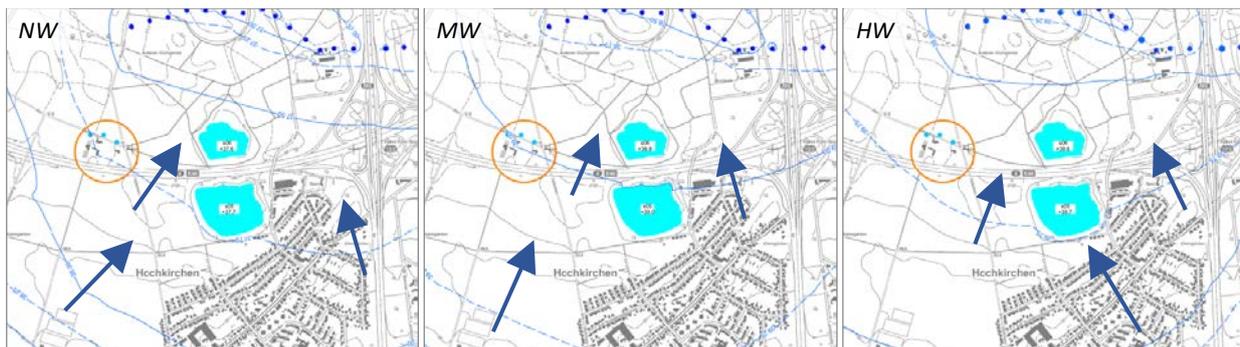
Bei mittleren Verhältnissen fließt das Grundwasser vor allem aus südlicher und südöstlicher Richtung in Richtung des Baugebietes Rondorf Nordwest. Bestimmend für die Grundwasserdynamik sind die hohen Förderraten des Wasserwerkes Hochkirchen, welche einen großräumigen Absenktrichter erzeugen und die Fließrichtung des Grundwassers in Richtung der Brunnengalerie des Wasserwerkes Hochkirchen ablenken. Nördlich des Absenktrichters der Brunnengalerie des Wasserwerkes Hochkirchen fließt das Grundwasser in nordöstliche Richtung zum Rhein. Die Wasserstände der beiden Kieseen nördlich und südlich der A4 liegen bei etwa ca. +39 m NHN.

Bei Niedrigwasserverhältnissen (Anlage 3.2.1) fließt Grundwasser vom westlichen Modellrand in das Modellgebiet. Ein Zustrom vom Rhein aus Südosten erfolgt höchstens in sehr geringem Umfang. Die grundlegende Fließrichtung im Modellgebiet ist von West-Südwest nach Nordost in den

Rhein. Die Wasserstände der beiden Kieseen nördlich und südlich der A4 liegen bei etwa +37,6 m NHN.

Bei Hochwasserverhältnissen (Anlage 3.3.1) strömt Grundwasser auf der gesamten Länge des Rheins in das Modellgebiet. Die Hauptfließrichtung ist von Südost nach Nordwest. Die Gradienten des Grundwassers im Anstrombereich zur Brunnengalerie des Wasserwerkes Hochkirchen sind deutlich höher als bei Mittel- und Niedrigwasserverhältnissen. Der Anstrom zur Brunnengalerie erfolgt vorrangig aus südlicher und südöstlicher Richtung.

Abbildung 17 verdeutlicht die unter den betrachteten Abflussverhältnissen dominierende Grundwasserfließrichtung zum geplanten Bebauungsgebiet Rondorf Nordwest. Lediglich unter Hochwasserbedingungen im Rhein nimmt der Grundwasserzustrom aus südöstlicher Richtung zu. Unter allen betrachteten Abflussverhältnissen erfolgt der Grundwasserabstrom im Bereich des geplanten Bebauungsgebietes in nördlicher Richtung.



**Abbildung 17: Vergleich der Strömungsrichtung im (V0-Istzustand)**

### 7.3 Bahnlinienberechnung

Die Anlagen 4.1.1 / 4.2.1 / 4.3.1 zeigen die Bahnlinien der Variante 0 für Mittel-, Niedrig- und Hochwasserverhältnisse. Bahnlinien sind eine wichtige Interpretationshilfe zur Beschreibung der Grundwasserfließrichtung. Die Bahnlinienberechnung berücksichtigt nur den konvektiven Anteil der Stofftransportberechnung, Vermischungs- und Abbauprozesse werden hierbei nicht berücksichtigt.

Das Grundwasser fließt bei allen Abflussverhältnissen in Richtung der Brunnengalerie des Wasserwerkes Hochkirchen. Die Anstromrichtung zu den beiden Kieseen an der A4 sowie zum Standort „Am Heidekaul“, welche allesamt im Absenktrichter des Wasserwerkes liegen, ändert sich nur geringfügig bei den verschiedenen Verhältnissen.

Die Kieseen an der A4 werden bei mittleren Verhältnissen aus südlicher Richtung angeströmt, bei Niedrigwasserverhältnissen aus südwestlicher Richtung und bei Hochwasserverhältnissen aus südöstlicher Richtung. Der Standort „Am Heidekaul“ wird bei mittleren Verhältnissen aus südwestlicher Richtung angeströmt, bei Niedrigwasserverhältnissen aus westlicher Richtung und bei Hochwasserverhältnissen aus südlicher Richtung.

#### **7.4 Variantenvergleich**

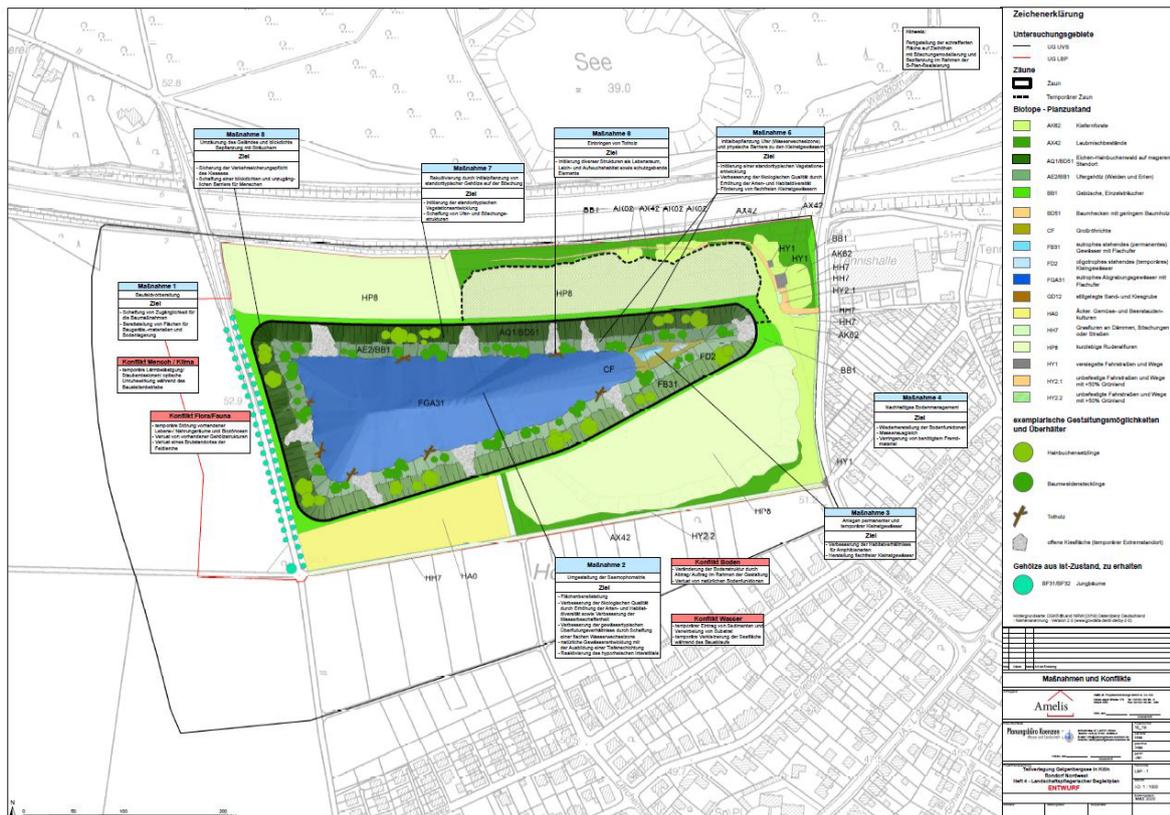
Die Anlagen 3.1 / 3.2 / 3.3 zeigen die Grundwasserströmungsverhältnisse für Niedrig-, Mittel- und Hochwasserverhältnisse der verschiedenen Modellvarianten. Die Anlagen 4.1 / 4.2 / 4.3 zeigen die berechneten Bahnlinien.

Die berechneten Grundwasserströmungsverhältnisse der Varianten Seeverlegung bzw. Seeverfüllung zeigen keine signifikanten Änderungen gegenüber dem Istzustand (Variante 0). Die berechneten Bahnlinien der einzelnen Modellvarianten unterscheiden sich voneinander nur lokal in sehr begrenztem Umfang (siehe Anlage 4). Aufgrund der großräumigen Grundwasserabsenkung durch das Wasserwerk Hochkirchen erfolgt keine Ablenkung der Grundwasserströmung aus dem Bebauungsgebiet Rondorf Nordwest in Richtung der Wasserfassung „Am Heidekaul“. Dementsprechend lässt sich keine nachteilige Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse für die Nutzer "Am Heidekaul" ableiten.

Die betrachteten Varianten gelten nur unter den in Kap. 4 angesetzten Randbedingungen. Das gilt insbesondere für die angesetzte Förderleistung des Wasserwerkes Hochkirchen. Bei anderen Randbedingungen, wie z.B. bei veränderter Förderleistung des Wasserwerkes Hochkirchen, ergeben sich andere Hydroisohypsen und Bahnlinien. Für solche Betrachtungen wären weitergehende Modellberechnungen notwendig.

## 8 Uferlinien nach aktuellem Planungsstand 03/2020 (Variante 3)

Im laufenden Planfeststellungsverfahren erfolgt mit dem Planungsstand vom 03/2020 eine weitere Verlegung der Uferlinie in nördliche Richtung (Abbildung 18).



**Abbildung 18: Teilverlegung des Galgbergsees in Köln Rondorf Nordwest (Quelle: Amelis, 03/2020)**

Diese neue Variante 3 stellt eine Präzisierung der Variante 1 dar. Die geplante Seekontur ist gegenüber der Variante 1 (teilverlegter See) um maximal 30 m in nördlicher Richtung verschoben (Abbildung 19).

Der Vergleich zum aktuellen Planungsstand (03/2020) für mittlere Grundwasserströmungsverhältnisse wird in Anlage 5 dargestellt. Der zukünftige See wird unter mittleren Grundwasserströmungsverhältnissen voraussichtlich einen Wasserstand von +39,1 mNHN erreichen.

Im großräumigen Grundwasserströmungsfeld ergeben sich gegenüber der o.g. Variante 1 keine signifikanten Änderungen. Lediglich im unmittelbaren Uferbereich kann es zu einer leichten Änderung in den Grundwasserständen kommen dh < 0,2 m, d.h. im Anstrom des Sees werden die Grundwasserstände am Südufer leicht sinken, im Abstrom werden diese leicht steigen. Demnach



## 9 Zusammenfassung

Die Amelis Projektentwicklungs GmbH & Co. KG plant das Gebiet „Rondorf-Nordwest“ zu entwickeln. Etwa 1.000 Wohneinheiten, eine KiTa, Schulen und Sportflächen sowie die gute Verkehrsanbindung mit KVB bzw. Umgehungsstraße sollen realisiert werden. Für die Realisierung der geplanten Bebauung ist der gegenständliche See südlich der A4 teilweise zu verfüllen bzw. zu verlegen.

Im südlichen Anstrom des Plangebiets gibt es einen aktenkundigen Schadensfall mit PFT der Basell Polyolefine GmbH. Die hierdurch entstandene Grundwasserverunreinigung wird im Bereich der Schadensquelle hydraulisch saniert. Im Bereich des gegenständlichen Sees, also im Bereich der Schadstofffahne wurde 2018 eine PFT-Konzentration von 1.075 ng/l ermittelt. Nordwestlich des Sees befinden sich private Entnahmebrunnen („Am Heidekaul“), die PFT-Konzentrationen zwischen 10 und 260 ng/l aufweisen. Außerdem findet sich im nördlichen Abstrom des Sees das Wasserwerk Hochkirchen (Betreiber: Rheinenergie AG).

Im Rahmen eines Pre-Scoping-Termins im November 2018 wurde durch das Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz, das Gesundheitsamt und den Wasserwerksbetreiber, die Rheinenergie AG, ein Grundwassermodell gefordert. Das vorliegende Grundwassermodell stellt die Grundwasserverhältnisse im Modellgebiet dar und zeigt, inwiefern eine Seeverfüllung/Seeverlegung Einfluss auf die Strömungsrichtung des Grundwassers nimmt.

Das Modellgitter besitzt ein Grundraster von 50x50 m. Im Bereich des Bauvorhabens wurde das Modellraster auf 12,5x12,5 m verfeinert.

Die geologischen Bedingungen werden von der Geländeoberkante über den Auelehm bis zum Liegendgrundwasserleiter des Mittelmiozänen Hauptflözes dreidimensional abgebildet. Die hydraulisch wirksamen Fließ- und Standgewässer im Gebiet sind als Randbedingungen im Modell integriert.

Folgende grundlegende Randbedingungsansätze bzw. Vereinfachungen wurden berücksichtigt:

- Das 3D-hydrogeologische Strukturmodell wurde auf Grundlage des aktuellen geologischen Kenntnisstands erstellt und bildet den Grundwasserleiterkomplex 1 und 2 ab.
- Die Hohlform der Standgewässer leitet sich aus dem digitalen Geländemodell und den hydrogeologischen Profilkarten ab [D2].
- Die Grundwasserneubildung wurde mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell ARCEGMO berechnet.

- Das Randbedingungsmodell berücksichtigt Förderraten von Brunnen, Durchflüsse des Rheins und Klimadaten als Tages- oder Monatswerte.

Die Parametrisierung des Grundwasserströmungsmodells erfolgt im Rahmen der Modellkalibrierung. Für die Modellkalibrierung wurden 362 Grundwassermessstellen im Modellgebiet berücksichtigt. Als Kalibrierungszeitraum werden die Jahre 2000 - 2010 verwendet. Im Vordergrund der Modellanpassung standen die Simulation der Grundwasserdynamik, die Abbildung der Wasserfassungen Hochkirchen und Weißer Bogen sowie die Rhein-Grundwasser-Interaktion. Zur Absicherung der Kalibrierungsergebnisse erfolgte im Anschluss die Modellvalidierung für die Zeitraum von 2010 - 2019. Anschließend erfolgt im Zeitraum 2019 - 2025 die Berechnung mittlerer Abflussverhältnisse im Untersuchungsgebiet.

Das geeichte Grundwasserströmungsmodell liefert für den Kalibrierungszeitraum plausible Ergebnisse und kann die beobachteten Grundwasserverhältnisse in sehr guter Näherung abbilden. Die Standardabweichung zwischen gemessenen und berechneten Pegelmesswerten liegt im Kalibrierungszeitraum bei 0,73 m.

Aufbauend auf dem kalibrierten Modell wurden die Modellvarianten Seeverlegung mit Teilverfüllung und Seeverfüllung erstellt.

Im Istzustand (Variante 0) erfolgt im geplanten Baugebiet Rondorf Nordwest der Grundwasserzustrom unter Niedrigwasserverhältnissen hauptsächlich aus westlicher und südwestlicher Richtung, unter Mittelwasserverhältnissen aus südlicher und südöstlicher Richtung. Lediglich unter Hochwasserbedingungen im Rhein nimmt der Grundwasserzustrom aus südöstlicher Richtung deutlich zu. Im Bereich des geplanten Baugebietes erfolgt unter den betrachteten Abflussverhältnissen der Grundwasserabstrom in nördlicher Richtung.

