

**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**



**Instationäres Grundwassermodell**  
Erläuterungsbericht



Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Niederlassung Bonn  
Acherstraße 13b, 53111 Bonn  
Telefon +49 228 945875-0, [bce-bonn@bjoernsen.de](mailto:bce-bonn@bjoernsen.de)  
Oktober 2023, Br, Kl, MH, 200500543

## Inhaltsverzeichnis

### Erläuterungsbericht

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Modellgrundlage</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Vorgaben für die Modellkalibrierung</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>5</b>
4.1	Grundwasserstände	5
4.2	Grundwasserentnahmen	5
<b>5</b>	<b>Berechnung der Grundwasserneubildung (WHMOD)</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Modellaufbau</b>	<b>8</b>
6.1	Untergrundparameter	8
6.2	Grundwasserneubildung	9
6.3	Grundwasserentnahmen	9
6.4	Sonstige Randbedingungen	9
<b>7</b>	<b>Modellkalibrierung</b>	<b>10</b>
7.1	Übersicht Rechenläufe	10
7.2	Stationäre Kalibrierung 2013 / 2014	11
7.3	Instationäre Kalibrierung 2015 - 2022	13
<b>8</b>	<b>Modellanwendung</b>	<b>17</b>
8.1	Übersicht Rechenläufe	17
8.1.1	Einfluss Randbedingungen	18
8.1.2	Entnahmeszenarien	18
8.1.3	Stresstest	19

8.2	Berechnungsergebnisse	19
8.2.1	Einfluss Randbedingungen	19
8.2.2	Entnahmeszenarien	20
8.2.3	Stresstest	23
<b>9</b>	<b>Fazit</b>	<b>26</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modellgebiet Neustadt an der Weinstraße	2
Abbildung 2:	Zuordnung der Schichten im Grundwasserströmungsmodell im schematischen West-Ost Schnitt (Rot = Trennschicht, Blau = Grundwasserleiter)	3
Abbildung 3:	Gemessene Grundwasserstandsentwicklung GWM 5.1.b	4
Abbildung 4:	Punktewolke gemessene / berechnete Grundwasserstände - stationäre Kalibrierung	12
Abbildung 5:	Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Instationäre Kalibrierung	16
Abbildung 6:	Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Rechenlauf D (Planungsfall)	22
Abbildung 7:	Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Rechenlauf G (Stresstest)	26

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mittlerer Niederschlag an den Niederschlagsstationen im Modellraum	6
Tabelle 2:	Speicherwirksame Porosität / Speicherkoeffizient im Grundwassermodell	9
Tabelle 3:	Statistische Auswertung der stationären Kalibrierung im Vergleich zur letzten Kalibrierung 2020	13
Tabelle 4:	Änderung an den Randbedingungen im Stresstest Rechenlauf G gegenüber Rechenlauf D (Planungsfall 4 Mio. m <sup>3</sup> /a) im Zeitraum 2019-2022	25

## Anlagen

- 1 Übersicht
- 1.1 Lageplan Messstellen
- 1.2 Lageplan Brunnen
  
- 2 Monatliche Grundwasserentnahmen 2015 – 2022
- 2.1 Gewinnung Ordenswald
- 2.2 Gewinnung Benzenloch
  
- 3 Grundwasserneubildungsberechnung WHMOD
- 3.1 Lage der Klima-, Niederschlagstationen
- 3.2 Jahressummen Niederschläge an den Stationen Neustadt, Haßloch und Maikammer 2000 – 2022
- 3.3 Landnutzungen WHMOD-Klassifikation (Vermessungs- und Katasteramt Rheinpfalz [6])
- 3.4 Nutzbare Feldkapazität (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [5])
- 3.5 Mittlerer Flurabstand
- 3.6 Base-Flow-Index (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [8])
- 3.7 Berechnete stationäre Grundwasserneubildung 2015 – 2022
- 3.8 Berechnete monatliche Grundwasserneubildung 2015 – 2022
  
- 4 Untergrunddurchlässigkeiten (Kalibrierung)
- 4.1 OGWLo (Layer 1)
- 4.2 ZH1 (Layer 2)
- 4.3 OGWLu (Layer 3)
- 4.4 OZH (Layer 4)
- 4.5 MGWL (Layer 5)
- 4.6 UZH/MGWL (Layer 6)
- 4.7 UGWL/MGWL (Layer 7)
- 4.8 UGWL/UZH (Layer 8)
- 4.9 UGWL (Layer 9)
  
- 5 Übersicht Randbedingungen
  
- 6 Durchlässigkeit der Gewässersohle
  
- 7 Stationäre Kalibrierung Mittel 2013 - 2014, berechnete Grundwasserströmung
- 7.1 OGWLo
- 7.2 OGWLu
- 7.3 MGWL
- 7.4 UGWL

- 8 Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand
  - 8.1 OGWLo
  - 8.2 OGWLu
  - 8.3 MGWL
  - 8.4 UGWL
  
- 9 Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand
  - 9.1 OGWLo
  - 9.2 OGWLu
  - 9.3 MGWL
  - 9.4 UGWL
  
- 10 Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand
  - 10.1 OGWLo
  - 10.2 OGWLu
  - 10.3 MGWL
  - 10.4 UGWL
  
- 11 Instationäre Berechnung 2015 – 2022, trockene Verhältnisse August 2022, OGWLo
  - 11.1 Berechnete Grundwasserströmung, Kalibrierungslauf
  - 11.2 Berechnete Grundwasserströmung, Rechenlauf C – Brunnen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a
  - 11.3 Berechnete Grundwasserströmung, Rechenlauf D – Brunnen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a
  - 11.4 Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf D – Kalibrierungslauf
  - 11.5 Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf D – Rechenlauf C
  
- 12 Stationäre Berechnung mittlere hydrologische Verhältnisse, berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf F – Rechenlauf E
  - 12.1 OGWLo
  - 12.2 OGWLu
  - 12.3 MGWL
  - 12.4 UGWL
  
- 13 Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand
  - 13.1 OGWLo
  - 13.2 OGWLu
  - 13.3 MGWL
  - 13.4 UGWL
  
- 14 Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Stresstest, trockene Verhältnisse August 2022, OGWLo

- 14.1 Berechnete Grundwasserströmung, Rechenlauf G – Neubildung 30%
- 14.2 Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf G – Rechenlauf D

## **Anhang**

- A Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD

## Verwendete Unterlagen

- [1] Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH (Hrsg.):  
Grundwassergewinnung Ordenswald  
Hydrogeologisches Modell - Anhang 1 zum „Antrag auf Erteilung einer gehobenen Erlaubnis für die Zutageförderung und Ableitung von Grundwasser aus den neuen Tiefbrunnen TB8 und TB9 im Gewinnungsgebiet Ordenswald“, Koblenz, Mai 2007  
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [2] Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH (Hrsg.):  
Grundwassergewinnung Ordenswald  
Numerisches Grundwasserströmungsmodell - Anhang 2 zum „Antrag auf Erteilung einer gehobenen Erlaubnis für die Zutageförderung und Ableitung von Grundwasser aus den neuen Tiefbrunnen TB8 und TB9 im Gewinnungsgebiet Ordenswald“, Koblenz, Mai 2007  
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [3] Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH (Hrsg.):  
Neukalibrierung des numerischem Grundwassermodell, Anlagen Modellfortschreibung  
Mai 2020  
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [4] Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH (Hrsg.):  
Berechnungen Grundwasserneubildung Modellfortschreibung  
Mai 2020  
Verfasser: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
- [5] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Kartendienste:  
WMS-Dienst, Bodenflächendaten 1:50.000, nFK100, 2022  
<https://www.lgb-rlp.de/karten-produkte/ogc-dienste.html>  
Datenlizenz Deutschland - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))
- [6] Vermessungs- und Katasteramt Rheinpfalz:  
DLM Digitales Basis-Landschaftsmodell Rheinland-Pfalz, BasisDLM-Shape  
ATKIS-Daten Neustadt an der Weinstraße (Fläche Modellgebiet)  
2022
- [7] Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Kartendienste:  
WMS-Dienst, Bodenflächendaten 1:5.000, Bodenart, 2022  
Das Kartenwerk BFD 5L (Bodenflächendaten der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Maßstab 1: 5000), [http://mapserver.lgb-rlp.de/cgi-bin/mc\\_bfd5?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=getcapabilities](http://mapserver.lgb-rlp.de/cgi-bin/mc_bfd5?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=getcapabilities)  
Datenlizenz Deutschland - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))



- [8] Landesamt Umwelt Rheinland-Pfalz:  
Berechnete Monatswerte der Grundwasserneubildung nach GWN-BW 1979-2018,  
Angaben BFI und Sickerwasserrate im Shape-Format  
2020
- [9] Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (FH-DGG):  
Hydrogeologische Modelle; Bedeutung des hydrogeologischen a-priori-Wissens  
Hannover, 2010
- [10] DVGW-Regelwerk, Technische Regeln – Arbeitsblatt W 107 (A)  
Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten  
Bonn, Februar 2016

## 1 Veranlassung

Der Anlass für eine numerische Grundwassermodellierung instationärer hydrologischer Verhältnisse ergibt sich angesichts der anstehenden Neubeantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Brunnen Ordenswald (fällig im Jahr 2026), der geplanten Modernisierung des Wasserwerks Ordenswald und der Klimaveränderungen sowie als Grundlage für Umweltprüfungen, die im Rahmen der Beantragung einer einfachen Erlaubnis für einen Langzeitpumpversuch an den Brunnen Odenwald seitens der SGD Süd (Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd Rheinland-Pfalz) nachfordert wurden. Dieser Langzeitpumpversuch dient im Sinne eines Probebetriebs der Machbarkeitsprüfung für eine Entnahmeerhöhung an den Brunnen Ordenswald von 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a auf bis zu 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a. Die Entnahmen sollen im Zuge des Langzeitpumpversuchs nur dann erhöht werden, sollte tatsächlich ein entsprechender Wasserbedarf auf der Abnahmeseite bestehen. Die Entnahmen werden ohne entsprechenden Bedarf nicht erhöht, um kein Grundwasser abschlagen und das System damit unnötig belasten zu müssen. Der Langzeitpumpversuch wird anhand eines Monitoring der Grundwasserstände überwacht und abgebrochen, sollten erhebliche Auswirkungen auf den ökologisch relevanten obersten Grundwasserleiter erkennbar bzw. messbar werden.

Ziel des Einsatzes eines instationären numerischen Grundwasserströmungsmodell ist es, zeitlich variablen Abläufe im Grundwasserhaushalt und deren möglichen Auswirkungen, v.a. auf den obersten Grundwasserleiter bewerten zu können.

Bislang wurden mögliche Auswirkungen gemäß verschiedener Planzustände bzw. durch Klimaveränderungen mittels des stationären Grundwassermodells abgeschätzt. Hierzu wurde das stationäre Grundwassermodell für mittlere hydrologische Verhältnisse kalibriert. Somit werden weder die zeitliche Dynamik der geohydraulischen Prozesse, noch die Dynamik in den bodenhydrologischen Prozessen bzw. der Grundwasserneubildung abgebildet. Das bedeutet, dass die hier beschriebenen stationären Verhältnisse im oberflächennahen Grundwasserleiter von der zeitlichen Dynamik des Grundwasserneubildungsgeschehens, z.B. die Aufeinanderfolge von trockenen Jahren oder von feuchten Wintern, überprägt werden können und ggf. nicht eintreten werden. Das instationäre Grundwassermodell soll darüber hinaus zukünftig als Analyse- und Prognosewerkzeug eingesetzt werden können.

