



# AUS- UND NEUBAU DES RHEINHAUPTDEICHES OTTERSTADT

---

Deich-km 5+245 bis Deich-km 7+090  
Deichabteilung III  
Gemarkung Otterstadt

Unterlagen für das ergänzende  
Planfeststellungsverfahren

## Anlage 5.4 Hydrogeologisches Gutachten

**Struktur- und  
Genehmigungsdirektion Süd**

## **DEICHAUSBAU OTTERSTADT**

**Hydrogeologisches Gutachten**



**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Niederlassung Dortmund  
Brackeler Hellweg 101 · 44309 Dortmund  
Telefon 0231 5677099-0 · Telefax 0231 5677099-9

März 2020  
lj/ott1513643

# Inhaltsverzeichnis

<b>Erläuterungsbericht</b>		<b>Seite</b>
1	Veranlassung	1
2	Grundlagen	1
2.1	Geplante Maßnahme	1
2.2	Abgrenzung Untersuchungsgebiet	2
2.3	Geologie / Hydrogeologie	2
2.4	Grundwasserstände	3
2.5	Grundwasserströmung im OGWL	5
3	Randbedingungen	5
3.1	Fließgewässer	5
3.2	Stillgewässer	7
3.3	Niederschlag	7
3.4	Grundwassernutzung	8
4	Modellsystem	9
5	Modellanpassung	10
5.1	Stationäre Modellanpassung: mittlere Verhältnisse 1998	10
5.2	Instationäre Modellanpassung: Hochwasser 1988	12
6	Modellgestützte Berechnungen	14
7	Auswirkungen auf die Grundwasserstände	19
8	Zusammenfassung	20

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1: Grundwasserstandsganglinien der Landesmessstellen 1061, 1062 und 1239I (wöchentliche Messwerte)	3
Abbildung 2: Langjährige Monatsmittel Niederschlag, Wetterstation Schifferstadt	8
Abbildung 3: Grundwasserganglinien und Mittelwerte	10
Abbildung 4: Ganglinie Rheinhochwasser 1988	13
Abbildung 5: Bemessungshochwasser	17
Abbildung 6: Plausibilisierung höchste gemessene und berechnete Grundwasserstände (Variante 1) an ausgewählten Grundwassermessstellen	19

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1: Hauptzahlen der Rheinwasserstände	6
Tabelle 2: Zuordnung Hydrostratigrafie und Modellschicht	9

## **Anlagen**

### **1 Lagepläne**

- 1.1 Übersichtslageplan Modellgebiet
- 1.2 Übersichtslageplan Untersuchungsgebiet mit digitalem Geländemodell
- 1.3 Detaillageplan

### **2 Randbedingungen**

- 2.1 Langjährige Entwicklung der Rheinwasserstände

### **3 Modellkalibrierung**

- 3.1 Ergebnis der stationären Modellkalibrierung
- 3.2 Ergebnis der instationären Modellkalibrierung

### **4 Modellberechnungen Variante 1**

- 4.1 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Bestandsfall
- 4.2 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Planungsfall
- 4.3 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Szenario
- 4.4 Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario
- 4.5 Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario

### **5 Modellberechnungen Variante 2**

- 5.1 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Bestandsfall
- 5.2 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Planungsfall
- 5.3 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Szenario
- 5.4 Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Bestand und Szenario
- 5.5 Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario

### **6 Modellberechnungen Variante 3**

- 6.1 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Bestandsfall
- 6.2 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Planungsfall
- 6.3 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Szenario
- 6.4 Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Bestand und Szenario
- 6.5 Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario

### **7 Modellberechnungen Variante 4**

- 7.1 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Bestandsfall
- 7.2 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Planungsfall
- 7.3 Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Szenario
- 7.4 Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Bestand und Szenario
- 7.5 Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario

### **8 Grundwassermonitoring**

## Verwendete Unterlagen

- [1] Bundesamt für Gewässerkunde  
FLYS – Flusshydrologischer Webdienst  
(zuletzt aufgerufen: 28.08.2019)
- [2] DVGW Regelwerk, Technische Regeln – Arbeitsblatt W 107 (A)  
Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungs-  
gebieten  
Bonn, Februar 2016
- [3] Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH  
Geotechnisches Gutachten zum Ausbau und Sanierung Rheinhauptdeich km 5+245  
– 7+090 Gemarkung Otterstadt  
August 2012
- [4] Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg  
Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten  
Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland-Pfalz:  
Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum  
Fortschreibung 1983-1998  
Stuttgart-Wiesbaden-Mainz, 1999
- [5] Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd  
Wasserwirtschaftliches Gesamtkonzept für das Einzugsgebiet von Isenach und Eck-  
bach  
2003
- [6] Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz:  
<http://www.beregnungsverband.de/regen-nach-mass/versorgungsgebiet.html>  
(zuletzt aufgerufen: 28.08.2019)
- [7] Wasserwirtschaftsverwaltung der Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rhein-  
land-Pfalz  
Wasserspiegellage und Strömungsgeschwindigkeit im Rhein zwischen Iffezheim und  
Mainz (Rhein-Kilometer 336+000 bis 498+300)  
Verfasser: Beratender Ingenieur Wasserwirtschaft-Wasserbau Dr.-Ing. Karl Ludwig  
1996

## **1 Veranlassung**

Im Zuge der Herstellung eines durchgängigen und gleichwertigen Hochwasserschutzes auf das zwischen den Rheinliegern einheitlich vereinbarte Schutzniveau ist auch der Ausbau sowie Neubau des Rheinhauptdeiches in der Gemarkung Otterstadt erforderlich. Das Land Rheinland-Pfalz, vertreten durch die Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd hat aus diesem Grund den Aus- und teilweisen Neubau des Rheinhauptdeichs bei Otterstadt geplant.

Um den Einfluss des Deichaus- und Neubaus auf die Druck-/Grundwasserstände zu bestimmen, wurde ein Grundwassermodell erstellt, kalibriert und zur Prognose der vorhabensbezogenen Auswirkungen eingesetzt. Die Herangehensweise und die Ergebnisse sind im vorliegenden Gutachten dargelegt.

Gemäß den Antragsunterlagen und den Vorgaben des Planfeststellungsbeschlusses wird der bestehende Rheinhauptdeich weiterhin unterhalten und ist damit in der Lage bis zum Bemessungswasserstand vor einer Flutung des zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie liegenden Raumes zu schützen. Insofern kommt es durch den Deichaus- und Neubau zu keiner veränderten Situation der Überflutungshäufigkeit landseitig des bestehenden Rheinhauptdeiches und damit auch zu keinen Veränderungen für das Grundwasser.

Darüber hinaus soll jedoch in diesem Gutachten für ein extremes Szenario auch die Situation hinsichtlich ihrer Auswirkungen dargestellt werden, wenn der Raum zwischen der bestehenden und neuen Deichlinie bis zum Bemessungswasserstand gefüllt wäre. Dieser Fall kann erst ab Überschreitung des Bemessungswasserstandes oder bei einem lokalen Deichversagen eintreten und wird hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit durch das Vorhaben nicht beeinflusst.

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Geplante Maßnahme**

Für den Aus- und Neubau des Rheinhauptdeiches auf Otterstädter Gemarkung ist die Objektplanung abgeschlossen. Vorgesehen sind folgende Maßnahmen:

- Landseitiger Ausbau des bestehenden Rheinhauptdeichs zwischen Deichkilometer 5,245 und 5,600 (Erhöhung des Deiches)

- Deichneubau zwischen den bisherigen Deichkilometern 5,600 und 6,894 (gegenüber der bestehenden Trasse neuer Deichlinie)
- Wasserseitiger Ausbau des bestehenden Rheinhauptdeichs zwischen Deichkilometer 6,894 und 7,090 (Aufbringen einer Dichtungsschicht)

Die erforderlichen Maßnahmen am Rheinhauptdeich befinden sich auf der Gemarkung Otterstadt in rd. 1 km Entfernung zum Ortskern Otterstadts (siehe Anlage 1.1 und 1.2).

## 2.2 Abgrenzung Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich linksrheinisch in der Rheinniederung im Bereich Otterstadt zwischen Waldsee im Norden, Schifferstadt im Nordwesten und Speyer im Süden. Der Rhein (Rheinkilometer 407) befindet sich rd. 3,5 km östlich von Otterstadt. Die beiden Altrheinarme Otterstädter Altrhein und Angelhofer Altrhein befinden sich in unmittelbarer Nähe.

## 2.3 Geologie / Hydrogeologie

Die Grenze Rheinniederung / Niederterasse verläuft durch das Untersuchungsgebiet. Die Bebauung Otterstadts liegt größtenteils auf der Niederterasse. Lediglich der Bereich nördlich der Mannheimer Straße und östlich der Speyerer Straße liegt in der Rheinniederung.

Maßgebend für die vorliegende Untersuchung ist der oberflächennahe Untergundaufbau und damit der Obere Grundwasserleiter. Zum Verständnis der Gegebenheiten im Oberrheingraben wird kurz auf die Grundwasserleiter und Zwischenhorizonte eingegangen. Gemäß der Hydrogeologischen Kartierung (HGK) Rhein-Neckar-Raum [2] gliedern sich diese von oben nach unten in:

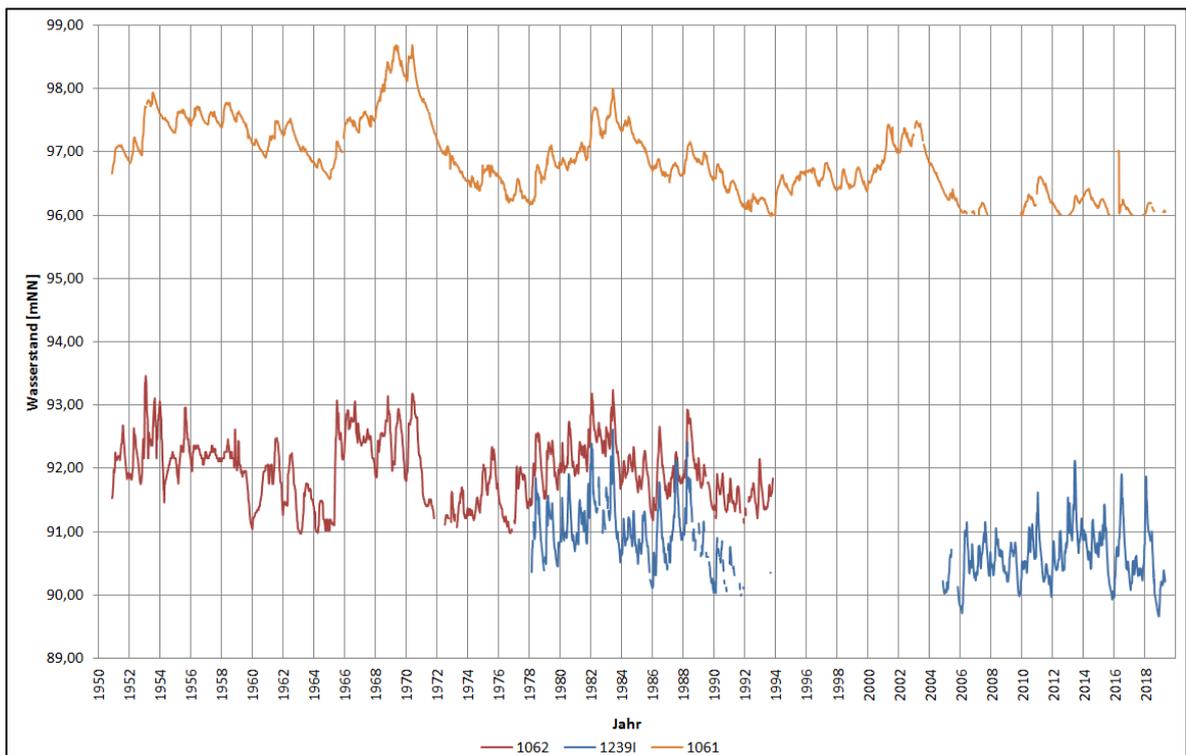
- Oberer Grundwasserleiter (**OGWL**)
- Oberer Zwischenhorizont (**OZH**)
- Mittlerer Grundwasserleiter (**MGWL**)
- Unterer Zwischenhorizont (**UZH**)
- Unterer Grundwasserleiter (**UGWL**)

Im Weiteren werden zur Beschreibung nur noch die Kurzbegriffe verwendet. Der MGWL ist im Untersuchungsgebiet beispielsweise ab etwa 40 m u. GOK und der UGWL etwa im Größenbereich ab 100 m unter Gelände anzutreffen.

Der Obere Zwischenhorizont stellt eine hydraulisch wirksame Trennschicht zwischen dem oberen und den tieferen Grundwasserleitern dar. Für die Betrachtung der Druckwassersituation ist der Obere Grundwasserleiter (OGWL) maßgebend. Er setzt sich im Untersuchungsgebiet aus einer Wechsellagerung von Sand- und Kiesschichten zusammen. Im Bereich Otterstadt zeigt sich an den verfügbaren Aufschlüssen der Landesmessstellen 1405, 1406, 1408, 1221 und 13511, sowie an den Ergebnissen des geologischen Gutachtens [3], dass die Mächtigkeit der Deckschicht meist zwischen 1,5 und 2,5 m liegt. Bei mittleren Verhältnissen sind die Grundwasserstände ungespannt.

## 2.4 Grundwasserstände

Der überwiegende Teil der Messstellen erfasst den OGWL und liefert wöchentliche Messwerte. In Anlage 1.1 ist die Lage der im vorliegenden Bericht berücksichtigten Messstellen dargestellt.



**Abbildung 1: Grundwasserstandsganglinien der Landesmessstellen 1061, 1062 und 1239I (wöchentliche Messwerte)**

Aufgrund der Lage des Untersuchungsgebiets in der Rheinniederung ist die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im Wesentlichen durch den Rhein geprägt. In Abbildung 1 ist für die Landesmessstellen 1061, 1062 und 1239I die langfristige Entwicklung der Grundwasserstände aufgetragen. Die Lage der Messstelle ist in Anlagen 1.2 ersichtlich.

Der Grundwasserstand ist eine zeitlich und räumlich veränderliche Größe, deren Entwicklung durch Überlagerung natürlicher und anthropogen beeinflusster Faktoren bestimmt wird. Die wesentlichen natürlichen Faktoren sind:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlag und
- Wasseraustausch mit Oberflächengewässern.

Die wesentlichen anthropogenen Faktoren sind:

- Entnahme aus dem Grundwasser,
- Infiltration in das Grundwasser.

Die Einflussfaktoren unterliegen zeitlichen Änderungen und besitzen an jedem Ort ein anderes Gewicht, so dass die Grundwasserstandsentwicklung auch räumlich variiert. Dies begründet unterschiedliche Schwankungsbreiten der Grundwasserstände oder unterschiedliche Zeitpunkte des Auftretens von Hoch- und Tiefständen.

Für den Bereich der Ortslage Otterstadt liegen lediglich an der Landesmessstelle 1062 die im OGWL verfiltert ist Grundwasserstandsdaten vor. Der Messzeitraum war 1951 – 1993. Die Messstelle liegt bereits auf der Niederterasse (GOK: 97,66 mNN), in einer Entfernung von ca. 3 km zum Rhein und nur 600 m südwestlich des Otterstädter Altrheins. Aufgrund der Rheinnähe ist die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände fast ausschließlich von der Wasserstandsentwicklung im Rhein geprägt und kann wie folgt charakterisiert werden:

- Die bisher beobachtete Schwankungsbreite an der Messstelle 1062 beträgt rund 2,5 m.
- Mehrjährig anhaltende Trocken- oder Nasszeiten lassen sich kaum ausmachen.
- Es treten viele kurzzeitige, von der Jahreszeit weitestgehend unabhängige „Wellen“ auf, die durch entsprechende Wasserstandsentwicklungen im Rhein und Otterstädter Altrhein verursacht sind.
- Der höchste Grundwasserstand, der im Zeitraum 1950 - 1993 gemessen wurde betrug 93,41 mNN und wurde am 26.01.1953 erreicht.

Auch die Grundwassermessstelle 1239I liegt in Rheinnähe, rd. 3 km westlich des Rheins und rd. 600 m westlich des Otterstädter Altrheins, sowie in unmittelbarer Nähe des Großmahrgrabens. Grundwasserstandsmessungen erfolgen seit 1950 (andauernd). Sie zeigt eine ähnliche zeitliche Entwicklung wie die Messstelle 1062. Die Ganglinie kann wie folgt charakterisiert werden:

- Die Schwankungsbreite seit Aufzeichnungsbeginn beträgt rund 3 m.
- Mehrjährig anhaltende Trocken- oder Nasszeiten lassen sich kaum ausmachen.
- Es treten viele kurzzeitige, von der Jahreszeit weitestgehend unabhängige „Wellen“ auf, die durch entsprechende Wasserstandsentwicklungen im Rhein und Otterstädter Altrhein verursacht sind.

- Der seit Aufzeichnungsbeginn höchste Grundwasserstand wurde am 01.06.1983 mit 92,60 mNN gemessen.

Die Messstelle 1061 liegt im Vergleich zu den o.g. Messstellen weiter entfernt vom Rhein (ca. 5 km westlich des Rheins). Grundwasserstände werden seit 1950 aufgezeichnet (andauernd). Der Einfluss des Rheins auf die Grundwasserstände ist weniger ausgeprägt als an den o.g. Messstellen. Der Einfluss der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist erkennbar und kann wie folgt charakterisiert werden:

- Die bisher beobachtete Schwankungsbreite liegt bei rund 2,5 m.
- Mehrjährige Trocken- oder Nasszeiten sind erkennbar.
- Der zeitliche Verlauf ist gleichmäßiger als in Rheinnähe. Die Grundwasserstände steigen meist im Winterhalbjahr an (Grundwasserneubildung) und fallen über das Sommerhalbjahr wieder (fehlende Grundwasserneubildung). Kurzfristige Anstiege sind deutlich geringer als in Rheinnähe.
- Im Mai 1969 und 1970 wurden die seit Aufzeichnungsbeginn höchsten Grundwasserstände mit 98,69 mNN gemessen.
- Es ist ein fallender Trend erkennbar.

## **2.5 Grundwasserströmung im OGWL**

Die Grundwasserströmung im Untersuchungsraum ist im OGWL von Südwest nach Nordost gerichtet, wobei der Otterstädter Altrhein eine zentrale Vorflut bildet. Bei Rheinhochwasser kehrt sich die Grundwasserfließrichtung im rheinnahen Bereich um. Die Grundwasserstände des MGWL sind aufgrund der hohen Grundwasserentnahmen in diesem Horizont im Bereich Ludwigshafen / Mannheim tiefer als die Grundwasserstände im OGWL. Auch im Bereich Otterstadt ist der Grundwasserstand im MGWL tiefer als im OGWL. Folglich erfolgt ein Grundwasserzufluss vom OGWL in den MGWL.

## **3 Randbedingungen**

### **3.1 Fließgewässer**

#### **Rhein**

Hauptgewässer und Haupteinflussfaktor auf die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet ist der Rhein. Dessen Wasserführung und damit dessen Wasserstände weisen eine sehr große Schwankungsbreite auf. In Tabelle 1 sind Hauptzahlen der Wasserstände am Pegel Speyer (Rheinkilometer: 400,61), sowie bei Rheinkilometer 407 (auf Höhe von Otterstadt) aufgeführt [1].

**Tabelle 1: Hauptzahlen der Rheinwasserstände**

	<b>Pegel Speyer (Rhein-km 400,61)</b>	<b>Rhein-km 407</b>
	<b>[mNN]</b>	<b>[mNN]</b>
MNW	90,87	89,59
MW	92,39	91,21
MHW	95,38	94,22
HQ100	97,98	96,68
HQ200	98,33	97,03
BHW	97,70	96,80
HW 1988	96,90	

Die langjährige Entwicklung der Rheinwasserstände am Pegel Speyer seit 1948 ist in Anlage 2.1 dargestellt.

#### **Otterstädter Altrhein**

Der Otterstädter Altrhein liegt nordöstlich von Otterstadt wasserseitig des Rheinhauptdeichs. Durch Auskiesung ist er erweitert und vertieft worden. Die Auskiesung ist noch aktiv. Die maximale genehmigte Abbautiefe beträgt 68,5 mNN. Unterstromig ist der Otterstädter Altrhein an den Rhein angeschlossen.

#### **Angelhofer Altrhein**

Der Angelhofer Altrhein liegt östlich von Otterstadt wasserseitig des Rheinhauptdeichs. Wie der Otterstädter Altrhein ist auch der Angelhofer Altrhein durch Auskiesung seit 1939 stark aufgeweitet und bis auf eine Tiefe von bis zu 15 m vertieft worden.

#### **Grabensystem östlich von Waldsee**

Das Grabensystem östlich von Waldsee wird durch Grund- bzw. Qualmwasser, sowie Niederschlag gespeist. Darüber hinaus leitet die Kläranlage Waldsee in das Grabensystem ein. Das System mündet in den Otterstädter Altrhein. Bei Rheinhochwasser wird der Auslauf geschlossen.

#### **Speyerlachgraben**

Der Speyerlachgraben fließt von den Baggerseen beim „Binsfeld“ östlich an Otterstadt vorbei und mündet in den Otterstädter Altrhein. Eine Schließe vor dem Zufluss in den Otterstädter Altrhein wird bei Rheinhochwasser geschlossen. Der Graben ist nicht ständig wasserführend.

#### **Grabensystem Speyer Nord**

Die Entwässerungsgräben verlaufen von Speyer in Richtung Norden und fließen in den Franzosengraben, welcher nördlich des Steinhäuserwühlsees nach Nordosten schwenkt und in den Angelhofer Altrhein mündet. Die Gräben sind nicht ständig wasserführend. An der Ein-

mündung des Franzosengrabens in den Angelhofer Altrhein am Rheinhauptdeich liegt das 1927 errichtete und 2007 neu gebaute Schöpfwerk Speyer Nord, welches bei Binnenhochwasser die Entlastung in den Angelhofer Altrhein sichert.

### **3.2 Stillgewässer**

Im Bereich von Otterstadt befinden sich mehrere Baggerseen die z.T. noch aktiv sind (siehe Anlage 1.1).

Südlich von Otterstadt befindet sich das „Binsfeld“, das aus acht teilweise miteinander verbundenen Baggerseen, die zum Teil noch ausgekiest werden, besteht. Weiter südlich, rd. 2,5 km von Otterstadt entfernt, im Norden Speyers befinden sich die noch aktiven Auskiesungsflächen Steinhäuserwühlsee und der Kiessee am Deutschhof.

Die Auskiesung „Bannweide“ befindet sich östlich von Otterstadt zwischen Otterstädter Altrhein im Norden und Angelhofer Altrhein im Süden mit Zugang zum Rhein. Er wird seit Anfang der 1960er Jahre ausgebaggert. Die genehmigte Auskiesungstiefe liegt bei 68,5 m NN (Bescheid vom 09.06.1998). Auf der gegenüber liegenden Straßenseite liegt die Auskiesungsfläche „Auriegel“ am Ende des Otterstädter Altrheins. Ebenfalls östlich von Otterstadt im Innenbogen des Angelhofer Altrheins befindet sich der Baggersee Angelwald und im Innenbogen des Otterstädter Altrheins der Baggersee Schwalbeneck. Beide sind durch Auskiesung entstanden. Die Kiesgewinnung ist abgeschlossen.