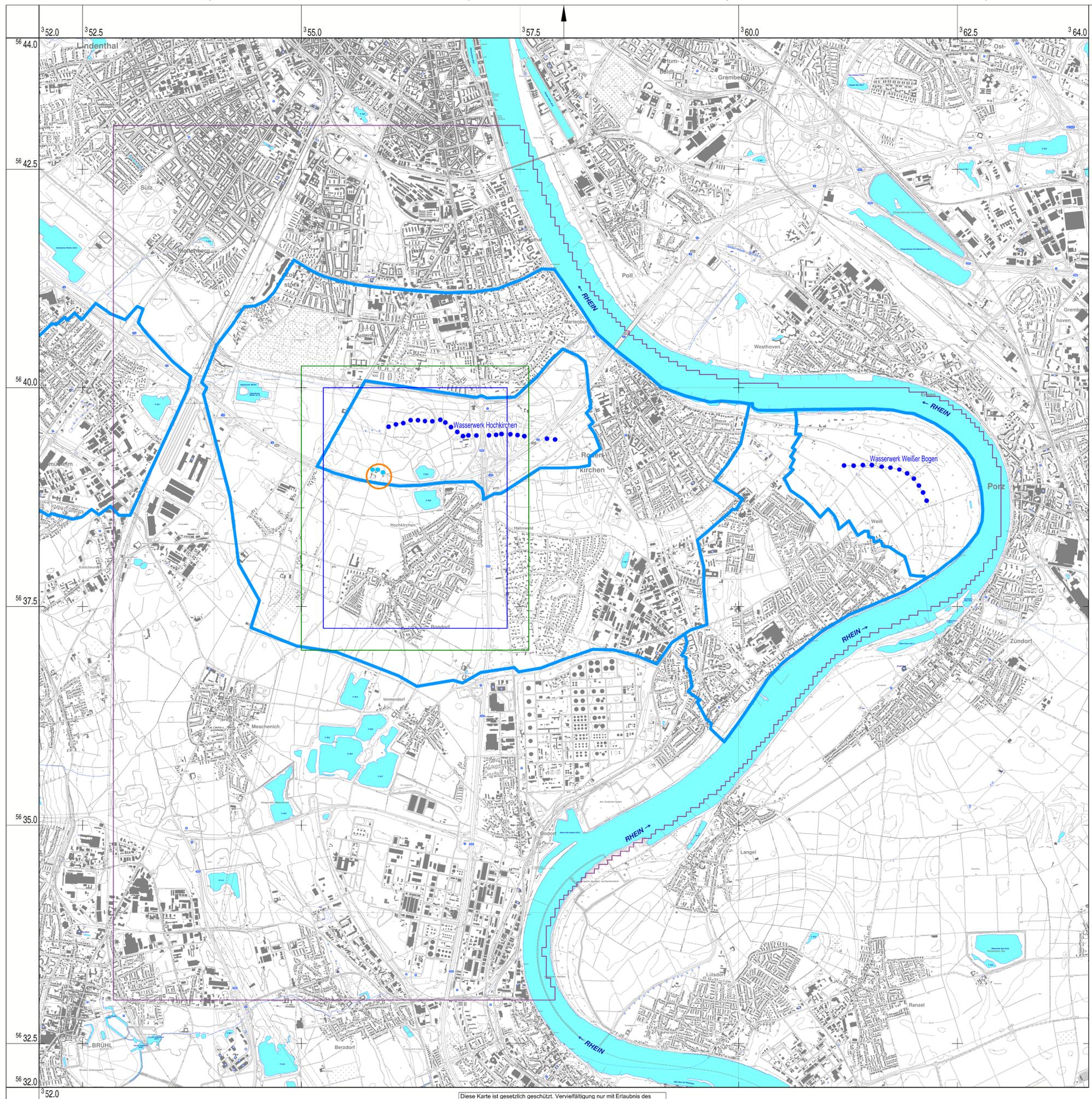
Die berechneten Grundwasserströmungsverhältnisse der Varianten Seeverlegung/Teilverfüllung (Variante 1), Seeverfüllung (Variante 2a und 2b) bzw. räumliche Verschiebung der Variante 1 (Variante 3) zeigen keine signifikanten Änderungen gegenüber dem Istzustand (Variante 0).

Es ist keine durch die unterschiedlichen Seevarianten begründete Ablenkung der Grundwasserströmungsrichtung aus dem Baugebiet Rondorf-Nordwest in Richtung der Wasserfassung „Am Heidekaul“ nachzuweisen. Dies ist durch die großräumige Grundwasserabsenkung durch das Wasserwerk Hochkirchen nördlich des gegenständlichen Sees begründet.

Ausgehend davon, dass der Schadstoff PFT mit dem Grundwasser verlagert wird, zeigt das vorliegende Grundwassermodell keinen Hinweis darauf, dass eine Verlagerung des PFT-Schadens aufgrund der Seeverlegung bzw. Seeverfüllung abzuleiten ist.

Sollte das Wasserwerk Hochkirchen signifikant weniger Grundwasser fördern, ist davon auszugehen, dass dies zu Änderungen in der Grundwasserfließrichtung (sichtbar in Hydroisohypsen und Strombahnlinien) führt. Weitergehende Modellberechnungen wären notwendig, um den Einfluss der Änderung der Förderraten des Wasserwerks auf die Grundwasserströmungsrichtung darzustellen.

Unter Berücksichtigung des vorliegenden Grundwassermodells kann aus Sicht des Unterzeichners festgehalten werden, dass durch die geplante Seeverlegung keine relevanten Auswirkungen auf das hydraulische Regime bzw. die Grundwasserfließrichtung nachweisbar sind. Sowohl das Wasserwerk Hochkirchen als auch die Brunnen „Am Heidekaul“ bleiben durch eine Seeverlegung/Seeverfüllung nahezu unbeeinflusst.



**Legende:**

- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Trinkwasserschutzzone
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Übersichtskarte  
 Grundwassermodell Rondorf Nordwest

  
 Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porntauholzplatz 6, 47051 Duisburg

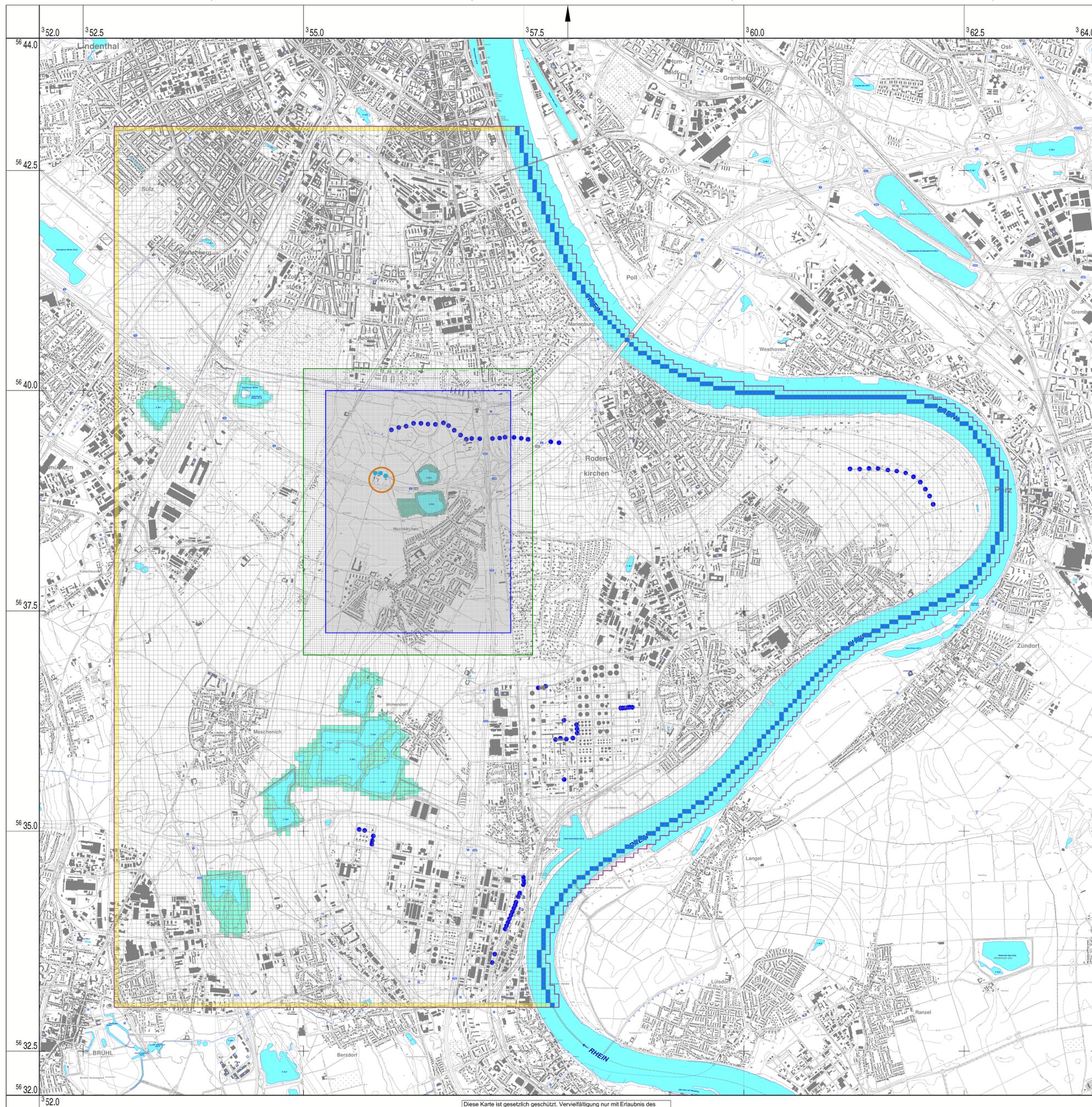
  
 M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Wölkersdorf Str. 190, 50825 Köln

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 3, 04229 Leipzig

Information	Datum	Name / Abt.	Maßstab
Information bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	1 : 25 000
Information verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
Information verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / M&P Ingenieurgesellschaft	
Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1:10.000 NW Graudenz Datum: 2018-12-20-12-48-Imagery (31) Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832) Format: pdf Kachel: last/Koordinatenschnitt Datum: 2018-12-20-12-48			



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Modelldiskretisierung (50x50m; 25x25m; 12,5x12,5m)
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Randbedingung 1. Art
- Randbedingung Fluss
- Randbedingung See
- Randbedingung Brunnen

Anlage 2.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Darstellung des Modellgebietes  
 und der hydraulischen Randbedingungen

  
 Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porntomplatz 6, 47851 Duisburg

  
 M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Wölferstraße Str. 190, 53825 Köln

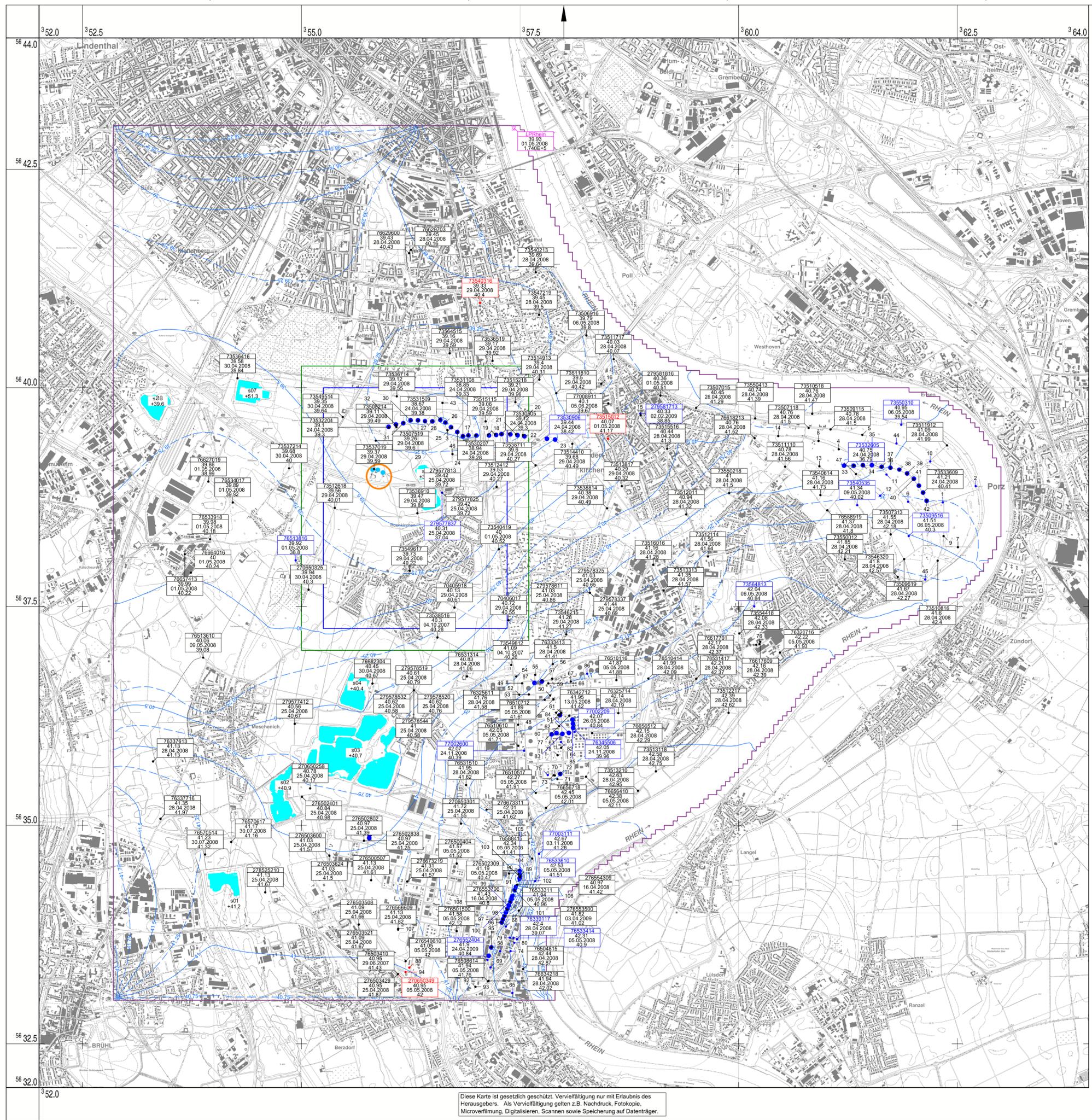
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 3, 04229 Leipzig

Information	Datum	Name / Abt.	
bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	<b>Maßstab</b>  <b>1 : 25 000</b>
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / M&P Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graudenz  
 Datum: 2018-12-20-12-48-48 (ETRS89) / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: pdf  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Hydroisohypsen (GWGL) in m NN (berechnet)
- Gewässer in m NN (berechnet)

**Grundwassermessstellen**

- Messstellennummer, bezeichnet, Messdatum, gemessen / Modellgüte ±1 m
- Messstellennummer, bezeichnet, Messdatum, gemessen / Modellgüte > 1 m
- Messstellennummer, bezeichnet, Messdatum, gemessen / Modellgüte < 1 m

**Lattenpegel**

- Pegelnummer, bezeichnet, Messdatum, gemessen

- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaut
- Brunnen Heidekaut
- Brunnen

**Anlage 2.2**

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**

**Variantenuntersuchung zur Seeverlegung / Verfüllung**

Grundwassergleichen berechnet mit GWM - 05/2008

Amelis

IBGW Leipzig Aurelis Real Estate Service GmbH Zum Promnitzplatz 6, 47851 Duisburg M&P

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH M&P Ingenieurgesellschaft mbH