## 2 Modellgrundlage

Im Jahr 2007 wurde zunächst ein Hydrogeologisches Modell [1] (HGM) entwickelt, das alle relevanten hydrogeologischen / hydrologischen Basisdaten in einem Modellkonzept zusammenführt. Das HGM wurde in ein numerisches Grundwasserströmungsmodell (Modflow-Surfact) umgesetzt [2]. Das Strömungsmodell wurde anhand von Messdaten stationär an den mittleren Verhältnissen des Zeitraums 1995 – 2002 kalibriert. Zuletzt wurde das Grundwasserströmungsmodell 2020 fortgeschrieben und an die mittleren Verhältnisse der Jahre 2013 / 2014 angepasst [3]. Diese letzte Modellfortschreibung bildet die Basis der vorliegenden Modellierung.

# Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Das Grundwasserströmungsmodell erstreckt sich etwa zwischen Neustadt an der Weinstraße-Gim-meldingen, Böhl, Gommersheim und Edenkoben als Eckpunkte und umfasst damit eine Fläche von rd. 120 km<sup>2</sup>. Die horizontale Diskretisierung beträgt im gesamten Modell 50 m. Das Modellgebiet ist in Ab-bildung 1 dargestellt. Zur Orientierung ist in Abbildung 2 eine Übersicht der Schichten bzw. „Layer“ im Grundwassermodell und deren Zuordnung zur hydrogeologischen Stratigrafie in einem schemati-schen, vertikalen West-Ost Schnitt gezeigt.

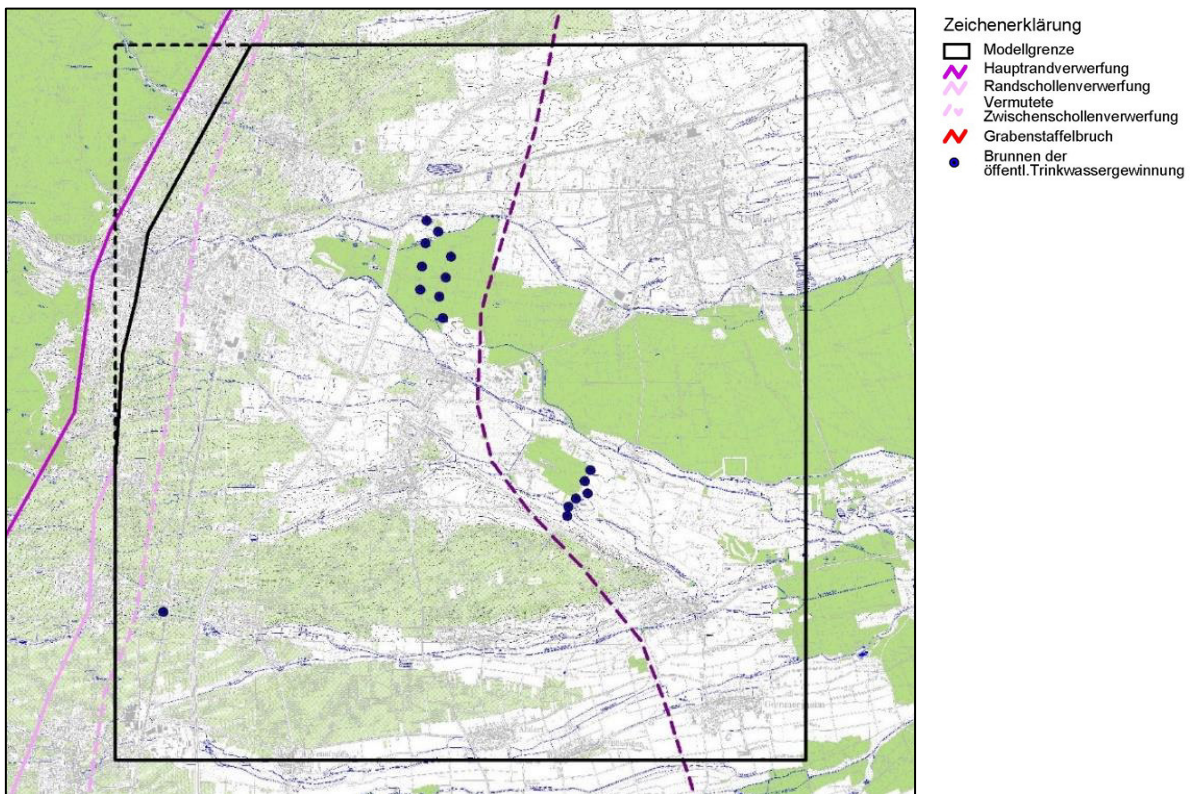


Abbildung 1: Modellgebiet Neustadt an der Weinstraße

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Layer	Schicht		Bezeichnung
1	OGWLo		Oberer Grundwasserleiter, oben
2	ZH1		Zwischenhorizont
3	OGWLu		Oberer Grundwasserleiter, unten
4	OZH		Oberer Zwischenhorizont
5	MGWL	GWL 3	Mittlerer Grundwasserleiter
6	UZH	GWS 3	Unterer Zwischenhorizont
7	UGWL	GWL 4	Unterer Grundwasserleiter
8	UGWL	UZH	
9	UGWL	UGWL	

Abbildung 2: Zuordnung der Schichten im Grundwasserströmungsmodell im schematischen West-Ost Schnitt (Rot = Trennschicht, Blau = Grundwasserleiter)

### 3 Vorgaben für die Modellkalibrierung

Für die durchzuführende instationäre Modellkalibrierung sind zunächst Vorgaben hinsichtlich des zu betrachtenden Zeitraums und der zu verwendenden zeitlichen Auflösung zu machen. Diese leiten sich aus folgenden Punkten ab:

- Projektziel
- Verfügbarkeit von Daten für die Vorgabe instationärer Rand- und Anfangsbedingungenbedingungen
- Verfügbarkeit von Messwerten als Vergleichsgröße für die Güte der Modellanpassung

Ziel der hier vorgestellten Arbeiten ist eine möglichst zuverlässige Berechnung unterschiedlicher hydrologischer Szenarien. Demzufolge sollte die Modellkalibrierung anhand hydrologischer Schwankungen (Abbildung des hydrologischen Jahresgangs, möglichst über einen längeren Zeitraum) erfolgen, nicht zuletzt, um die beobachteten klimabedingten Veränderungen der vergangenen Jahre abbilden zu können. Andere dynamische Effekte, wie z.B. Grundwasserstandsreaktionen auf kurzzeitige Änderungen (kleiner ein Monat) im Entnahmeregime spielen hierfür keine Rolle und werden entsprechend nicht weiter betrachtet.

Exemplarisch ist in Abbildung 3 der zeitliche Verlauf des Grundwasserstandes an der Messstelle GWM 5.1b (OGWLu) zur Illustration der hydrologischen Schwankungen dargestellt. In den Jahren 2009 bis 2012 wurden sehr ausgeprägte Schwankungen nach oben und unten beobachtet. Daran schließen sich mit den Jahren 2013 und 2014 zwei Jahre mit vergleichsweise geringen Schwankungen auf in etwa mittlerem Niveau (ca. 120,6 m NN) an. In den Folgejahren zeigt sich ein fallender Trend, der besonders im Jahr 2018 sehr stark ausgeprägt ist. Gegen Ende der Messreihe pendeln sich die Grundwasserstände wieder auf einem etwa gleichbleibenden Niveau (ca. 120,1 m NN) ein.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

### Instationäres Grundwassermodell

#### Erläuterungsbericht

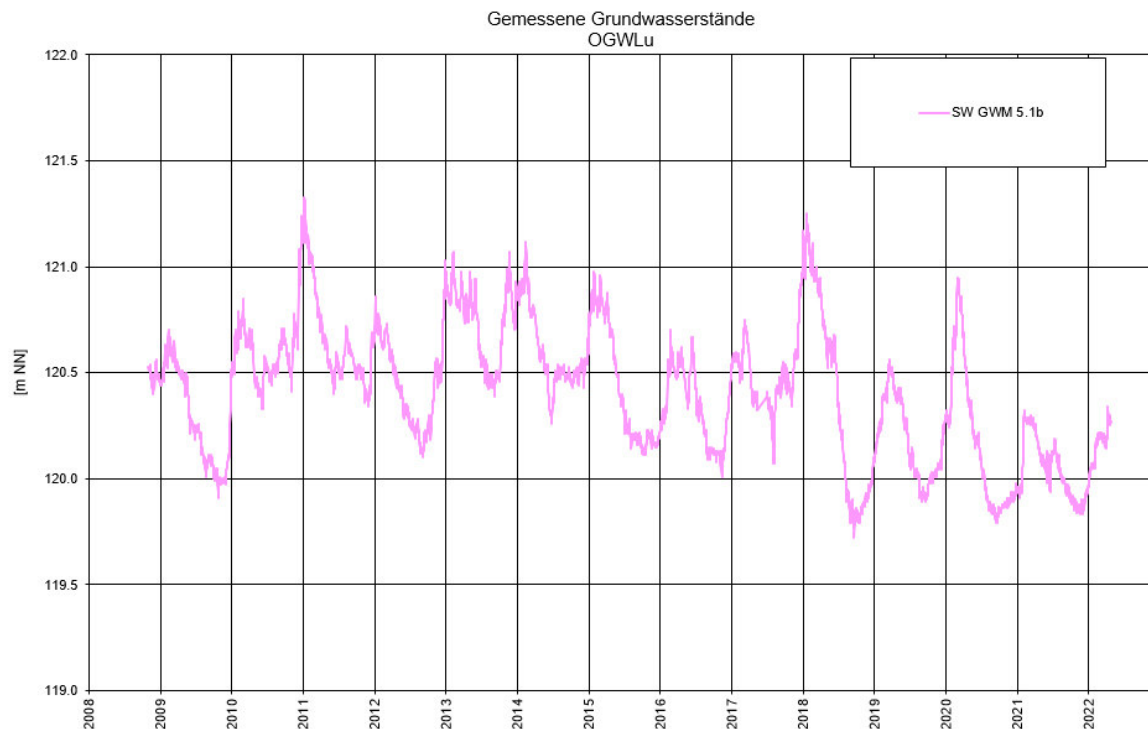


Abbildung 3: Gemessene Grundwasserstandsentwicklung GWM 5.1.b

Schließlich soll das instationäre Modell in der Lage sein eine solche Dynamik in den Grundwasserständen mathematisch reproduzieren zu können. Neben dem Jahresgang sind insbesondere hydrologisch extreme Jahre (wie z.B. 2018) sowie Trends von Interesse.

Die wesentlichen Randbedingungen der Erfassung, der oben beschriebenen hydrologischen Schwankungen, sind die Grundwasserneubildung aus Niederschlag und die Grundwasserentnahmen. Andere Randbedingungen spielen wegen der Kurzfristigkeit in ihrer Dynamik eine untergeordnete Rolle. So werden sich z.B. kurzzeitige Hochwasserereignisse in den Oberflächengewässern auch allenfalls nur in kurzzeitigen Grundwasserstandsschwankungen bemerkbar machen. Auf der anderen Seite wird der Randzufluss, der im Modell im unteren Grundwasserleiter angesetzt ist, zwar zumindest mittelbar von der Grundwasserneubildung beeinflusst, aber die dort auftretenden Schwankungen sind in dieser Aquifertiefe soweit gedämpft, dass sie nicht mehr zu einem Jahresgang beitragen.

Die maßgebenden Grundwasserentnahmen (Ordenswald, Benzenloch) stehen als Monatswerte ab dem Jahr 2015 zur Verfügung (siehe Anlage 2). Ebenso die Grundwasserneubildung aus Niederschlag (siehe Kapitel 5). Grundwasserstandsmesswerte liegen in ausreichender zeitlicher Auflösung ab dem Jahr 2000 vor.

Auf Grund der obigen Ausführungen werden folgende Vorgaben für die Modellkalibrierung gemacht:

- Die Modellkalibrierung erfolgt für den Zeitraum 01.01.2015 bis zum 31.12.2022.
- Die zeitliche Diskretisierung erfolgt in Monatsschritten.