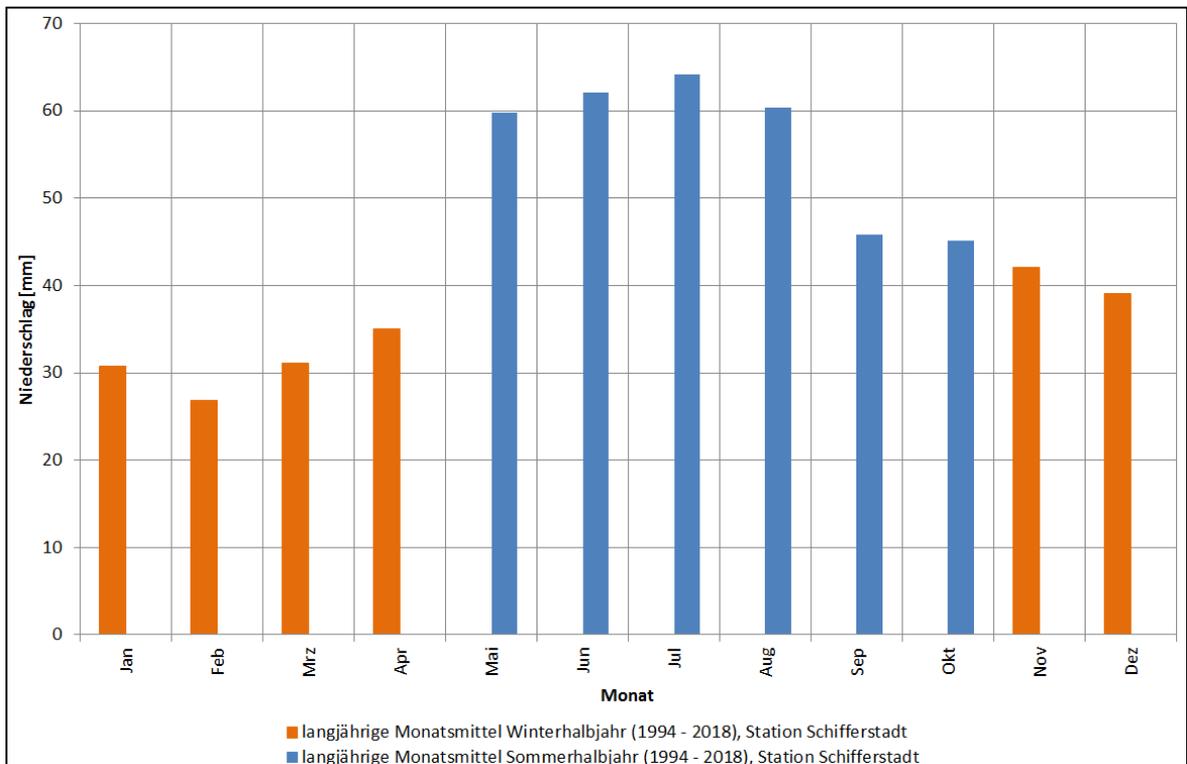
Nördlich von Otterstadt befinden sich der Badeweiher an der Altriper Straße, der Schulgutweiher und der Wolfgangsee, die durch Kiesausbeute entstanden sind. Bis auf den Wolfgangsee sind die Auskiesungen nicht mehr aktiv.

### **3.3 Niederschlag**

Innerhalb eines Jahres ist in der Regel ein jahreszeitlicher Wechsel von hohen Grundwasserständen im Frühjahr und niedrigen Grundwasserständen im Herbst gegeben. Ursache ist die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Winterhalbjahr (Niederschlag höher als Verdunstung) und die geringe bzw. fehlende Grundwasserneubildung bzw. Grundwasserzehrung im Sommerhalbjahr (Verdunstung meist höher als Niederschlag). An den Grundwassermessstellen in Rheinnähe ist dieser Einfluss weniger stark ausgeprägt, dort überwiegt der Einfluss des Rheins.

Da an der Wetterstation Schifferstadt seit 1994 Niederschlagsdaten vorliegen, sind für diese Station in Abbildung 2 die langjährigen Monatssummen aufgetragen. Im Winterhalbjahr (November – April) fällt im Mittel 200 mm Niederschlag und im Sommerhalbjahr (Mai – Oktober)

260 mm. Der höchste Niederschlag im Winterhalbjahr an der Station Schifferstadt seit Aufzeichnungsbeginn wurde 2000 / 2001 mit fast 300 mm gemessen.



**Abbildung 2: Langjährige Monatsmittel Niederschlag, Wetterstation Schifferstadt**

### 3.4 Grundwassernutzung

Anthropogene Einflussfaktoren (Entnahmen, Infiltrationen) sind für das Untersuchungsgebiet von untergeordneter Bedeutung. Größere Grundwasserentnahmen (Wasserwerk Waldsee, Wasserwerk Speyer Nord) erfolgen ausschließlich aus dem tieferen Grundwasserbereich (Mittlerer und Unterer Grundwasserleiter).

Im Vorhabensgebiet findet Beregnung über lokale Brunnen statt. Aufzeichnungen liegen nicht vor. Das an den „Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz“ angeschlossene Gebiet, das mit Wasser aus dem Otterstädter Altrhein versorgt wird, befindet sich westlich und nördlich des Vorhabensgebiets.

## 4 Modellsystem

Das Grundwasserströmungsmodell wird mit dem Modellsystem Modflow-Surfact unter der Benutzeroberfläche GroundwaterVistas 7 aufgebaut. Die Berechnung erfolgt auf Basis der Methode der Finiten Differenzen.

Den großräumigen Untersuchungsraum bildet der gesamte Rhein-Neckar-Raum. Hier sind bis in mehrere hundert Meter Tiefe Wechsellagen grundwasserleitender Sand/Kies-Schichten und weniger durchlässiger Ton/Schluff-Schichten anzutreffen. Detaillierte Ausführungen zur großräumigen Hydrogeologie sind der Hydrogeologischen Kartierung (HGK) Rhein-Neckar [4] zu entnehmen. Großräumig lässt sich der Obere Grundwasserleiter von den tieferen Grundwasserleitern unterscheiden. Während die Grundwasserfließrichtung im Oberen Grundwasserleiter unter mittleren Bedingungen auf den Rhein als Hauptvorfluter ausgerichtet ist, wird die Grundwasserströmung in den tieferen Grundwasserleitern durch die dortigen Entnahmen geprägt. Zwischen den Grundwasserleitern erfolgt ein Mengenaustausch in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit der Zwischenschichten und der Lage der Entnahmen. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen den Grundwasserleitern wird der gesamte Rhein-Neckar-Raum in die Untersuchung einbezogen.

Im Bereich Otterstadt ist dieses Modell verfeinert und bildet das engere Untersuchungsgebiet. Die horizontale Diskretisierung im Bereich Otterstadt beträgt 31,25 m. Die vertikale Diskretisierung erfolgt über die Strukturierung in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter in 6 Schichten (siehe Tabelle 2). Die detaillierte Betrachtung wird auf den Oberen Grundwasserleiter im Bereich Otterstadt beschränkt, da sich hier die für die Fragestellung relevanten Vorgänge abspielen. Das engere Untersuchungsgebiet liegt in der Rheinniederung und ist in Anlage 1.2 dargestellt. Westlich davon schließt die Niederterrasse an. Die Grenze zwischen Rheinniederung und Niederterrasse (Hochgestade) zeigt sich als markanter Höhenunterschied in der Topografie.

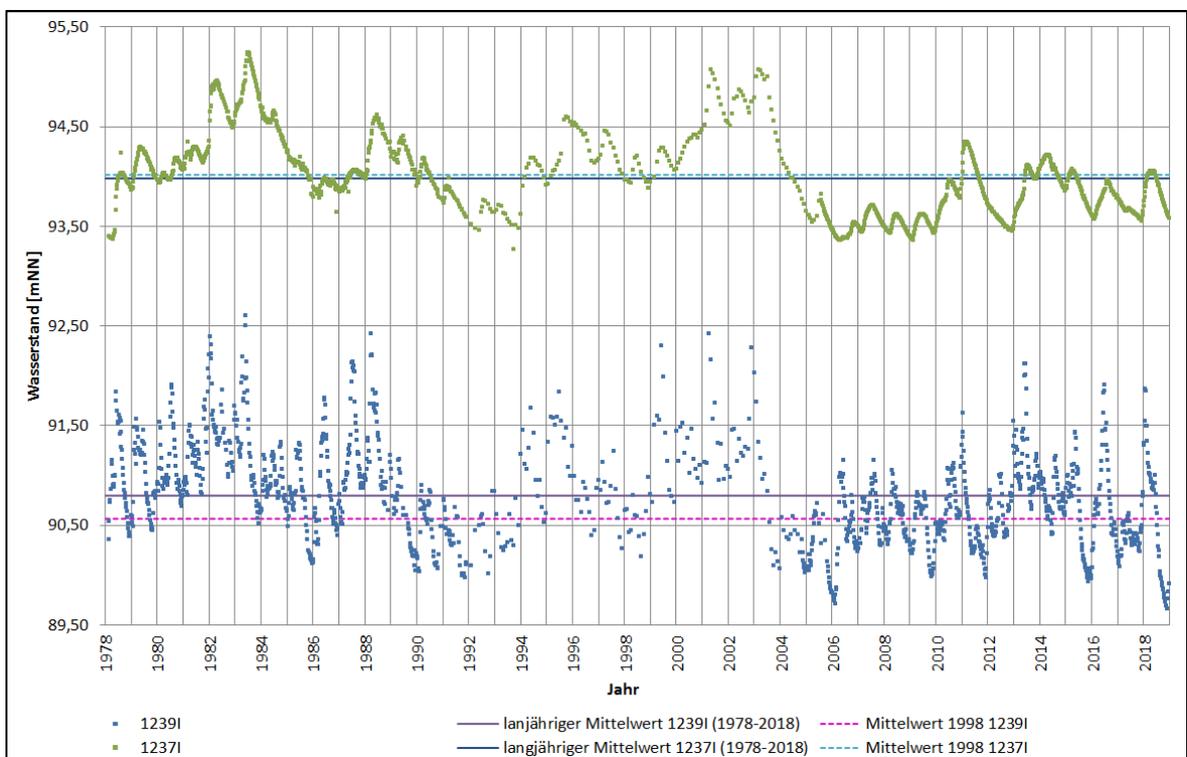
**Tabelle 2: Zuordnung Hydrostratigrafie und Modellschicht**

Hydrogeologische Schicht	Modellschicht
Deckschicht (DS)	Layer 1
Oberer Grundwasserleiter (OGWL)	Layer 2
Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Layer 3
Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL)	Layer 4
Unterer Zwischenhorizont (UZH)	Layer 5
Unterer Grundwasserleiter (UGWL)	Layer 6

## 5 Modellanpassung

### 5.1 Stationäre Modellanpassung: mittlere Verhältnisse 1998

Als Vergleichszeitraum für die (stationäre) Modellanpassung wird das hydrologische Jahr 1998 herangezogen, da dieses hinsichtlich des Rheinwasserstands, als auch hinsichtlich der Jahresniederschlagssumme annähernd mittleren hydrologischen Verhältnissen entspricht. Auch die mittleren Grundwasserstände in 1998 entsprechen annähernd langjährigen mittleren Verhältnissen (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3: Grundwasserganglinien und Mittelwerte**

#### **Rheinwasserstände**

Da die östliche Hälfte des Untersuchungsgebiets nahe am Rhein liegt, wird das dortige Grundwassergeschehen von der Entwicklung der Rheinwasserstände dominiert. Der mittlere Wasserstand am Pegel Speyer lag 1998 bei 92,01 mNN und damit geringfügig unter dem langjährigen Mittel (1949 - 2018) von 92,18 mNN. Der Rheinwasserstand ist entsprechend dem Mittel des hydrologischen Jahres 1998 in das Modell eingerechnet.

#### **Wasserstände weiterer Fließgewässer**

Der Wasserstand am Pegel Speyer-Nord / Nonnenbach, Woogbach lag 1998 im Mittel bei 98,02 mNN. Da keine weiteren Abflussmessungen im Untersuchungsgebiet verfügbar waren,

wurden die Gräben (bis auf den Ranschgraben) im Bereich Otterstadts als trocken angesetzt. Die Sohldurchlässigkeiten wurden im Zuge der Kalibrierung angepasst. Die Wasserstände weiterer Fließgewässer sowie Sohldurchlässigkeiten wurden aus dem Großraummodell übernommen.

### **Grundwasserneubildung aus Niederschlag**

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag wird bestimmt durch klimatische Faktoren (Niederschlag und Verdunstung), die Bodentypen (nutzbare Feldkapazität), die Landnutzung sowie die Flurabstände (Grundwasserzehrung durch Verdunstung und kapillaren Aufstieg, Verzögerung der Zusickerung zum Grundwasser in Abhängigkeit von Ausbildung und Mächtigkeit der ungesättigten Zone).

Für das linksrheinische Modellgebiet wurde eine mittlere Grundwasserneubildung für das Jahr 1998 mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD ermittelt. Zur Berechnung der Grundwasserneubildung wurden sämtliche dort gelegenen Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Vorhandene Datenlücken in den Zeitreihen wurden durch Kreuzkorrelationen mit benachbarten Stationen aufgefüllt.

### **Grundwasserentnahmen**

Für die Entnahmen im Untersuchungsgebiet wurden jeweils die Entnahmen gemäß Wasserrecht angesetzt. Für die Wassergewinnung des Zweckverbands für Wasserversorgung Pfälzische Mittelrhein Gruppe in Waldsee sind dies 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a und für die Wassergewinnung Speyer-Nord, die seit Ende 1992 aktiv ist rd. 1 Mio. m<sup>3</sup>/a aus dem MGWLM/MGWLU sowie dem oberen Bereich des UGWL.

Seit dem Anschluss der landwirtschaftlich genutzten Flächen an den Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz darf Grundwasser nur noch zur Frostschutzberegnung entnommen werden. Die landwirtschaftlichen Flächen nördlich und westlich des Vorhabensgebiets im Zeitraum 1970 – 1974 an den Beregnungsverband angeschlossen. Der Rinkenberghof nördlich von Speyer wurde 1998 angeschlossen. Der „Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz“ entnimmt im Mittel 13 Mio. m<sup>3</sup> Wasser im Jahr aus dem Otterstädter Altrhein. Nach überschlägigen Schätzungen wird bei der Zentralberegnung entsprechend den Angaben in [4], von einer Versickerung in das Grundwasser in Höhe von 25 % der ausgebrachten Mengen ausgegangen. Da das Wasser nicht aus dem Grundwasser entnommen wird, handelt es sich dabei um eine Versickerung. Demnach strömt 25 % (Nettoanteil Versickerung) des Wasser aus der Zentralberegnung dem Grundwasser zu.

### **Deckschicht**

Im Bereich Otterstadt kann an den verfügbaren Aufschlüssen an den Landesmessstellen 1405, 1406, 1408, 1221 und 1351I, sowie anhand der Ergebnisse des geologischen Gutach-

tens [3], die Mächtigkeit der Deckschicht zwischen 1,5 und 2,5 m festgestellt werden. Im Modell wurde daher eine mittlere Deckschichtmächtigkeit von 2 m umgesetzt.

### ***Ergebnisse der stationären Modellanpassung***

Die mit dem kalibrierten Modell berechneten Grundwasserstände im OGWL im Bereich Otterstadts sind in Anlage 3.1 dargestellt. Dargestellt sind die berechneten Linien gleicher Grundwasserstände sowie die Differenzen zu den Mittelwerten der gemessenen Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen.

Anhand des mittleren relativen Modellfehlers gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 107 [2] lässt sich die Qualität der stationären Modellanpassung bewerten. Die mittlere absolute Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen wird in Relation zur maximal im Modell auftretenden Grundwasserstandsdifferenz gesetzt. Der so ermittelte mittlere relative Modellfehler beträgt für das gesamte Modell 1,2 % und entspricht damit gemäß [2] einer guten Modellanpassung.

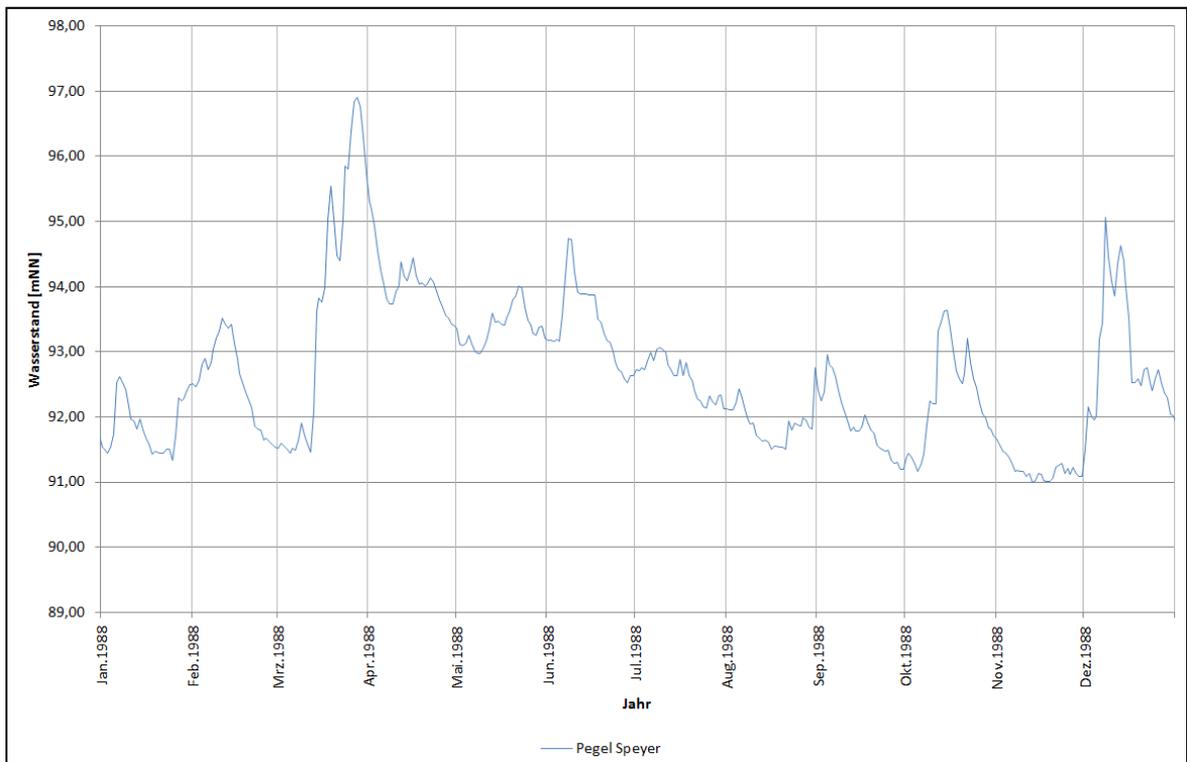
Im Rahmen der stationären Modellkalibrierung wurde der hydraulische Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert), sowie die Sohldurchlässigkeit im Bereich plausibler Grenzen variiert. Die hydraulische Durchlässigkeit in der Deckschicht wurde mit  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s bestimmt. Im OGWL wurde sie mit  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s in der Rheinniederung und  $7 \cdot 10^{-4}$  m/s auf der Niederterrasse bestimmt. Für die Auskiesungsflächen (außer Otterstädter und Angelhofer Altrhein) wurde angenommen, dass nicht der gesamte OGWL auskieset ist, sondern lediglich rd. ein Drittel. Dementsprechend wurde eine hydraulische Durchlässigkeit von 0,3 m/s angesetzt.

## **5.2 Instationäre Modellanpassung: Hochwasser 1988**

Infolge der Nähe des Untersuchungsgebietes zum Haupteinflussfaktor Rhein kommt der Nachbildung des Einflusses bei Rheinhochwasser eine wesentliche Bedeutung zu. Da für das Hochwasser 1988 Grundwasserstände an der Landesmessstelle 1062 im Ortskern von Otterstadt, sowie ausreichend viele Grundwasserstandsdaten in der Umgebung vorhanden sind, wurde dieses Ereignis zur instationären Kalibrierung verwendet.

### ***Rheinwasserstände***

Das Rheinhochwasser 1988 ist in Abbildung 4 dargestellt. Der Höchstwert wurde am Pegel Speyer am 28.03.1988 mit 96,90 mNN gemessen. Neben dem Rheinwasserstand ist auch der Wasserstand im Angelhofer und Otterstädter Altrhein im Modell angepasst. Ebenfalls im Modell berücksichtigt ist die rheinwasserstandsabhängige Flutung des Deichvorlandes.



**Abbildung 4: Ganglinie Rheinhochwasser 1988**

#### **Wasserstände weiterer Fließgewässer**

Da keine Abflussmessungen im Untersuchungsgebiet verfügbar waren, wurden die weiteren Gräben als trocken angesetzt. Die Sohdurchlässigkeiten wurden im Zuge der Kalibrierung angepasst. Die Wasserstände weiterer Fließgewässer sowie Sohdurchlässigkeiten wurden aus dem Großraummodell übernommen.

#### **Grundwasserneubildung aus Niederschlag**

Innerhalb eines Jahres ist in der Regel ein jahreszeitlicher Wechsel von hohen Grundwasserständen im Frühjahr und niedrigen Grundwasserständen im Herbst gegeben. Ursache ist die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Winterhalbjahr (Niederschlag höher als Verdunstung) und die geringe bzw. fehlende Grundwasserneubildung bzw. Grundwasserzehrung im Sommerhalbjahr (Verdunstung meist höher als Niederschlag). An den Grundwassermessstellen in Rheinnähe ist dieser Einfluss weniger stark ausgeprägt, dort überwiegt der Einfluss des Rheins.

Die Grundwasserneubildung für den linksrheinischen Teil des Rhein-Neckar-Raums wurde instationär in Tagesschritten für den Zeitraum 01.03.1988 bis 30.04.1988 mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD ermittelt.

### **Grundwasserentnahmen**

Da die Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet nur eine untergeordnete Rolle spielen wurden diese unverändert aus dem stationären Modell übernommen.

### **Zeitliche Auflösung**

Um das 1988er Hochwasser abbilden zu können wurden 61 Zeitschritte mit jeweils einer Länge von 24 Stunden definiert.

### **Deckschicht**

Im Bereich Otterstadts zeigt sich an den verfügbaren Aufschlüssen an den Landesmessstellen 1405, 1406, 1408, 1221 und 1351I, sowie anhand der Ergebnisse des geologischen Gutachtens [3], dass im Untersuchungsgebiet die Mächtigkeit der Deckschicht meist zwischen 1,5 und 2,5 m liegt. Im Modell wurde daher eine mittlere Deckschichtmächtigkeit von 2 m umgesetzt.

### **Ergebnisse der instationären Modellanpassung**

In Anlage 3.2 ist die Anpassung im Vergleich der berechneten und gemessenen Grundwasserstände an den Messstellen 1239I, 1062, 1131 und 1129 ersichtlich. Die Lage der Messstellen kann Anlage 1.1 entnommen werden. Die Entwicklung der Ganglinien gemessener und berechneter Grundwasserstände stimmt insgesamt gut überein. Das Modell ist geeignet die Grundwasserverhältnisse, realistisch abzubilden.

Im Rahmen der instationären Modellkalibrierung wurde der Speicherkoeffizient, sowie die Sohldurchlässigkeit im Bereich plausibler Grenzen variiert. Der Speicherkoeffizient im ungespannten OGWL wurde mit 0,18 % und im gespannten OGWL mit  $1 \cdot 10^{-5}$  bestimmt.

In der Annahme, dass die Auskiesungstiefen im Kalibrierungszustand nicht den gesamten OGWL erschließen, wurde für diese (außer Otterstädter und Angelhofer Altrhein) ein Speicherkoeffizient von 0,31 % angenommen (Auskiesung zu rd. ein Drittel).

## **6 Modellgestützte Berechnungen**

Zur Ermittlung des Einflusses des Deichausbaus und Deichneubaus im Bereich Otterstadt werden folgende Rechenfälle durchgeführt:

### Variante 1

- Bestandsfall-/Planungsfall: Bemessungshochwasser im Rhein. Es wird ausschließlich das rheinseitige Gelände bis zum bestehenden Deich geflutet. Planungsbedingt

kommt es zu keiner Veränderung der gefluteten Flächen zwischen Bestand und Planung.

- Szenario: Es wird zur Ermittlung möglicher Betroffenheiten (in einem extremen Szenario) angenommen, dass trotz Beibehalt des bestehenden Rheinhauptdeiches der Raum zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie ebenfalls auf Bemessungshochwasserniveau gefüllt ist. Die Entleerung dieses Raums nach der Hochwasserwelle wurde im Modell analog zu den abklingenden Rheinwasserständen umgesetzt.