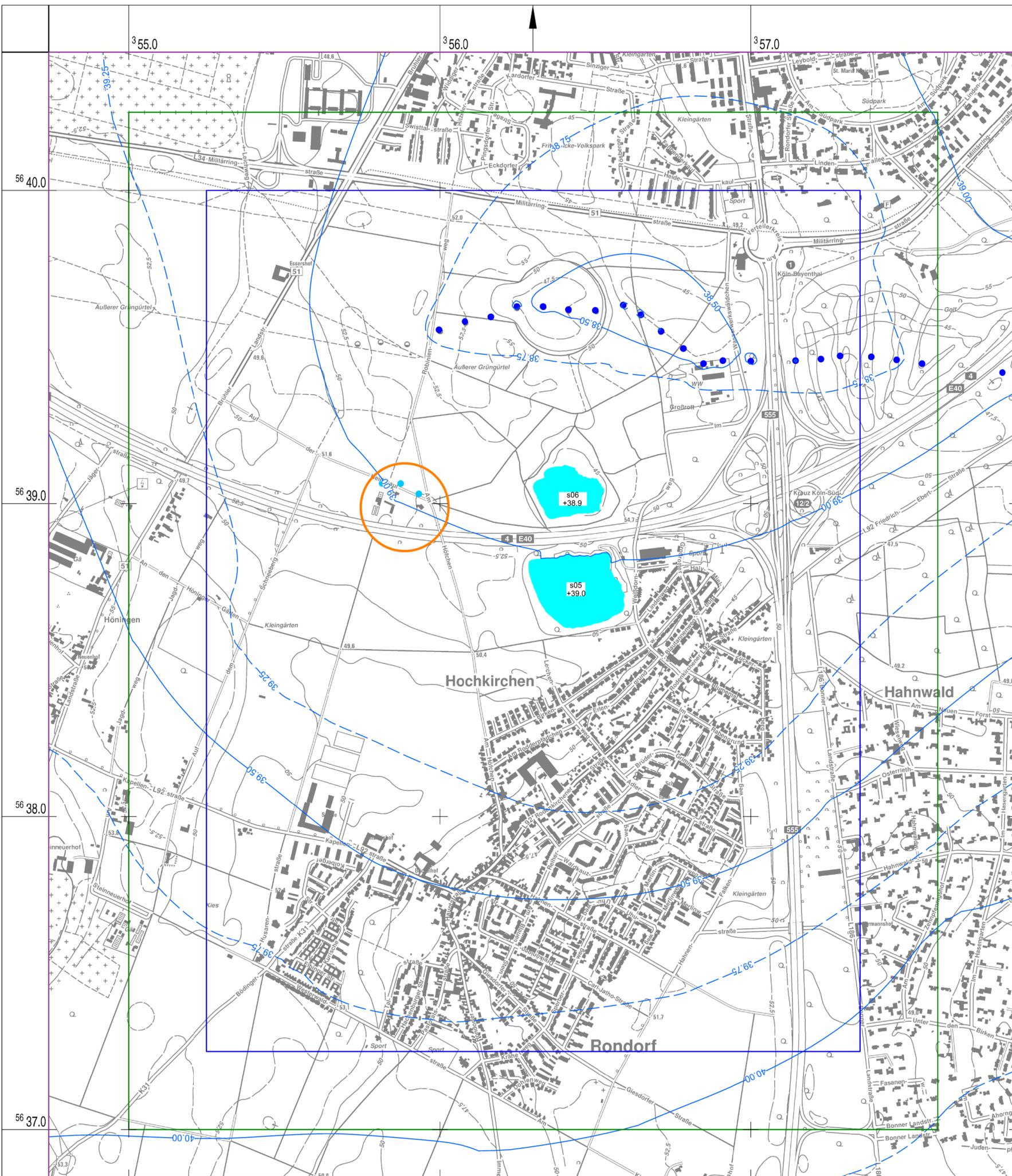
Nonnenstr. 3, 04229 Leipzig Wildenruder Str. 190, 53825 Köln

Information	Datum	Name / Abt.	Maßstab
bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	1 : 25 000
thematisch	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / M&P Ingenieurgesellschaft	

**Kartengrundlage:** Digitale Topographische Karte 1:10.000 NW Graudenz Datum: 2018-12-20-12-48-Imperial-311 Koordinatensystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832) Datum: 2018-12-20-12-48-Kathem: last-Koordinatensystem



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 42.00 — Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaut
- Brunnen Heidekaut
- Brunnen

Anlage 3.1.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen mittlere Grundwasserverhältnisse  
 V0 - Istzustand



**IBGW**  
LEIPZIG



**Amelis**  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



**M&P**  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

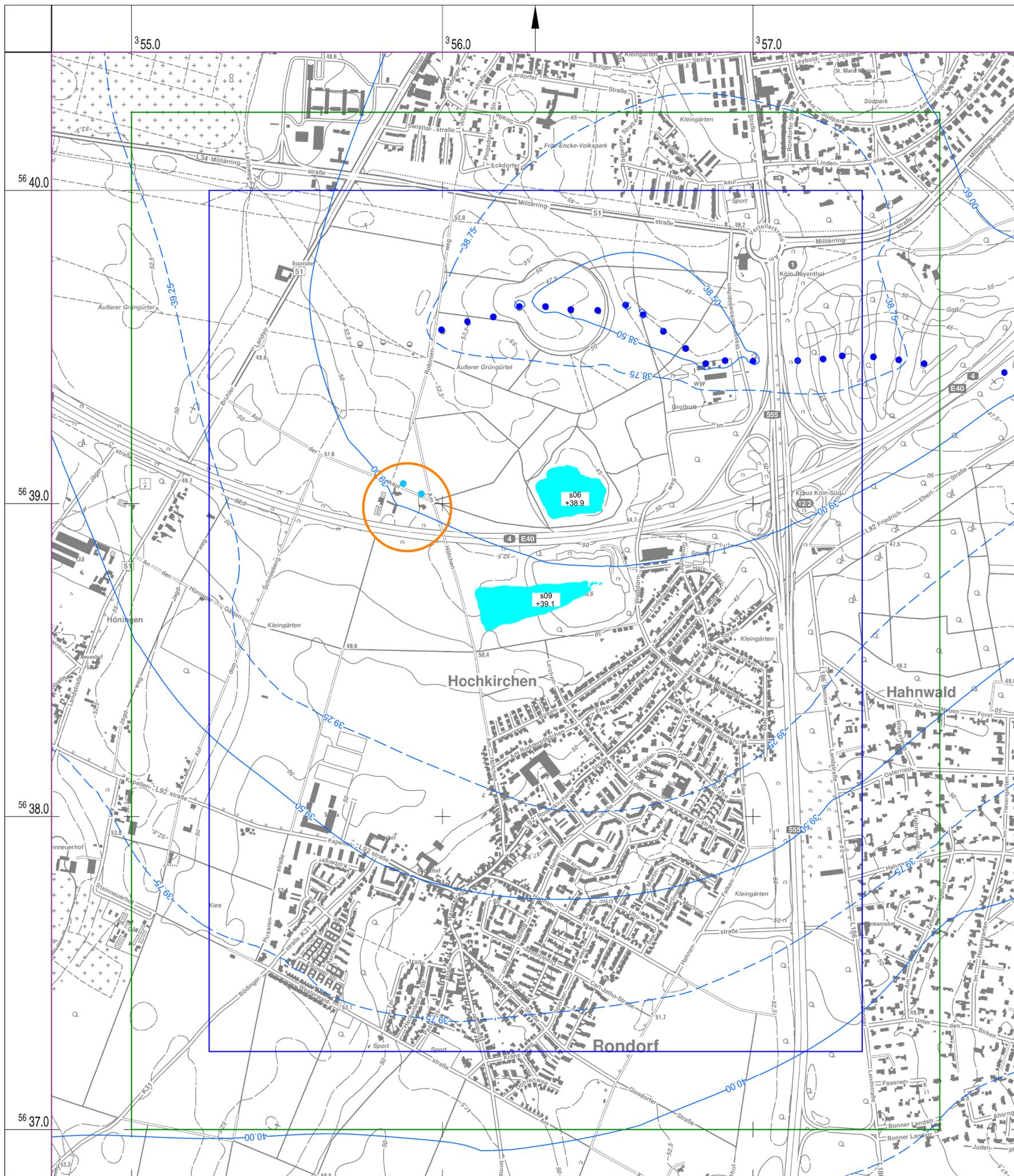
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 40.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.1.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen mittlere Grundwasserverhältnisse  
 V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Portsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

Amelis

M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

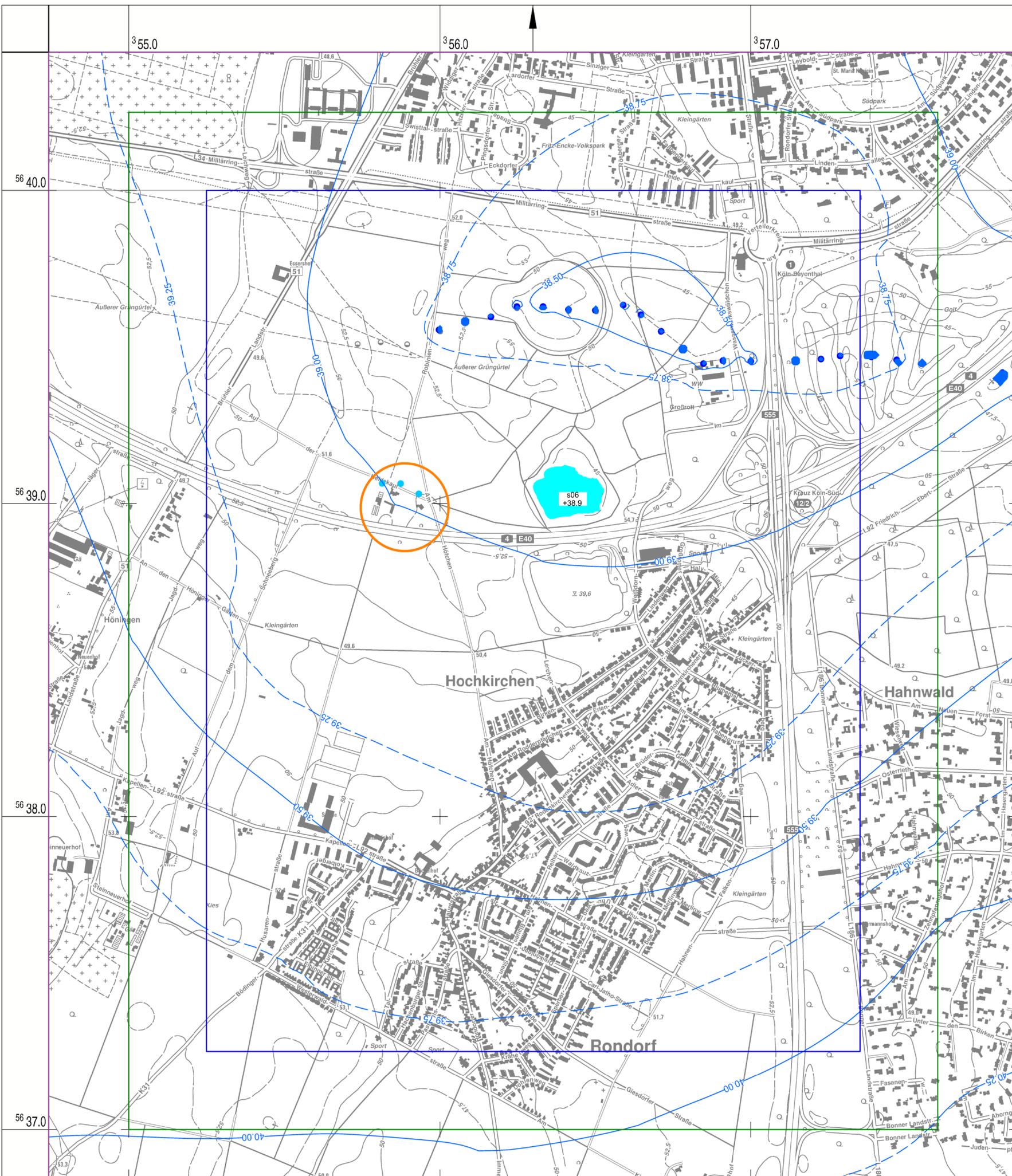
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
Thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 40.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.1.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen mittlere Grundwasserverhältnisse  
 V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material



**IBGW**  
LEIPZIG



**Amelis**  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Portsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



**M&P**  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

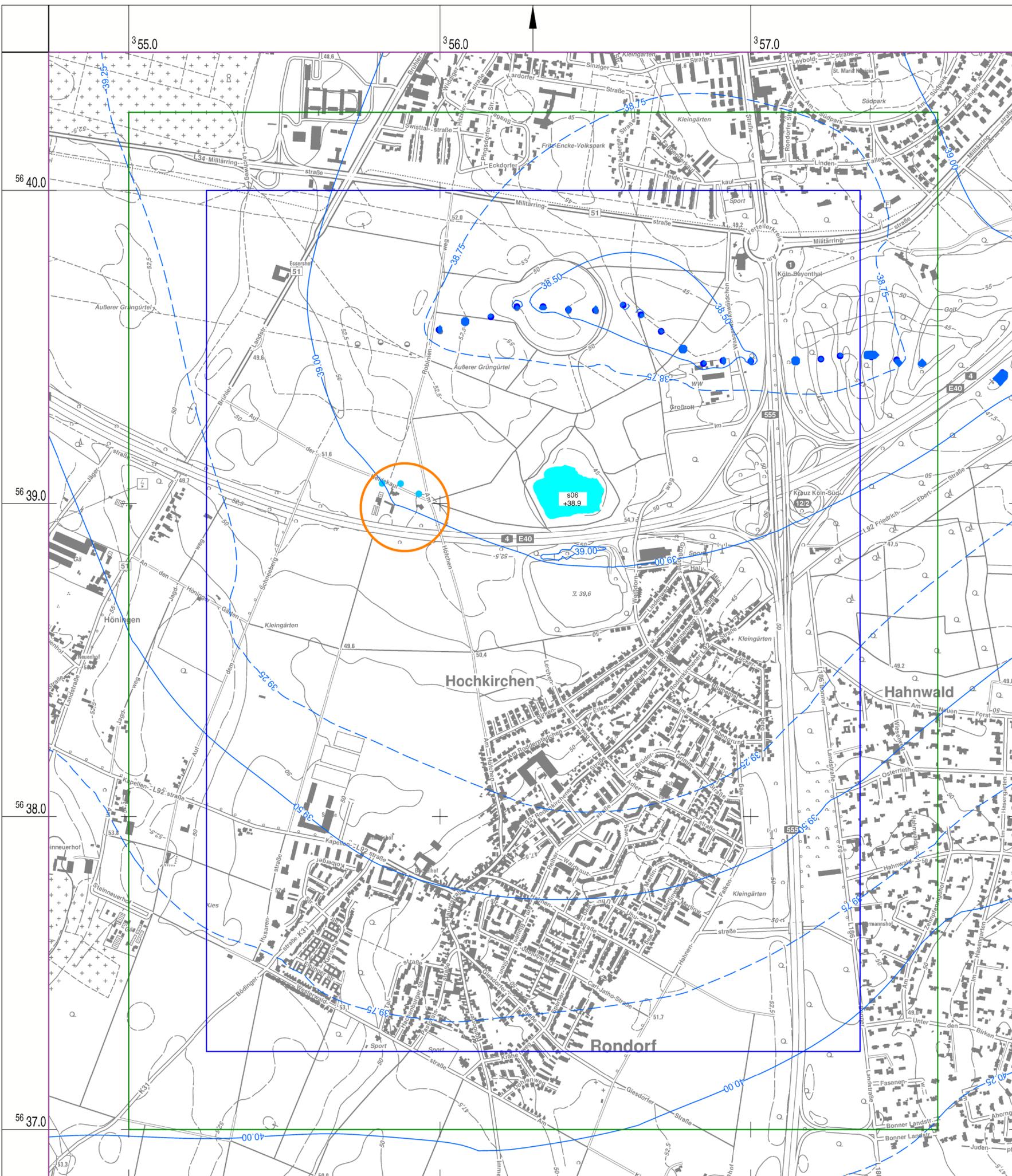
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 40.00 — Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.1.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen mittlere Grundwasserverhältnisse  
 V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material



**IBGW**  
LEIPZIG



**Amelis**  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Portsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



**M&P**  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

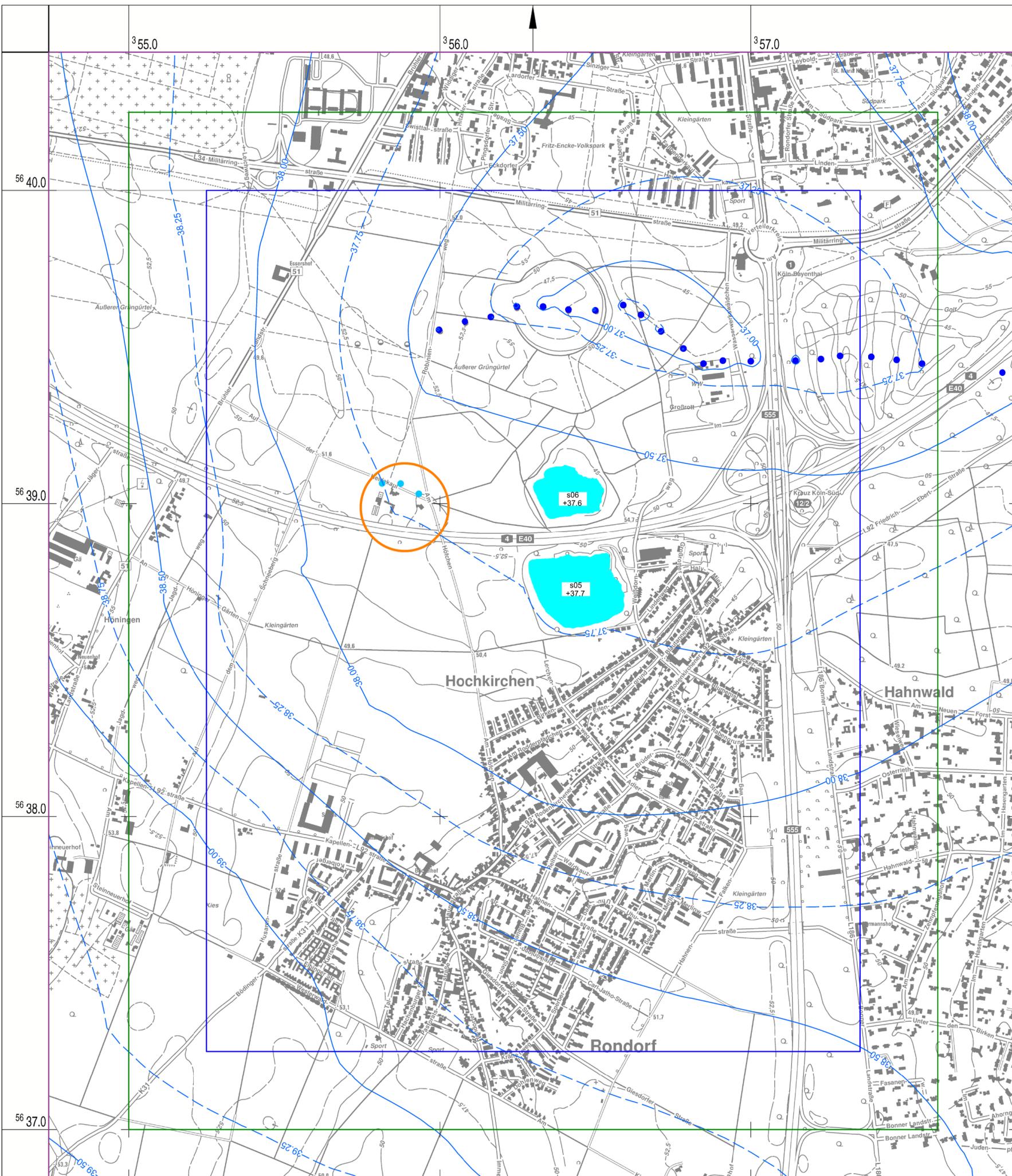
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.2.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Niedrigwasser-Verhältnisse  
 V0 - Istzustand