## **Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH**

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

- Die Grundwasserneubildung wird eigens monatlich vorberechnet (WHMOD-Modellsystem) und ins Modell übernommen.
- Die Entnahmen werden monatlich vorgegeben bzw. seitens des AG bereitgestellt; alle übrigen Randbedingungen (Randzuflüsse und -potenziale) werden zunächst als zeitlich konstant angenommen und werden ggf. im Laufe der Kalibrierung noch instationär ermittelt.
- Als Anfangsbedingung der instationären Kalibrierung wird der zuletzt stationär kalibrierte Zustand (Mittel 2013 bis 2014) folgendermaßen angepasst: Es werden die Entnahmeverteilung vom Januar 2015 sowie die mittlere Grundwasserneubildung 2015 bis 2022 integriert.

### **4 Datengrundlage**

#### **4.1 Grundwasserstände**

Für den Modellraum wurde der Datenbestand der Grundwasserstände aktualisiert:

- 57 Messstellen mit Grundwasserständen im OGWLo / OGWLu / MGWL / UGWL
- Messwerte für den Zeitraum von 01.01.2015 – 31.12.2022; in der Regel Tages-, Wochen-, Monats-, aber auch Quartals- oder Halbjahreswerte

Die Lage der Grundwassermessstellen ist in der Anlage 1.1 dargestellt.

#### **4.2 Grundwasserentnahmen**

Für den Modellraum wurde der Datenbestand der Grundwasserentnahmen bis 2022 aktualisiert:

- Gewinnung Ordenswald / Gewinnung Benzenloch
- Monatliche Fördermengen für den Zeitraum 2015 - 2022

Die Grundwasserentnahmen an der Gewinnung Ordenswald sowie Benzenloch sind in der Anlage 2 für den Zeitraum von 01.01.2015 – 31.12.2022 dargestellt. Die Lage der Brunnen ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Berechnungsentnahmen im OGWL und MGWL

Detaillierte Daten zu Grundwasserentnahmen an einzelnen Berechnungsbrunnen liegen leider nicht vor. Entnahmen werden aus dem vorliegenden Modell [2] übernommen (Stand 2007) und stellen eine Mindestentnahme zum Stand 2007 dar. Es ist davon auszugehen, dass mittlerweile mehr private Berechnungsbrunnen betrieben werden (mündliche Auskunft SGD Süd). Unweigerlich bedeutet dieser Ansatz eine Unterschätzung der Entnahmen aus dem OGWL im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen, was in einer weiterführenden Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist. Im instationären Modell sind die Berechnungsentnahmen gemäß der Flächenbewirtschaftung nur in der Vegetationsphase aktiviert (April - Oktober).

## 5 Berechnung der Grundwasserneubildung (WHMOD)

Als Randbedingung für den Modelleinsatz wird die Grundwasserneubildung für den Modellraum eigens berechnet. Für die Grundwasserneubildungsberechnung wird das Programmsystem WHMOD eingesetzt. Der WHMOD-Ansatz nutzt die Verdunstungsberechnung basierend auf der FAO-Grasreferenzverdunstung nach Penman/Monteith. Zudem wird die Niederschlagsverteilung der einzelnen Stationen tageweise mittels Interpolation in die Fläche übertragen; außerdem wird nach Landesvorgaben ein Base-Flow-Index berücksichtigt (Verhältnis Basisabfluss zu Gesamtabfluss). Eine ausführliche Beschreibung zum WHMOD befindet sich im Anhang A. Darüber hinaus wird die Berechnung auf Grundlage von aktuellen Zeitreihen und Parameterverteilungen durchgeführt.

Folgende Zeitreihen und Parameter zu Niederschlags-/Klimadaten werden der Grundwasserneubildungsberechnung zu Grunde gelegt:

- Tageswerte der Niederschlagsstationen:
  - Neustadt von Januar 2000 bis Dezember 2022
  - Maikammer von Januar 2007 bis Dezember 2022
  - Haßloch von Januar 2007 bis Dezember 2022
- Tageswerte von Januar 2000 bis Dezember 2022 der Klimastation:
  - Neustadt

Die Lage der Stationen ist der Anlage 3.1 zu entnehmen. Die Jahressummen der Niederschläge an den einzelnen Stationen sind in der Anlage 3.2 abgebildet. Für den Zeitraum 2000 bis 2006 liegen an den Stationen Maikammer und Haßloch keine Daten vor. In diesem Zeitraum werden in der Neubildungsberechnung nur die Niederschläge der Station Neustadt berücksichtigt. Im übrigen Zeitraum wird zwischen den Stationen in der Fläche interpoliert.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der jährlichen Niederschläge im Zeitraum 2000 bis 2022 zusammengestellt. Der mittlere jährliche Niederschlag an der Station Neustadt im Zeitraum 2015 bis 2022 befindet sich auf einem niedrigeren Niveau als im längeren Zeitraum 2000 bis 2022. Der mittlere Niederschlag im aktuelleren Zeitraum 2015 bis 2022 weist an den übrigen Stationen Maikammer im Süden und Haßloch im Osten höhere Beträge als an der Station Neustadt auf.

Tabelle 1: Mittlerer Niederschlag an den Niederschlagsstationen im Modellraum

Mittelwerte [mm/a]	Neustadt	Haßloch	Maikammer
2000 – 2022	573	-	-
2015 – 2022	480	662	514

### Landnutzung

Die Art der Landnutzung steht im Zusammenhang mit der Berechnung der Bodenspeicherkapazität (Wurzeltiefen) sowie der Verdunstung. Die für das WHMOD spezifischen Landnutzungsklassen werden auf Basis des aktuellen Landschaftsmodells vom Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation [6] (ATKIS) für das Modellgebiet neu zugeordnet. Die Landnutzung ist in Anlage 3.3 dargestellt.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

### Nutzbare Feldkapazität

Die nutzbare Feldkapazität (nFK100) definiert zusammen mit der Wurzeltiefe die Bodenspeicherkapazität. Die Daten der nutzbaren Feldkapazität werden für das Modellgebiet anhand verfügbarer Daten aktualisiert. Sie gehen zurück auf die Kartendienste des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [5]. Auf Grund der Unsicherheiten in der flächendeckenden Erfassung der nutzbaren Feldkapazität kann dieser Wert im Rahmen der instationären Kalibrierung innerhalb plausibler Grenzen variiert werden. Die nutzbare Feldkapazität ist in Anlage 3.4 dargestellt. Im vorliegenden Fall wird die nutzbare Feldkapazität um 50 % erhöht.

### Flurabstand

Der Flurabstand hat Einfluss auf die Menge an Grundwasser, das ggf. über den kapillaren Aufstieg dem Bodenspeicher zufließt. Der Flurabstand wird basierend auf den stationär berechneten, mittleren Grundwasserständen abgeleitet bzw. abgeschätzt. Der Flurabstand ist in Anlage 3.5 dargestellt.

### Ungesättigte Zone

Die Zusammensetzung der ungesättigten Zone hat Einfluss auf die Fähigkeit des Untergrundes Wasser durch kapillaren Aufstieg in den Bodenspeicher einzubringen. Die Gesteinsart in der ungesättigten Zone wird basierend auf 5 Klassen (Ton, Schluff, Sand, bindiger Sand, Lehm, Torf) pauschal festgelegt und im Modellgebiet durch die Kategorie Lehm definiert.

### Base-Flow-Index

Über den Base-Flow-Index (BFI) wird der Anteil des Basisabflusses vom Gesamtabfluss separiert. Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz hat die Verteilung des BFI im Modellgebiet zur Verfügung gestellt [8]. Der Datensatz stammt aus der amtlichen Grundwasserneubildungsberechnung mit dem Modellsystem GWN-BW. Der Base-Flow-Index ist in Anlage 3.6 dargestellt.

### Berechnung der Grundwasserneubildung

Die Berechnung der Grundwasserneubildung erfolgt in Tagesschritten für den Zeitraum 2015 - 2022. Nachgeschaltet können diese Werte auf beliebige Zeiträume aggregiert werden. Für die hier durchgeführten Berechnungen werden die Tageswerte zu Monatswerten aufsummiert. Die räumliche Auflöserung der Berechnung erfolgt in einem gleichförmigen Raster von 50 m Kantenlänge.

Die flächige Verteilung der berechneten mittleren Grundwasserneubildung 2015 – 2022 ist in Anlage 3.7 dargestellt. Die Anlage 3.8 zeigt die Ganglinie der berechneten monatlichen Neubildung im Grundwassermodell (Gebietsmittel pro Monat).

Die berechnete, mittlere Grundwasserneubildung 2015 – 2022 beträgt Modellgebiet 2,9 l/s/km<sup>2</sup> bzw. 91 mm/a. Die berechnete Neubildung 1961 – 2002 aus der letzten Kalibrierung betrug im Vergleich dazu 3,0 l/s/km<sup>2</sup> bzw. 95 mm/a [2][3]. Die Berechnung der absoluten Höhe der Grundwasserneubildung ist grundsätzlich nicht exakt möglich, da eine Überprüfung des Berechnungsergebnisses (Kalibrierung) an gemessenen Werten nicht gegeben ist. Die direkte Erhebung von Messwerten zur realen Grundwasserneubildung ist nach heutigem Stand für den im Modell festgelegten Raum nicht möglich. Dennoch zeigen die hydrogeologischen Vorüberlegungen [1] sowie die vorliegenden Modellberechnungen [2][3], dass die mittlere Grundwasserneubildung in dieser Größenordnung liegen muss, da



ansonsten die beobachteten Grundwasserstandsentwicklungen sowie die Grundwasserentnahmen der letzten Jahrzehnte in der bisherigen Größenordnung gar nicht möglich gewesen wären.

## **6 Modellaufbau**

Die hydrogeologischen Grundlagen sind im Hydrogeologischen Modell in [1] erläutert. Im Rahmen der instationären Modellkalibrierung werden die Untergrundparameter hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Grundwasserstände überprüft und ggf. in plausiblen Grenzen variiert. Dies betrifft insbesondere den Speicherkoeffizienten, die Durchlässigkeit und die Sohldurchlässigkeit der Gewässer (Leakage). Aber auch die Randbedingungen wie Grundwasserneubildung und Brunnenentnahmen werden im instationären Modell entsprechend definiert.

### **6.1 Untergrundparameter**

#### Durchlässigkeitsverteilung

In der Anlage 4 sind die resultierenden Durchlässigkeitsverteilungen der 9 Schichten des Kalibrierungslaufs flächig dargestellt. Gegenüber der Verteilung in der letzten Kalibrierung im Jahr 2020 [3] sind die Grundwasserleiter im Rahmen plausibler Grenzen tendenziell etwas durchlässiger und die Trennschichten etwas dichter eingestellt worden, um die gemessenen Grundwasserstände auch im instationären Kontext entsprechend nachzubilden.

#### Sohldurchlässigkeit der Gewässer (Rehbach, Speyerbach, Nebengewässer)

Die Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Gewässer bzw. die Sohldurchlässigkeit ist durch Abflussmessungen bzw. Untersuchungen der Gewässersohle durchaus erfassbar. Allerdings ist der Aufwand dafür erheblich, wenn verlässliche Daten zustande kommen sollen, die allerdings auch nur sehr kurzzeitig repräsentativ sein können, da die Gewässersohle durch verschiedene Prozesse wie Erosion und Sedimentation einer ständigen Umgestaltung in Raum und Zeit ausgesetzt ist. Daher ist die zeitlich und räumlich variable Sohldurchlässigkeit eines Gewässers ein Parameter, der im Rahmen der Modellkalibrierung zu ermitteln ist. Die Sohldurchlässigkeit wurde gegenüber dem Ausgangsmodell in plausiblen Grenzen angepasst; in Anlage 6 ist die resultierende Durchlässigkeit der Gewässersohle visualisiert.