### Variante 2

- Bestands-/Planungsfall: Bemessungshochwasser im Rhein. Es wird ausschließlich das rheinseitige Gelände bis zum bestehenden Deich geflutet. Planungsbedingt kommt es zu keiner Veränderung der gefluteten Flächen zwischen Bestand und Planung. Zusätzlich wird angenommen, dass der Speyerlachgraben bordvoll eingestaut ist.
- Szenario: Es wird zur Ermittlung möglicher Betroffenheiten (in einem extremen Szenario) angenommen, dass trotz Beibehalt des bestehenden Rheinhauptdeiches der Raum zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie ebenfalls auf Bemessungshochwasserniveau gefüllt ist. Zusätzlich wird angenommen, dass der Speyerlachgraben bordvoll eingestaut ist. Die Entleerung des Raums zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie nach der Hochwasserwelle wurde im Modell analog zu den abklingenden Rheinwasserständen umgesetzt.

### Variante 3

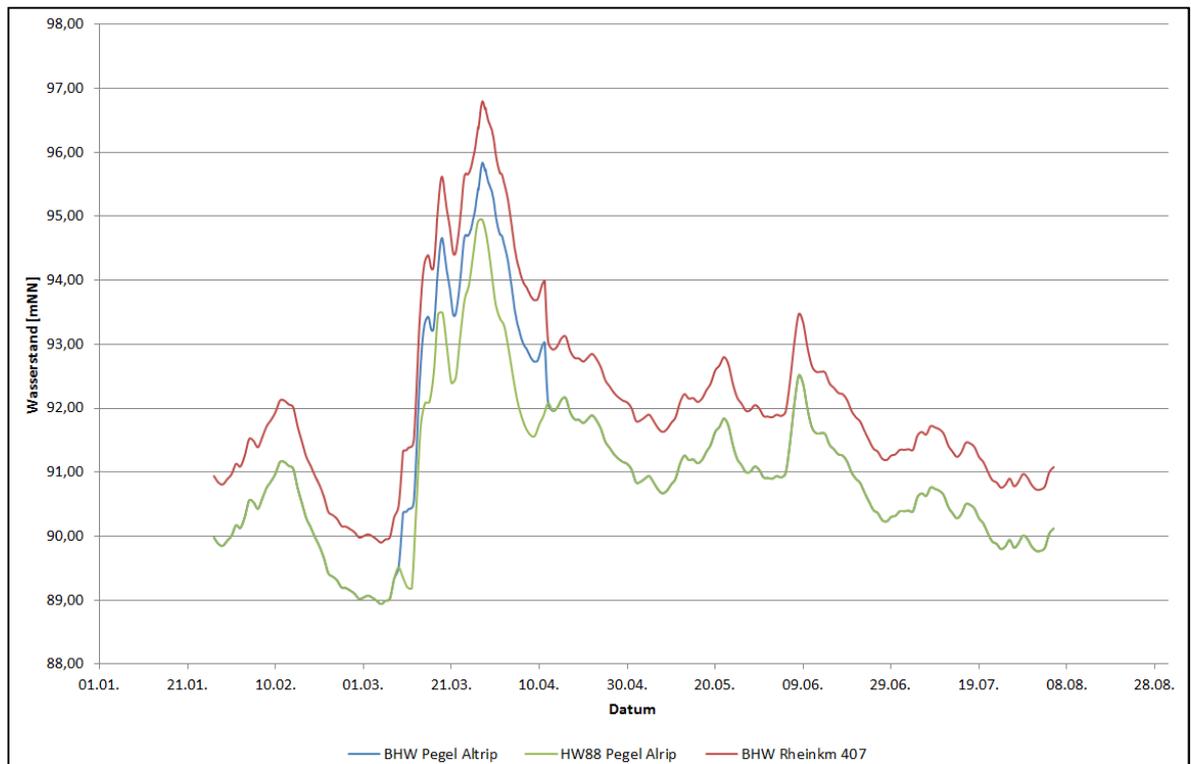
- Bestands-/Planungsfall: Bemessungshochwasser im Rhein. Es wird ausschließlich das rheinseitige Gelände bis zum bestehenden Deich geflutet. Planungsbedingt kommt es zu keiner Veränderung der gefluteten Flächen zwischen Bestand und Planung. Die Durchlässigkeit im Deichvorland wurde um den Faktor 10 erhöht und hinter dem Deich um den Faktor 10 verringert.
- Szenario: Es wird zur Ermittlung möglicher Betroffenheiten (in einem extremen Szenario) angenommen, dass trotz Beibehalt des bestehenden Rheinhauptdeiches der Raum zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie ebenfalls auf Bemessungshochwasserniveau gefüllt ist. Die Entleerung dieses Raums nach der Hochwasserwelle wurde im Modell analog zu den abklingenden Rheinwasserständen umgesetzt. Die Durchlässigkeit im Deichvorland wurde um den Faktor 10 erhöht und hinter dem Deich um den Faktor 10 verringert.

#### Variante 4

- Bestandsfall-/Planungsfall: Bemessungshochwasser im Rhein. Es wird ausschließlich das rheinseitige Gelände bis zum bestehenden Deich geflutet. Planungsbedingt kommt es zu keiner Veränderung der gefluteten Flächen zwischen Bestand und Planung. Um die Sensitivität hinsichtlich der Auskiesungstiefen (Annahmen bei Variante 1 bis 3 keine Auskiesung des Otterstädter Altrheins und des Angelhofer Altrheins und eine Auskiesung der weiteren im Bereich Otterstadts befindlichen Auskiesungen von einem Drittel des OGWL) zu untersuchen, werden in Variante 4 die genehmigten maximalen Auskiesungstiefen für Angelhofer Altrhein, Otterstädter Altrhein und die Auskiesung Bannweide berücksichtigt. Die Durchlässigkeiten der übrigen Flächen entsprechen denen des Kalibrierungszustands (keine Übernahme der in Variante 3 gewählten Durchlässigkeiten).
  
- Szenario: Es wird zur Ermittlung möglicher Betroffenheiten (in einem extremen Szenario) angenommen, dass trotz Beibehalt des bestehenden Rheinhauptdeiches der Raum zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie ebenfalls auf Bemessungshochwasserniveau gefüllt ist. Die Entleerung dieses Raums nach der Hochwasserwelle wurde im Modell analog zu den abklingenden Rheinwasserständen umgesetzt. Um die Sensitivität hinsichtlich der Auskiesungstiefen (Annahmen bei Variante 1 bis 3 keine Auskiesung des Otterstädter Altrheins und des Angelhofer Altrheins und eine Auskiesung der weiteren im Bereich Otterstadts befindlichen Auskiesungen von einem Drittel des OGWL) zu untersuchen, werden in Variante 4 die genehmigten maximalen Auskiesungstiefen für Angelhofer Altrhein, Otterstädter Altrhein und die Auskiesung Bannweide berücksichtigt. Die Durchlässigkeiten der übrigen Flächen entsprechen entsprechen denen des Kalibrierungszustands (keine Übernahme der in Variante 3 gewählten Durchlässigkeiten).

#### ***Rheinwasserstände***

Das Bemessungshochwasser am Pegel Altrip ist in Abbildung 5 dargestellt. Ebenfalls dargestellt ist das Bemessungshochwasser bei Rheinkilometer 407, dessen Scheitel gemäß [7] auf 96,85 mNN hochkaliert wurde. Neben dem Wasserstand im Rheinhauptschlauch wurde im Modell ebenfalls der Wasserstand im Angelhofer und Otterstädter Altrhein angepasst. Ebenfalls im Modell berücksichtigt ist die rheinwasserstandsabhängige Flutung des Deichvorlandes im Bereich Otterstadt. Für das Szenario ist zusätzlich die Füllung des zwischen bestehendem Deich und neuer Deichlinie befindlichen Raumes berücksichtigt.



**Abbildung 5: Bemessungshochwasser**

### **Wasserstände weiterer Fließgewässer**

Der für das Untersuchungsgebiet relevante Speyerlachgraben wurde bei Variante 2 als bordvoll angesetzt und bildet somit für das Untersuchungsgebiet ein worst-case Szenario ab. Für den Woogbach wurde der Wasserstand aus der stationären Modellkalibrierung übernommen. Da der Wasserstand der übrigen Gräben im Untersuchungsgebiet keinen Einfluss auf die Grundwasserstände des zu betrachteten Bereichs zwischen Otterstadt und dem Deich hat und keine Abflussmessungen vorlagen wurden diese vereinfachend als trocken angesetzt. Die Sohldurchlässigkeiten wurden im Zuge der Kalibrierung angepasst. Die Wasserstände weiterer Fließgewässer sowie Sohldurchlässigkeiten wurden aus dem Großraummodell übernommen.

### **Grundwasserneubildung aus Niederschlag**

Da die Grundwasserneubildung nur einen geringen Einfluss auf die Grundwasserstände im Bereich Otterstadt hat, wurde für die Anwendungsfälle eine mittlere Grundwasserneubildung zu Grunde gelegt. Diese entspricht der mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD ermittelten mittleren Grundwasserneubildung für das Jahr 1998, die auch der stationären Modellkalibrierung zugrunde liegt.

### **Grundwasserentnahmen**

Da die Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet nur eine untergeordnete Rolle spielen wurden diese unverändert aus dem stationären Modell übernommen.

### **Zeitliche Auflösung**

Insgesamt wurden das Bemessungshochwasser (Zeitraum 27.01. – 05.08., siehe Abbildung 5) mit 192 Zeitschritte abgebildet. Ein Zeitschritt entspricht dabei einem Tag.

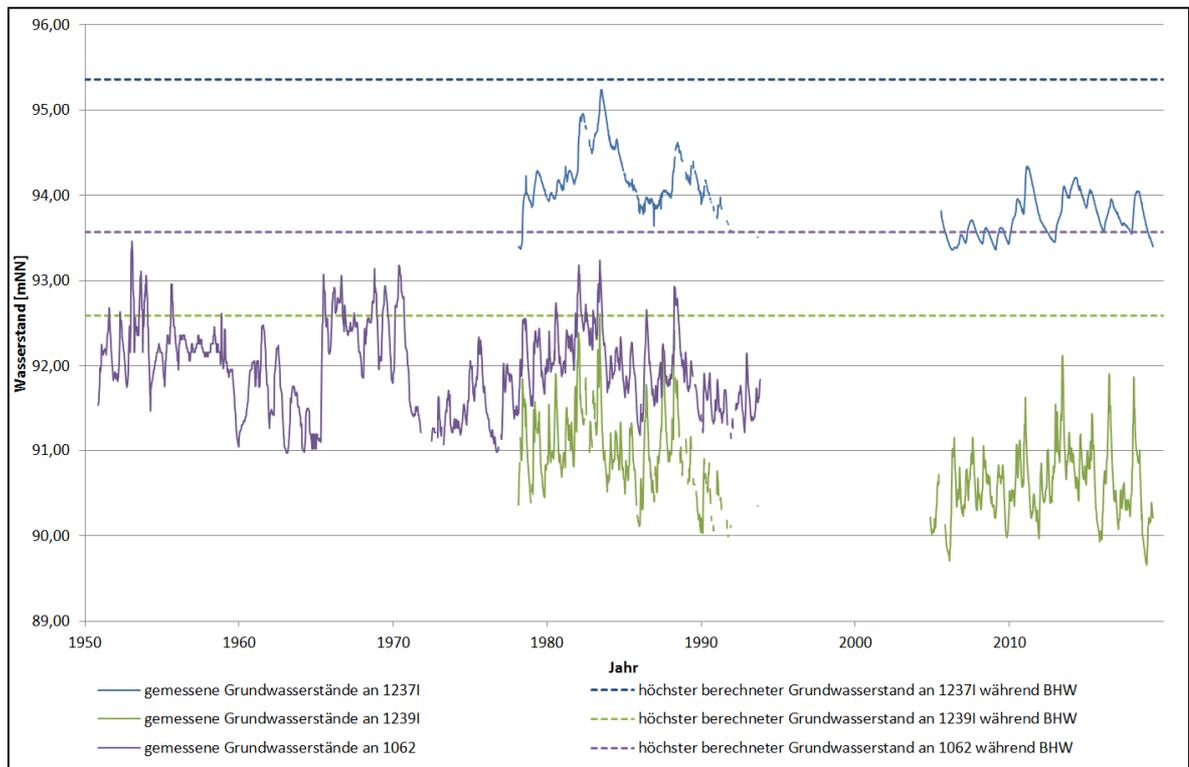
### **Auskiesungen**

Da die Tiefe der Auskiesungsflächen variabel ist, wurden Varianten mit unterschiedlichen Tiefen berechnet. Variante 1 – 3 berücksichtigt keine Auskiesung des Otterstädter Altrheins und des Angelhofer Altrheins und eine Auskiesung der Bannweide von lediglich einem Drittel des OGWL. Variante 4 berücksichtigt maximale Auskiesungstiefe in Otterstädter und Angelhofer Altrhein, sowie in der Auskiesung Bannweide.

Für die Auskiesungstiefen im Hinterland wurde im Modell die Auskiesung von einem Drittel des OGWL angesetzt.

### **Plausibilisierung**

Der Vergleich mit der langjährigen Entwicklung an den Grundwassermessstellen 12371, 12391 und 1062 in Abbildung 6 zeigt, dass die berechneten Wasserstände geeignet sind, Grundwasserhochstände abzubilden.



**Abbildung 6:** *Plausibilisierung höchste gemessene und berechnete Grundwasserstände (Variante 1) an ausgewählten Grundwassermessstellen*

## 7 Auswirkungen auf die Grundwasserstände

In den Anlagen 4, 5, 6 und 7 sind die Auswirkungen auf die Grundwasserstände durch den geplanten Deichaus- und -neubau unter der Voraussetzung, dass trotz des Beibehalts der bestehenden Deichlinie eine Füllung des Raumes zwischen bestehendem und neugebautem Deich angenommen wird, dargestellt.

Dargestellt sind die maximalen Grundwasserstände und die minimalen Flurabstände im Bestandsfall, im Planungsfall und dem Szenario, sowie die Grundwasserstandsdifferenzen und die Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall während eines Bemessungshochwassers und einem extremen Szenario. Zusätzliche potentielle Druckwasseraustrittsflächen die aus einer Aufspiegelung von < 5 cm resultieren, wurden nicht dargestellt, da diese Aufspiegelung außerhalb der Modellgenauigkeit liegt.

Vergleicht man die Aufspiegelung des Bestands-/Planungsfall während eines Bemessungshochwassers mit dem berechneten extremen Szenario bei dem der Raum zwischen bestehender Deichlinie und neuer Deichlinie geflutet ist, zeigt sich dass diese im Bereich der Bebauung < 10 cm ist und damit als geringfügig zu betrachten ist. Die verschiedenen Varianten

unterscheiden sich dabei im Betrag der Aufspiegelung und der Reichweite nur geringfügig. Die Variante 3 in der von einer höheren Durchlässigkeit der Deckschicht im Deichvorland und einer geringeren im Deichhinterland ausgegangen wird, ergibt kleinräumig im Bereich der neuen Deichlinie eine rd. 10 cm höhere Aufspiegelung des Grundwassers. Im Bereich der Bebauung liegt die Aufspiegelung jedoch wie bei den anderen Varianten bei <10 cm. Während eines extremen Szenarios ist die Fläche zwischen bestehender und neuer Deichlinie geflutet, die in den Anlagen 4.4, 5.4, 6.4 und 7.4 dargestellte Aufspiegelung im Deichvorland wird somit durch den Einstau überlagert.

Da der größte Teil Otterstadts auf der Niederterrasse liegt, werden hier Flurabstände von größer 3 m erreicht. Das Gelände von Naturspur e.V. im Süden, die Bebauung östlich der Speyerer Straße und nördlich der Mannheimer Straße liegen in der Rheinniederung und weisen bereits im Bestand größtenteils Flurabstände von weniger als 2 m auf.

Die Grundwasseraufspiegelung im Bereich des Aussiedlerhofs östlich von Otterstadt ist geringfügig (<10 cm). Aufgrund der bereits im Bestand sehr geringen Flurabstände von wenigen Zentimetern, ergeben sich im Szenario kleinräumig zusätzliche potentielle Druckwasseraustrittsflächen auf dem Grundstück des Aussiedlerhofs. Die weiteren potentiellen Druckwasseraustrittsflächen, die durch das Szenario entstehen, liegen auf landwirtschaftlichen Flächen.

Um die Grundwasserstände zukünftig im potentiellen Wirkungsbereich des Szenarios detaillierter zu erfassen, wird die Errichtung zusätzlicher Grundwassermessstellen empfohlen. Dazu sind in Anlage 8 die Standorte für 3 neue Grundwassermessstellen dargestellt. In diesen sollten Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Wasserstände installiert werden.

## **8 Zusammenfassung**

Durch den Deichaus- und Neubau in Otterstadt ändern sich unter der Annahme, dass der bestehende Deich weiterhin unterhalten wird und einem Bemessungshochwasser Stand hält, die Grundwasserverhältnisse nicht.

Zur Prognose eines extremen Szenarios, welches davon ausgeht, dass der Raum zwischen dem bestehenden Deich und der neuen Deichlinie gefüllt würde, wurde modelltechnisch die Veränderung der Grundwasserstände der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen im Fall eines Bemessungshochwassers berechnet. Diesen Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass der derzeitige Deich im Bestand einem Bemessungshochwasser standhält (keine Überströmung infolge tatsächlich fehlenden Freibords).

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass nachteilige Auswirkungen lediglich kleinräumig auftreten und ausschließlich bei rheinseitigem Hochwasser entstehen können.

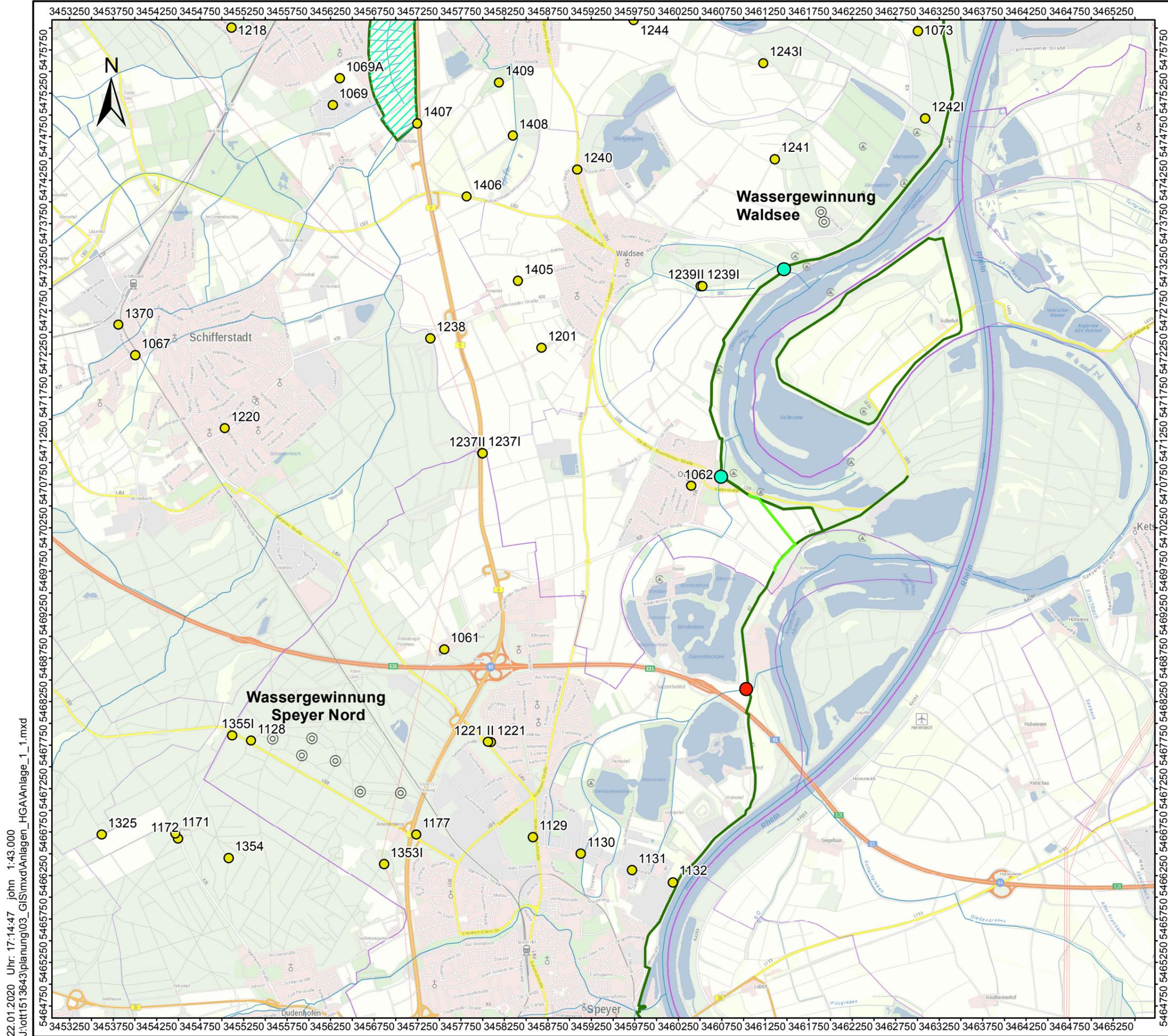
Die berechnete Aufspiegelung für das Szenario mit Füllung des zwischen den Deichen liegenden Raumes beträgt  $< 0,5$  m. Die höchste Aufspiegelung wird im Bereich der neuen Deichlinie zu verzeichnen sein. Im Bereich der Bebauung Otterstadt und im Bereich des Aussiedlerhofs östlich von Otterstadt beträgt die Aufspiegelung  $< 0,1$  m. Zusätzliche potentielle Druckwasseraustrittsflächen könnten im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen östlich von Otterstadt, sowie im Bereich des Aussiedlerhofs entstehen. Um die Grundwasserstände zukünftig im potentiellen Wirkungsbereich des Szenarios detaillierter zu erfassen, wird die Errichtung zusätzlicher Grundwassermessstellen empfohlen.