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

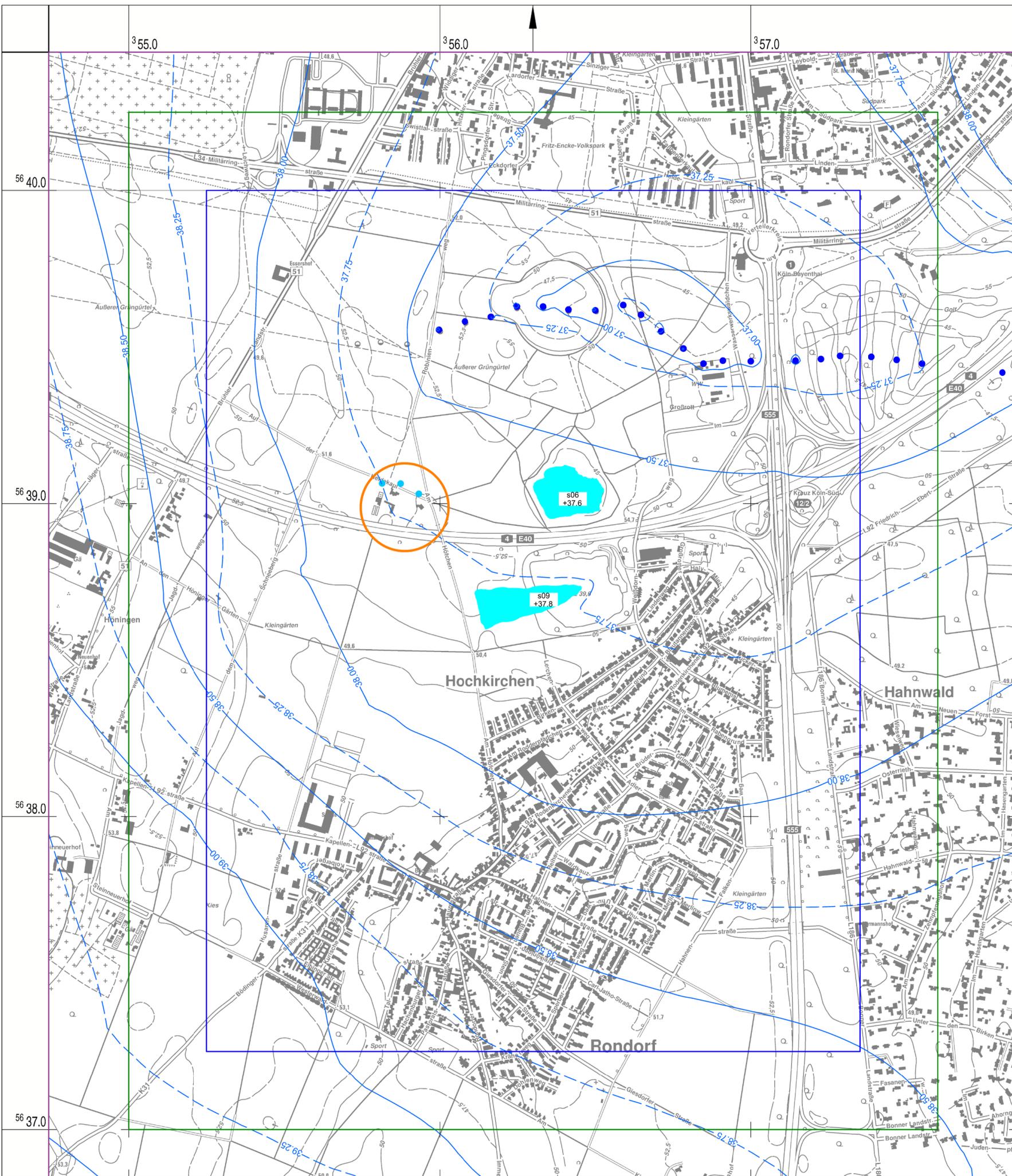
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.2.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Niedrigwasser-Verhältnisse  
 V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

Amelis

M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

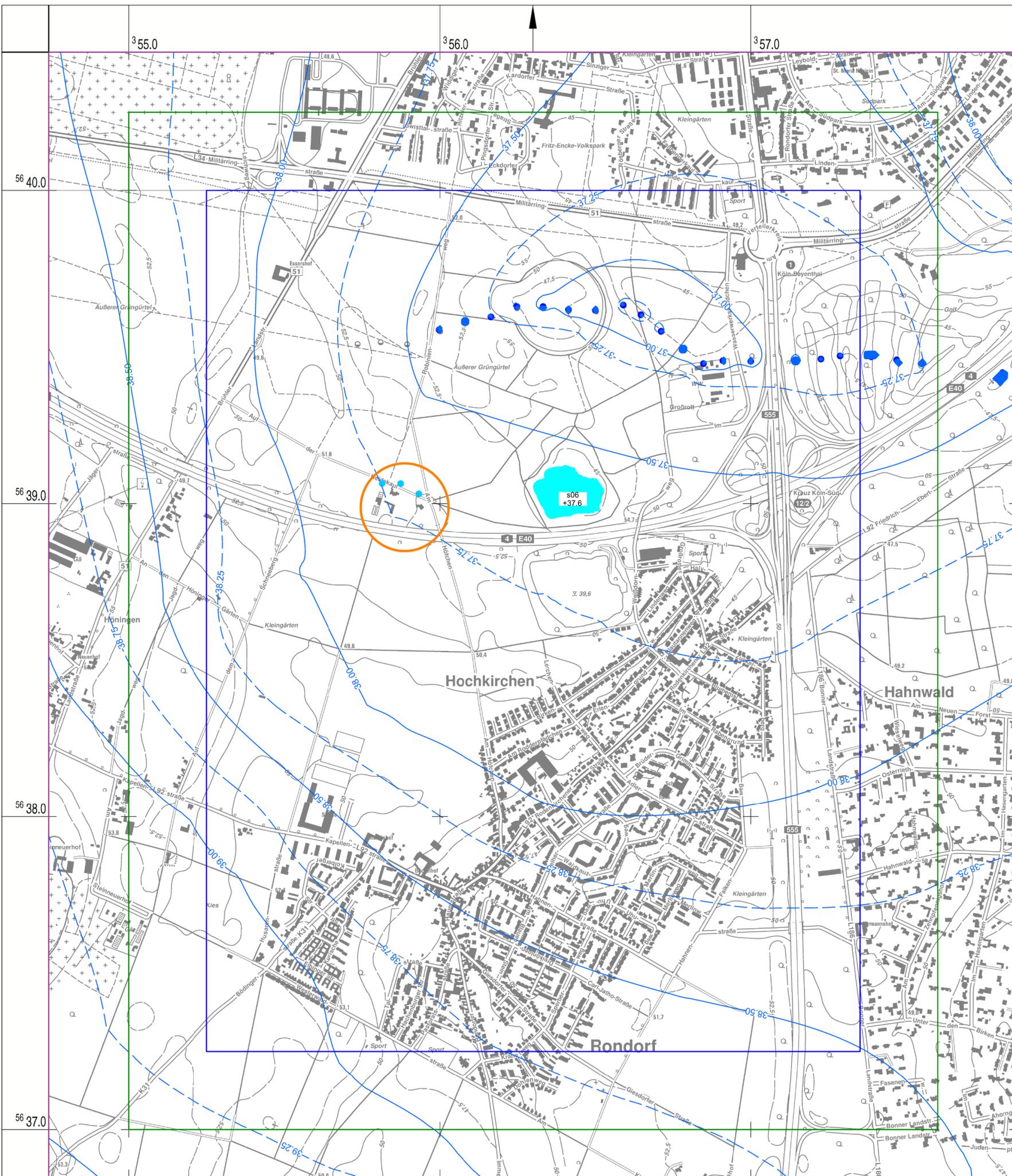
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.2.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Niedrigwasser-Verhältnisse  
 V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

M&P  
 Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

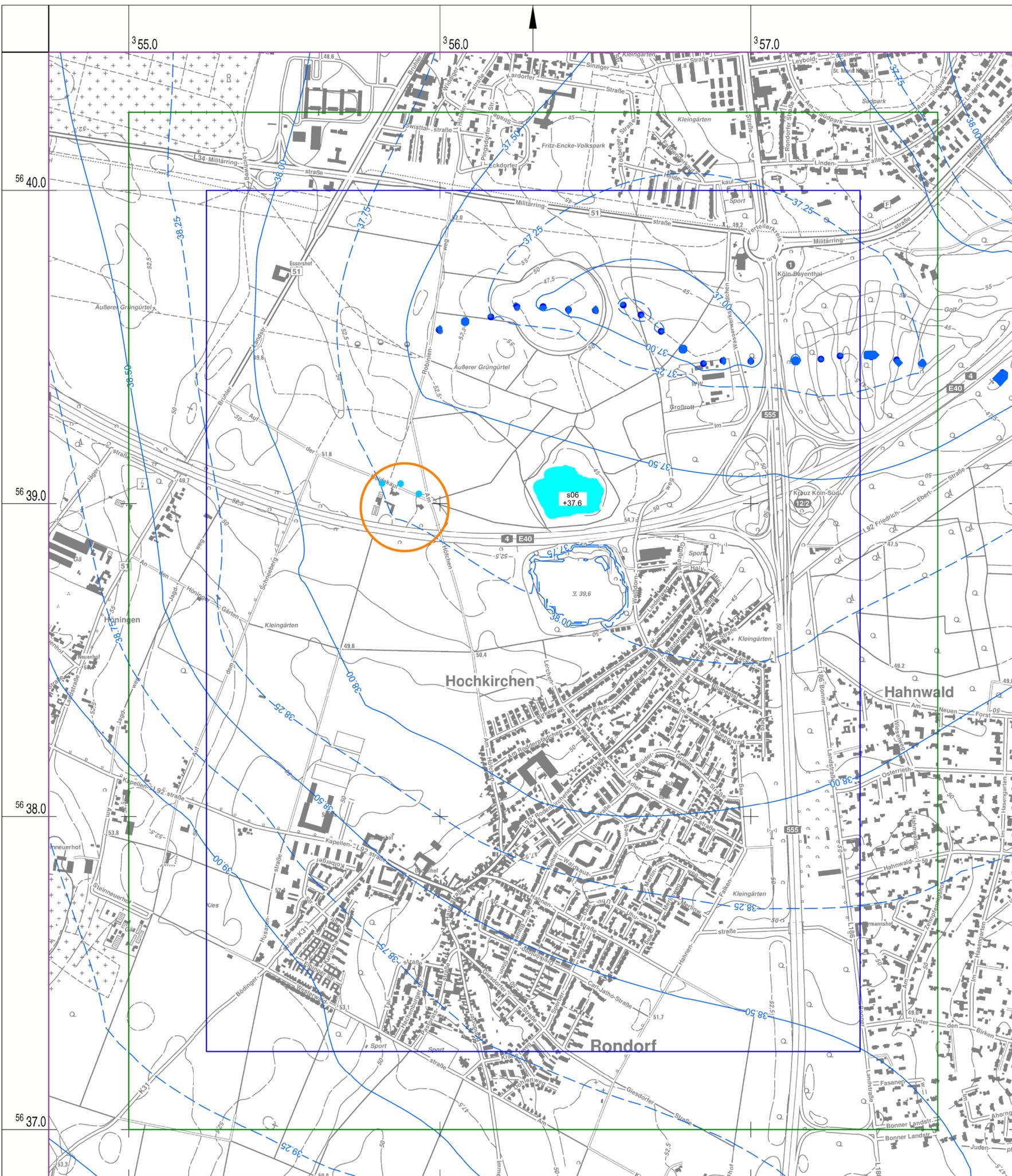
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.2.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Niedrigwasser-Verhältnisse  
 V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Portsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

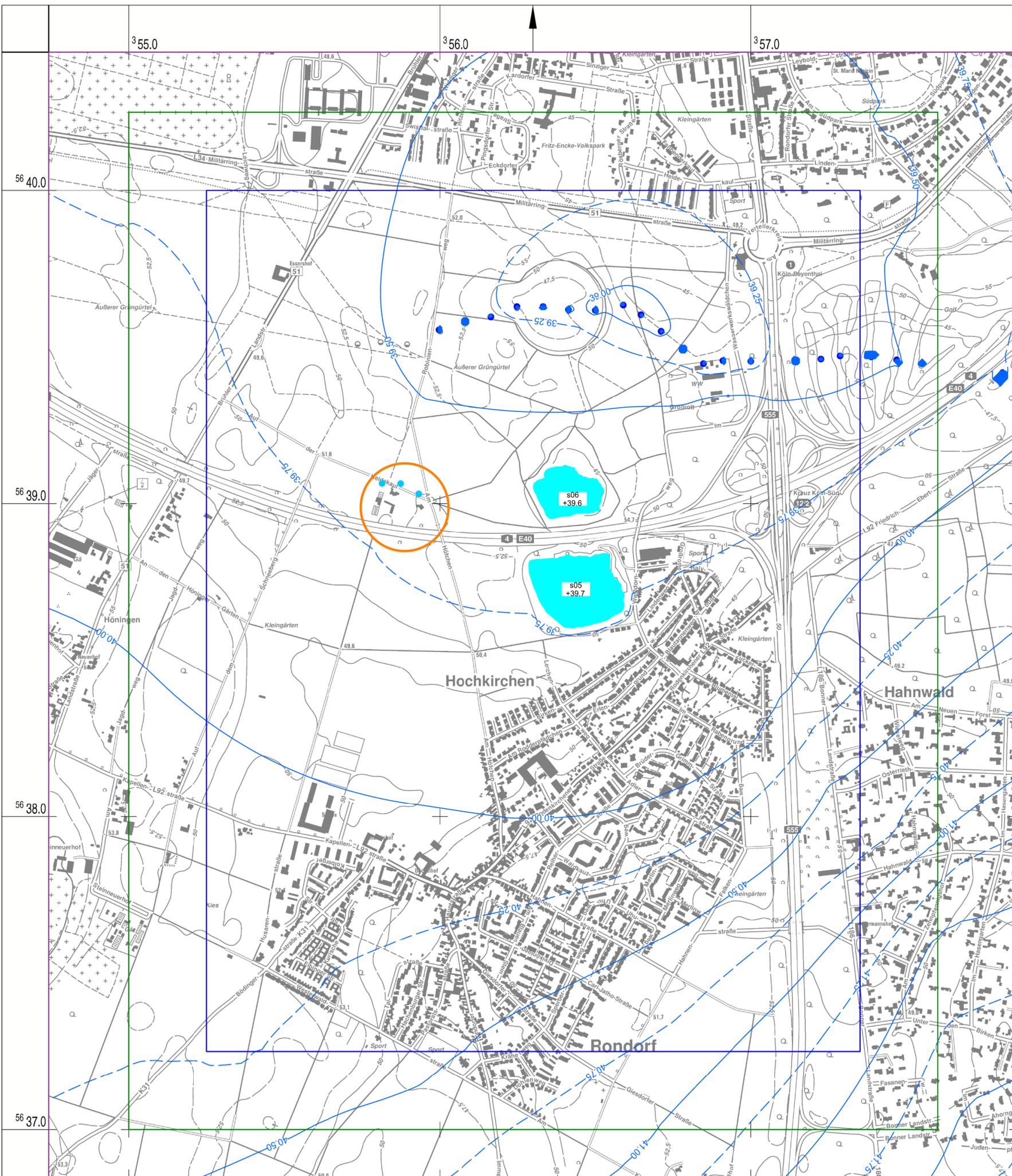
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.3.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Hochwasser-Verhältnisse  
 V0 - Istzustand