#### Speicherwirksame Porosität / Speicherkoeffizient

Die speicherwirksame Porosität und der Speicherkoeffizient sind wichtige Parameter, die im Rahmen der instationären Kalibrierung ermittelt werden. Wesentlicher Indikator für die Anpassung ist die Dynamik der an den Messstellen aufgezeichneten Grundwasserstände im zeitlichen Verlauf. Im Modellraum liegen zahlreiche Messstellen mit Messdaten mit in der Regel täglichen / wöchentlichen Messintervallen im Berechnungszeitraum vor, so dass hier eine gute Datenbasis besteht. Die ermittelten Parameter sind in der folgenden Tabelle 2 zusammengefasst:

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Tabelle 2: Speicherwirksame Porosität / Speicherkoeffizient im Grundwassermodell

Grundwasserleiter	Speicherwirksame Porosität [%]	Speicherkoeffizient [-] im gespannten Fall
OGWLo	8	$5 \cdot 10^{-3}$
OGWLu	8	$5 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 10^{-2}$
MGWL	15	$8 \cdot 10^{-4} / 5 \cdot 10^{-2} (1)$
UGWL	14	$8 \cdot 10^{-4} / 5 \cdot 10^{-2} (1)$

(1): mit / ohne Abbildung der darüber liegenden Schichten im Modell

### 6.2 Grundwasserneubildung

Für das stationäre Modell wird gemäß Kapitel 5 die stationär berechnete, mittlere Grundwasserneubildung 2015 – 2022 integriert. Für das instationäre Grundwassermodell wird gemäß Kapitel 5 die monatlich berechnete Neubildung für den Zeitraum Januar 2015 bis Dezember 2022 angesetzt.

### 6.3 Grundwasserentnahmen

Die Grundwasserentnahmen werden wie folgt in das Modell implementiert:

- Stationäres Kalibrierung 2013 / 2014: Mittlere Entnahmen 2013 / 2014
- Stationärer Vorlauf Anfangsbedingungen: Entnahmeverteilung Januar 2015 gemäß Anlage 2
- Instationäres Kalibrierung: Monatliche Entnahmen 2015 – 2022 gemäß Anlage 2; Beregnungsentnahmen von April bis Oktober aktiv

### 6.4 Sonstige Randbedingungen

Die Anlage 5 zeigt eine Übersicht der Randbedingungen wie sie im HGM bzw. Ausgangsmodell [2] definiert wurden:

- Festpotentialrand (vorgegebener Grundwasserstand),
- Randzufluss und Gewässer sowie
- Noflow-Bereiche, in denen keine Strömungsberechnung stattfindet.

Diese Randbedingungen sind aus der stationären Kalibrierung [2][3] zunächst unverändert übernommen worden. Eine detaillierte Erläuterung dazu findet sich in [2]. Gegenüber dem bisherigen Modell wurden Änderungen an der Durchlässigkeit der Gewässersohle (siehe Kapitel 6.1) sowie für die instationäre Berechnung an den Festpotentialrändern am Nord- und Ostrand (siehe unten) vorgenommen.

#### Gewässer

Nördlich von Speyerdorf ist im Zeitraum 2015 – 2022 eine Maßnahme zur Wiedervernässung basierend auf dem Zustrom aus dem Erbsengraben in Betrieb. Für die Wiedervernässungsmaßnahmen am Nutriawehr am Erbsengraben wurden Daten zu Einstauzeiten zur Verfügung gestellt. Daher war es

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

möglich im instationären Grundwassermodell in der Regel jährlich in den Monaten Februar bis Juli einen Einstau einzurechnen. Der Wasserstand während des Einstaus wurde anhand der Messstelle SW GWM 9.1 ermittelt und bei 121,3 m NN festgesetzt. Im Modell wird der Wasserstand in den entsprechenden Monaten mittels Gewässerrandbedingung umgesetzt.

### Festpotentialrand

Im Rahmen der instationären Kalibrierung hat sich gezeigt, dass ein konstanter mittlerer Festpotentialwert am Nord- und Ostrand nicht mit der Entwicklung der Grundwasserstände an den zur Verfügung stehenden Messstellen zusammenpasst. Daher wurden unter Berücksichtigung der gemessenen Wasserstandsentwicklung folgende Trends aus Messdaten im Zeitraum 2015 – 2022 ermittelt (siehe auch Anlage 8):

- An einigen Messstellen im OGWL ist ein langfristiger fallender Trend erkennbar (z.B. eher östlich der Autobahn A65: SW w flach, SW GWM 5.1b, SW GWM 6.1, SW GWM 6.2, SW GWM 9.2, SW Ost-Süd, SW Br.3 P2);
- An anderen Messstellen im OGWL bleiben die Grundwasserstände mehr oder weniger auf gleichem Niveau (z. B. eher westlich der Autobahn A65 ES V, ES VI, ES VIII, ES XVIII), da sie z. B. durch die Wechselwirkung mit einem Gewässer gestützt werden oder wegen anderer örtlich spezifischer Gegebenheiten.
- Im MGWL ist generell ein deutlich fallender Trend um rd. 1 m gemessen worden (z. B. SW Br.3 P1, SW GWM 27.2, SW GWM 3.2, SW GWM 4.2), auch wenn das durch die geringe Messdichte an einigen Messstellen etwas weniger gut belegt ist (z. B. ES VII tief, ES XXIII tief).
- Im UGWL ist ebenfalls ein deutlich fallender Trend > 1 m gemessen worden (z. B. SW GWM 2.3, SW GWM 4.3, SW GWM 7.3)

Im Zeitraum von 2015 – 2022 wird am Festpotentialrand der Wasserstand basierend auf den Messungen kontinuierlich verringert, so dass sich eine Gesamtabenkung im genannten Zeitraum um folgende Beträge ergibt:

- OGWL<sub>o</sub>: 0,5 m
- OGWL<sub>u</sub>: 0,5 m
- MGWL: 1,0 m
- UGWL: 1,2 m

## 7 Modellkalibrierung

### 7.1 Übersicht Rechenläufe

Stationäre Kalibrierung 2013 / 2014:

- Mittlere Grundwasserneubildung 2015 - 2022
- Mittlere Entnahmen 2013 / 2014

Stationärer Vorlauf, Anfangsbedingungen für den instationären Rechenlauf:

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

- Mittlere Grundwasserneubildung 2015 - 2022
- Entnahmeverteilung Januar 2015

Instationäre Kalibrierung 2015 - 2022:

- Monatliche Grundwasserneubildung 2015 - 2022
- Monatliche Entnahmen 2015 – 2022
- Beregnungsentnahmen von April bis Oktober aktiv
- Festpotentialrand: Abnehmende Grundwasserstände

### 7.2 Stationäre Kalibrierung 2013 / 2014

Die stationäre Kalibrierung für mittlere Verhältnisse wird mit den im Verlauf der instationären Kalibrierung durchgeführten Veränderungen hinsichtlich des Parametersatzes kontinuierlich überprüft. Ziel ist es die zeitabhängige bzw. instationäre Grundwasserstandsentswicklung sowie gleichzeitig die langfristigen bzw. stationären Strömungsverhältnisse mit möglichst minimalen Abweichungen von den jeweiligen Messwerten nachzubilden. Für die stationäre Kalibrierung wird angestrebt, ein gutes Kalibrierungsergebnis (relativer Modellfehler < 5%) nach der Definition des DVGW-Arbeitsblattes W 107 [10] zu erzielen. Vor dem Hintergrund der Fragestellung zu Auswirkungen im Grundwasser liegt der Schwerpunkt der stationären wie auch instationären Kalibrierung insbesondere auf dem obersten Grundwasserleiter OGWLo. Die Berechnungsergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

Die berechnete stationäre, mittlere Grundwasserströmung für den Zeitraum 2013 / 2014 des überarbeiteten Modells, das die Änderungen aus der instationären Kalibrierung enthält, ist in Form von Grundwasserhöhengleichungen für alle vier Grundwasserleiter in der Anlage 7 dargestellt. In der Anlage 7 sind zudem die Differenzen zwischen gemessenem und berechnetem Grundwasserstand an verfügbaren Messstellen eingetragen. Die Differenzen werden zwischen dem berechneten Grundwasserstand und dem Mittelwert der gemessenen Grundwasserstände 2013 – 2014 an 53 Messstellen gebildet. Gegenüber dem stationären Modell von 2020 [3] wurden die Grundwasserneubildung, Durchlässigkeitsverteilung sowie die Sohldurchlässigkeit der Gewässer gemäß Kapitel 6 angepasst. In den als „trocken berechnet“ ausgewiesenen Bereichen fällt der berechnete Grundwasserstand unter die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters. Betroffene Zonen befinden sich am Rand der aktiven Zellen im Modell in der Regel dort, wo sich die Mächtigkeit des Grundwasserleiters verringert und die Basis ansteigt (auskeilende Schicht).

In den tieferen Schichten, insbesondere im UGWL werden die Grundwasserstände im Westen teils zu tief berechnet (Anlage 7.4). Im Verlauf der Anpassung stellte sich der Parametersatz als ein Kompromiss zwischen den Anforderungen der stationären sowie der instationären Kalibrierung heraus, um Lage, Dynamik, Trend und Druckunterschiede der sich gegenseitig beeinflussenden Grundwasserleiter abzubilden. Die berechnete Grundwasserströmung bzw. die Differenzen gemessen – berechnet im OGWLo in Anlage 7.1 weisen ein gutes Ergebnis auf.

Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen wird in Abbildung 4 deutlich, in der sich die Punktwolke nahe der Linie der exakten Übereinstimmung befindet.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

### Instationäres Grundwassermodell

#### Erläuterungsbericht

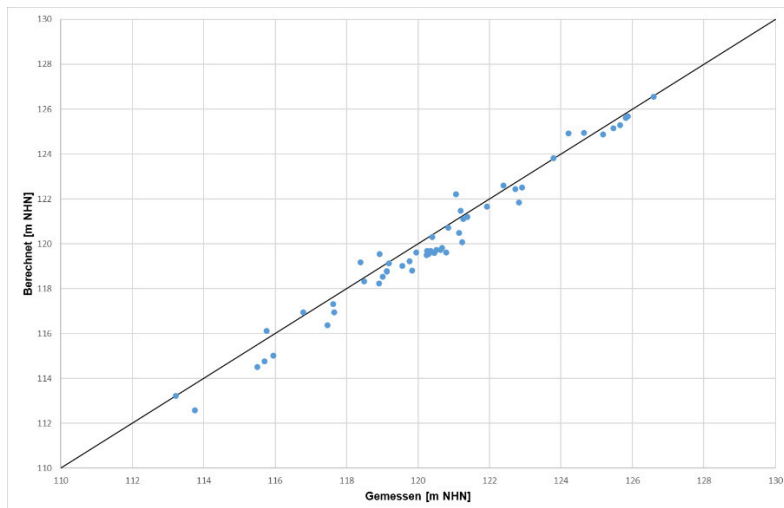


Abbildung 4: Punktelcke gemessene / berechnete Grundwasserstände - stationäre Kalibrierung

In Tabelle 3 sind die statistischen Daten der letzten stationären Kalibrierung [3] der aktuellen Kalibrierung gegenübergestellt. Die Mittelwerte des aktuellen Modells weisen eine leichte Verschlechterung auf. Das arithmetische Mittel der Abweichung gemessen-berechneter Grundwasserstände ist mit 0,36 m größer berechnet worden, wird dennoch als akzeptabel bewertet, da die Abweichung unterhalb von 50 cm bleibt. Die mittlere, absolute Abweichung sowie Standardabweichung liegen bei rd. einem halben Meter. Die berechneten Abweichungen zwischen gemessen und berechneten Grundwasserständen werden insgesamt als akzeptabel bewertet.

Ein Maß für die Qualität einer Modellkalibrierung liefert der mittlere, relative Modellfehler nach der Definition in den Technischen Regeln DVGW-Arbeitsblatt W 107 [10]. Dafür wird die mittlere, absolute Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Werten in Relation zu der maximal im Modellraum auftretenden Grundwasserstandsdifferenz gesetzt und in Prozent angegeben. Nach DVGW entspricht ein mittlerer, relativer Fehler kleiner 5 % einem guten Ergebnis, ein mittlerer Fehler kleiner 1 % einem sehr guten Kalibrierungsergebnis. Der mittlere Fehler ist in beiden Fällen kleiner als 5 % (Tabelle 3), was gemäß Technischen Regelwerk eine gute Kalibrierung bestätigt.