Sachbearbeiterin:  
M.Sc. L. John

Speyer, im März 2020  
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Niederlassung Speyer



Dr.-Ing. M. Probst



- Zeichenerklärung**
- Grundwassermessstellen
  - ▨ Rehbachpolder
  - Schließe
  - Schöpfwerk Speyer Nord
  - Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Gewässernetz (gesamt)
  - ⊙ Brunnen



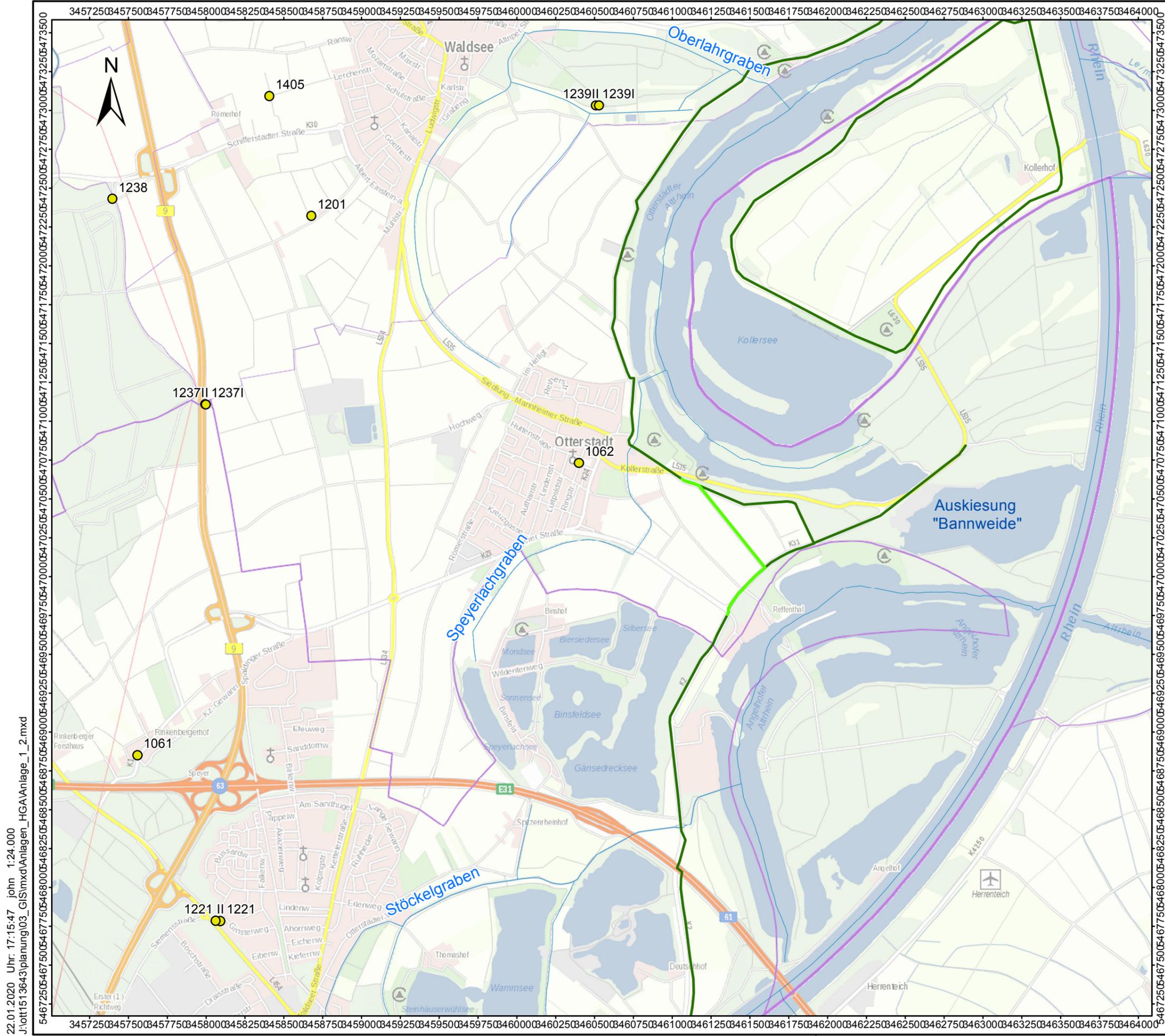
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019



**Übersichtslageplan**

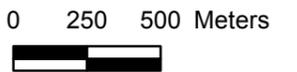
M.: 1:43.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

22.01.2020 Uhr: 17:14:47 john 1:43.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_1\_1.mxd



Zeichenerklärung

- Grundwassermessstellen
- Deich
- Deichaus- und neubau (Vorhaben)
- Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019



BjÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

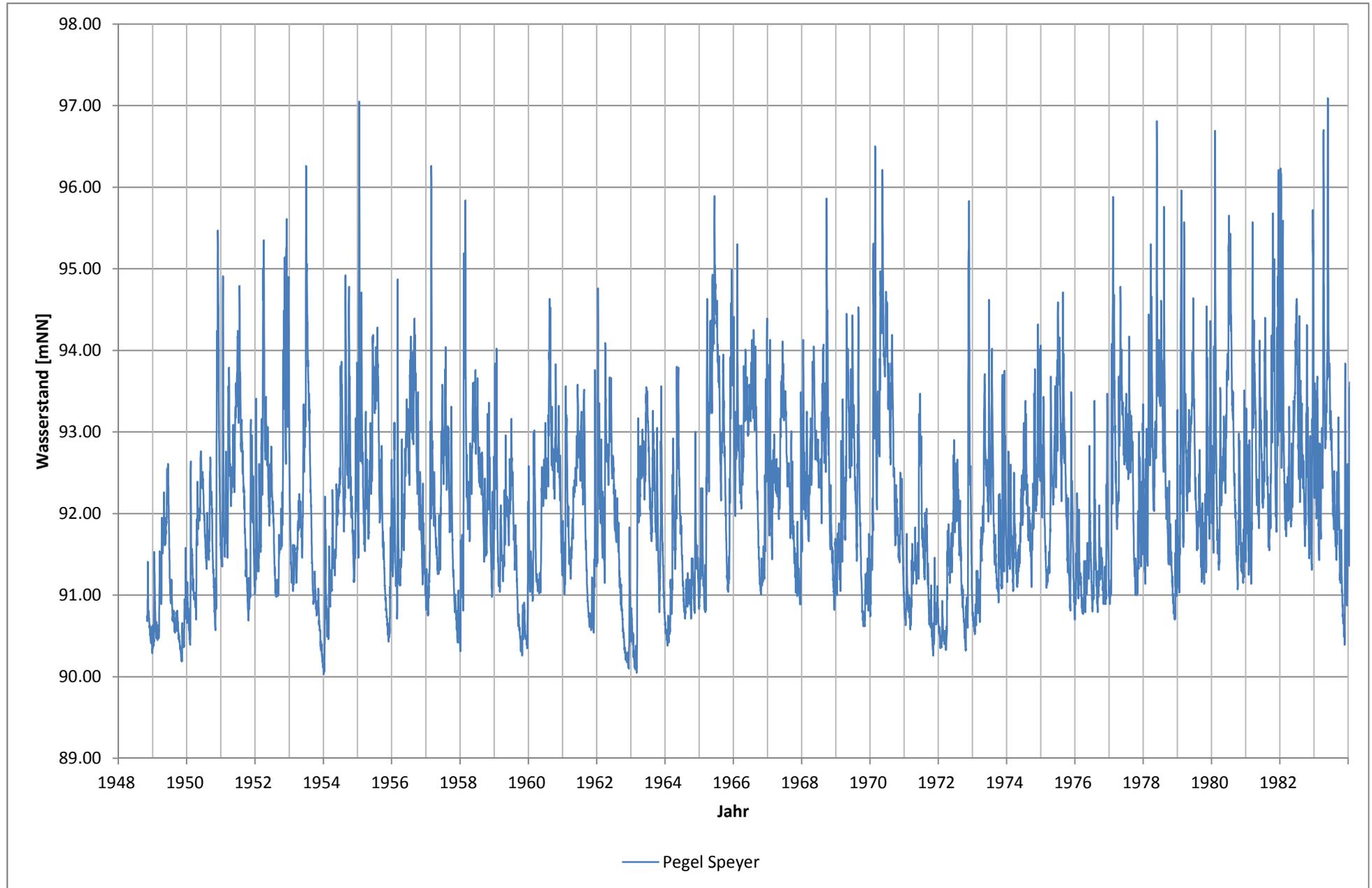
Detaillageplan

M.: 1:24.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

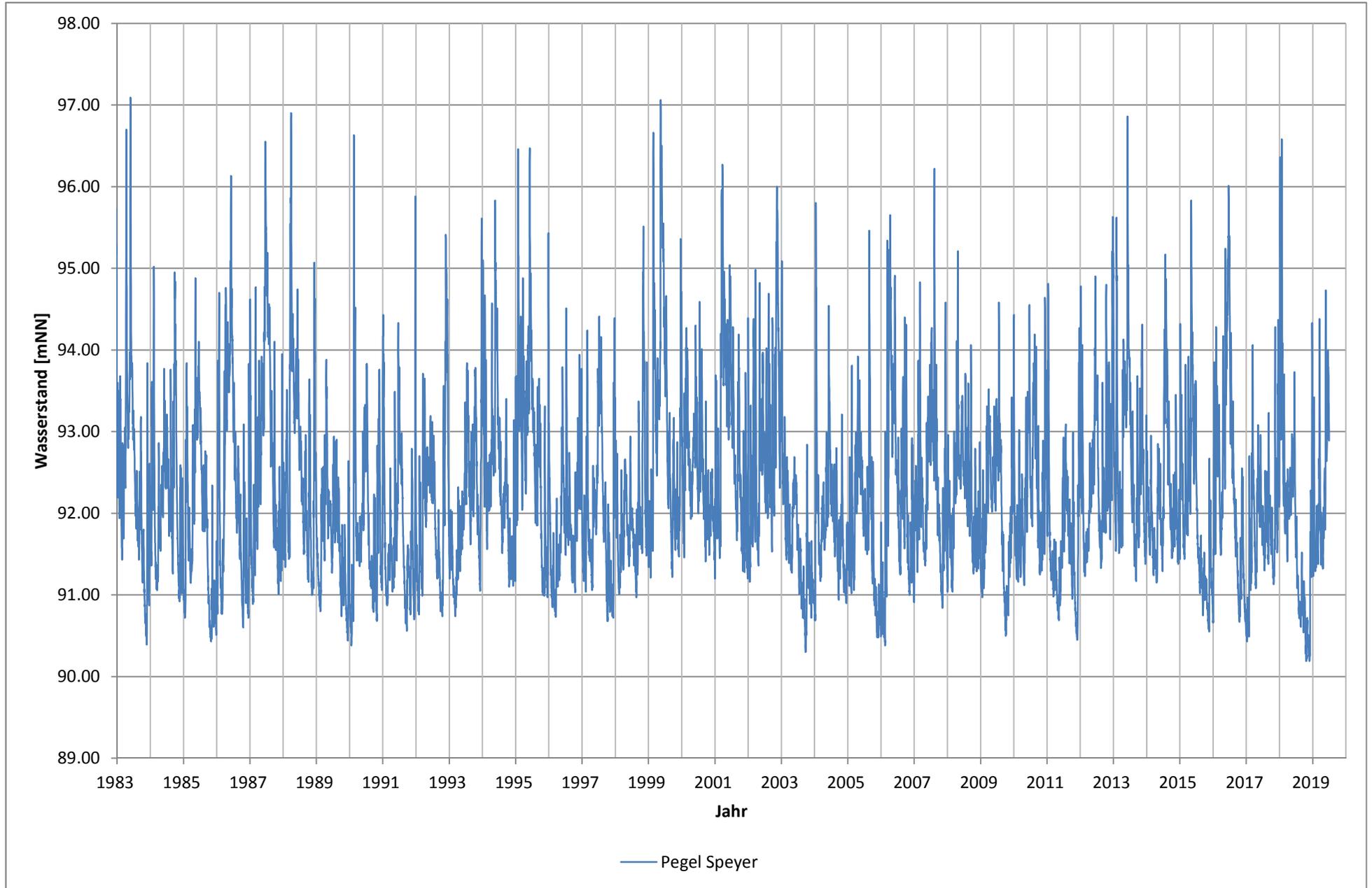
22.01.2020 Uhr: 17:15:47 john 1:24.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_1\_2.mxd

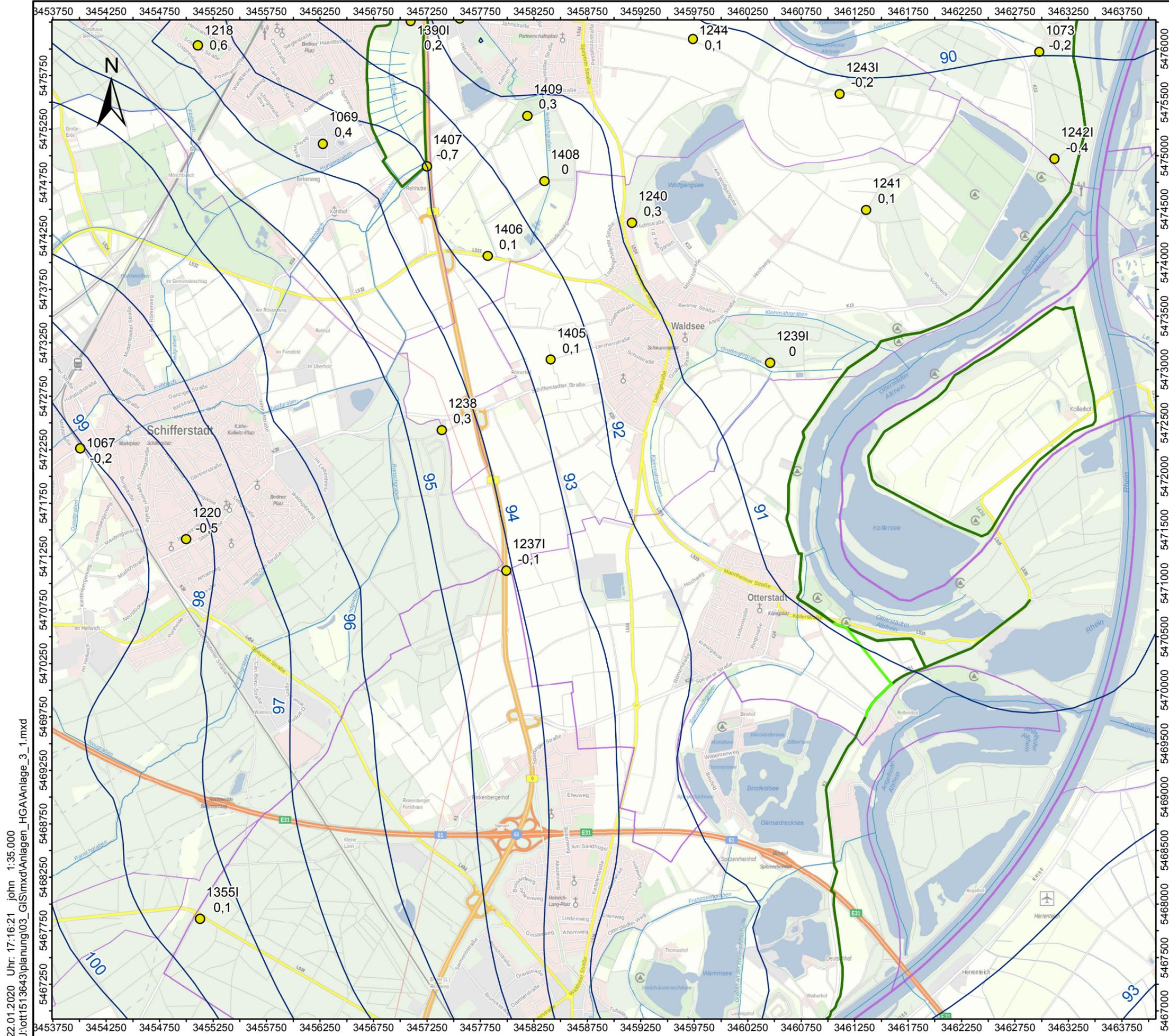
3457250345750034577503458000345825034585003458750345900034592503459500345975034600003460250346050034607503461000346125034615003461750346200034622503462500346275034630003463250346350034637503464000  
 5467250546750054677505468000546825054685005468750546900054692505469500546975054700005470250547050054707505471000547125054715005471750547200054722505472505472750547300054732505473500

### Langjährige Entwicklung der Rheinwasserstände



### Langjährige Entwicklung der Rheinwasserstände





- ### Zeichenerklärung
- berechnete Grundwassergleichen Mittel 1998 [mNN]
  - Differenz gemessener und berechneter Grundwasserstände Mittel 1998 [m]
  - Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

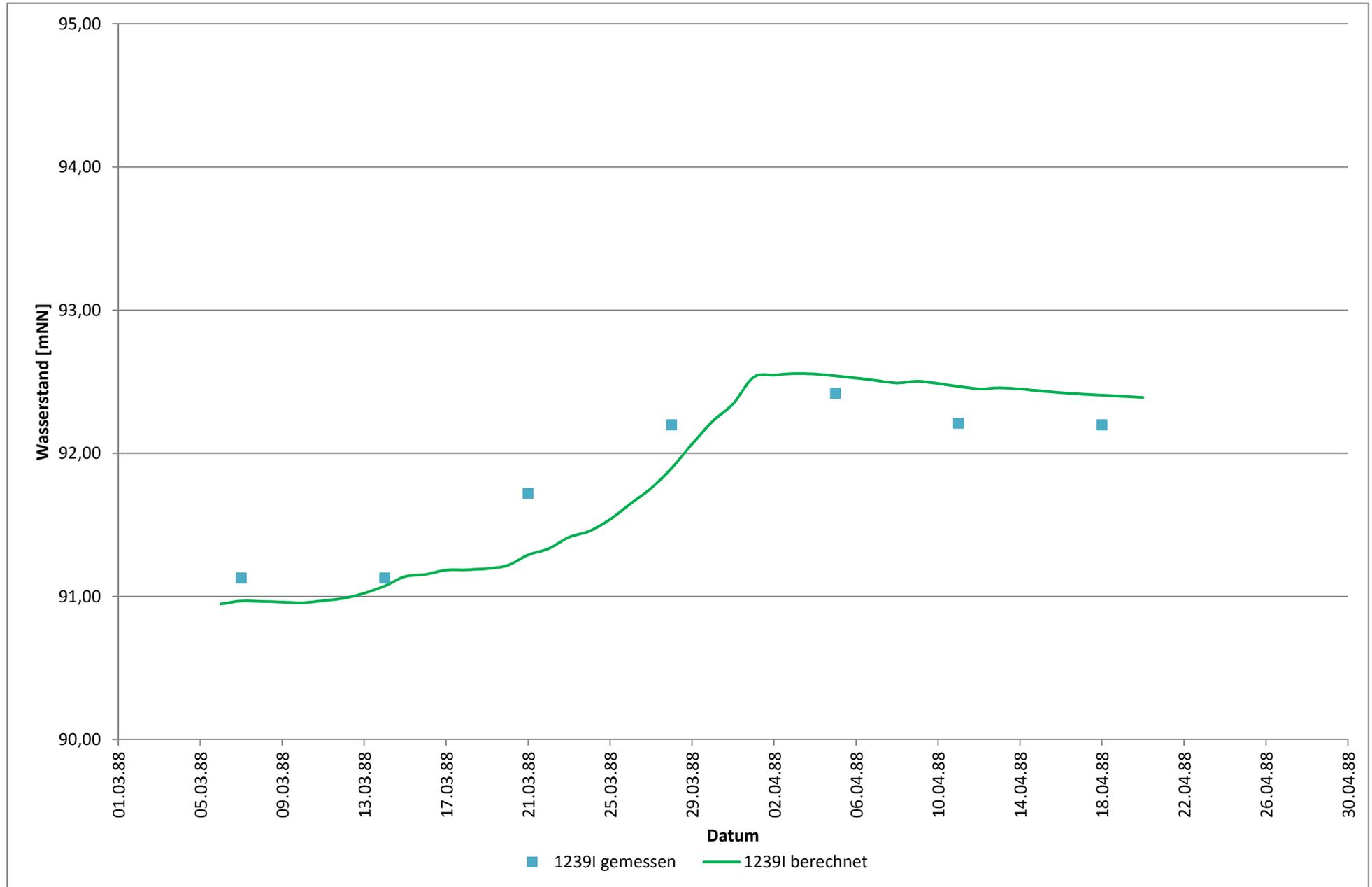
**BIÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Ergebnis der stationären  
Modellkalibrierung

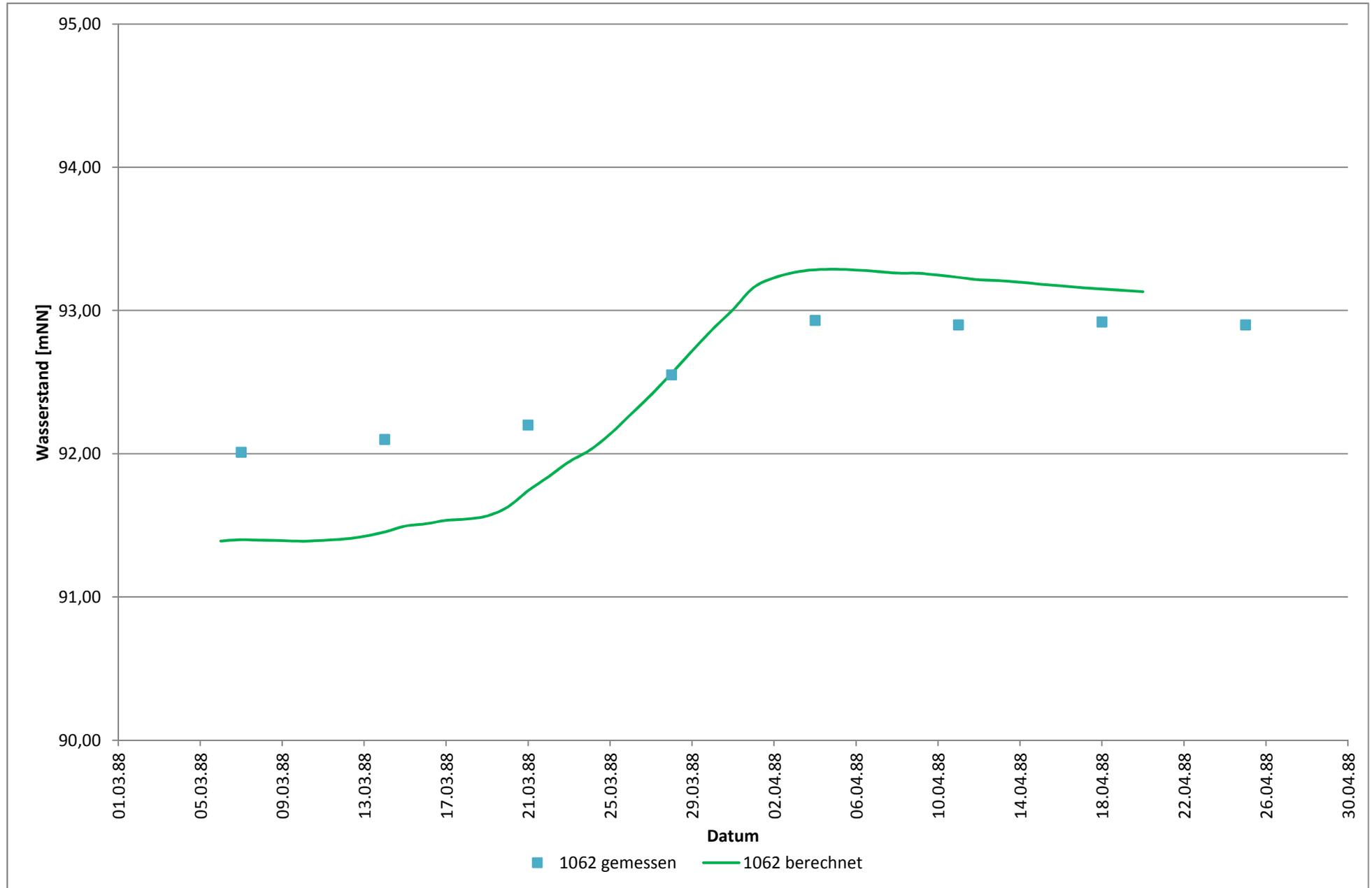
M.: 1:35.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