IBGW  
LEIPZIG



Amelis  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



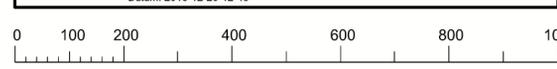
M&P  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

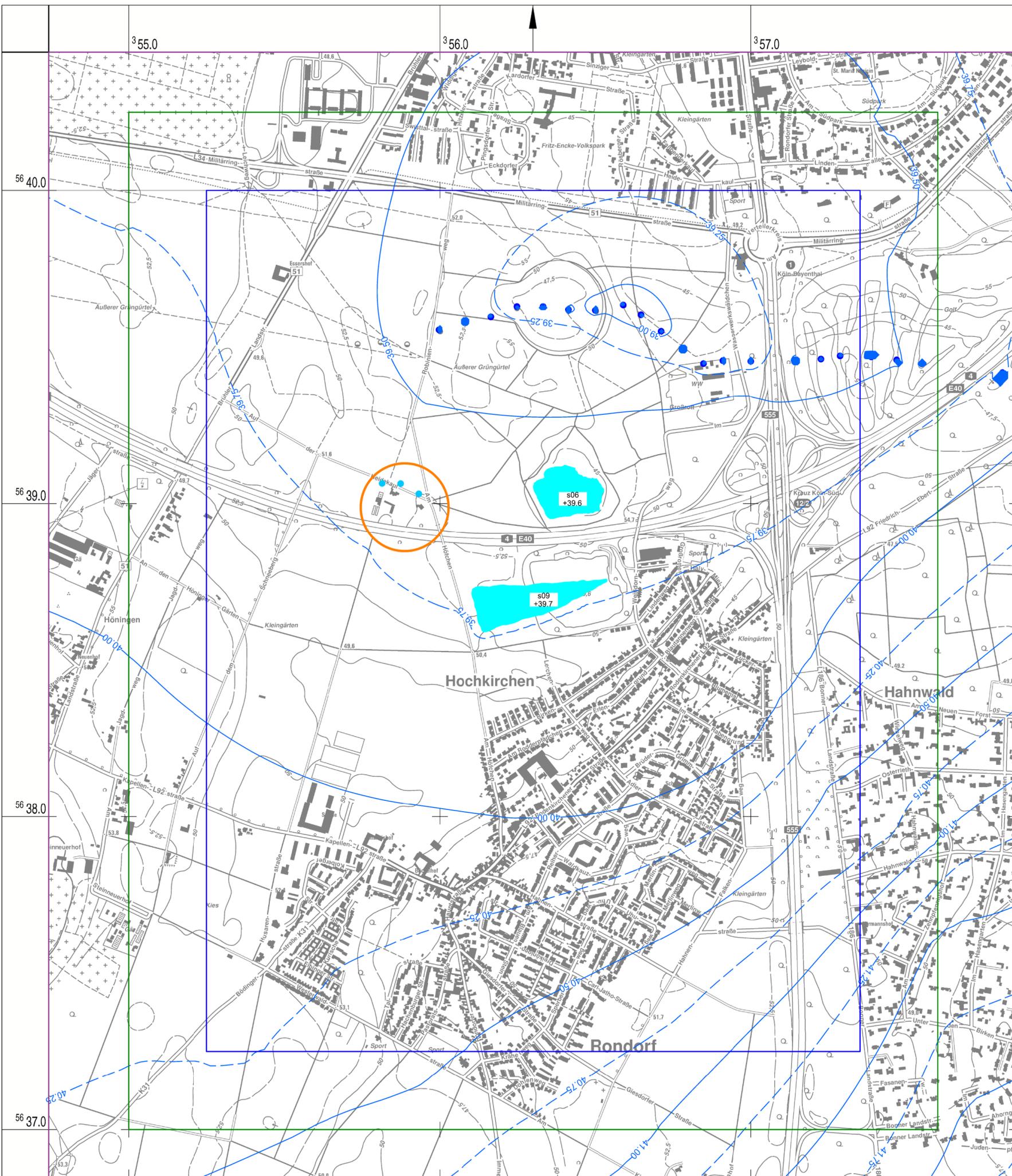
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 --- Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.3.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Hydroisohypsen Hochwasser-Verhältnisse**  
**V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung**



IBGW  
LEIPZIG



Amelis  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



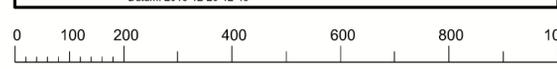
M&P  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

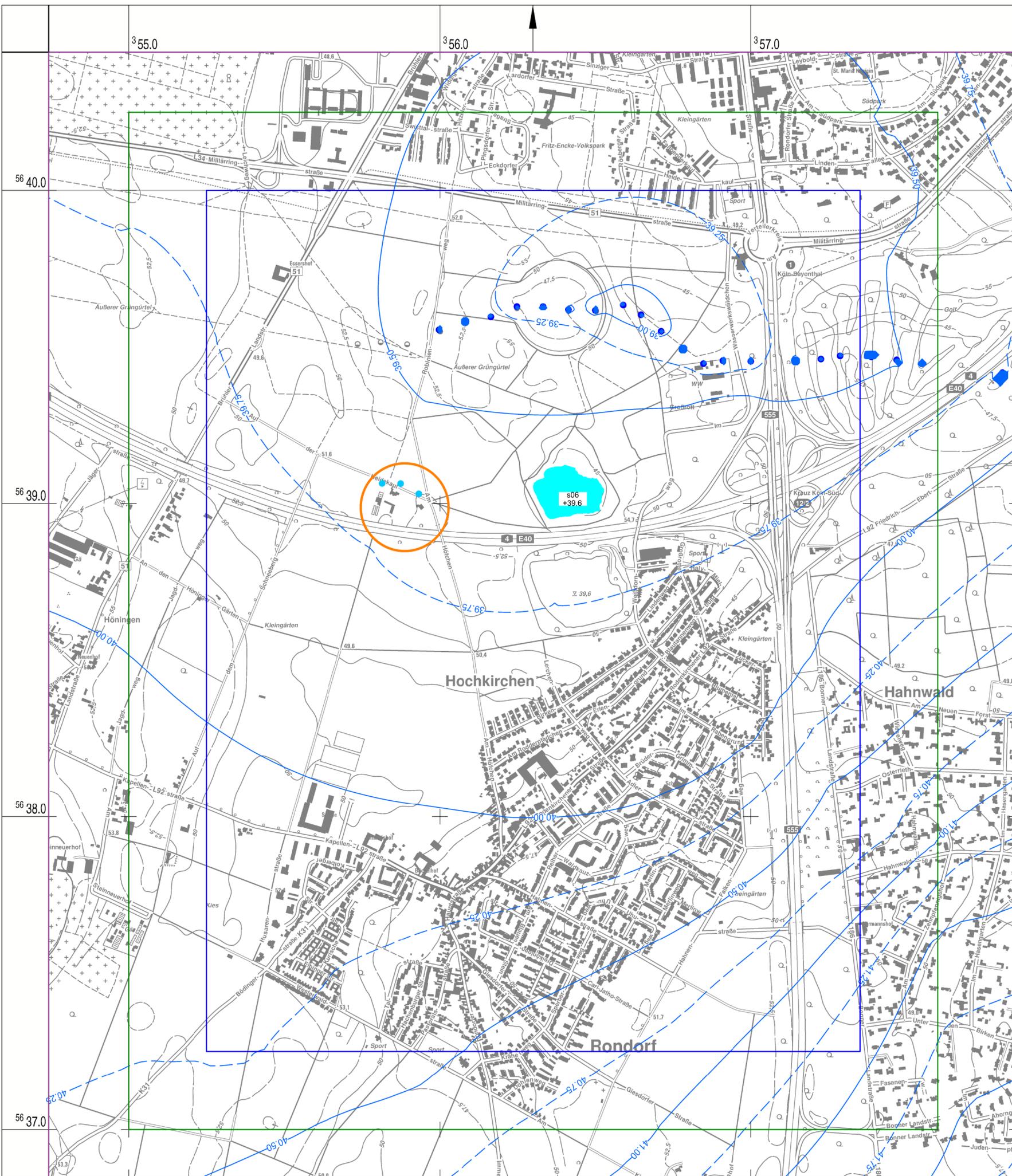
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

Thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 39.00 Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.3.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Hochwasser-Verhältnisse  
 V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material

IBGW  
LEIPZIG

Amelis  
 Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

M&P  
 Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

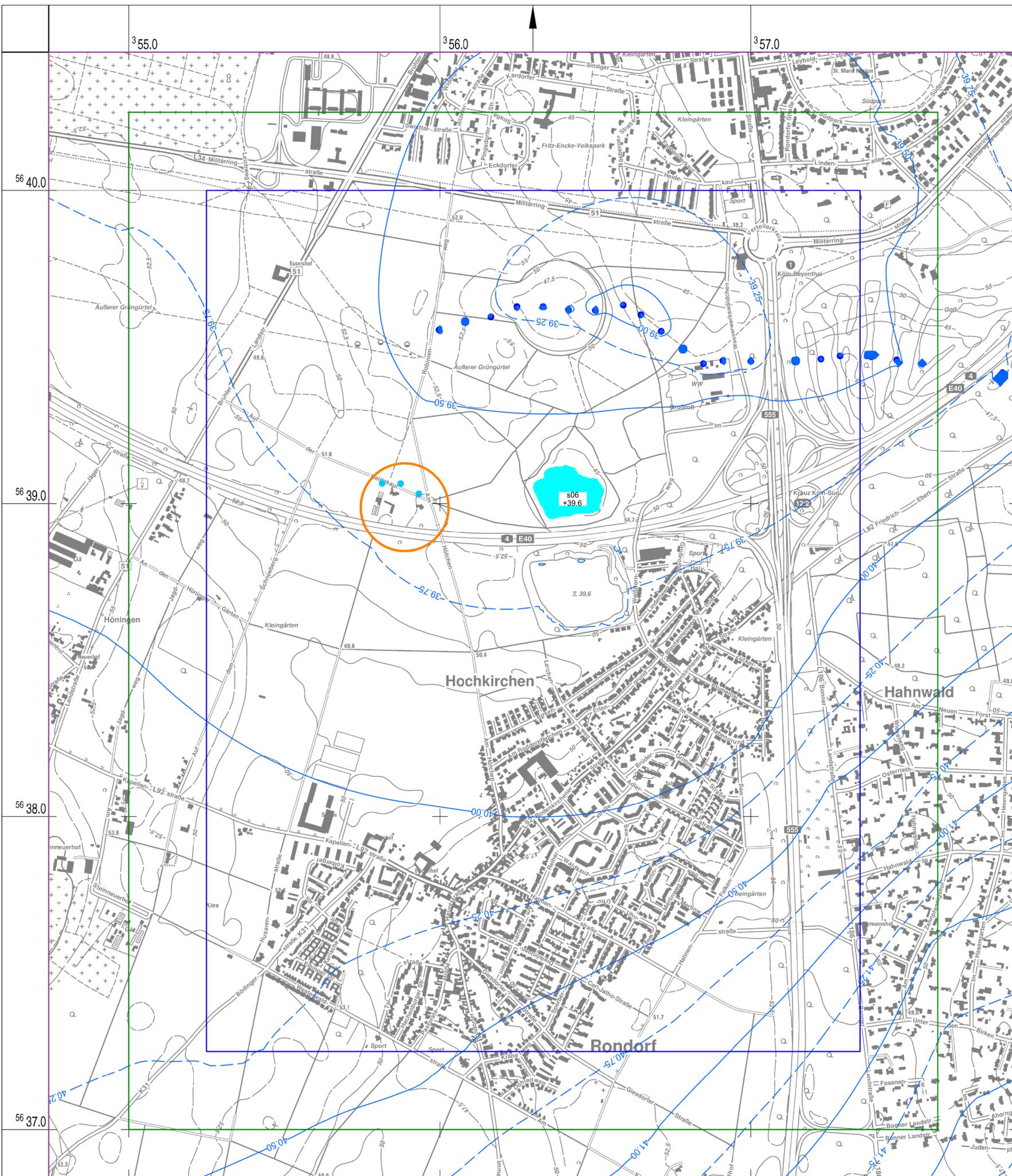
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 40.00 — Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 3.3.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
 Hydroisohypsen Hochwasser-Verhältnisse  
 V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material



IBGW  
LEIPZIG



Amelis  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



M&P  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

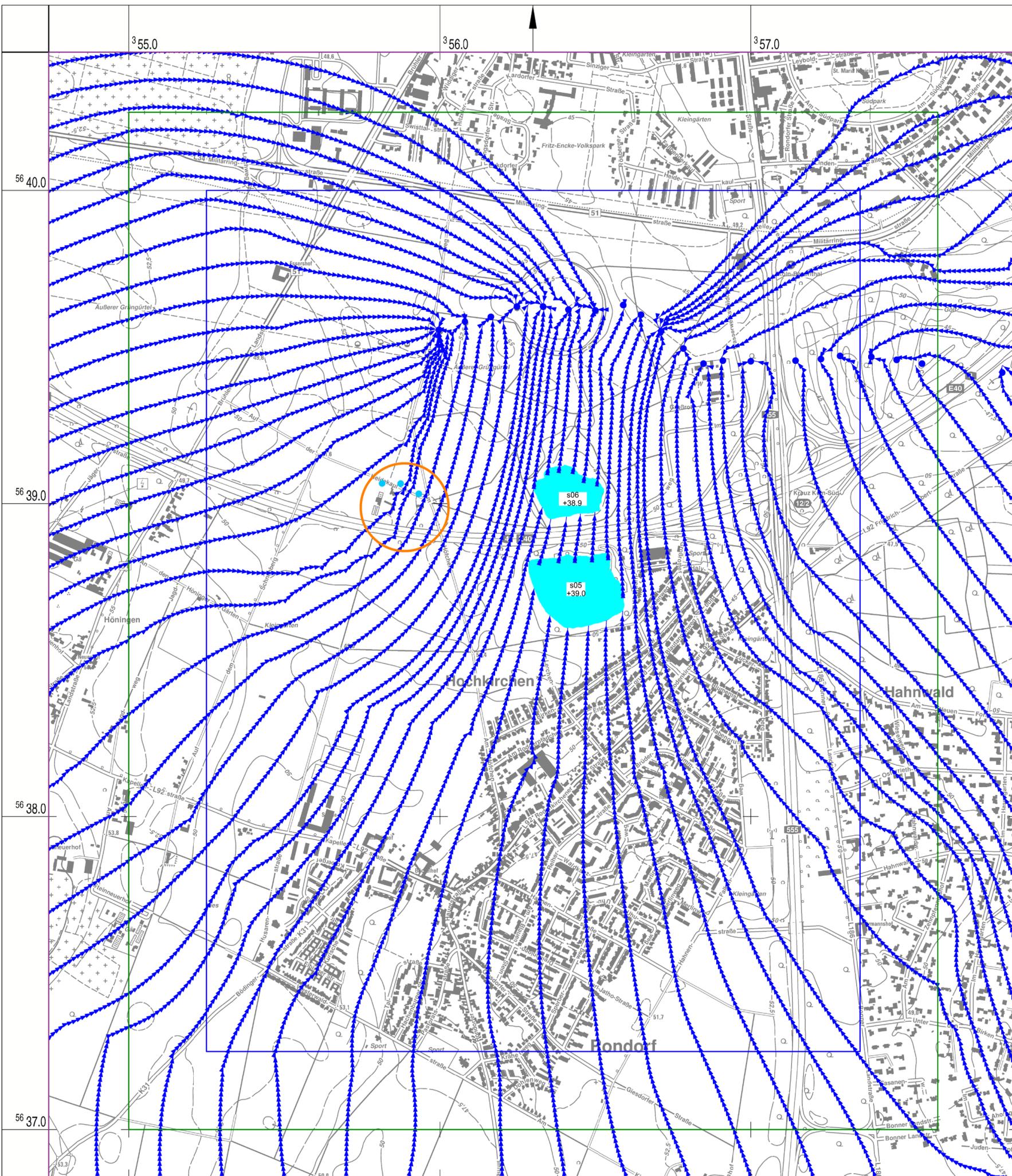
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

Thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
Thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.1.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen mittlere Grundwasserverhältnisse**  
**V0 - Istzustand**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

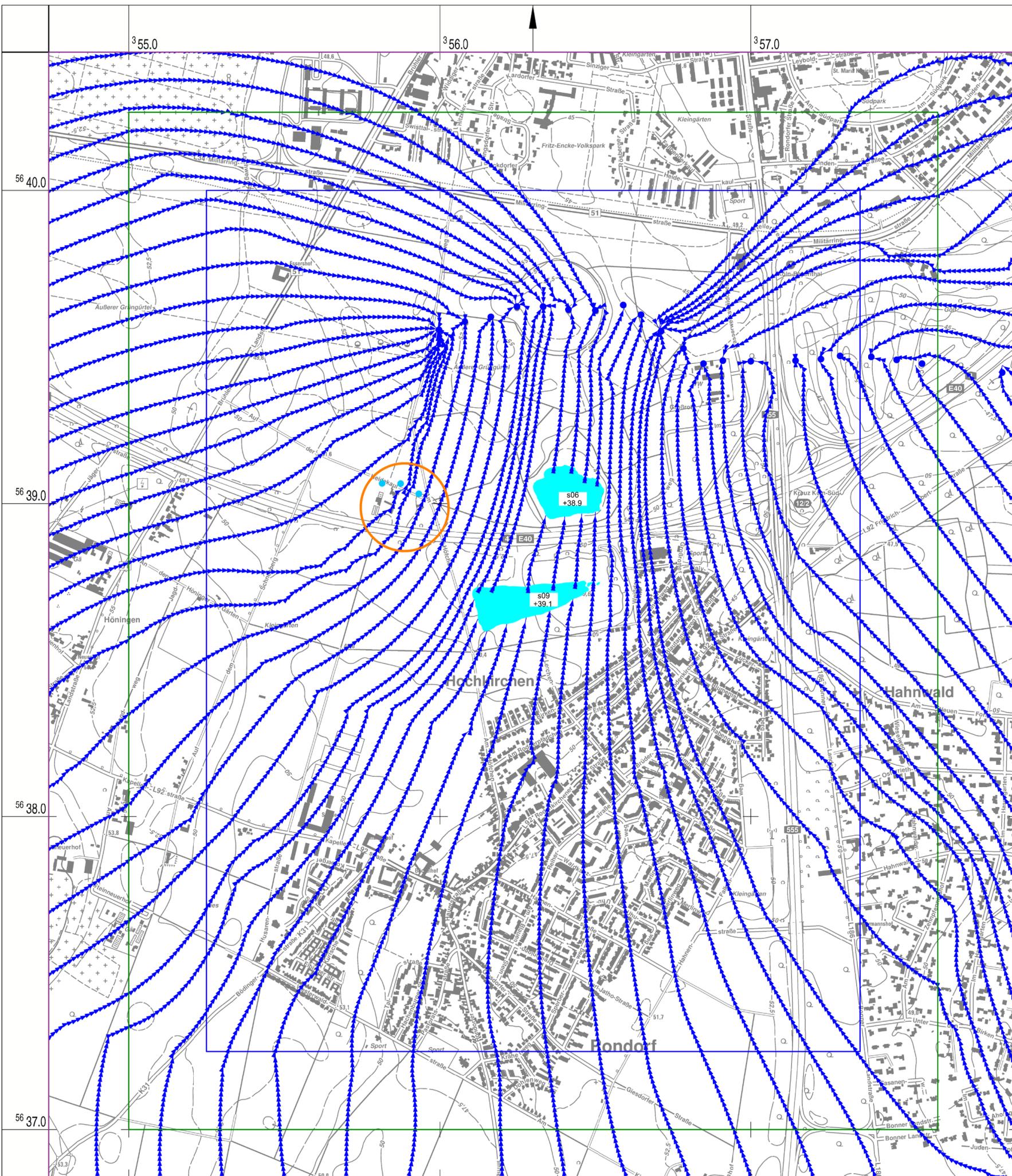
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

Thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
Thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnliesen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.1.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnliesen mittlere Grundwasserhältnisse**  
**V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung**

IBGW  
LEIPZIG

Amelis  
 Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

M&P  
 Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

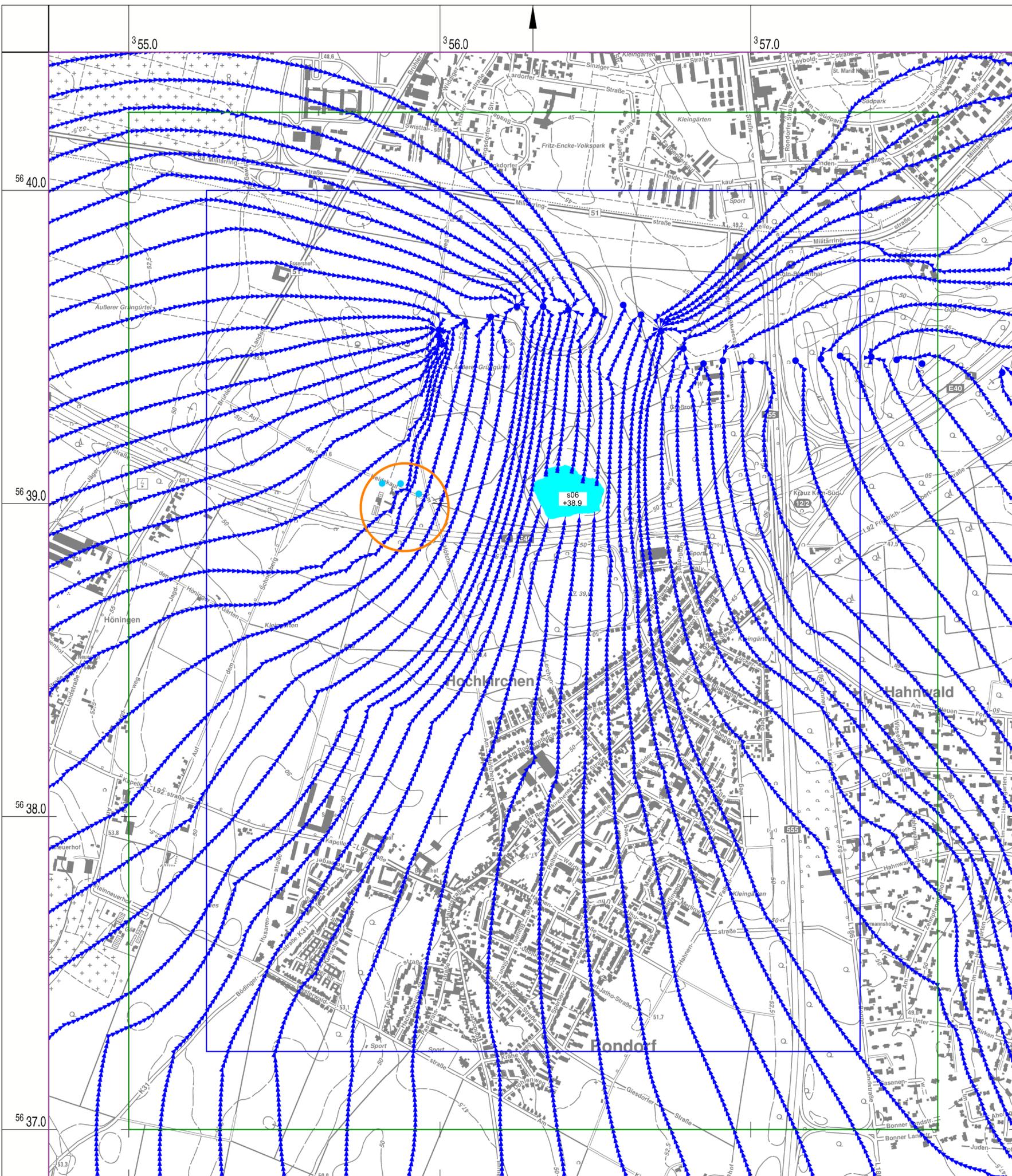
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.1.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen mittlere Grundwasserverhältnisse**  
**V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material**

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

M&P  
 Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

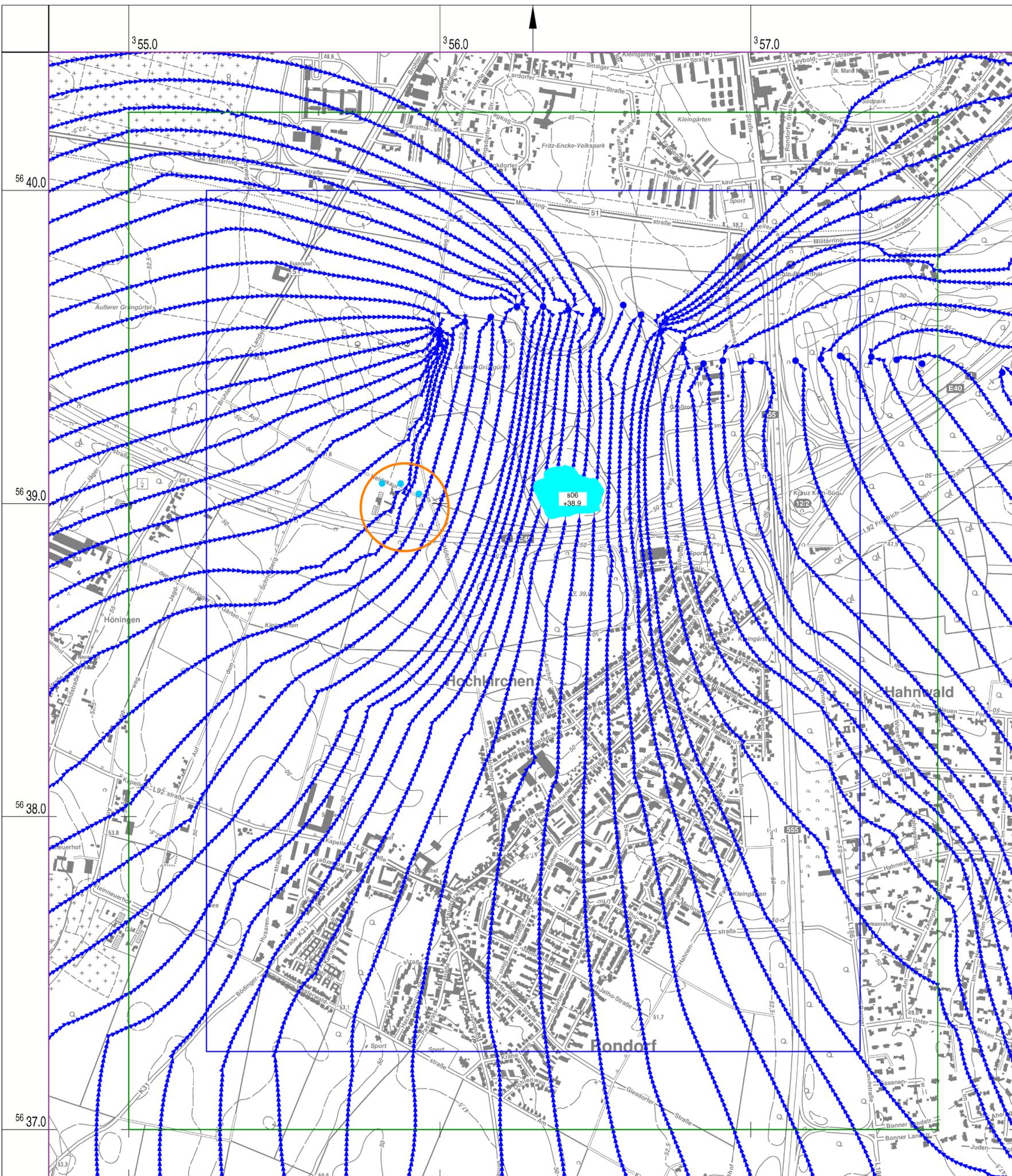
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.1.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen mittlere Grundwasserverhältnisse**  
**V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material**

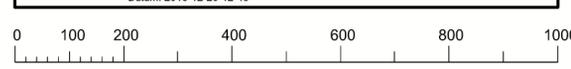
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

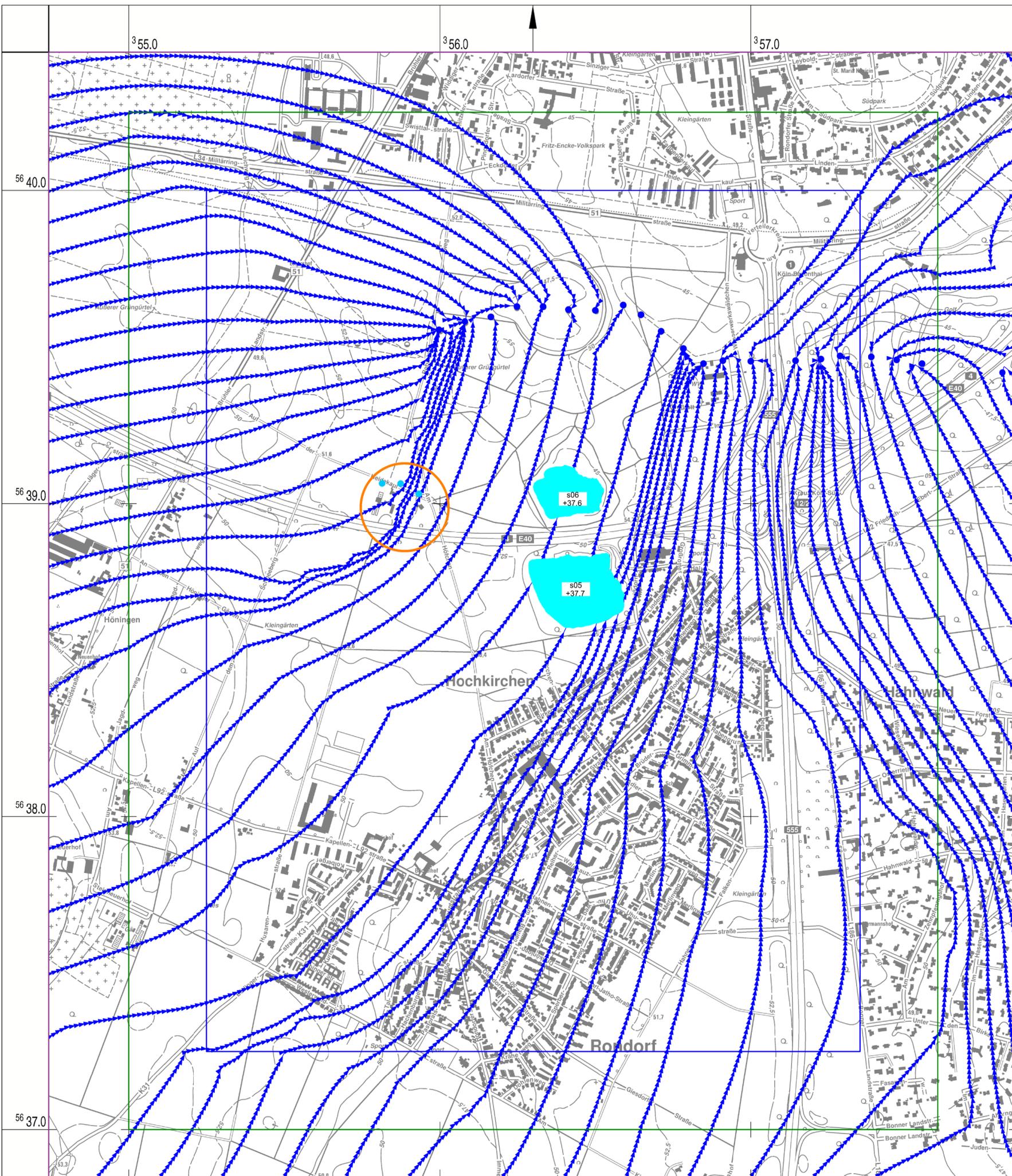
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.2.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen Niedrigwasser-Verhältnisse**  
**V0 - Istzustand**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