Zusammenfassend ist festhalten, dass eine gute stationäre Kalibrierung erzielt wurde.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Tabelle 3: Statistische Auswertung der stationären Kalibrierung im Vergleich zur letzten Kalibrierung 2020

Statistik		Letzte Kalibrierung 2022 [3]	Aktuelle Kalibrierung 2023
Mittlere Abweichung (arithmetisch)	m	0,0	0,36
Standardabweichung	m	0,41	0,53
Min. gemessener GWstand	m	113,2	112,9
Max. gemessener GWstand	m	126,6	126,7
Mittlere absolute Abweichung	m	0,30	0,54
Mittlerer Fehler (DVGW W107)	%	2,2	4,0

### 7.3 Instationäre Kalibrierung 2015 - 2022

Ausgehend von der letzten stationären Kalibrierung [3] wurde das instationäre Grundwassermodell einschließlich Startlauf (Anfangsbedingungen) aufgebaut und mit den Änderungen in Kapitel 6 kalibriert. Der Fokus der instationären Kalibrierung liegt insbesondere auf dem obersten Grundwasserleiter. Die Berechnungsergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

In der Anlage 8 sind die berechneten und gemessenen Grundwasserstände an 57 Messstellen im jeweiligen Grundwasserleiter für den Kalibrierungszeitraum 2015 – 2022 in Form von Ganglinien dargestellt. Im Folgenden werden deren Charakteristiken für die unterschiedlichen Grundwasserleiter erläutert.

Folgende Charakteristiken zeigen sich im OGWL:

Die Strömungssituation im OGWL wird in Summe durch zahlreiche, in ihrer Auswirkung oft schwer zu quantifizierenden, lokalen Faktoren beeinflusst, wie z. B. die direkte Wechselwirkung mit einem Gewässer, oft unbekannte Beregnungsmaßnahmen (Entnahmen bzw. Versickerung), ggf. unbekannte Ausleitungen aus Gewässern und Einstau zu ökologischen Zwecken (Ordenswald). Die Berücksichtigung solcher lokalen Prozesse im Grundwassermodell ist im Einzelnen nicht immer realisierbar, da gar keine Daten bzw. Kenntnisse dazu vorliegen. Demnach stellt die Abbildung der Grundwasserströmung eine Näherung für den berechneten monatlichen Zeitschritt dar. Weitere Ursachen für Abweichungen der berechneten Grundwasserstände können durch schlechte hydraulische Anbindung der Filterstrecke, ggf. durch Alterung der Messstelle (z.B. durch Verockerung des Filters), kurzschließende Filterstrecken, Messfehler, fehlerhafte MPH, usw. sein. Im Rahmen dieser üblichen Unsicherheiten sind trotz Abweichungen an einzelnen Messstellen brauchbare Ergebnisse erzielt worden. In diesen Fällen passt die Schwankungsbreite im Modell, nur die Lage der berechneten Grundwasserstände wird nicht exakt getroffen. Insgesamt werden Dynamik und Lage der gemessenen Grundwasserstände gut nachgebildet, wie z.B.:

- im OGWL<sub>O</sub>: 1063a, SW GWM 39.1, SW GWM 9.1, SW GWM 27.1, ES VIII fl, ES XIX f, ES XVIII
- im OGWL<sub>U</sub>: SWM GWM 5.1b, SWM GWM 6.2, SW Br.3 P2, SW GWM 7.1b

Grundsätzlich wird ein leicht fallender Trend im Modell nachgebildet, der an einigen Messstellen gemessenen wurde: z. B. 1063a, SWGWM 39.1, SWGWM 39.2, SW GWM 6.2.

Anhand von Beispielen lassen sich unterschiedliche lokale Verhältnisse im OGWL nachvollziehen:

- Die Messstelle 1063a gilt als von anthropogenen Einflüssen relativ unbeeinflusste Referenzmessstelle im OGWL<sub>o</sub>. Sie steht repräsentativ für einen Bereich mit geringmächtigem Grundwasserleitern (3 bis 4 m), mit hoher Verdunstungswirkung und frei von Stützung durch Versickerung aus Oberflächengewässern. Das bedeutet, dass der Standort sensibel auf hydrologische Änderungen und auf den Klimawandel reagiert. Das belegt der kurzfristige, steile Anstieg des gemessenen Grundwasserstandes in Reaktion auf die überdurchschnittlichen Niederschläge im Juli 2021. Die berechnete Grundwasserstandsentwicklung bildet den Trend, die Dynamik und die Lage der Grundwasserstände an der Messstelle 1063a insgesamt treffend nach. Ab 2021 wird ein um rd. 0,1 – 0,2 m tieferer Grundwasserstand berechnet als gemessen wurde. Ggf. sind Effekte der Hysterese mit der monatlichen Berechnung nicht präzise abgebildet. Ähnlich verhält es sich z. B. an den Messstellen SW GWM 27.1, SW GWM 5.1b, SW GWM 7.1b mit der geringfügigen Unterschätzung des berechneten Grundwasserstandes ab 2021. Im Rahmen der Fragestellung und hinsichtlich der klimatischen Entwicklung bildet das Modell geringfügig ungünstiger Verhältnisse ab, liegt allerdings damit in diesem Bereich auf der sicheren Seite.
- Die Wiedervernässung Ordenswald beeinflusst am Erbsengraben die natürliche hydrologische Reaktion (siehe Kapitel 6.4): Die Messstelle SW GWM 9.1 (OGWL<sub>o</sub>) zeigt den Einfluss des Einstaus am Nutriaweher, der im Modell gut nachgebildet wird.
- Die landwirtschaftliche Beregnung beeinflusst nach vorliegenden Informationen die natürliche hydrologische Reaktion an der Messstelle SW GWM 1.1b, die über die vergangenen Jahre einen steigenden Trend der gemessenen Grundwasserstände zeigt. Detaillierte Daten hierzu liegen nicht vor; die Nachbildung der gemessenen Grundwasserstände ist demzufolge erschwert.
- An der Messstelle SW GWM 4.1a, die inmitten von Ackerflächen liegt, könnten Hinweise auf eine mögliche Beeinflussung durch Beregnungsentnahmen und Beregnung aus den gemessenen Grundwasserständen ableitbar. Denn der gemessene Grundwasserstand sinkt hier in 2020 und 2021 vergleichsweise stark ab (ggf. Absenkung durch Beregnungsentnahmen) und bleibt demgegenüber in 2022 auf einem vergleichsweise hohen Niveau (ggf. Versickerung nach Beregnung). Das könnten Gründe sein, weshalb die berechneten Grundwasserstände in dieser Periode teilweise vom gemessenen abweichen. Insgesamt sind Lage und Dynamik des Grundwassergangs gut getroffen.
- Die Messstelle SW GWM 2.1a liegt in einer Grünfläche auf dem eingezäunten Wasserwerksgelände im Ordenswald. Der gemessene Grundwassergang lässt Zwischenhochstände erkennen, die von einer Versickerung aus einem nahen Erdbecken (ca. 1.000m<sup>2</sup> Fläche) herrühren, welches zeitweilig mit einer unbekanntem Menge an Klarwasser aus dem Rückspülwasser der Trinkwasseraufbereitung befüllt wurde. Ab 2020 wurde das Erdbecken nicht mehr befüllt, so dass die Versickerung ausbleibt. Demzufolge ist die Stützung des OGWL<sub>o</sub> in diesem Bereich rückläufig, was die gemessenen Grundwasserstände belegen. Insbesondere der vergleichsweise langgezogene Anstieg der gemessenen Grundwasserstände im und nach dem Juli 2021 lässt sich als Versickerung deuten, nachdem die überdurchschnittlichen Niederschläge zur natürlichen Benetzung des Erdbeckens geführt haben. Das Modell kann diese Stützung des OGWL<sub>o</sub> und somit den verstärkten Rückgang der Grundwasserstände an der Messstelle

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

### Instationäres Grundwassermodell

#### Erläuterungsbericht

2.1a nicht präzise abbilden, da Daten für eine lokale Kalibrierung fehlen und ein lokale Effekt bleibt.

- An der Messstelle SW GWM 3.1 wird die Schwankungsbreite der Messungen gut nachgerechnet, die Messwerte liegen aber auf tieferem Niveau. Grund hierfür kann das wiederholte Einwachsen von Wurzeln in die Messstelle und eine somit verzerrte Messung sein. Vergleichbare Phänomene zeigen sich auch an den Messstellen SW GWM 9.2, SW GWM 39.2, SW f flach, SW Br.3 P3, die zu Klärung genauer untersucht werden müssten. Allerdings ist im Modell auch für diesen Messstellen die gemessene Dynamik gut abgebildet.

Folgende Charakteristiken zeigen sich im MGWL:

- Generell werden die gemessenen Grundwasserstände gut nachgebildet, die Reaktionen im MGWL sind insgesamt gedämpft, gleichförmiger und nicht so variabel, wie das im OGWL zu beobachten ist. Zudem gibt es im Westen einige Messstellen mit Ganglinien, die nur auf wenigen Messwerten pro Jahr basieren (z. B. ES XIX tief, ES XVIII tief). Jahreszeitliche Schwankungen können damit nicht repräsentativ abgebildet werden, dennoch ist eine gewisse Spannweite und das Niveau erkennbar.
- Die berechneten Ganglinien der Messstellen westlich der Autobahn A65 (z. B. ES V tief, ES VI tief, ES XVIII tief, ES XX tief) bilden die aufgezeichnete Dynamik, den Trend und das Niveau gut ab. Auch an den Messstellen östlich der Autobahn A65, die durch eine höhere Messdichte auffallen, werden die gemessenen Grundwasserstände befriedigend nachgerechnet (z. B. SW GWM 3.2, SW GWM 39.3, SW XII tief).
- Die Messstelle SW GWM 10.2 befindet sich im Bereich der Grabenrandstörungen. Die lokale Hydrogeologie ist in dem Bereich sehr wechselhaft und nicht genau bekannt. Daher kann sie im Modell nicht unbedingt realitätsnah umgesetzt werden. Die gemessenen Grundwasserstände werden daher an diesem Punkt nicht gut nachgebildet.
- Der Vergleich mit den Messwerten an den Messstellen GWM 1, GWM 2 und GWM 3 ist bis auf das Niveau praktisch nicht aussagekräftig, da die Anzahl der Messwerte mit weniger als 10 Werten für den Zeitraum 2015 – 2022 zu gering ist. Die berechneten Grundwasserstände liegen etwa 0,5 m zu hoch, was in Anbetracht der fehlenden Kenntnis über die Dynamik akzeptabel erscheint.

Folgende Charakteristiken zeigen sich im UGWL:

- Auch hier ist insgesamt eine Übereinstimmung hinsichtlich Lage, Trend und Dynamik zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen erzielt worden wie z. B.: SW GWM 1.3, SW GWM 2.3, SW GWM 4.3, SW GWM 5.3
- An den Messstellen SW GWM 10.3 und SW GWM 7.3 ist zu erkennen, dass anfänglich eine weniger gute Übereinstimmung besteht, ab 2019 / 2020 werden die gemessenen Grundwasserstände gut nachgebildet. Der Trend entspricht wie auch an der SW GWM 2.3 nicht den Messwerten. Hier liegen die Wasserstände zu Beginn zu tief, so dass die Berechnung auf zu tiefem Niveau startet. Es konnte an dieser Stelle keine weitere Verbesserung erzielt werden ohne nicht dabei negativen Einfluss auf Lage und Dynamik in den anderen Messstellen und Stockwerken zu verursachen. Die berechnete Dynamik passt an diesen Messstellen gut.



## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

### Instationäres Grundwassermodell

#### Erläuterungsbericht

In der Abbildung 5 ist die monatliche Bilanz der Grundwasserzu- und abströme während der instationären Berechnung dargestellt. In den Winterhalbjahren fällt die Position Grundwasserneubildung besonders auf, die auf der Zustromseite den größten Anteil ausmacht. Der Zustrom aus der Neubildung wird zum größten Teil direkt im Untergrund „zwischen gespeichert“ (Abstrom in den bzw. Auffüllung des Bodenspeicher) sowie zu einem deutlich geringeren Anteil über die Gewässer abgeführt. In den Sommermonaten erfolgt die Entleerung aus dem Bodenspeicher (Zustrom ins Grundwasser), da kein Grundwasser neugebildet wird und die Verdunstung in den Vordergrund tritt (Abstrom aus dem Grundwasser). Im Vergleich dazu tragen der Randzustrom, der Randabstrom sowie die Entnahmen (Summe aller Entnahmen im Modell) relativ gleichförmige Beträge zur monatlichen Bilanz bei. Die Entnahmen im Modell haben im Vergleich zu den Randabströmen einen deutlich kleineren Anteil auf der Abstromseite der Bilanz.

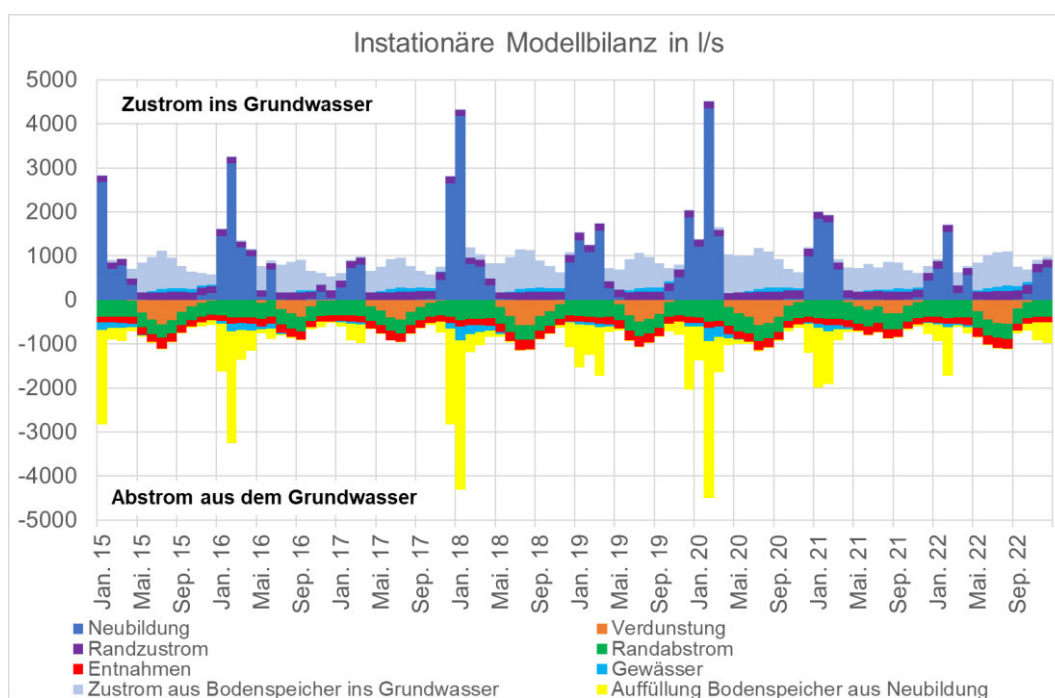


Abbildung 5: Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Instationäre Kalibrierung

Abschließend ist festzuhalten, dass im Zeitraum 2015 – 2022 insgesamt eine gute instationäre Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserstände erzielt wurde. Die besondere Herausforderung in diesem Mehrschichtsystem ist es, eine bestmögliche Lösung zu finden, die vor allem die instationäre Dynamik, aber auch die Lage der gemessenen Grundwasserstände (sowohl stationär als auch instationär) in vier sich hydraulisch gegenseitig beeinflussenden Grundwasserleitern, die zusätzlich von einem Störungssystem durchsetzt sind, in guter Qualität widerspiegelt. Daher sind an einzelnen Grundwassermessstellen hinsichtlich ihrer Passung Kompromisse unumgänglich, um die Reaktion im Grundwasser im Großen und Ganzen an allen Messstellen insgesamt sinnvoll und repräsentativ nachzubilden.

## **8 Modellanwendung**

### **8.1 Übersicht Rechenläufe**

Mit dem instationär kalibrierten Modell werden im Folgenden Berechnungen mit bestimmten Randbedingungen durchgeführt (Kapitel 1). Im Wesentlichen sollen dabei die Einflüsse und Auswirkungen von verschiedenen Entnahmeszenarien und von unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen (Grundwasserneubildung) untersucht werden. Für diese Randbedingungen erfolgt eine instationäre Modellberechnung der Grundwasserströmung.

#### Einfluss Randbedingungen (Rechenlauf A und B)

Ziel ist es den grundsätzlichen Einfluss aus den Entnahmen der Brunnen Ordenswald sowie aus der Grundwasserneubildung anhand der berechneten Ganglinien in den vier Grundwasserleitern zu ermitteln. Dazu werden zwei Rechenläufe erstellt, indem, ausgehend von einem instationären Vergleichslauf, jeweils die Entnahmen konstant bzw. die Grundwasserneubildung konstant angesetzt werden. Alle übrigen Randbedingungen werden aus dem Vergleichslauf übernommen. So ist isoliert der Einfluss einer Randbedingung identifizierbar.

#### Entnahmeszenario (Rechenlauf C, D, E und F)

Ziel ist es die Auswirkungen im Grundwasser insbesondere bei einer Entnahmeerhöhung an den Brunnen Ordenswald um 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a zu untersuchen. In diesen Rechenläufen wird die Entwicklung der Grundwasserstände bei konstanter Entnahme an den Brunnen Ordenswald in Höhe des Wasserrechts instationär und stationär untersucht. Insbesondere wird geschaut, welche Änderung sich zeigen, wenn die Fördermenge von 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (aktuelles Wasserrecht) auf 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (geplantes Wasserrecht) erhöht wird. Die Menge wird gleichmäßig auf die 9 bestehenden Brunnen der Gewinnung Ordenswald verteilt; alle übrigen Entnahmen, einschließlich Benzenloch, werden aus dem Kalibrierungslauf übernommen.

#### Stresstest (Rechenlauf G)

Ziel ist es die Auswirkung im Grundwasser im Fall einer extrem ungünstigen, klimatischen Entwicklung zu untersuchen. Dazu wurde nach nachrichtlicher Rücksprache mit dem LFU (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz) ein Rechenszenario entworfen, mit dem vier besonders trockene Jahre in Folge simuliert werden:

- Als Grundlage für die Berechnung wird der Zeitraum 2019 bis 2022 gewählt, der mit der bestehenden Kalibrierung bereits berechnet ist. In diesem Zeitraum ist an vielen Messstellen ein fallender Trend in den gemessenen Grundwasserständen zu erkennen.
- Um extrem trockene Verhältnisse zu simulieren, wird die Grundwasserneubildung im Zeitraum 2019 – 2022 auf jeweils 30 % des Monatswertes reduziert.
- Die Grundwasserentnahmen Ordenswald werden mit 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a eingerechnet.
- An den Modellrändern (Festpotentialrand) ist ein fallender Trend (siehe Kapitel 6.4) im Modell integriert. In der Zeit von 2019 – 2022 ergibt sich eine Absenkung am Modellrand von 0,25 m (01/2019) - 0,5 m (12/2022), im OGWLo, 0,5 -1,0 m im MGWL sowie 0,6 m – 1,2 m im UGWL
- Alle weiteren Randbedingungen werden aus dem Kalibrierungslauf übernommen.

## **Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH**

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Die berechneten Grundwasserstände an den Messstellen sowie in der Fläche im OGWLo werden entsprechend ausgewertet und die verschiedenen Rechenläufe untereinander verglichen.

### **8.1.1 Einfluss Randbedingungen**

Instationärer Vergleichslauf

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Grundwasserneubildung variiert monatlich
- Brunnen Ordenswald variieren monatlich
- Brunnen Benzenloch variieren monatlich

Instationärer Rechenlauf A – Neubildung stationär

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Mittlere Grundwasserneubildung (stationär)
- Brunnen Ordenswald variieren monatlich wie im Vergleichslauf
- Brunnen Benzenloch wie im Vergleichslauf

Instationärer Rechenlauf B – Entnahmen stationär

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Grundwasserneubildung variiert monatlich wie im Vergleichslauf
- Brunnen Ordenswald mittlere Entnahmen (stationär)
- Brunnen Benzenloch wie im Vergleichslauf

### **8.1.2 Entnahmeszenarien**

Instationärer Rechenlauf C – Entnahmen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Grundwasserneubildung variiert monatlich wie im Kalibrierungslauf
- Brunnen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (stationär)
- Brunnen Benzenloch variieren monatlich wie im Kalibrierungslauf
- Sonst wie die Kalibrierung

Instationärer Rechenlauf D – Entnahmen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (Planungsfall)

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Grundwasserneubildung variiert monatlich wie im Kalibrierungslauf
- Brunnen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (stationär)
- Brunnen Benzenloch variieren monatlich wie im Kalibrierungslauf
- Sonst wie die Kalibrierung

Stationärer Rechenlauf E – Entnahmen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a

- Mittlere hydrologische Verhältnisse  
Grundwasserneubildung Mittel 2015 - 2022

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

- Brunnen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (stationär)

Stationärer Rechenlauf F – Entnahmen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a

- Mittlere hydrologische Verhältnisse  
Grundwasserneubildung Mittel 2015 - 2022
- Brunnen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (stationär)

### 8.1.3 Stresstest

Instationärer Rechenlauf G

- Instationärer Berechnungszeitraum 2015 – 2022
- Grundwasserneubildung variiert monatlich wie im Kalibrierungslauf, 2019 – 2022 vier Jahre trockene Verhältnisse, Neubildung auf 30% reduziert
- Brunnen Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (stationär)
- Brunnen Benzenloch variieren monatlich wie im Kalibrierungslauf
- Sonst wie die Kalibrierung

## 8.2 Berechnungsergebnisse

### 8.2.1 Einfluss Randbedingungen

Die Berechnungsergebnisse der Rechenläufe A und B sind in Anlage 9 in Form der berechneten Ganglinien an den Grundwassermessstellen im jeweiligen Grundwasserleiter dargestellt. Die jeweilige Grafik enthält vier Ganglinien je Messstelle:

- Gemessene Grundwasserstände
- Berechnete Grundwasserstände im Vergleichslauf
- Berechnete Grundwasserstände bei konstanter Neubildung – Rechenlauf A  
=> Hier zeigt sich der Einfluss der Brunnen Ordenswald
- Berechnete Grundwasserstände bei konstanter Entnahme – Rechenlauf B  
=> Hier zeigt sich der Einfluss der Grundwasserneubildung

Im OGWL sind aus den Ganglinien in Anlage 9 folgende Charakteristiken zu erkennen:

- Die berechneten Ganglinien des Rechenlaufs A zeigen, dass im Bereich der Messstellen ein Einfluss aus der Wassergewinnung Ordenswald im OGWLu gering (bis rd. 0,3 Meter) und im OGWL<sub>o</sub> praktisch nicht vorhanden ist. Es zeigt sich, dass sich die jährlichen Schwankungen der Entnahmen Ordenswald nur unwesentlich bis in den OGWL auswirken. Die Ganglinien des Rechenlaufs A (rot gestrichelt) zeigen konstante Niveaus (z. B. 1063a, ES XVIII flach, ES VIII (flach)), höchstens minimale Schwankung im OGWL<sub>u</sub> (z. B. SW GWM 5.1b, SW Ost-Süd).
- Im Gegensatz dazu fallen die Ganglinien des Rechenlaufs B mit der Kalibrierung praktisch zusammen. Wird im Grundwassermodell die Entnahme Ordenswald konstant gehalten und nur

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

die Neubildung variiert, so zeigt sich im OGWL die starke Abhängigkeit der Grundwasserstände von der Grundwasserneubildung.