22.01.2020 Uhr: 17:16:21 john 1:35.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_3\_1.mxd

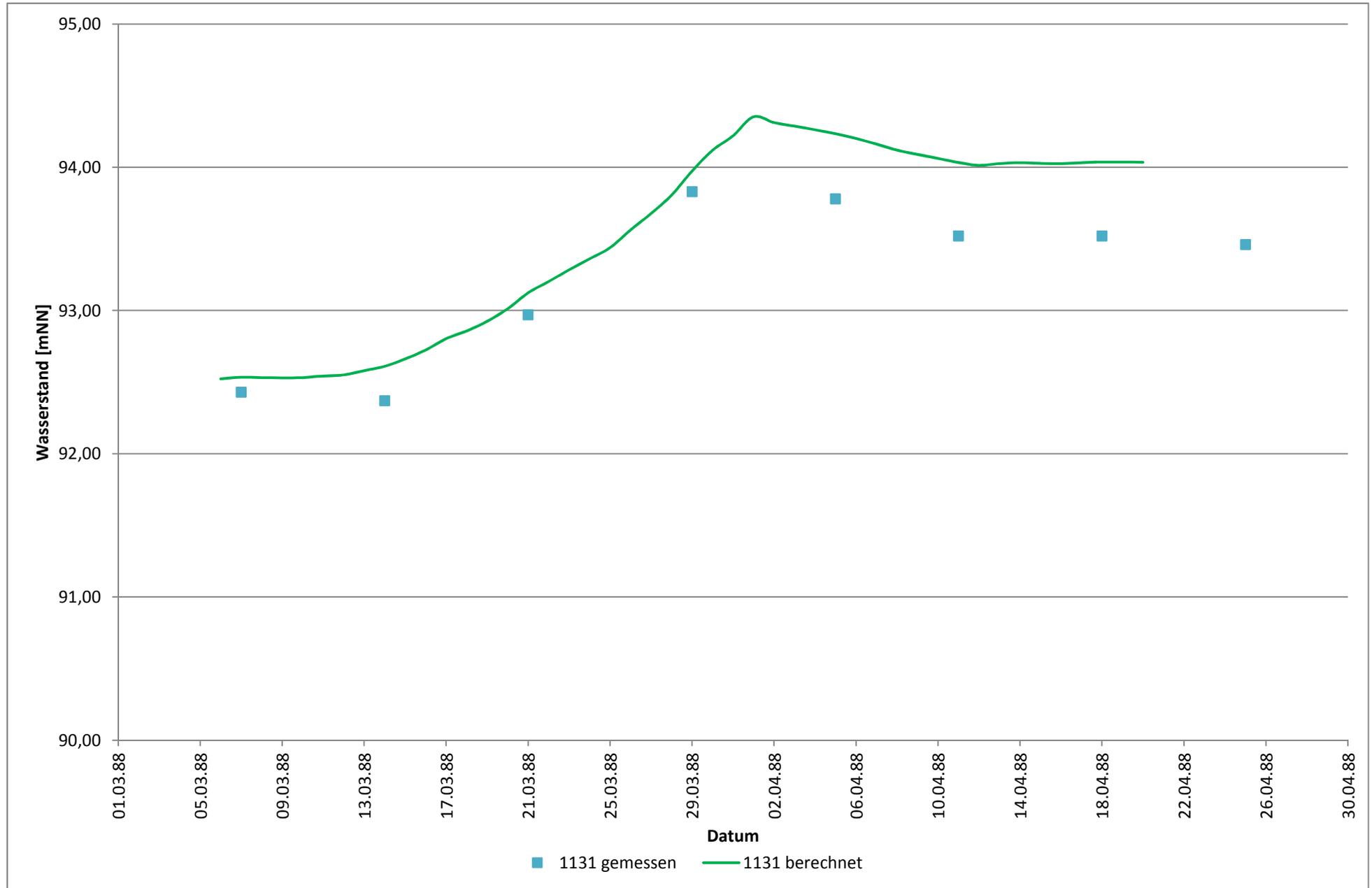
# Ergebnis der instationären Modellkalibrierung



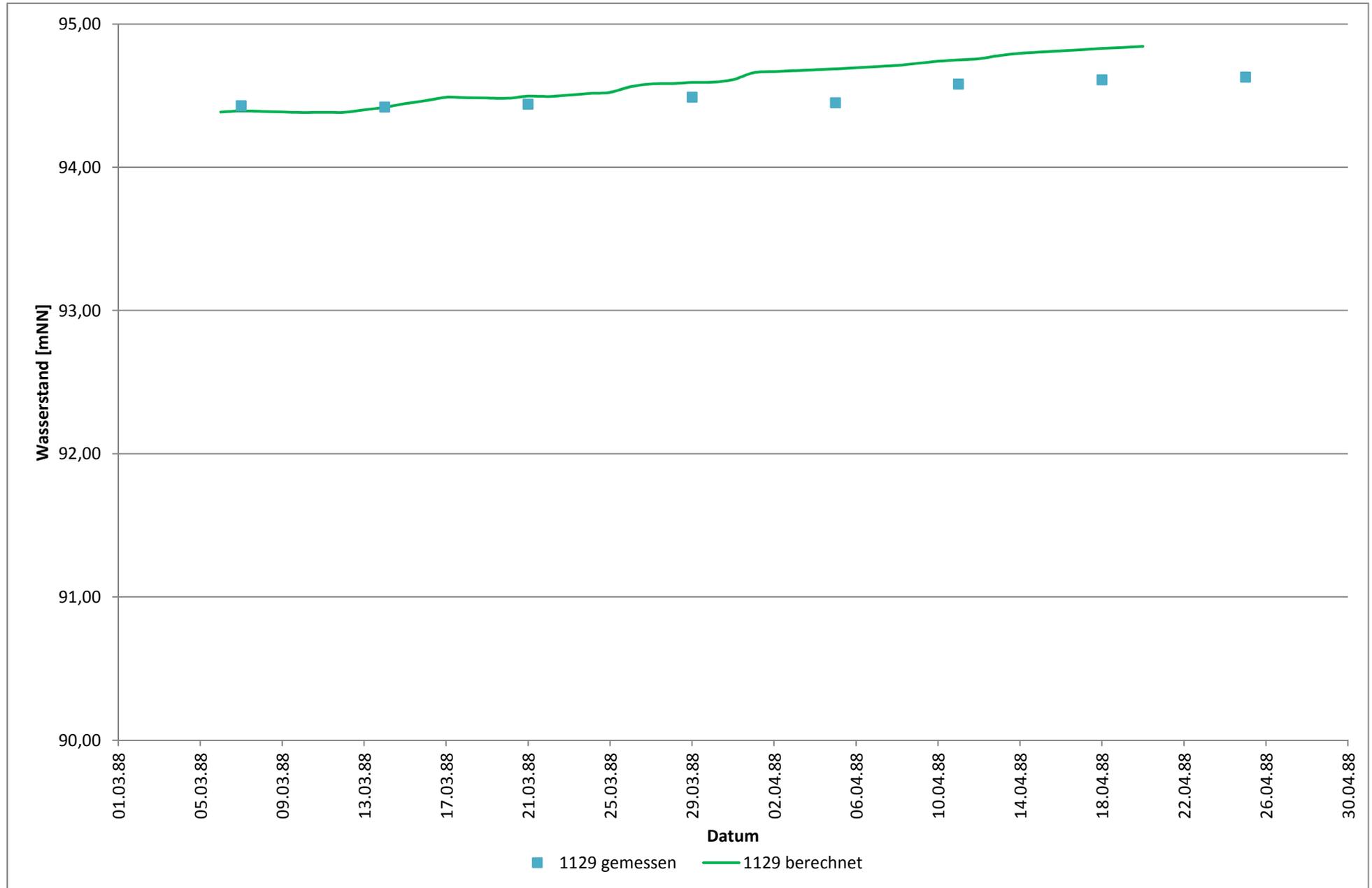
# Ergebnis der instationären Modellkalibrierung

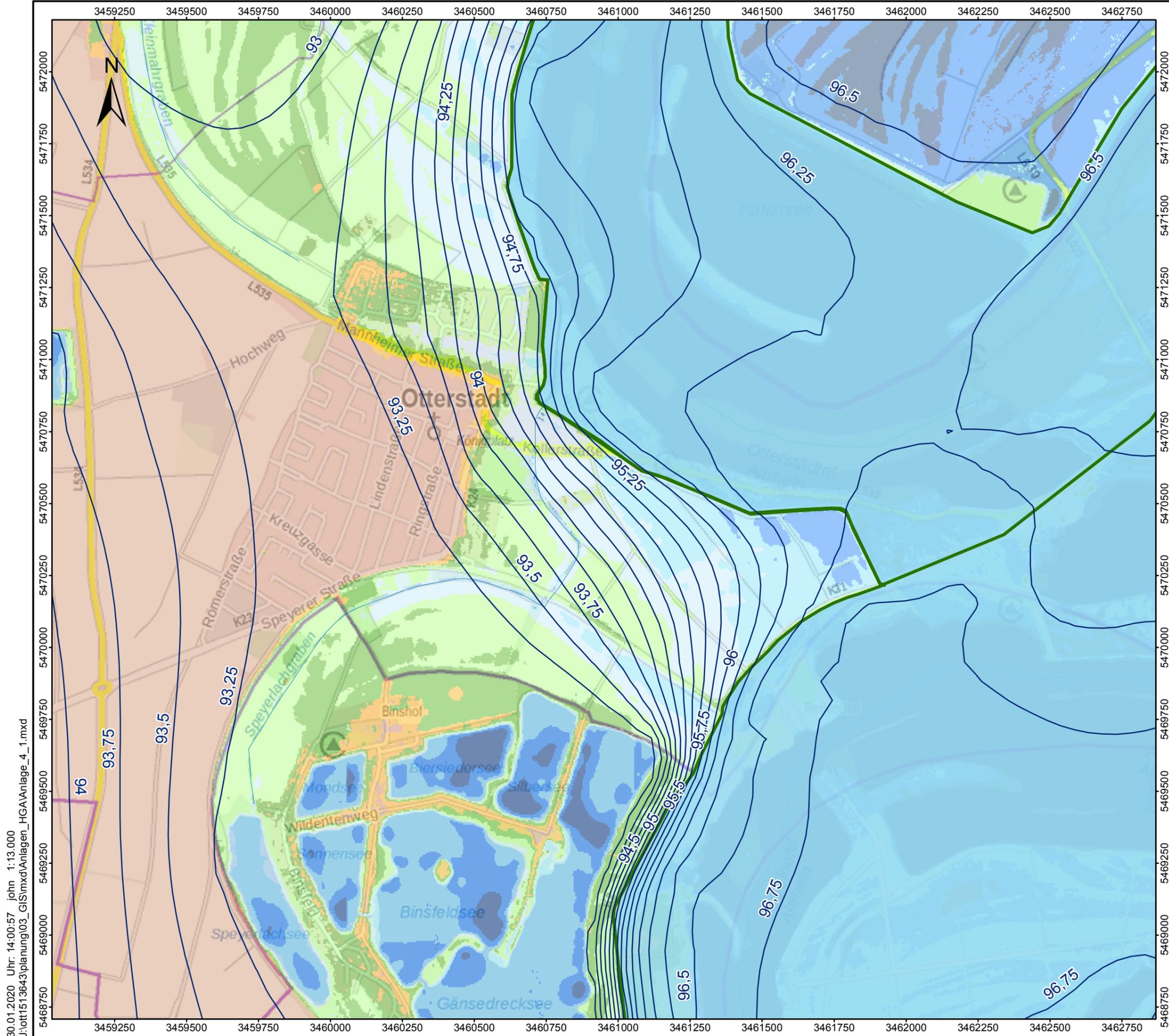


# Ergebnis der instationären Modellkalibrierung



# Ergebnis der instationären Modellkalibrierung





- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Bestandsfall
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

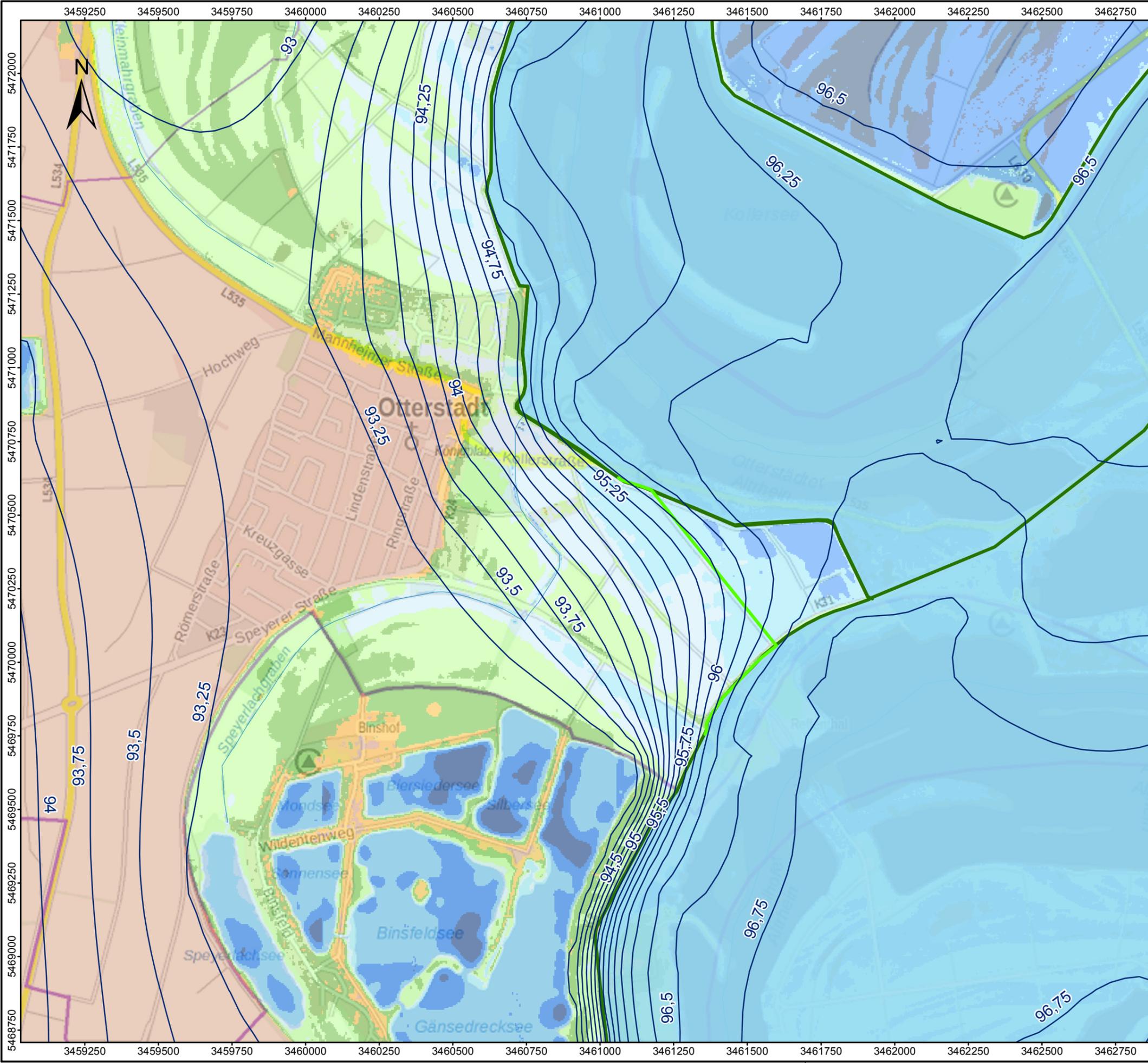
**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

**Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Bestandsfall Variante 1**

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

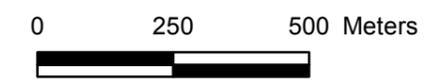
30.01.2020 Uhr: 14:00:57 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_4\_1.mxd

28.01.2020 Uhr: 16:43:17 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_4\_2.mxd



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Planungsfall
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3

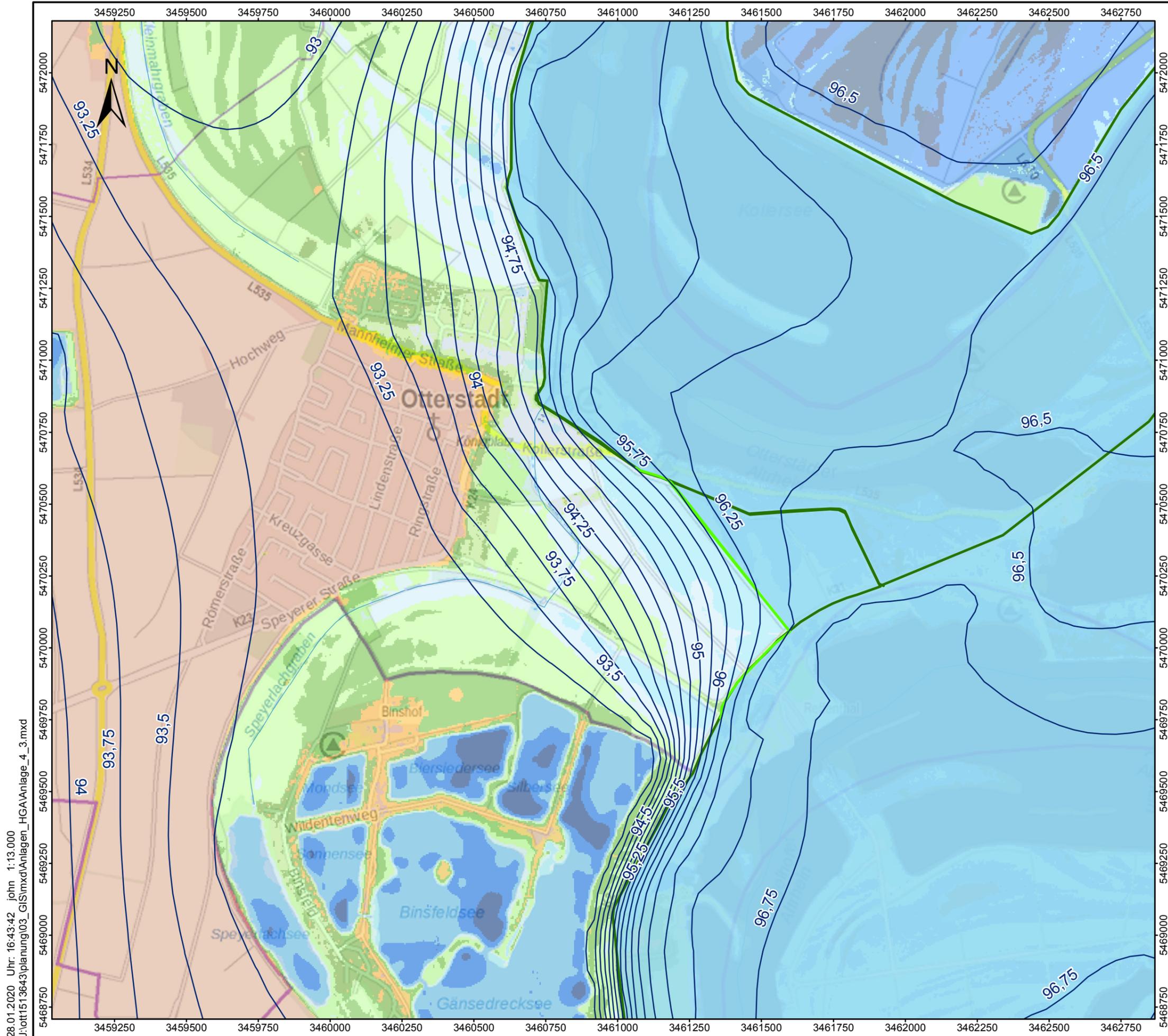


Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

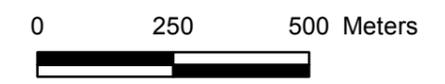
**Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Planungsfall Variante 1**

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Szenario
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

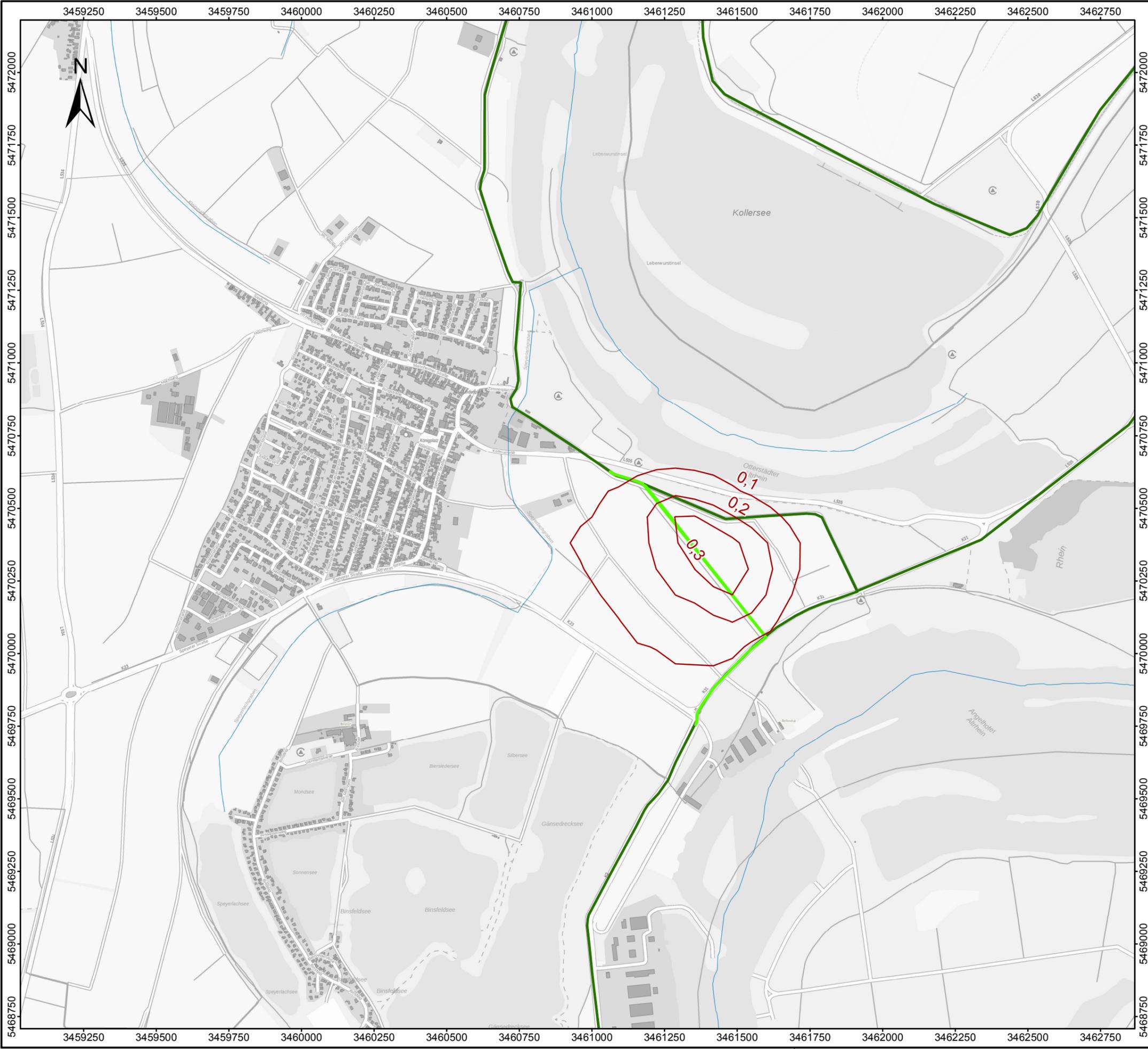
**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
Szenario Variante 1