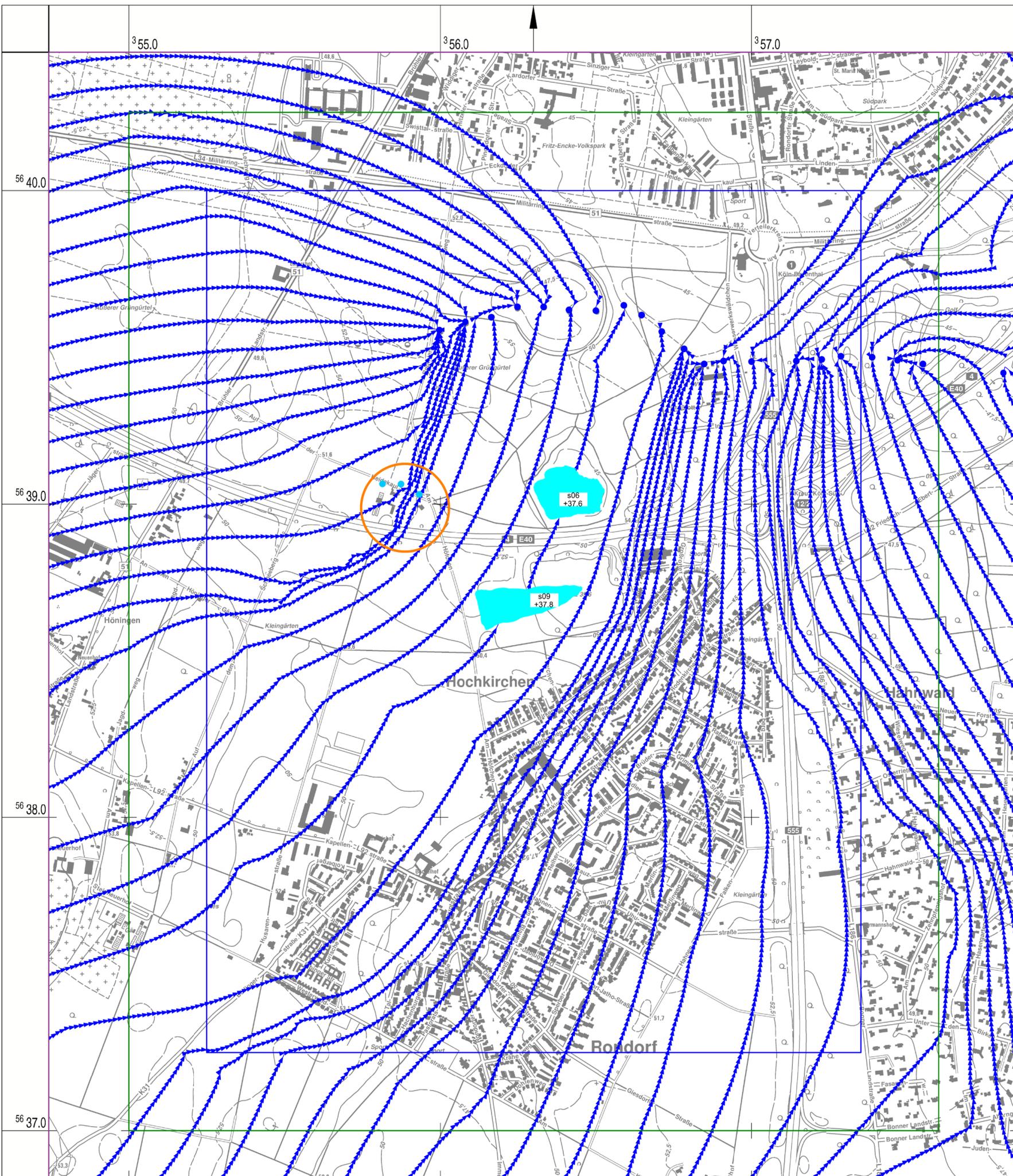
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

Thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
Thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
Thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.2.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen Niedrigwasser-Verhältnisse V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

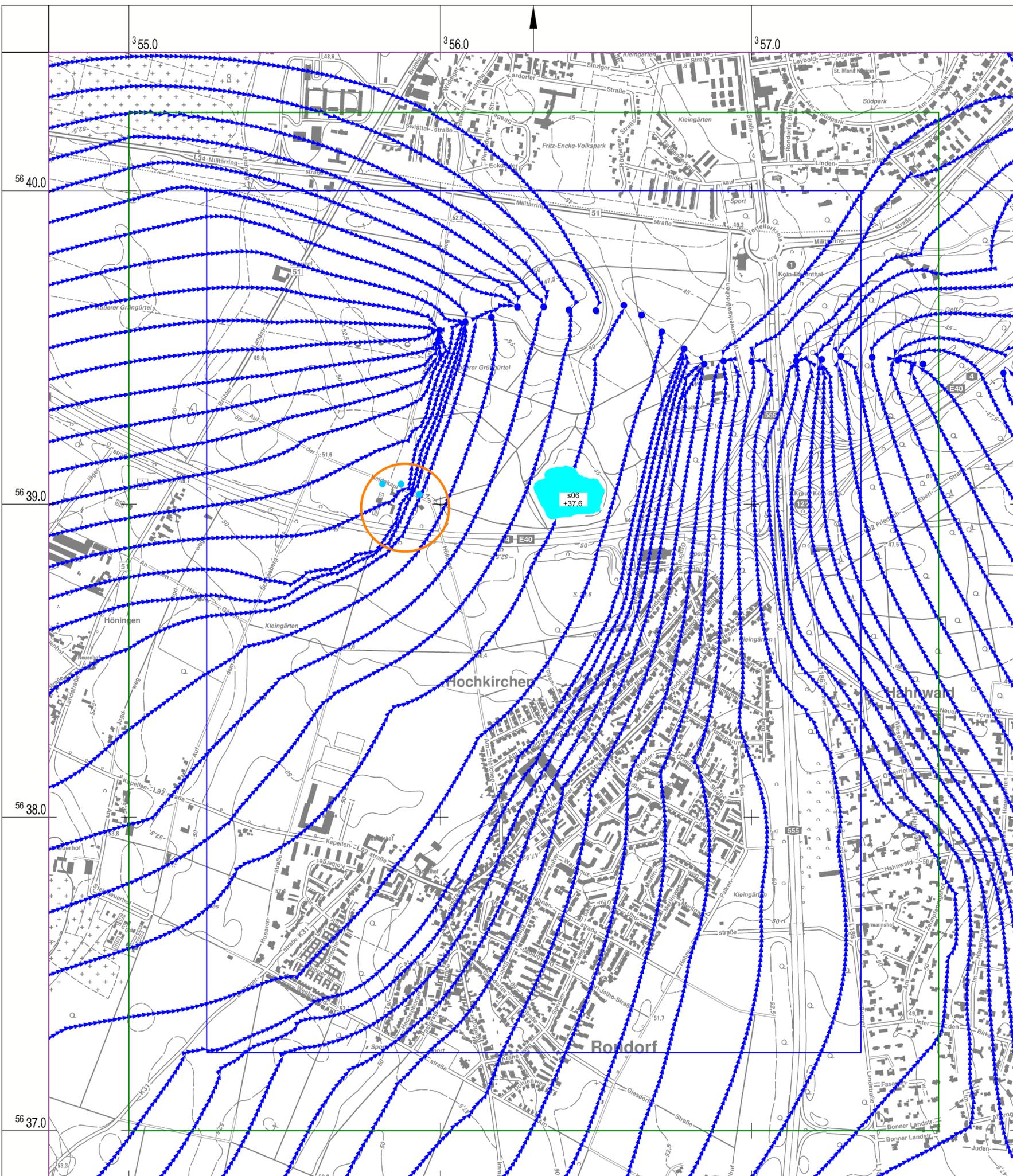
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

-  Bahnliesen
-  Gewässer  
in m NHN (berechnet)
-  Lupe 0
-  Lupe 1
-  Lupe 2
-  Heidekaul
-  Brunnen Heidekaul
-  Brunnen

Anlage 4.2.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnliesen Niedrigwasser-Verhältnisse**  
**V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material**



**IBGW<sup>®</sup>**  
LEIPZIG



**Amelis**  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



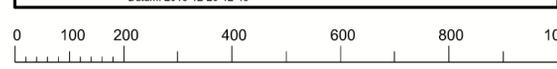
**M&P**  
Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

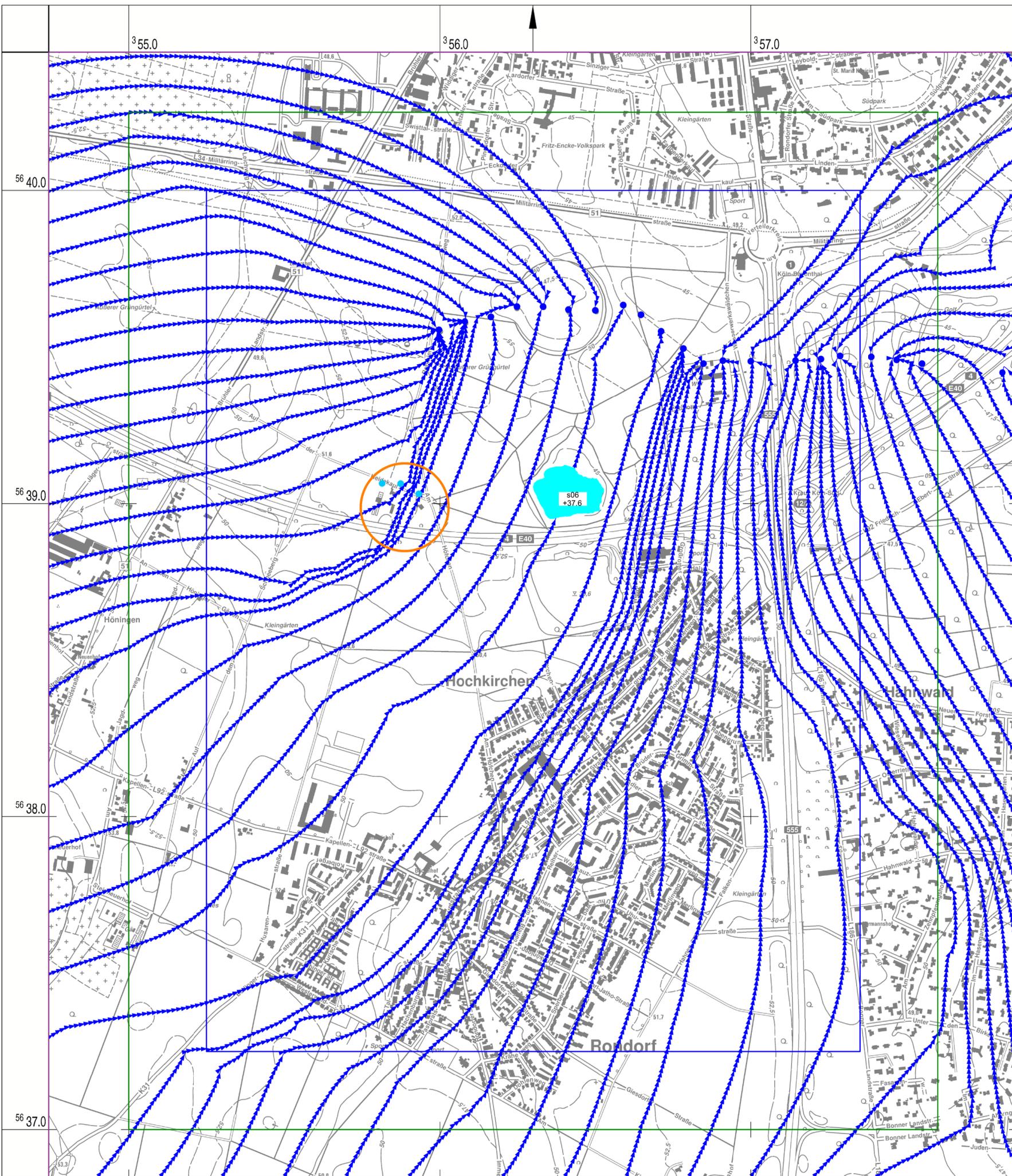
M&P Ingenieurgesellschaft mbH      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnliesen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.2.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnliesen Niedrigwasser-Verhältnisse**  
**V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material**

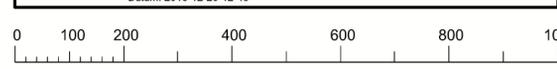
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

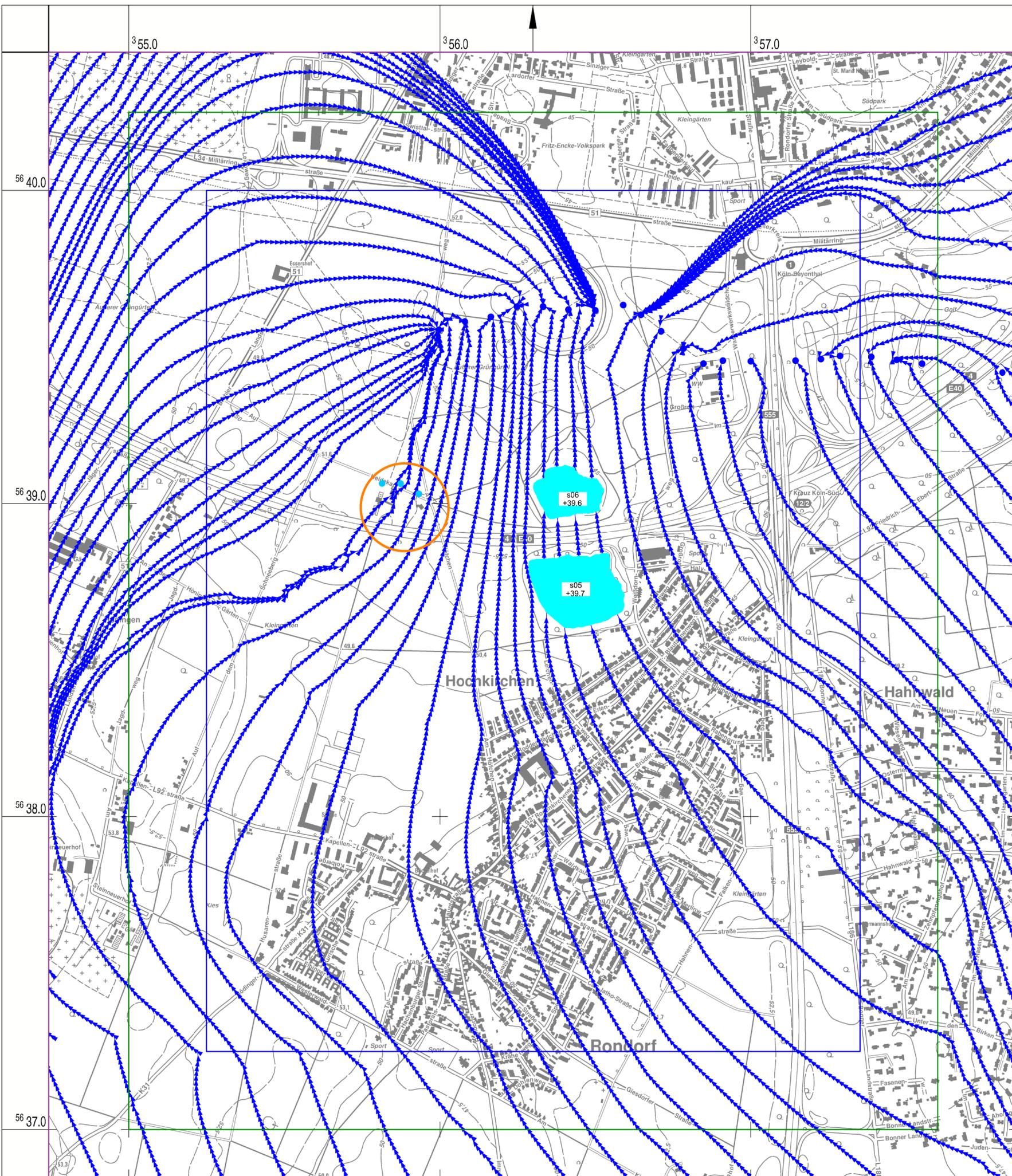
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlinsen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.3.1

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Variantenuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlinsen Hochwasser-Verhältnisse**  
**V0 - Istzustand**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