Im MGWL zeigen sich an den verfügbaren Messstellen sowohl die Einflüsse der Grundwasserneubildung als auch der Entnahmen Ordenswald. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Entnahme Ordenswald (Rechenlauf A) sind eindeutig zu erkennen. Ebenso weisen die Ganglinien des Rechenlaufs B Schwankungen auf, die mit der Neubildung zusammenhängen.

Im UGWL ist die deutliche Prägung durch die Entnahmen Ordenswald mit dem Rechenlauf A dokumentiert. Der Verlauf der Ganglinie des Rechenlauf A liegt nahe an dem Verlauf der Kalibrierung (z. B. SW GWM 2.3). Das bedeutet, dass der wesentliche Einfluss aus der Variation der Entnahme stammt. Außerdem fallen im Rechenlauf B die jährlichen Schwankungen aus der Neubildung in der Regel etwas geringer aus als in den oberen Grundwasserleitern (z. B. SW GWM 1.3, SW GWM 2.3). Die Grundwasserneubildung wird durch die überlagernden Schichtpakete in ihrer jährlichen Schwankung gedämpft, trotzdem ist der Zustrom aus der Neubildung mittel- bis langfristig Voraussetzung für die Förderung von Grundwasser an der Wassergewinnung. Generell lässt die dominierende Wirkung der Entnahme mit dem Abstand zu den Brunnen etwas nach (SW GWM 7.3).

Die Berechnungen zeigen insgesamt, dass die Grundwasserentnahmen Ordenswald im UGWL keine massiven Auswirkungen auf die Grundwasserstände im OGWL<sub>o</sub> und OGWL<sub>u</sub> haben. Im UGWL wiederum dominieren die Brunnen das Strömungsgeschehen deutlich und die Einflüsse der Neubildung sind geringer, insbesondere in Brunnennähe. Hier gehen die jährlichen Schwankungen hauptsächlich auf die Absenkung in den Brunnen zurück.

### 8.2.2 Entnahmeszenarien

Die Berechnungsergebnisse der Rechenläufe C und D sind in Anlage 10 in Form der berechneten Ganglinien an den Grundwassermessstellen im jeweiligen Grundwasserleiter dargestellt. Die jeweilige Grafik enthält drei Ganglinien je Messstelle:

- Berechnete Grundwasserstände im Kalibrierungslauf
- Berechnete Grundwasserstände bei Entnahme Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a – Rechenlauf C
- Berechnete Grundwasserstände bei Entnahme Ordenswald 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a – Rechenlauf D

Die Ganglinien zeigen die Änderungen des Grundwasserstandes bei einer Entnahmeerhöhung um 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a an der Wassergewinnung Ordenswald. Außerdem ist zu erkennen, wie sich die tatsächlich geförderten, monatlichen Entnahmen gegenüber einer konstanten Entnahme auswirken. Aus den berechneten Ganglinien im OGWL geht hervor, dass der Einfluss aus der Entnahmeerhöhung im Bereich der vorliegenden Grundwassermessstellen eine geringe Bedeutung hat. Die Ganglinien zeigen insbesondere im OGWL<sub>o</sub> häufig fast identischen Verläufe. Die Differenz der Grundwasserstände zwischen Rechenlauf C und D (0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a Entnahmeerhöhung) liegt an den Messstellen im OGWL<sub>o</sub> bis zu rd. 0,15 m (ES VIII flach) und OGWL<sub>u</sub> bei maximal bis zu rd. 0,3 m (z. B. SW Ost-Süd). Erkennbare Auswirkungen gegenüber dem Kalibrierungslauf zeigen sich im Rechenlauf D (4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a) an

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

Grundwassermessstellen im OGWL<sub>o</sub> mit Differenzen bis rd. 0,3 m (ES VIII flach), im OGWL<sub>u</sub> mit Differenzen bis rd. 0,7 m, tendenziell die südlicheren Messstellen (z. B. SW GWM 7.1b, SW Ost-Süd).

Im MGWL ist ein abweichender Verlauf der Grundwasserstandsentwicklung des Rechenlaufs D gegenüber der Kalibrierung schon deutlicher zu erkennen; die Differenz zwischen den Ganglinien beträgt zeitweise bis zu rd. einem Meter. In der Variante mit einer Entnahmemenge von 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (Rechenlauf C) fällt auf, dass das prinzipielle Niveau der Grundwasserstände demjenigen im Kalibrierungslauf näherkommt, wenn auch die Schwankungen nicht so deutlich in Erscheinung treten. Die Ganglinien des Rechenlaufs D weisen infolge der konstant höheren Entnahme grundsätzlich tiefere Grundwasserstände im MGWL auf. Die Differenz der Grundwasserstände zwischen Rechenlauf C und D, welche die Auswirkung der Entnahmeerhöhung um 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a charakterisiert, liegt an den Messstellen bei maximal bis zu rd. 0,3 – 0,4 m (z. B. SW GWM 3.2, GWM3). Auf Grund der konstanten Entnahme an den Brunnen Ordenswald in den Rechenläufen C und D sind die jährlichen Schwankungen gegenüber dem Kalibrierungslauf allerdings geringer ausgeprägt (z. B. SW GWM 3.2). Im Kalibrierungslauf ist die Förderrate in den Sommermonaten deutlich höher als im Winterhalbjahr. Dadurch kommt es im Kalibrierungslauf insbesondere im Umfeld der Brunnen Ordenswald auch zeitweise zu tieferen Grundwasserständen im Vergleich zur Variante mit 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (Rechenlauf D), siehe auch folgender Abschnitt.

Im UGWL ist der größte Unterschied zwischen Rechenläufen und Kalibrierungslauf zu verzeichnen (über 1 m im Rechenlauf D). Die höhere Förderung in den Sommermonaten im Kalibrierungslauf führt zu maximalen Absenkungen im Jahresverlauf. Die stationäre Entnahme von 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a im Rechenlauf D hat eine deutliche Absenkung gegenüber dem Kalibrierungslauf zur Folge. Im Fall des Rechenlaufs C mit 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a ist diese Absenkung erwartungsgemäß nicht so stark ausgeprägt. Die Differenz der Grundwasserstände zwischen Rechenlauf C und D liegt an den Messstellen bei maximal bis zu rd. 0,4 – 0,5 m (z. B. SW GWM 5.3, SW GWM 2.3). Jährliche Schwankungen der Grundwasserstände werden im Wesentlichen durch die Grundwassererneubildung hervorgerufen, da die Grundwasserförderung konstant integriert ist. Im Kalibrierungslauf hingegen ist im Nahbereich der Brunnen Ordenswald in den Sommermonaten teils eine stärkere Absenkung der Grundwasserstände im Vergleich zu Rechenlauf D mit der Entnahme von konstant 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a zu erkennen (z. B. Messstelle SW GWM 2.3). Die real geförderten Monatsentnahmen in den Sommermonaten im Zeitraum 2015 - 2022 liegen im Kalibrierungslauf mit bis zu rd. 420 Tsd. m<sup>3</sup>/Monat (Anlage 2.1) über der mittleren Monatsentnahmemenge von 333 Tsd. m<sup>3</sup>/Monat bezogen auf eine Jahresentnahmemenge von 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a. Die Grundwasserstände im Kalibrierungslauf liegen somit im Umfeld der Brunnen aus diesem Grund kurzzeitig tiefer als im Rechenlauf D mit konstant 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a.

In der Abbildung 6 ist die monatliche Bilanz der Grundwasserzu- und abströme während der instationären Berechnung des Rechenlaufs D (Planungsfall) dargestellt. Gegenüber der Bilanz der Kalibrierung in Abbildung 5 fallen kaum Unterschiede auf. Praktisch sind die Rechenläufe bis auf die Entnahme gleich. Zu erkennen ist, dass die konstante Förderung von 4 Mio. m<sup>3</sup>/a an den Brunnen Ordenswald zu einem erhöhten Beitrag der Modellentnahmen in den Wintermonaten führt, da die Entnahmen Ordenswald monatlich variieren und im Winter weniger gefördert wird.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

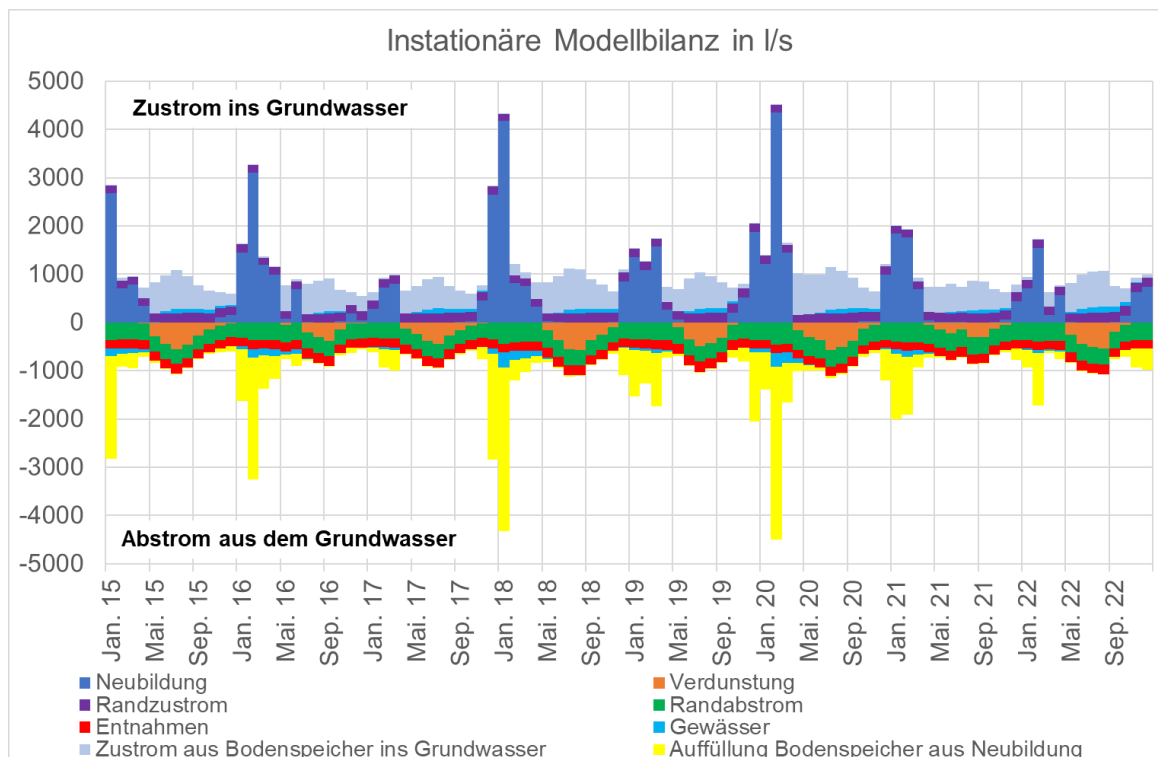


Abbildung 6: Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Rechenlauf D (Planungsfall)

In Anlagenreihe 11.1-11.3 ist die berechnete Grundwasserströmung eines besonders trockenen Zustands für die drei Rechenläufe (Kalibrierung, Rechenlauf C und D) im obersten Grundwasserleiter OGWL<sub>0</sub> in Form von Grundwasserhöhengleichungen dargestellt. Hier werden die Auswirkungen der Entnahmeerhöhung nicht nur an den Orten der Messstellen, sondern auch räumlich in der gesamten Ausdehnung sichtbar gemacht. Auf Basis der Grundwassermessstelle 1063a wurde dafür der August 2022 als tiefster gemessener Grundwasserstand im Zeitraum 2015 – 2022 ausgewählt. Die Messstelle 1063a gilt als Referenzmessstelle für die hydrologische Entwicklung im OGWL<sub>0</sub>.