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

28.01.2020 Uhr: 16:43:42 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_4\_3.mxd

29.01.2020 Uhr: 07:44:11 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_4\_4.mxd



### Zeichenerklärung

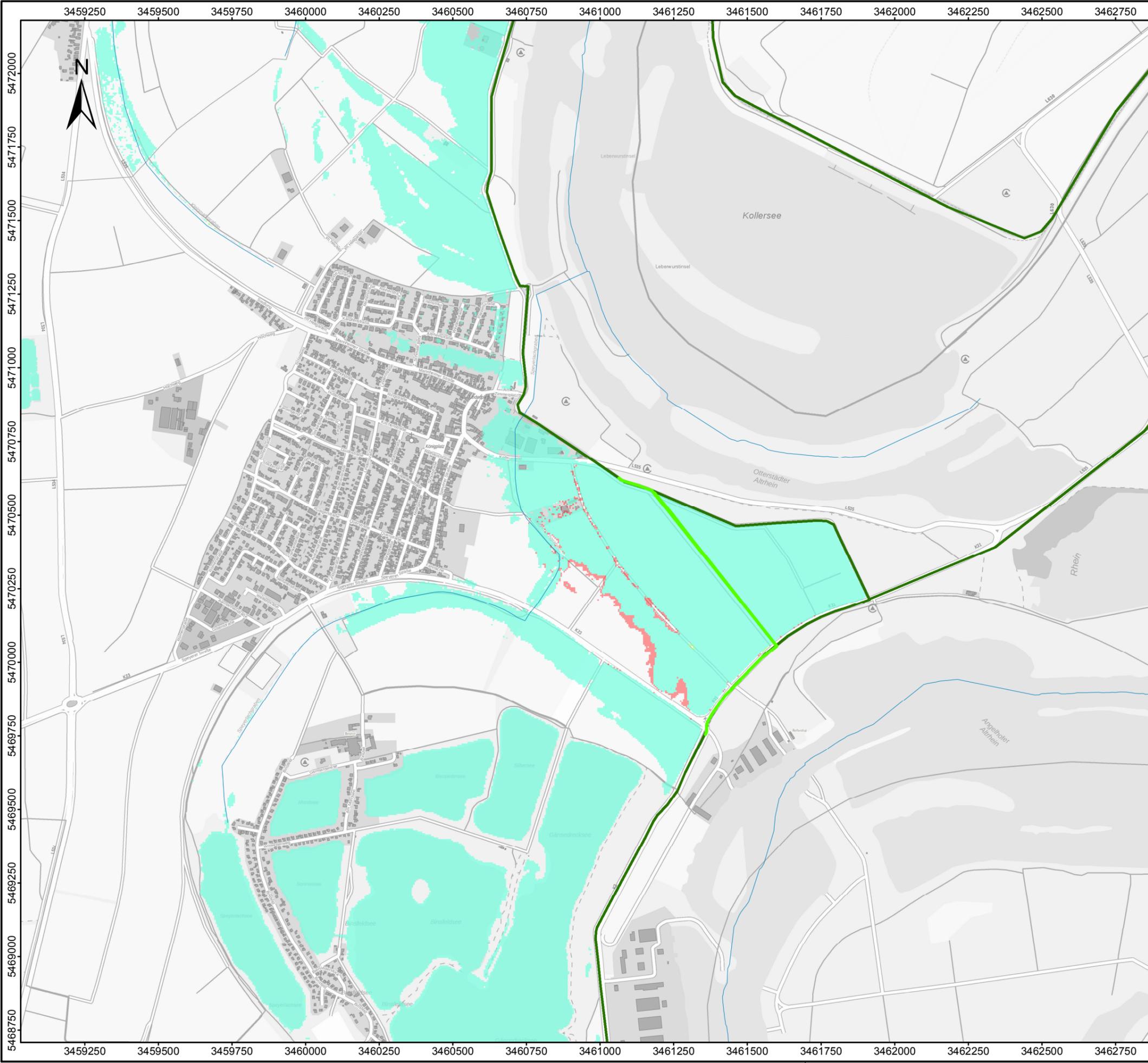
-  berechnete Aufspiegelung der Grundwasserstände [m]
-  Deich
-  Deichaus- und neubau (Vorhaben)
-  Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

		
<b>BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE</b>		
Grundwasserstandsdifferenz zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario Variante 1		
M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643

29.01.2020 Uhr: 07:43:57 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_4\_5.mxd



### Zeichenerklärung

-  Deich
-  Deichaus- und neubau (Vorhaben)
-  Gewässernetz (gesamt)

### Veränderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen

-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bestands-/Planungsfall
-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bestands-/Planungsfall und Szenario
-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche beim Szenario



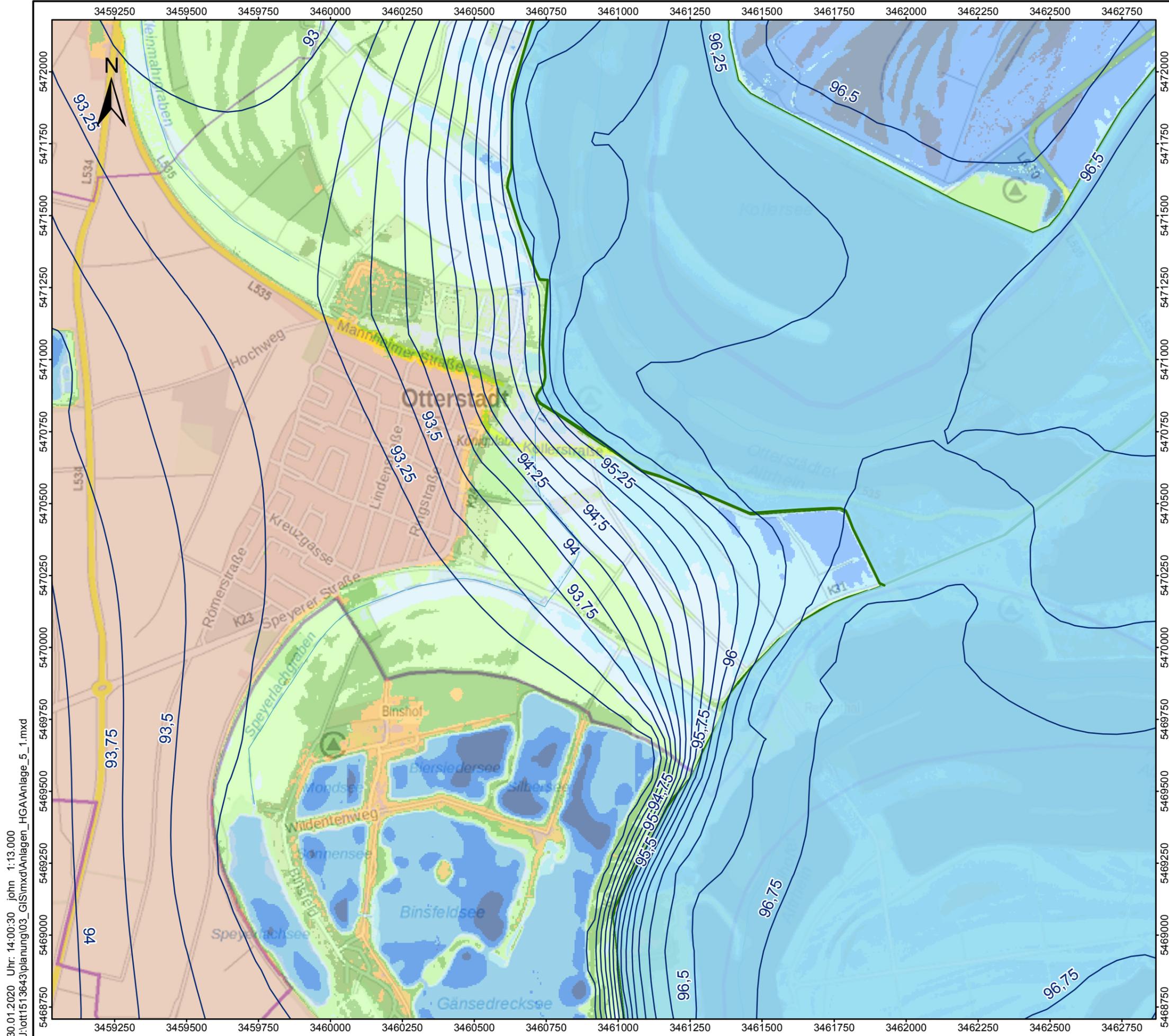
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019



**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

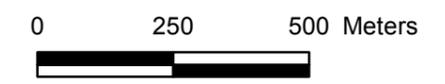
Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bestands-/Planungsfall und Szenario Variante 1

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Bestandsfall
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

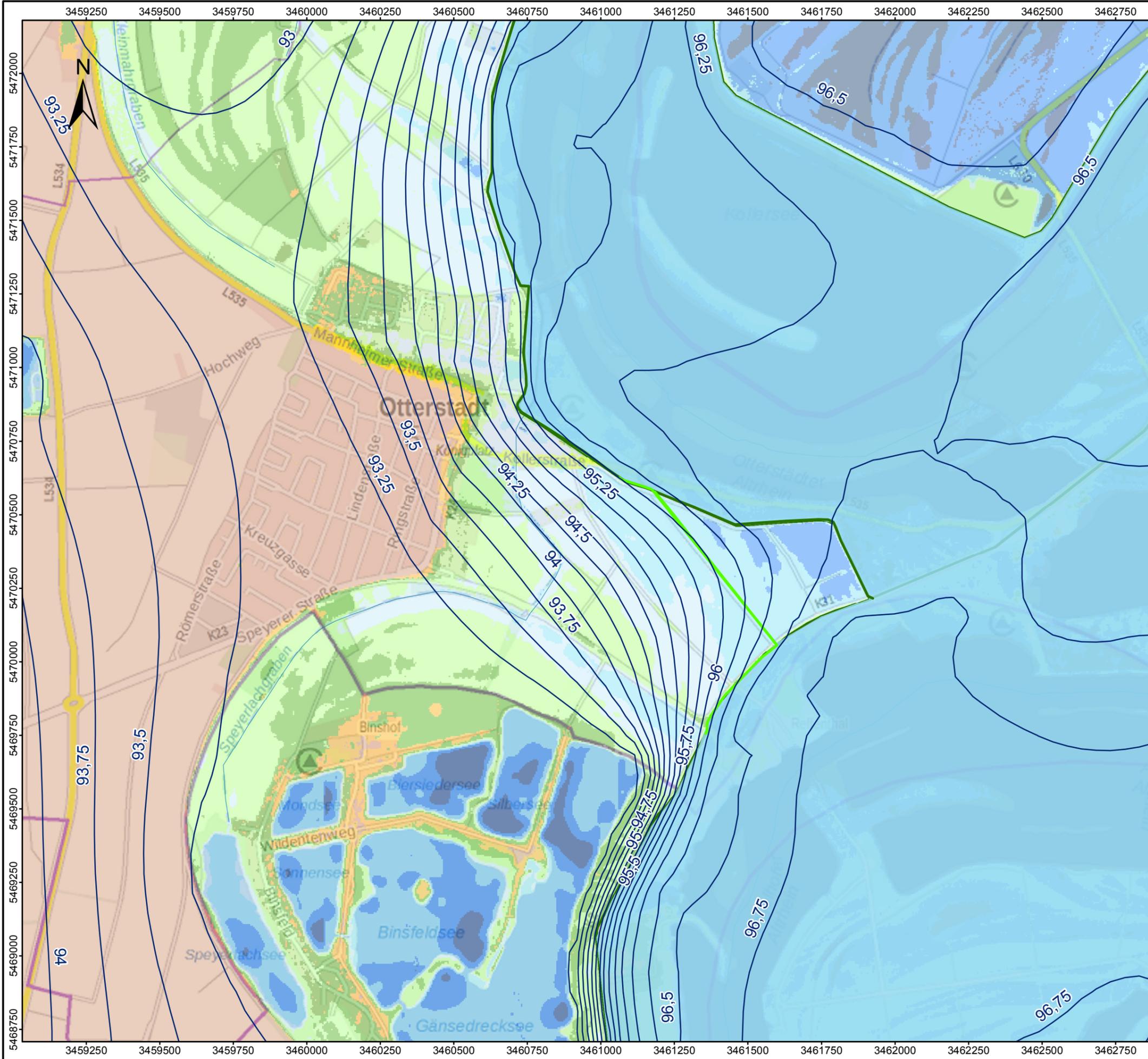
**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

**Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Bestandsfall Variante 2**

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

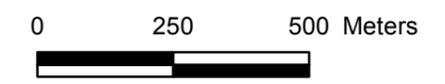
30.01.2020 Uhr: 14:00:30 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_5\_1.mxd

29.01.2020 Uhr: 07:58:31 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_5\_2.mxd



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Planungsfall
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3

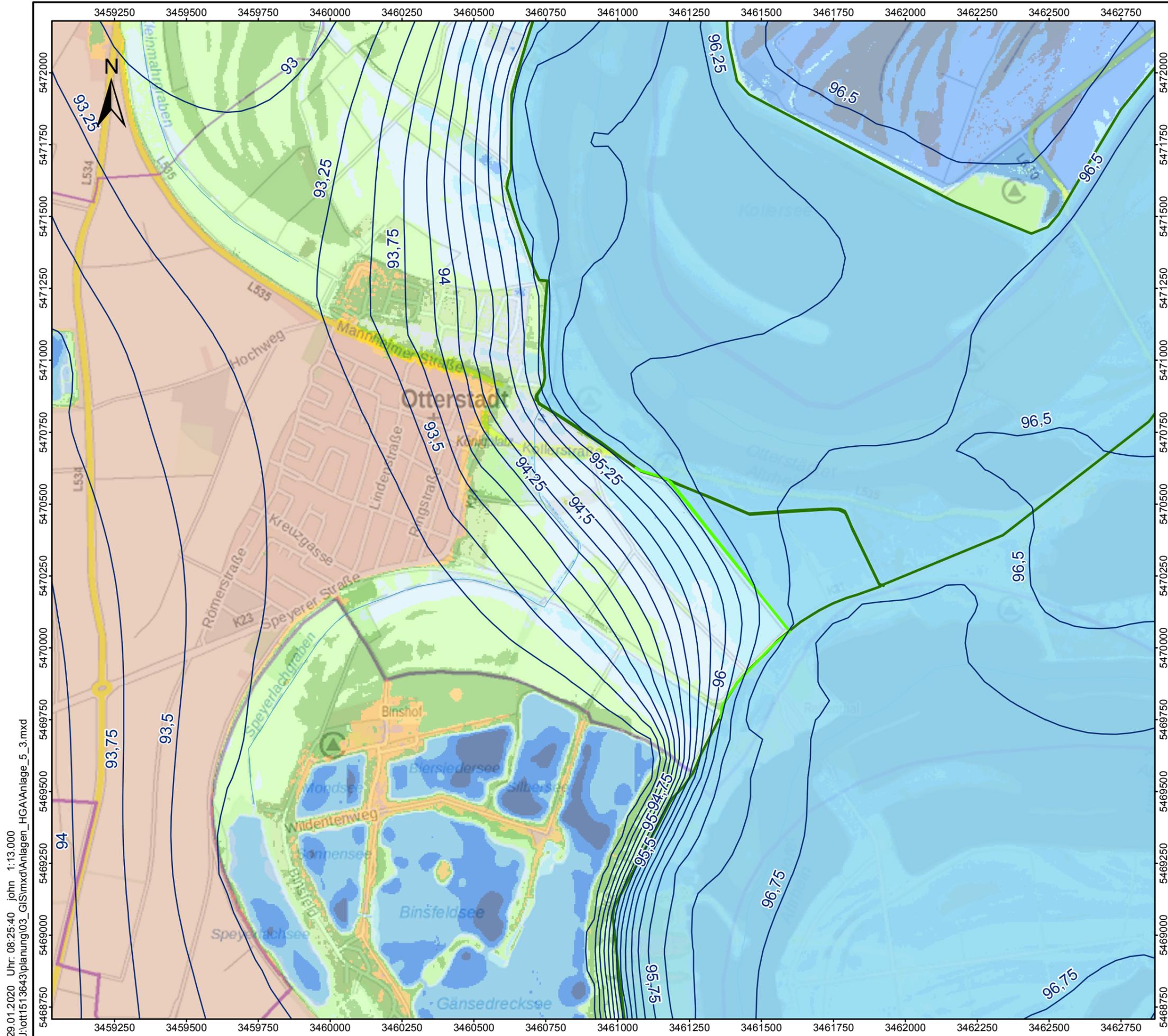


Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

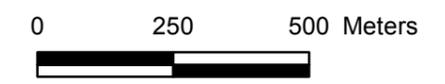
**Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Planungsfall Variante 2**

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Szenario
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

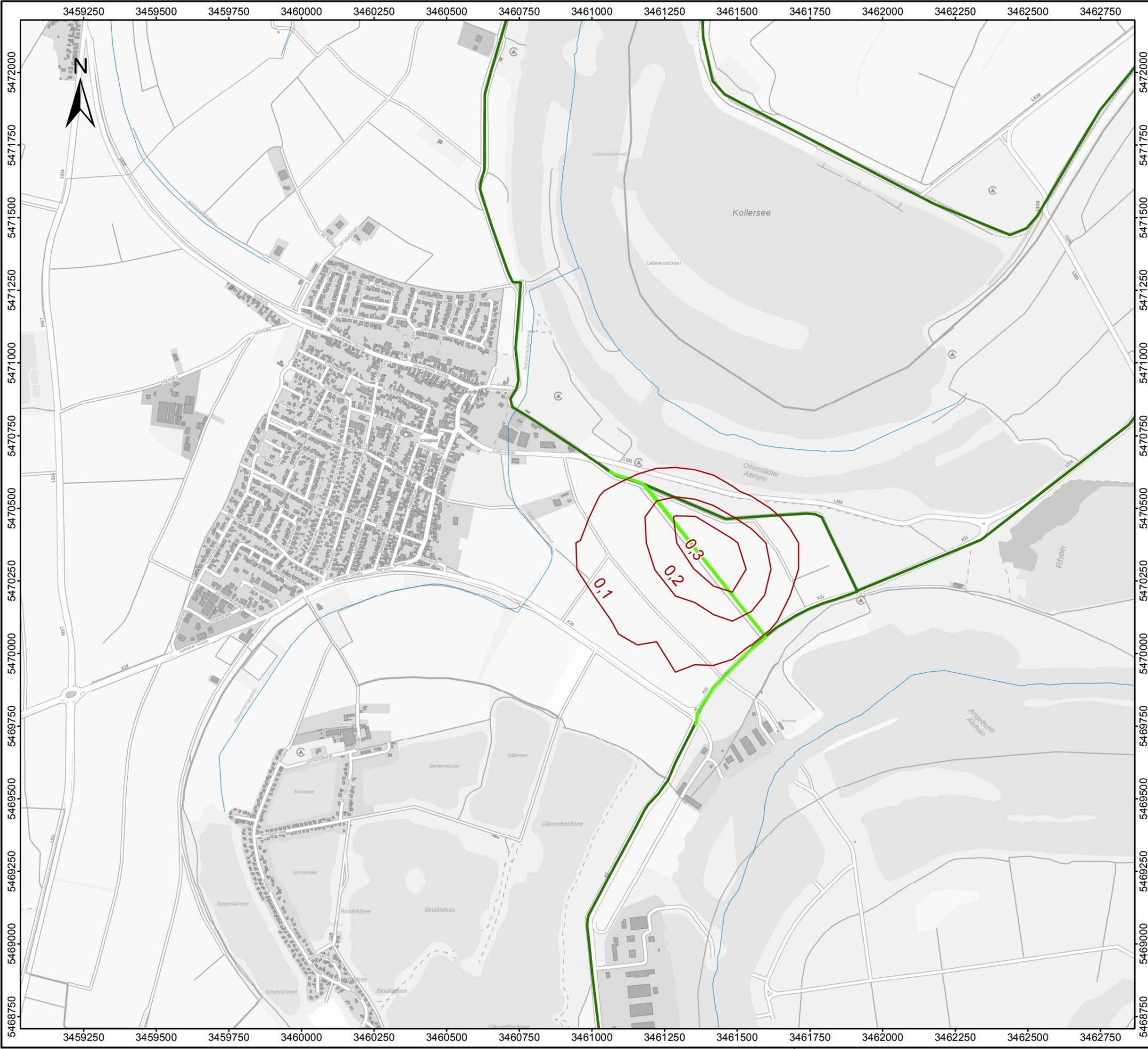
**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
Szenario Variante 2

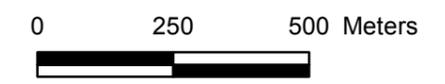
M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

29.01.2020 Uhr: 08:25:40 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_5\_3.mxd

29.01.2020 Uhr: 08:22:09 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_5\_4.mxd



- ### Zeichenerklärung
- berechnete Aufspiegelung der Grundwasserstände [m]
  - Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Gewässernetz (gesamt)



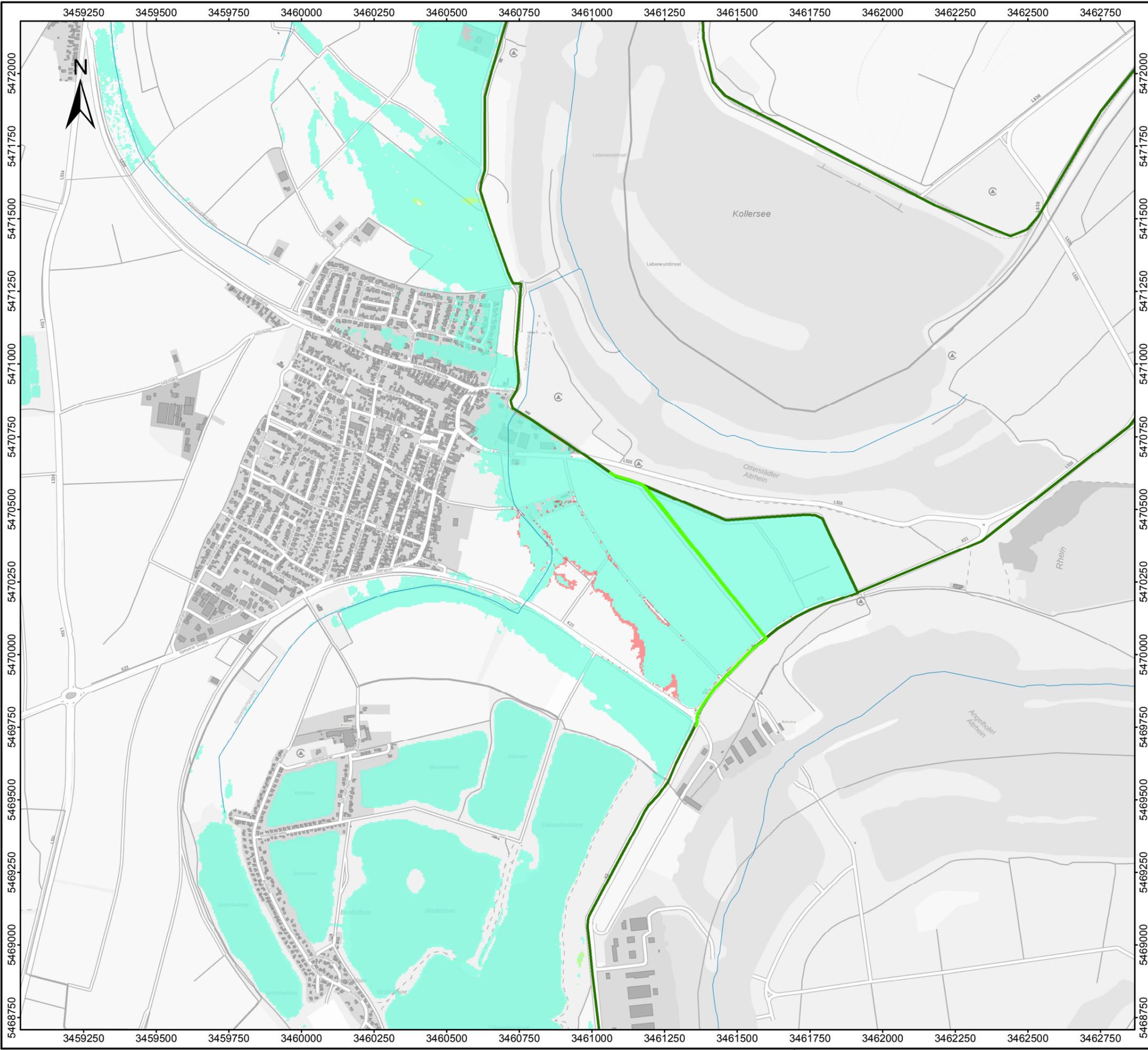
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

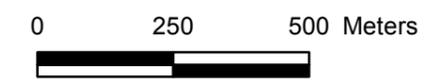
Grundwasserstandsdifferenz  
zwischen Bezugszustand und  
Szenario Variante 2

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

29.01.2020 Uhr: 08:23:23 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_5\_5.mxd



- Zeichenerklärung**
- Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Gewässernetz (gesamt)
- Veränderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen**
- potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bezugszustand
  - potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bezugszustand und Szenario
  - potentielle Druckwasseraustrittsfläche beim Szenario