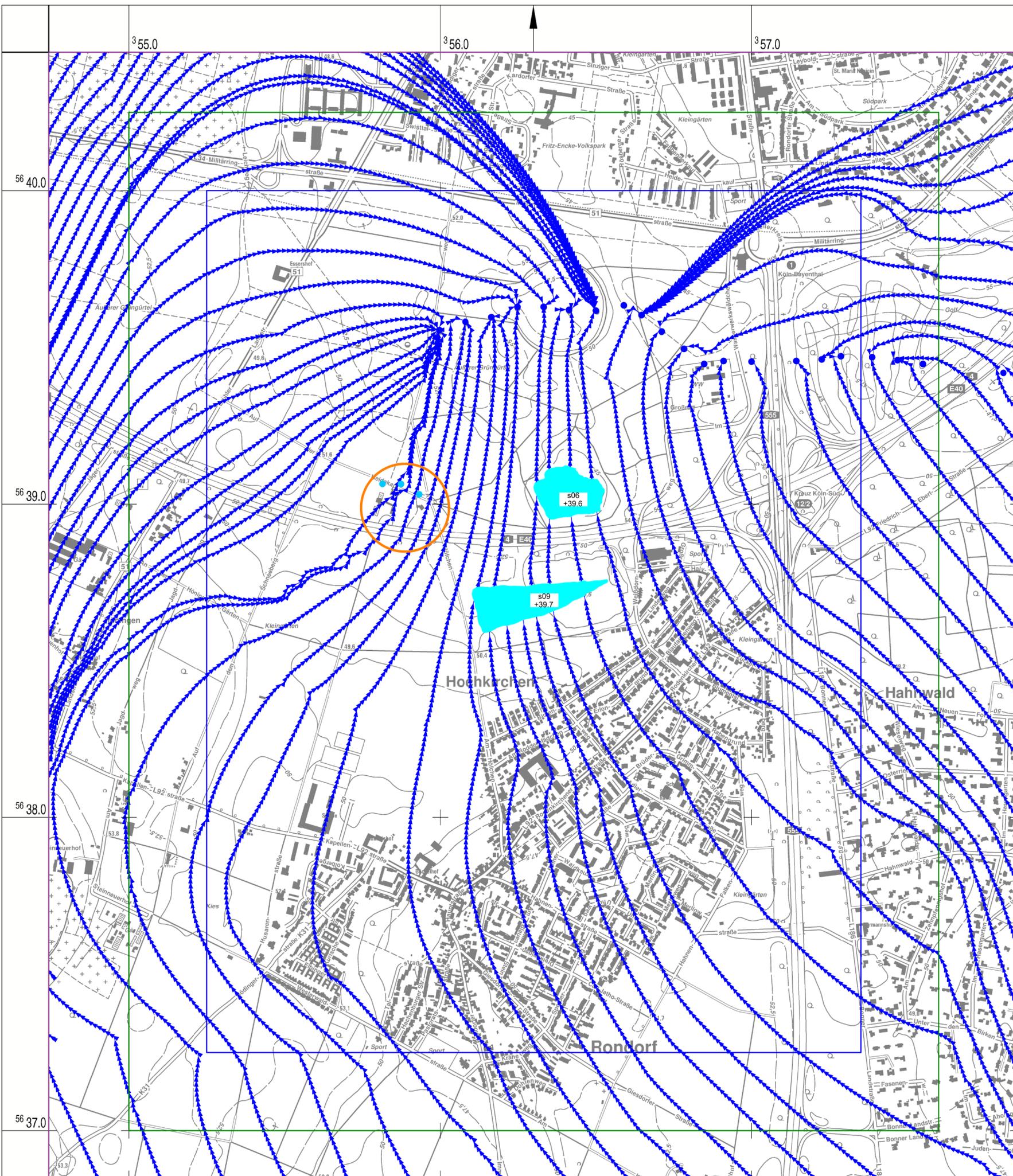
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnliesen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.3.2

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnliesen Hochwasser-Verhältnisse**  
**V1 - Seeverlegung und Teilverfüllung**

Aurelis Real Estate Service GmbH  
 Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

Amelis

M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

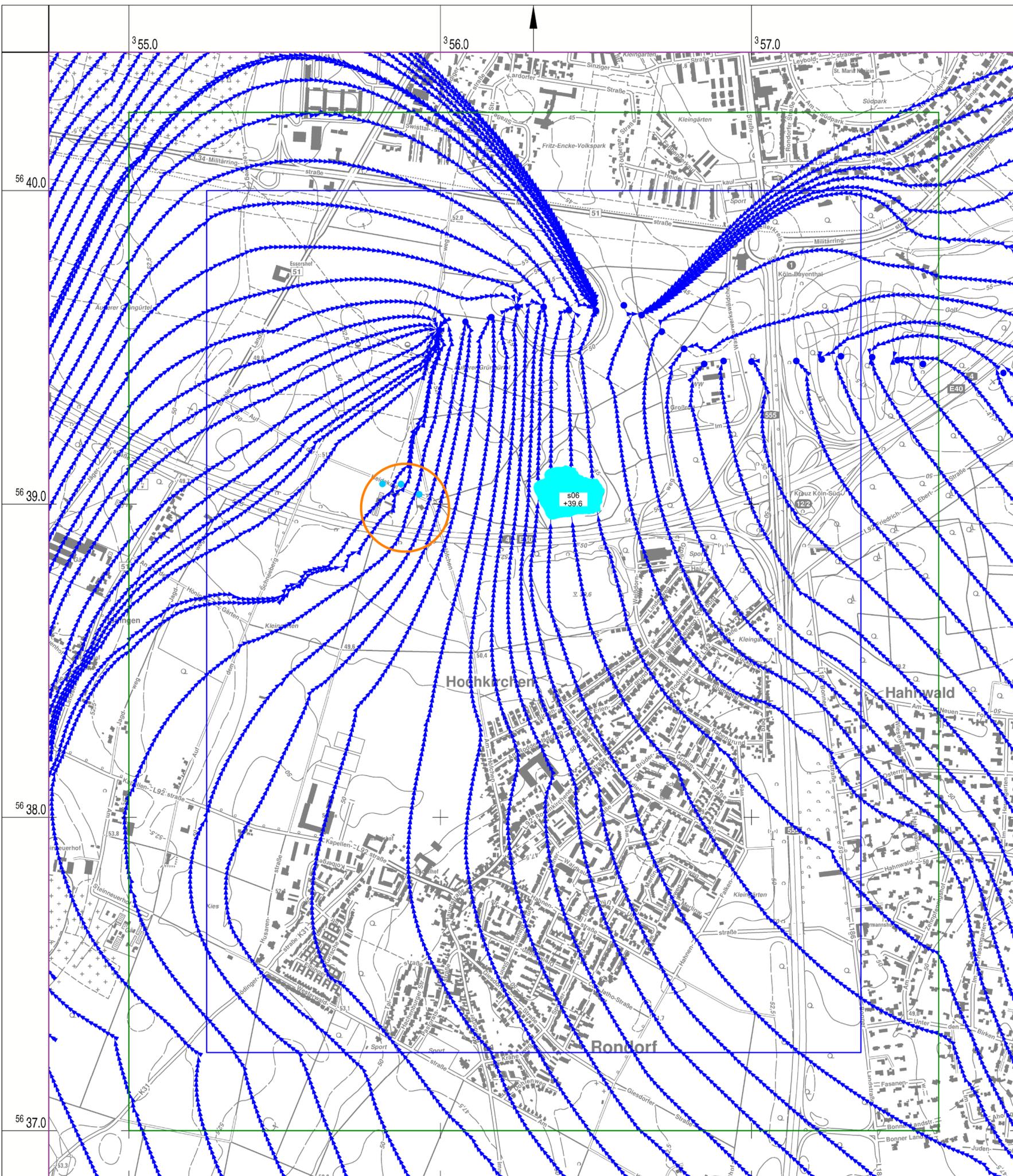
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnlilien
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.3.3

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnlilien Hochwasser-Verhältnisse**  
**V2a - Seeverfüllung mit ortstypischem Material**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

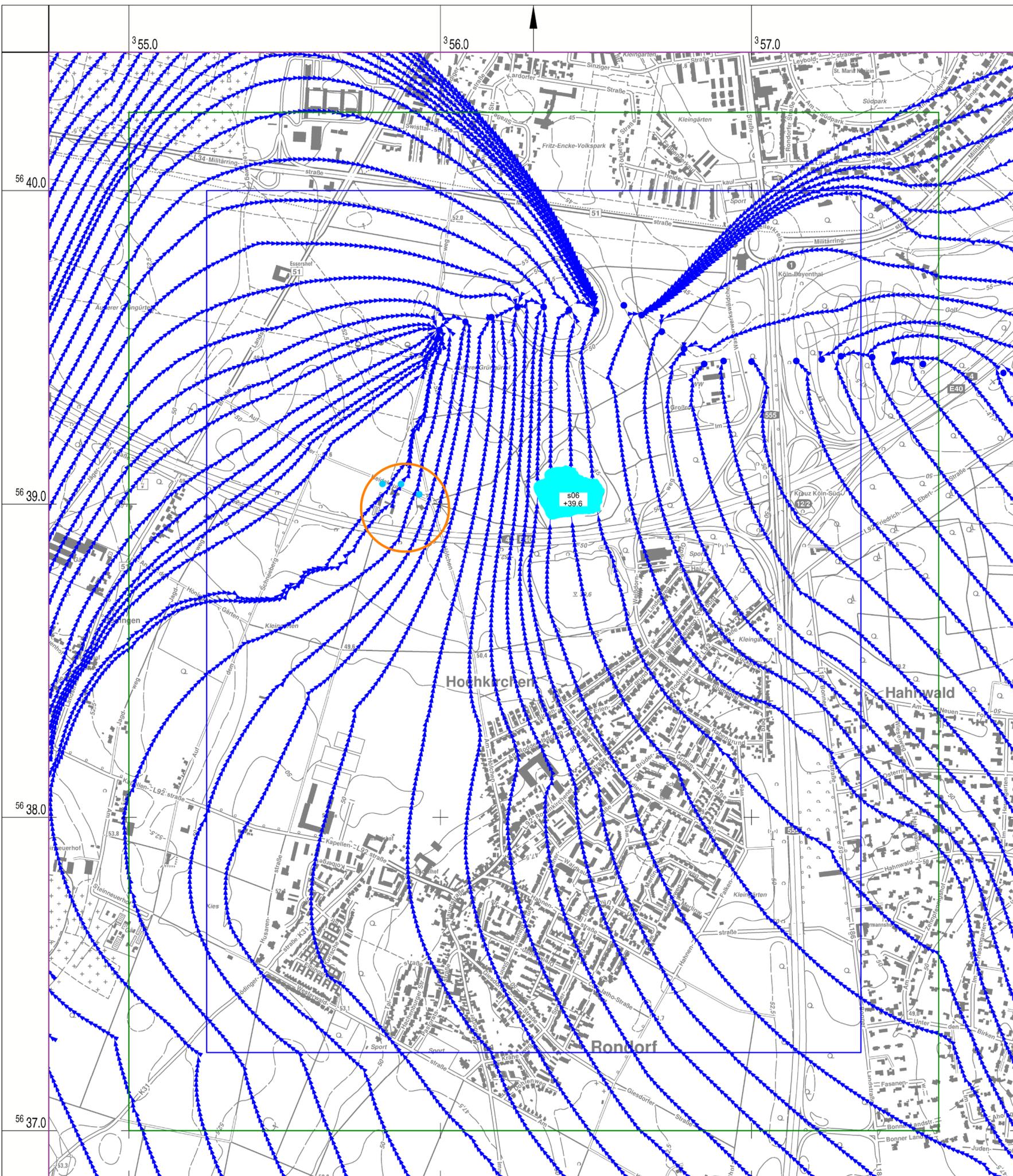
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

	Datum	Name / Abt.	
thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	<b>Maßstab</b>  <b>1 : 10 000</b>
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- Bahnliesen
- Gewässer  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 4.3.4

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Varianteuntersuchung**  
**zur Seeverlegung / Verfüllung**  
**Bahnliesen Hochwasser-Verhältnisse**  
**V2b - Seeverfüllung mit bindigem Material**

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH  
Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig

Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg

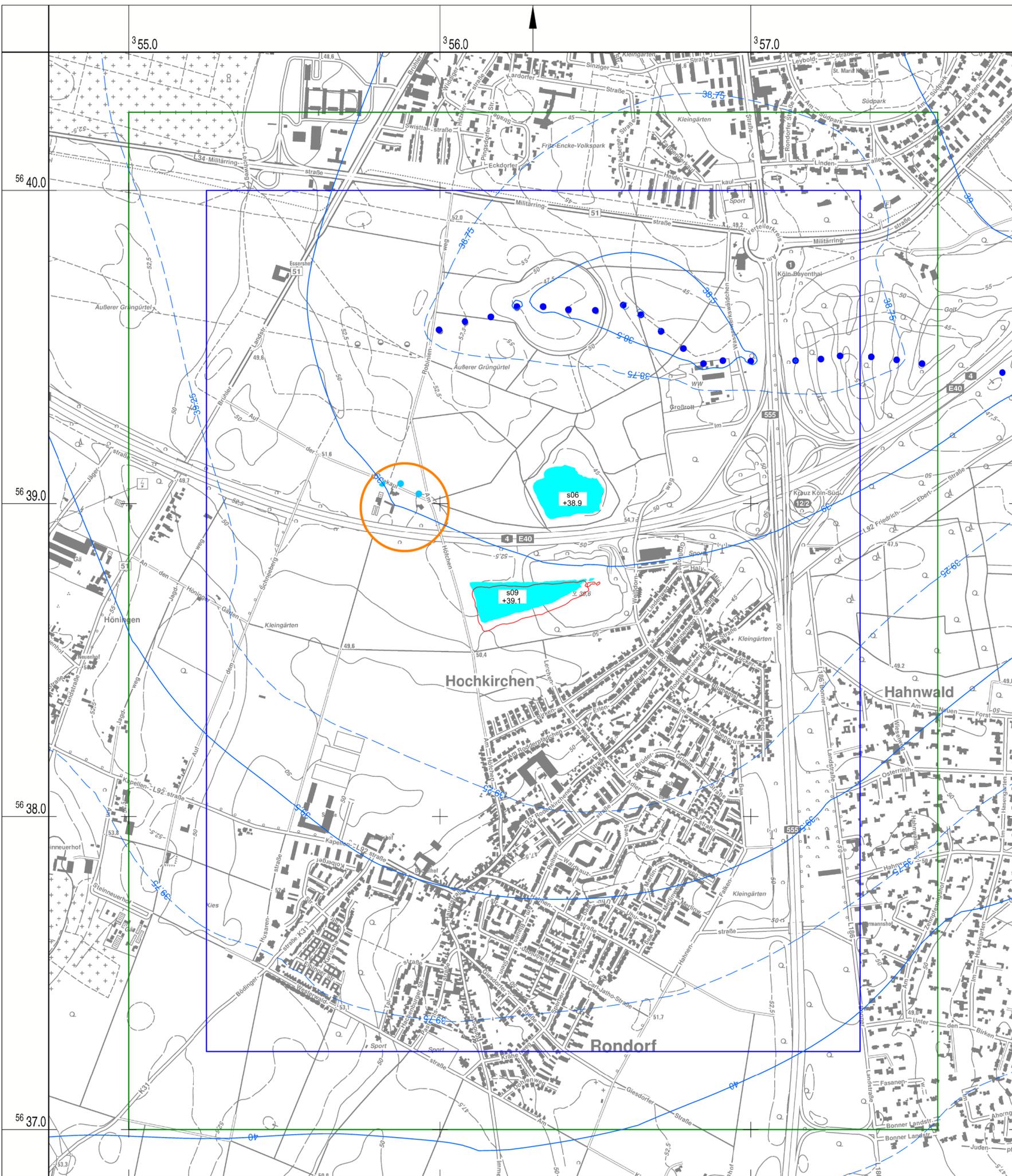
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

	Datum	Name / Abt.	
thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	<b>Maßstab</b> <b>1 : 10 000</b>
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timeline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.



**Legende:**

- 40.00 — Hydroisohypsen (GWGL)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer (Präzisierung Planvariante 1)  
in m NHN (berechnet)
- Gewässer (Planvariante 1)  
in m NHN (berechnet)
- Lupe 0
- Lupe 1
- Lupe 2
- Heidekaul
- Brunnen Heidekaul
- Brunnen

Anlage 5

**Grundwassermodell Rondorf Nordwest**  
**Seeverlegung & Teilverfüllung**  
 Planungsstand 03/2020

Hydroisohypsen mittlere Grundwasserverhältnisse  
 Präzisierung Variante 1



**IBGW**  
LEIPZIG



**Amelis**  
Aurelis Real Estate Service GmbH  
Zum Porsmouthplatz 6, 47051 Duisburg



**M&P**  
INGENIEURGESSELLSCHAFT

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH      M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
 Nonnenstr. 9, 04229 Leipzig      Widdersdorfer Str. 190, 50825 Köln

thematisch bearbeitet	Datum	Name / Abt.	Maßstab  1 : 10 000
thematisch bearbeitet	07/2020	A. Brandt / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	A. Thom / IBGW GmbH Leipzig S. Köhler / IBGW GmbH Leipzig	
thematisch verantwortl.	07/2020	S. Hagenkamp / MuP Ingenieurgesellschaft	

Kartengrundlage: Digitale Topographische Karte 1 : 10 000 NW Graustufen  
 Datei: 2018-12-20-12-48-timonline.txt  
 Koordinatenreferenzsystem: ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)  
 Format: .tif  
 Kacheln: laut Koordinatenausschnitt  
 Datum: 2018-12-20-12-48



Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Erlaubnis des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Nachdruck, Fotokopie, Microverfilmung, Digitalisieren, Scannen sowie Speicherung auf Datenträger.