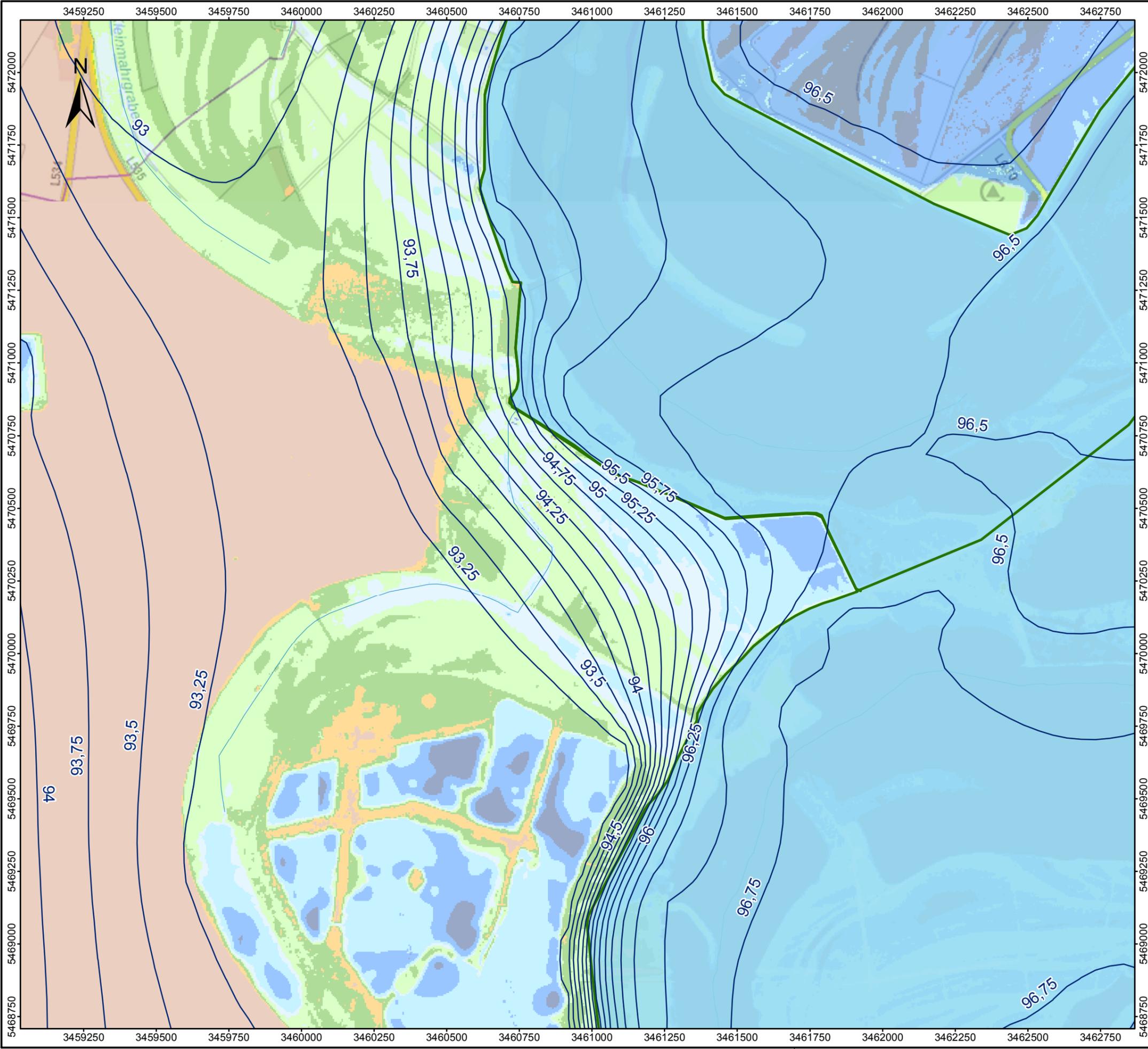
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Änderung der potentiellen  
 Druckwasseraustrittsflächen  
 zwischen Bezugszustand und  
 Szenario Variante 2

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

30.01.2020 Uhr: 14:01:21 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_6\_1.mxd

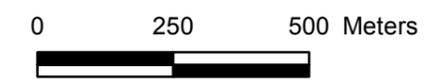


**Zeichenerklärung**

- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
- Deich
- Gewässernetz (gesamt)
- überflutetes Deichvorland Bestandsfall

**berechneter Flurabstand [m]**

- < -3
- 3 - -2
- 2 - -1
- 1 - 0
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3

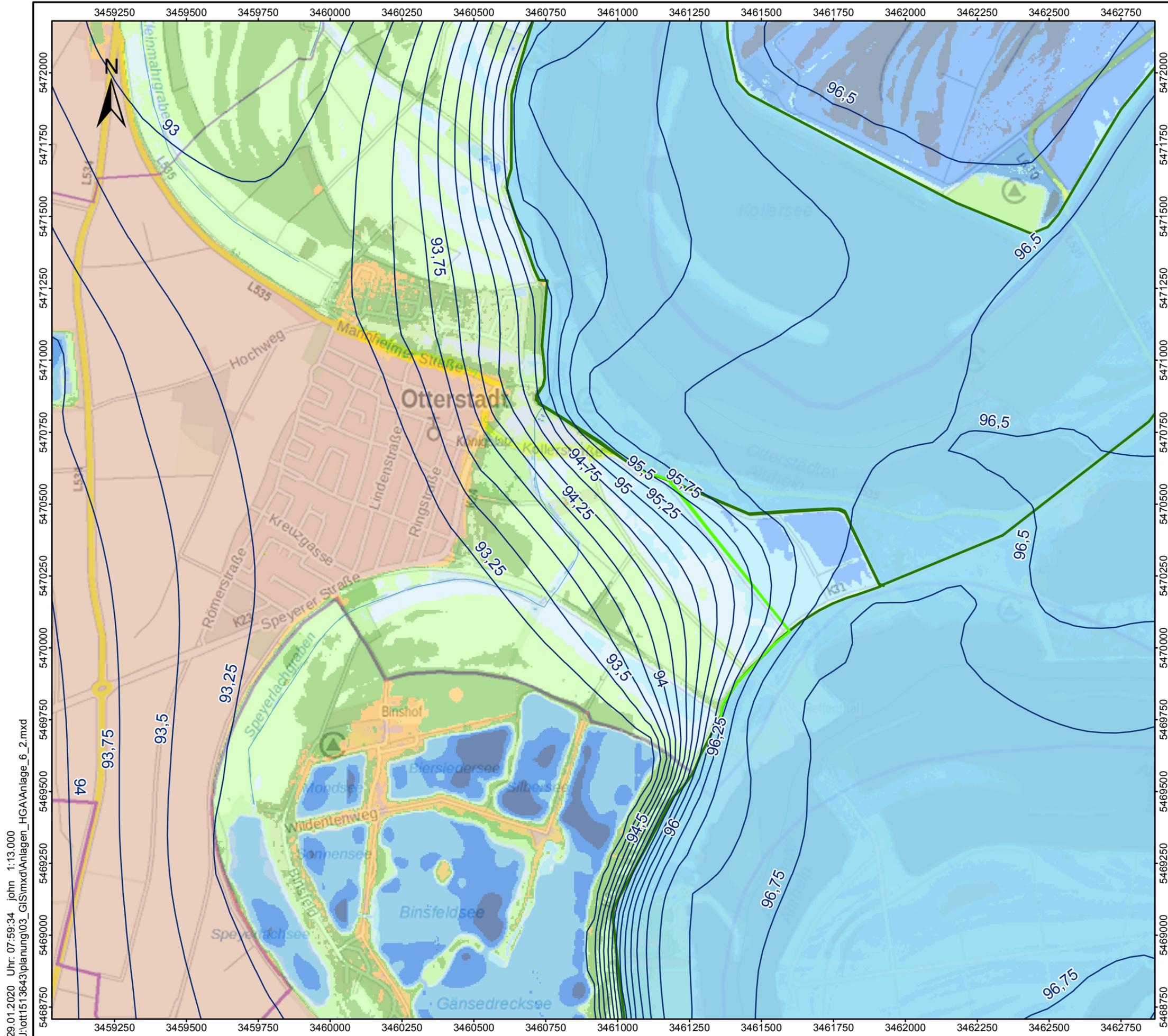


Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BjÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Bestandsfall Variante 3

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Gewässernetz (gesamt)
  - überflutetes Deichvorland Planungsfall

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



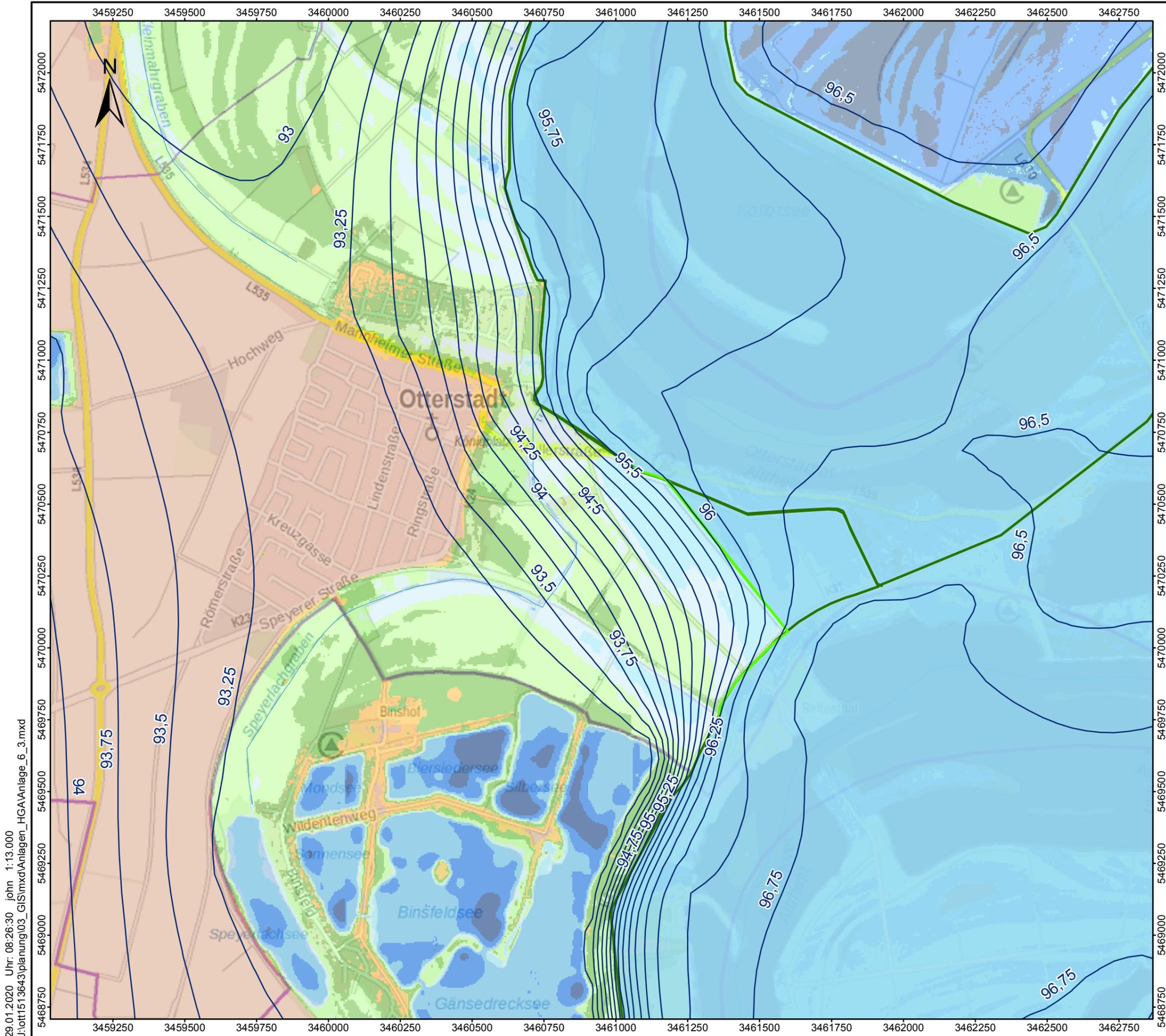
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

**Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Planungsfall Variante 3**

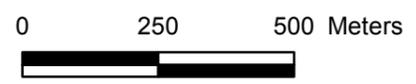
M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

29.01.2020 Uhr: 07:59:34 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_6\_2.mxd



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deich
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - überflutetes Deichvorland Szenario
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

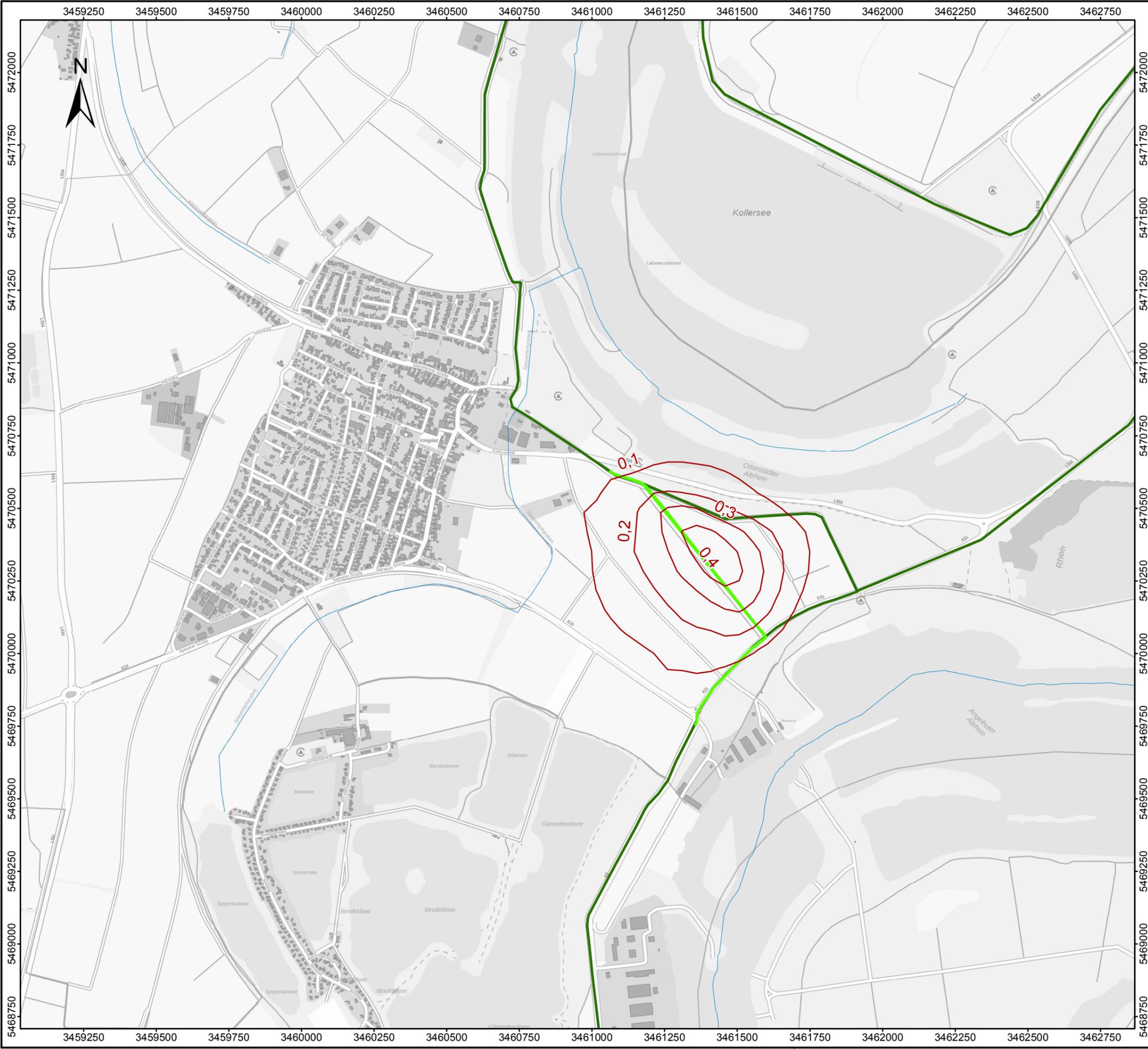
**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
Szenario Variante 3

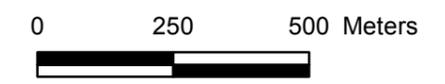
M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

29.01.2020 Uhr: 08:26:30 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_6\_3.mxd

29.01.2020 Uhr: 08:26:46 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_6\_4.mxd



- ### Zeichenerklärung
- berechnete Aufspiegelung der Grundwasserstände [m]
  - Deich
  - Deichausbau (Planung)
  - Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

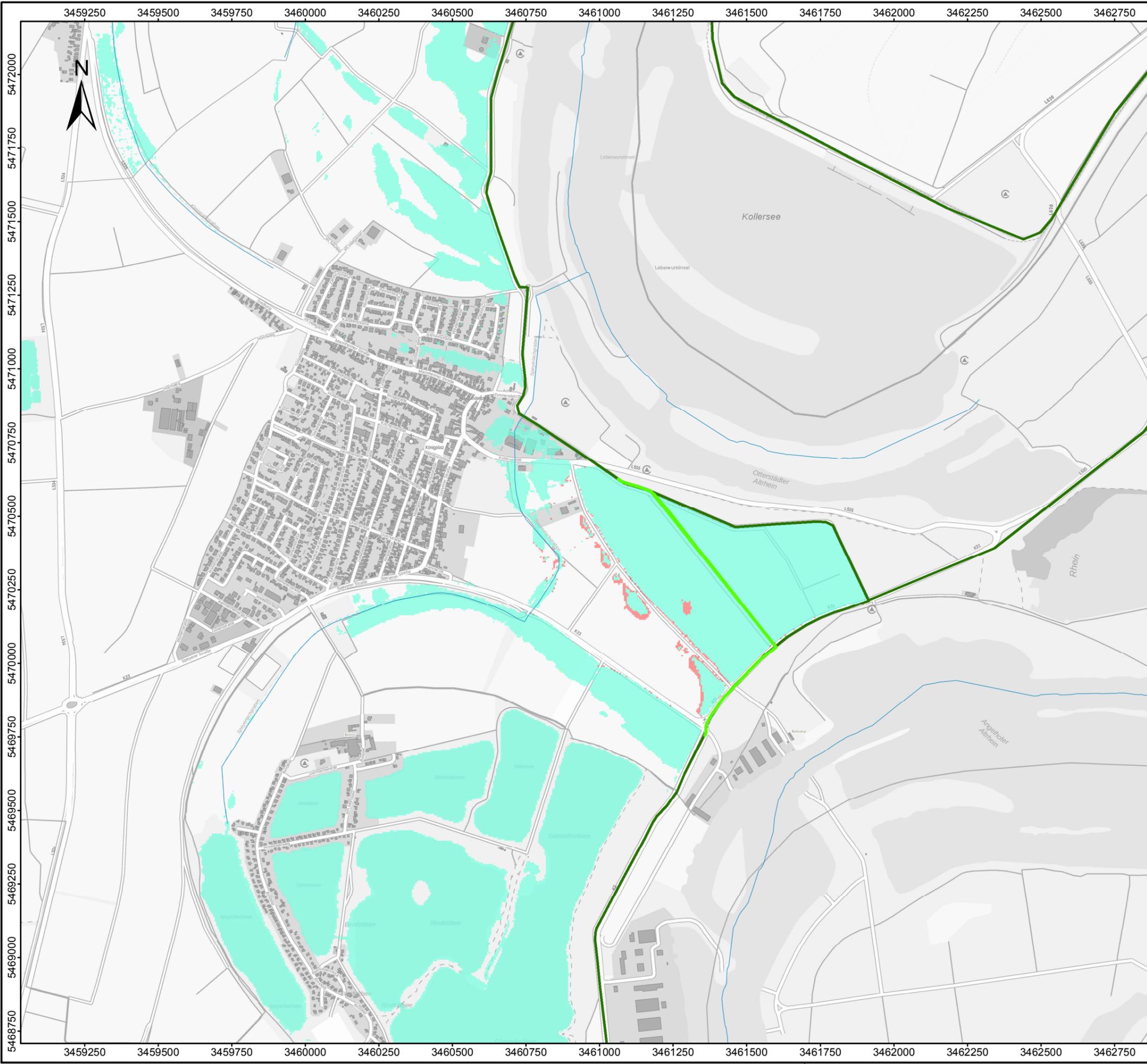
**BCE**

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

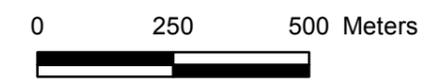
Grundwasserstandsdifferenz  
zwischen Bezugszustand und  
Szenario Variante 3

M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

29.01.2020 Uhr: 08:27:00 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_6\_5.mxd

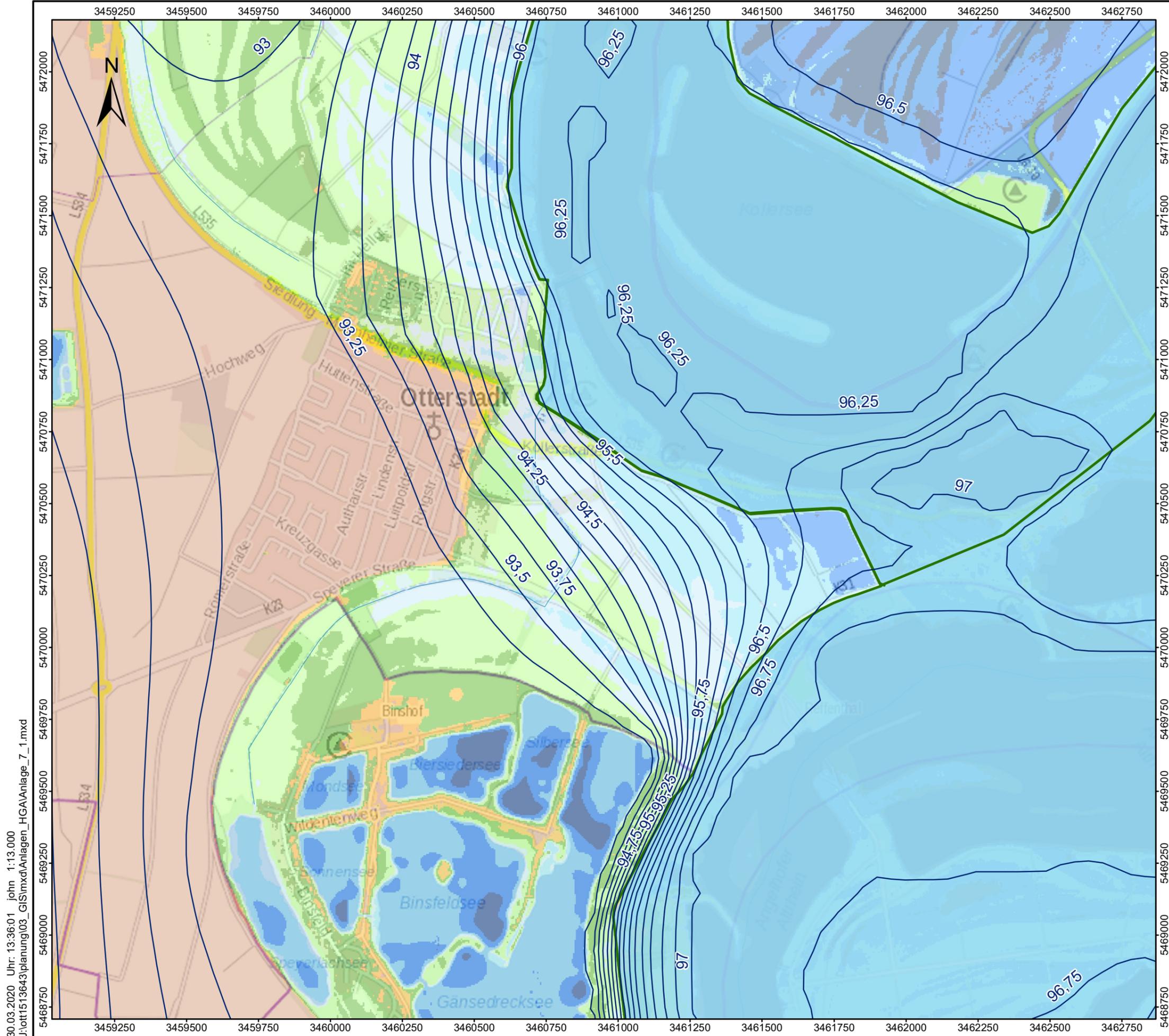


- Zeichenerklärung**
- Deich
  - Deichausbau (Planung)
  - Gewässernetz (gesamt)
- Veränderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen**
- potentielle Druckwasseraustrittsfläche beim Szenario
  - potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bezugszustand und Szenario
  - potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bezugszustand



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

<b>BCE</b>		
<b>BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE</b>		
Änderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen zwischen Bezugszustand und Szenario Variante 3		
M.: 1:13.000	Jan. 2020	ott1513643

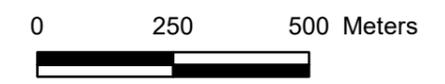


**Zeichenerklärung**

- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
- Deich
- Gewässernetz (gesamt)
- überflutetes Deichvorland Bestandsfall

**berechneter Flurabstand [m]**

- < -3
- 3 - -2
- 2 - -1
- 1 - 0
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

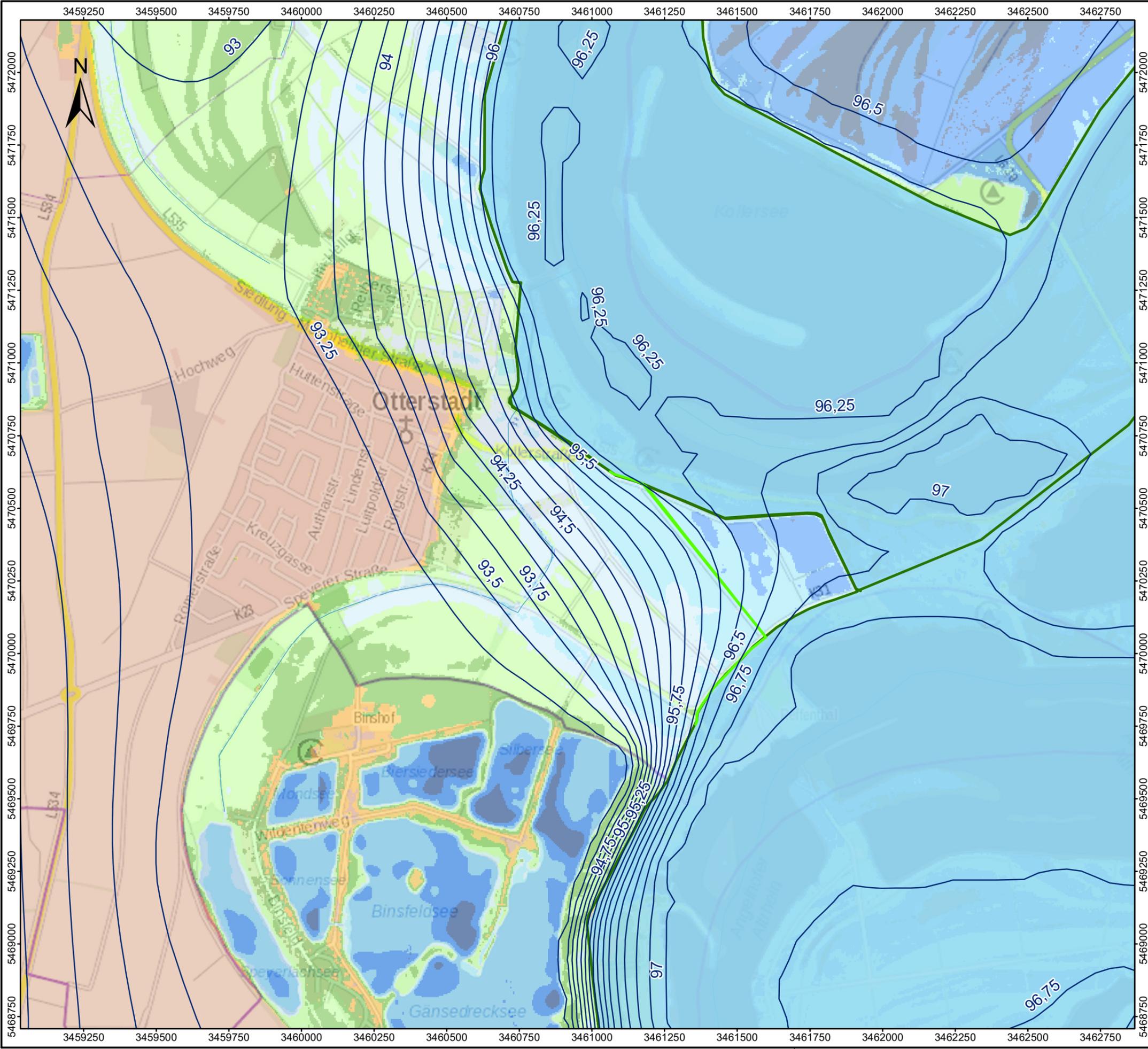
**BCE**  
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Maximale Grundwasserstände und minimale Flurabstände im Bestandsfall Variante 4

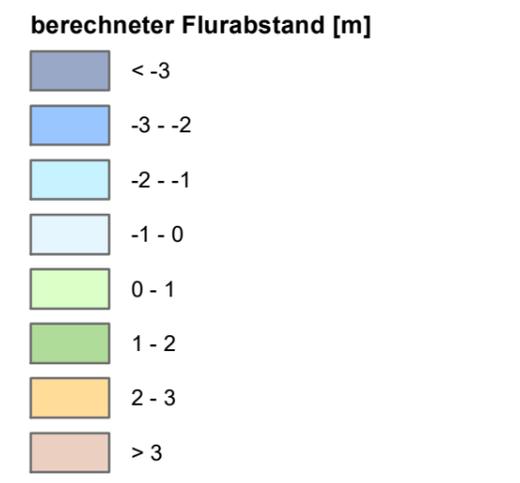
M.: 1:13.000	März 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

30.03.2020 Uhr: 13:36:01 john 1:13.000  
 J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_7\_1.mxd

30.03.2020 Uhr: 13:45:17 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_7\_2.mxd



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - Gewässernetz (gesamt)
  - überflutetes Deichvorland Planungsfall



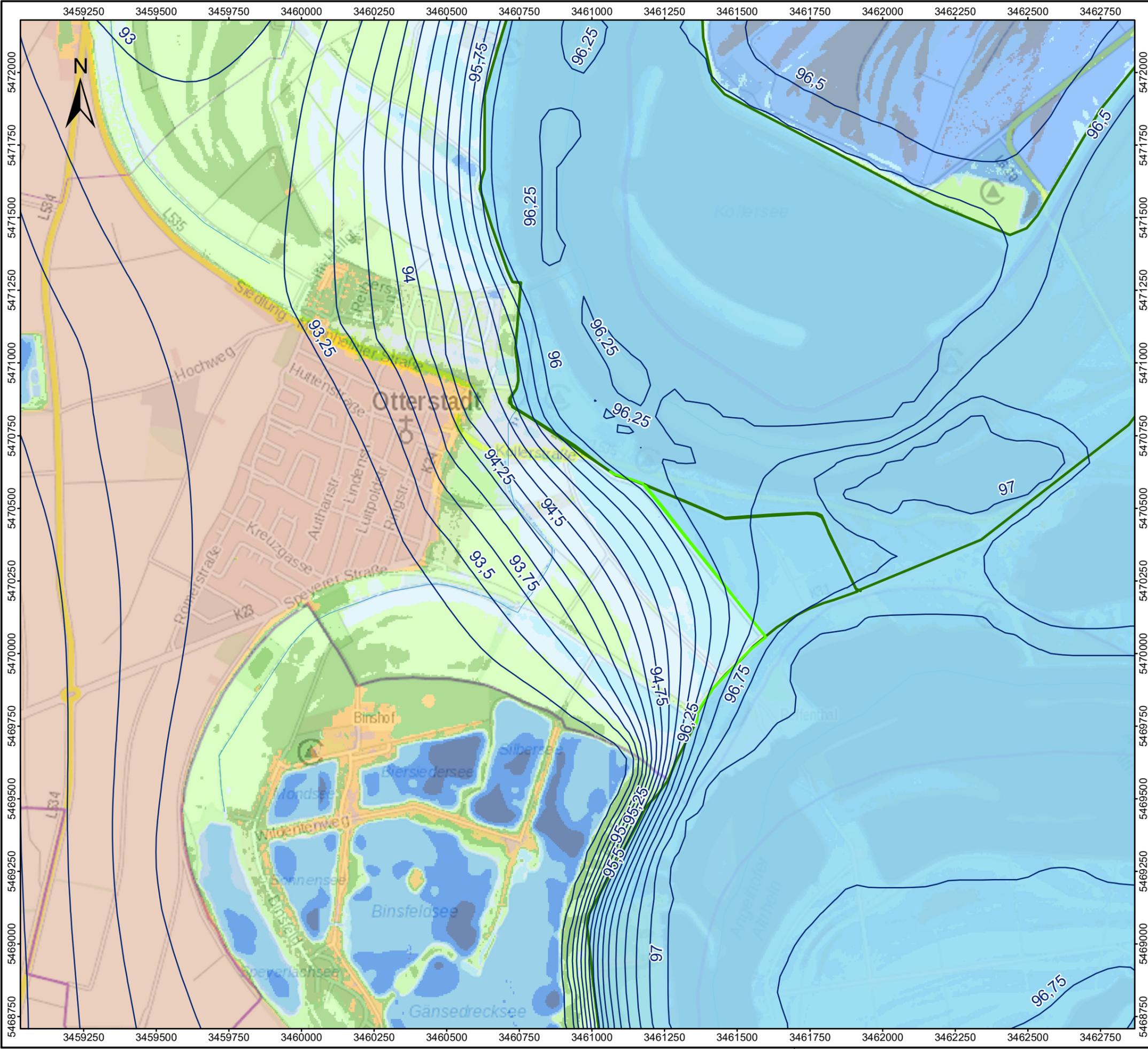
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
im Planungsfall Variante 4

M.: 1:13.000	März 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

03.04.2020 Uhr: 08:03:43 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_7\_3.mxd



- Zeichenerklärung**
- berechnete maximale Grundwasserstände BHW [mNN]
  - Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  - Deich
  - überflutetes Deichvorland Szenario
  - Gewässernetz (gesamt)

- berechneter Flurabstand [m]**
- < -3
  - 3 - -2
  - 2 - -1
  - 1 - 0
  - 0 - 1
  - 1 - 2
  - 2 - 3
  - > 3



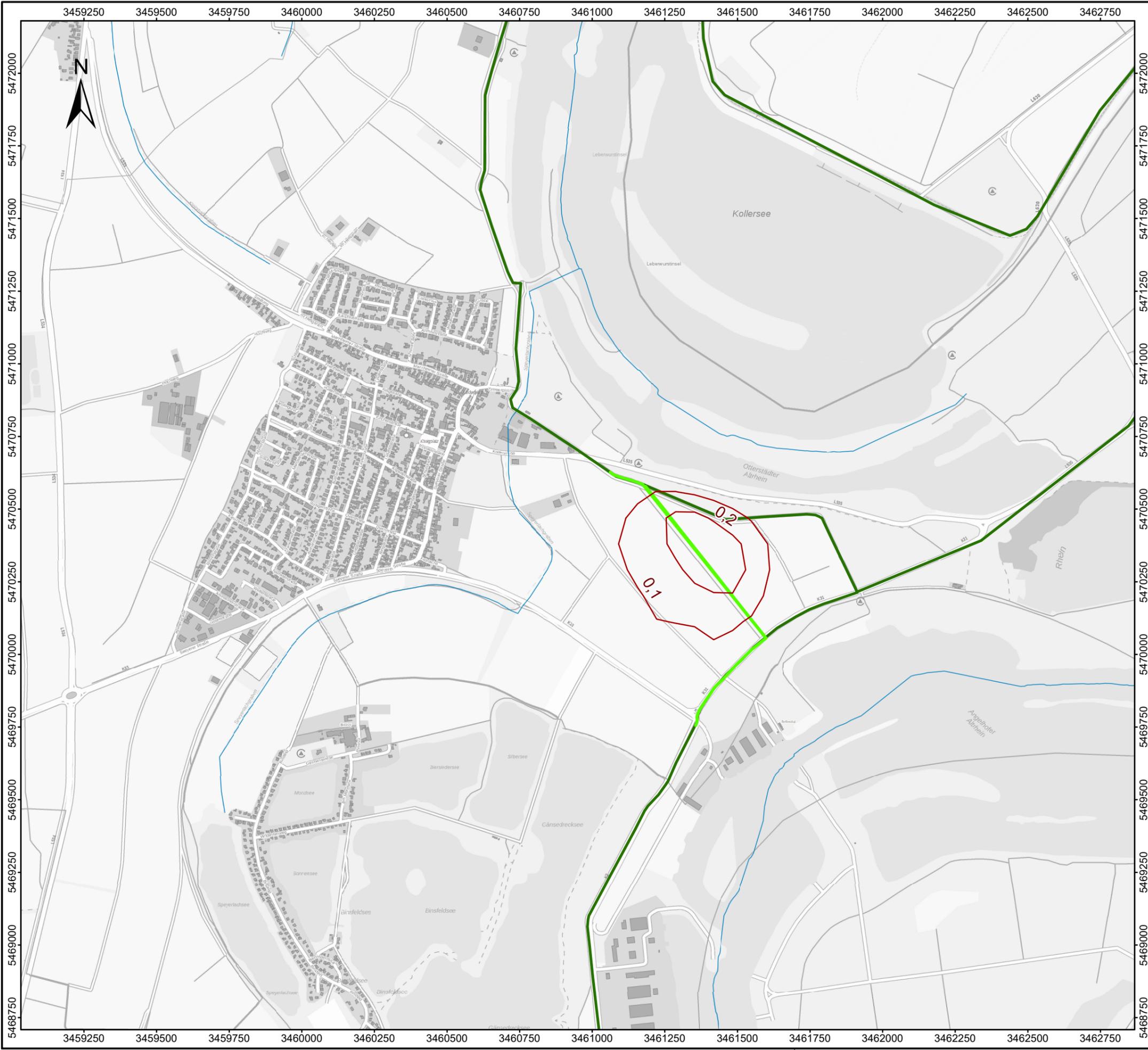
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

**BjÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Maximale Grundwasserstände  
und minimale Flurabstände  
Szenario Variante 4

M.: 1:13.000	April 2020	ott1513643
--------------	------------	------------

13.03.2020 Uhr: 14:52:17 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_7\_4.mxd



### Zeichenerklärung

- berechnete Aufspiegelung der Grundwasserstände [m]
- Deichausbau (Planung)
- Deich
- Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

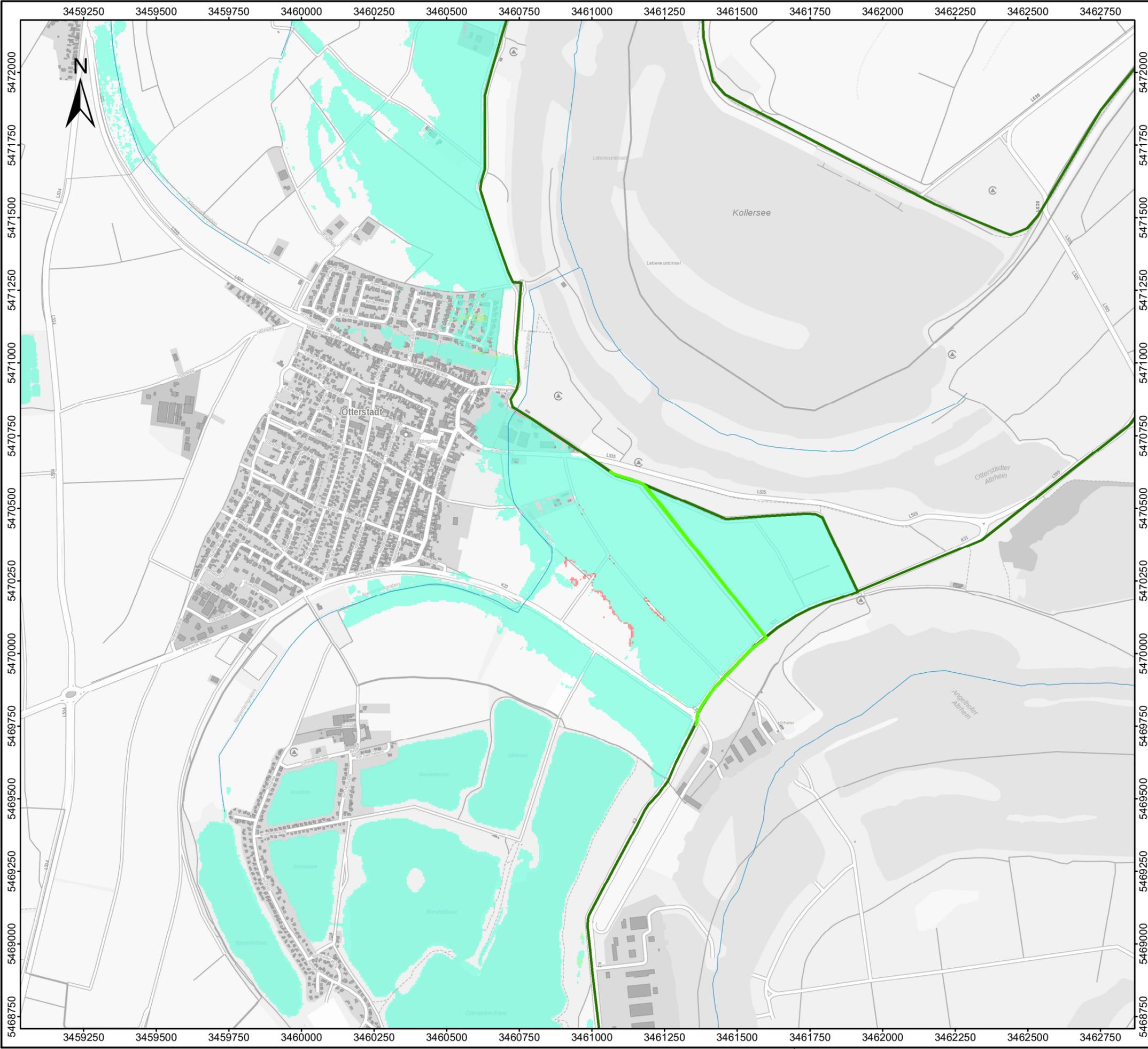


**BIÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Grundwasserstandsdifferenz  
zwischen Bezugszustand und  
Szenario Variante 4

M.: 1:13.000	März 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

01.04.2020 Uhr: 09:21:48 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_7\_5.mxd



**Zeichenerklärung**

-  Deichaus- und Neubau (Vorhaben)
-  Deich
-  Gewässernetz (gesamt)

**Veränderung der potentiellen Druckwasseraustrittsflächen**

-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bestands-/Planungsfall
-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche im Bestands-/Planungsfall und Szenario
-  potentielle Druckwasseraustrittsfläche beim Szenario

0 250 500 Meters



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

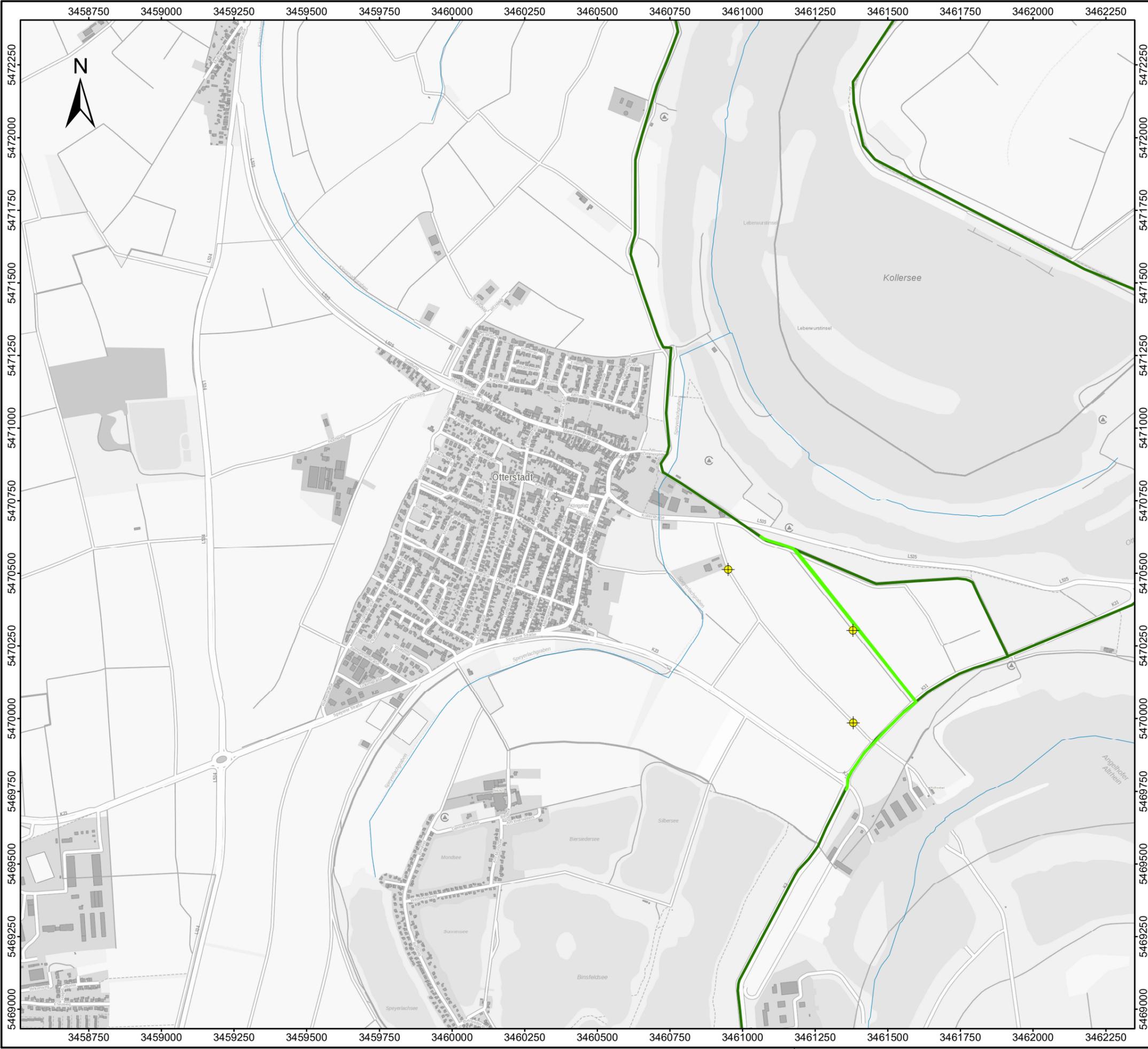


**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

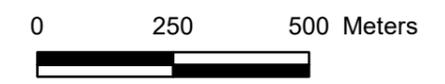
Änderung der potentiellen  
 Druckwasseraustrittsflächen  
 zwischen Bezugszustand und  
 Szenario Variante 4

M.: 1:13.000	März 2020	ott1513643
--------------	-----------	------------

01.04.2020 Uhr: 09:42:01 john 1:13.000  
J:\ott1513643\planung\03\_GIS\mxd\Anlagen\_HGA\Anlage\_8.mxd



- ### Zeichenerklärung
-  Vorschlag Lage zu errichtender Grundwassermessstellen
  -  Deichaus- und neubau (Vorhaben)
  -  Deich
  -  Gewässernetz (gesamt)



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen: © GeoBasis-DE / BKG 2019

		
<b>BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE</b>		
Vorschlag Grundwassermonitoring		
M.: 1:13.000	März 2020	ott1513643