Auffällig in den Darstellungen sind die farblich ausgewiesenen trockenen Zonen im Bereich des zentralen Waldgebietes (Ordenswald) und an den Rändern des Grundwasserleiters, die in allen drei Rechenläufen zu finden sind. In der instationären Modellberechnung fallen die Grundwasserstände in trockenen Perioden infolge der starken Verdunstung auch im zentralen Waldgebiet (Ordenswald) unter die Basis des Grundwasserleiters bis diese in den Monaten Herbst/Winter nach neuen Niederschlägen und Neubildung wieder ansteigen. Diese trockenen Bereiche ändern im Modell ihre Ausdehnung in jedem Monat bis diese im Winterhalbjahr verschwinden. Wie die Anlagen 11.1-11.3 zeigen, treten die trockenen Zonen im OGWL<sub>0</sub> in allen Rechenläufen auf: im Kalibrierungslauf sowie im Rechenlauf C und D. Die Anlagen zeigen einen Zeitpunkt, in dem die Ausdehnung der trockenen Zellen im maximalen Bereich liegt, da es sich um einen besonders trockenen Zustand handelt.

Die Abbildung 6 verdeutlicht die trockene Phase am Ende des Sommers 2022, in der die Zehrung bzw. Verdunstung sowie die saisonal höheren Grundwasserentnahmen im Vordergrund stehen. Die für die Auffüllung der Grundwasserspeicher wichtigen Winterhalbjahre der Vorjahre fallen hinsichtlich

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

der Grundwasserneubildung sichtbar unterdurchschnittlich aus. Im Verlauf des Sommers 2022 kommt es verstärkt zu einem Zustrom aus dem Grundwasservorrat sowie aus den Gewässern, was sich auch in den Grundwassergleichenplänen durch Infiltration entlang der Gewässer wie Speyerbach, Rehbach, Erbsengraben usw. widerspiegelt (erkennbar am „Vorspringen“ der Grundwassergleichen in Fließrichtung).

Außerdem auffällig im Vergleich der Anlagen 11.1-11.3 ist der offensichtlich geringe Unterschied im Verlauf der Grundwassergleichen zwischen den drei Rechenläufen. Dies zeigt auch der Differenzplan in Anlage 11.4, in dem die Differenzen der Grundwasserstände des trockenen Zustands August 2022 zwischen Rechenlauf D (4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a) und Kalibrierungslauf berechnet und flächig dargestellt sind. Die ermittelte Absenkung beträgt bis rd. 0,30 m südwestlich vom Speyerbach.

Die flächig dargestellten Differenzen zwischen Rechenlauf C (3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a) und Rechenlauf D (4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a) im August 2022 in Anlage 11.5 liegen bei weniger als rd. 0,25 m (Absenkung) ebenfalls im südwestlichen Bereich des OGWL<sub>0</sub> bzw. westlich der Ortschaft Speyerdorf. Die Entnahmeerhöhung auf 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a wirkt sich bei trockenen hydrologischen Verhältnissen demnach nur in geringem Maße im südlichen Teil des OGWL<sub>0</sub> aus. Ursache für diese Einflüsse im südlichen OGWL<sub>0</sub> ist das durch die instationäre Kalibrierung ermittelte Anpassungsergebnis der Durchlässigkeitsverteilung der Trennschichten, insbesondere des OZH. Im Bereich westlich von Speyerdorf ist die Trennschicht OZH mit der Durchlässigkeit von  $k_f = 5 \cdot 10^{-8}$  m/s weniger stark undurchlässig, als im nördlichen Teil mit  $k_f = 1 \cdot 10^{-10}$  m/s (siehe Anlage 4.4). Somit wirken sich Grundwasserstandsänderungen in den tieferen Schichten geringfügig stärker aus als im Norden.

Zusätzlich zu diesem trockenen Zeitpunkt sind in Anlage 12 die Differenzen der stationär berechneten Entnahmeszenarien dargestellt. Die Differenzen der stationären Berechnungen zeigen die dauerhaften bzw. langfristigen Absenkungen im Grundwasser bei Entnahmeerhöhung. In Rechenlauf E und F werden die Grundwasserentnahmen an den Brunnen Ordenswald mit jeweils 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a bei sonst mittleren hydrologischen Verhältnissen eingerechnet. In den Anlagen 12.1 und 12.2 sind die Differenzen der Grundwasserstände einheitlich im Abstand von 0,05 m für den OGWL<sub>0</sub> und OGWL<sub>u</sub> abgebildet. Ein Vergleich der Auswirkungen im OGWL<sub>0</sub> in Anlage 11.5 (Differenz bei Entnahmeerhöhung im trockenen Zustand) zeigt eine große Ähnlichkeit in Lage und Ausdehnung der Absenkung. Nach den stationären Berechnungen ist dauerhaft eine Absenkung von bis rd. 0,20 m im OGWL<sub>0</sub> und bis rd. 0,25 m im OGWL<sub>u</sub> westlich von Speyerdorf zu erwarten. In den Anlagen 12.3 und 12.4 werden die dauerhaften Auswirkungen im MGWL und UGWL gezeigt; der Abstand der Differenzlinien in diesen Anlagen wurde auf einheitlich 0,25 m festgelegt, um die relevante Absenkungen aufzuzeigen. Die Differenzen zwischen den Rechenläufen betragen im MGWL danach bis rd. 0,25 m, im UGWL senken die Brunnen um rd. 0,75 m ab.

### 8.2.3 Stresstest

Die berechneten Grundwasserstände des Rechenlaufs G sind in der Anlage 13 in Form von berechneten Ganglinien an Messstellen zusammen mit den berechneten Ganglinien des Rechenlaufs D (Planungsfall) und den gemessenen Grundwasserständen für den gesamten Zeitraum 2015 – 2022



dargestellt. Die Ganglinien des Szenarios werden auf der Zeitachse 2015 – 2022 dargestellt, um den Vergleich zu erleichtern:

- Insgesamt zeigen die berechneten Grundwasserstände erwartungsgemäß ab 2019 einen fallenden Trend, teils bis über einen Meter insbesondere in den tieferen Grundwasserleitern OGWLu, MGWL und UGWL. Deutlich wird auch eine Dämpfung der Schwankungsbreite in den Ganglinien, siehe z. B. SW GWM 7.1b (OGWLu), SW GWM 6.2 (OGWLu), ES XVIII tief (MGWL), ES XXI tief (MGWL), SW GWM 3.2 (MGWL), SW GWM 5.3 (UGWL)
- Im OGWLo bewirkt die stützende Funktion der Gewässer an vielen Messstellen eine im Vergleich zu den tieferen Grundwasserleitern tendenziell geringere Absenkung (bis rd. 0,2 – 0,8 m, z.B. ES XVIII flach, SW GWM 39.1, SW GWM 27.1); teils kommt die Abweichung über die zeitweise deutliche Dämpfung der Schwankungsbreite im berechneten Stresstest zustande. Im OGWLo treten allerdings auch größere Abweichungen über 1,0 m auf (z. B. 1063a (siehe unten), SW GWM 4.1).
- Im OGWLu treten an den Messstellen die Absenkungen insgesamt deutlich hervor: meist bis zu rd. 1,0 – 1,4 m (z. B. SW GWM 6.2, SW GWM OST-Süd).
- Im MGWL sinkt der Grundwassersstand an den Messstellen bis zu rd. 1,0 – 1,3 m (z. B. SW GWM 6.2, SW GWM OST-Süd). Die Messstelle 10.2 reagiert sehr stark auf die Reduzierung der Neubildung, was ggf. auf numerische Verzerrung im Modell zurückzuführen ist, da die Messstelle 10.2 am Verbreitungsrand des OGWLu liegt. Das Modell bildet die gemessenen Grundwasserstände an der Messstelle 10.2 nur unscharf nach, was ggf. auf bislang unbekannte Beeinflussungen evtl. durch Entnahmen durch Dritte hindeuten könnte. Die Amplitude der gemessenen Grundwasserstände wirkt hier vergleichsweise klein (siehe auch Kapitel 7.3).
- Im UGWL sinkt der Grundwassersstand an den Messstellen bis zu rd. 1,0 – 1,4 m. Hierbei spielt ggf. die zeitlich gedämpfte Reaktion der Grundwasserneubildung in den tieferen Grundwasserstockwerken eine Rolle, in dem sich die „Vorbelastung“ aus den Jahren 2015 bis 2019 auswirkt (z. B. SW GWM 10.3, SW GWM 7.3).

Zusätzlich ist für den Rechenlauf G die Grundwasserströmung eines besonders trockenen Zustands (August 2022) sowie dessen Differenzen zum Rechenlauf D (Planungsfall) in Anlage 14 abgebildet. Hier zeigen sich auch die Auswirkungen in Bereichen, in denen keine Grundwassermessstellen vorliegen:

- Die Anlage 14.1 zeigt die Grundwasserströmung im OGWLo während des trockenen Zustands August 2022. Hier ist im Bereich der Gewässer an den nach Osten „vorspringenden“ Grundwasserhöhenlinien die infiltrierende Wirkung zu erkennen (Zustrom aus dem Gewässer ins Grundwasser). Außerdem berechnet das Modell im OGWLo ausgedehnte trockene Bereiche im östlichen Ordenswald, nicht zuletzt da im östlichen geringe Mächtigkeiten im OGWLo vorliegen. Die amtliche Messstelle 1063a im OGWLo befindet sich in diesem Bereich und fällt in der Modellberechnung nach rd. 1,5 Jahren reduzierter Neubildung ab Sommer 2020 trocken. Die Basis des OGWLo liegt im Bereich der 1063a bei ca. 112 m NN, d. h. ca. 3 bis 4 m u GOK, obgleich die Teufe der Bohrung für diese Messstelle bei ca. 6,5 m u GOK liegt (gemäß Angaben im geoportal RLP).
- Die Anlage 14.2 stellt die Differenzen dar, die durch die verminderte Grundwasserneubildung nach rd. 3,5 Jahren bei trockenen Verhältnissen berechnet werden. Es zeigt sich, dass im Bereich der Gewässer geringere Absenkungen auftreten, da die Gewässer das Grundwasser

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

### Instationäres Grundwassermodell

#### Erläuterungsbericht

anreichern. Das reicht aber nicht, um den trockenen Bereich im zentralen Waldgebiet mit Wasser zu versorgen. Südlich und nördlich von Rehbach und Speyerbach sinken die Grundwasserstände um bis rd. 1,25 m im Norden und rd. 1,60 m im Süden zu.

In Abbildung 7 ist die instationäre Modellbilanz für den Rechenlauf G (Stresstest) analog zur Bilanz des instationären Rechenlaufs D (Planungsfall mit 4 Mio. m<sup>3</sup>/a) mit „normaler“ Grundwasserneubildung in Abbildung 6 dargestellt. Im Vergleich ist in Abbildung 7 sowie in Tabelle 4 zu erkennen, dass ab 2019 der Zustrom aus der Grundwasserneubildung erwartungsgemäß auf 30 % reduziert ist. Insgesamt führt der verminderte Zustrom dazu, dass im Mittel 42 % (zeitweise bis 73 %) weniger in die Gewässer und 14 % (zeitweise 26 %) weniger über den Rand abfließt; d.h. der Gewässerabstrom ist auf 58 % und der Randabstrom auf 86 % des Wertes im Rechenlauf D reduziert. Zudem strömen 44 % (zeitweise bis 184 %) zusätzlich aus dem Gewässer und 10 % (zeitweise bis 18 %) mehr über den Rand ins Grundwasser; d.h. der Gewässerzustrom ist auf 144 % und der Randabstrom auf 110 % des Wertes im Rechenlauf D erhöht. Kurz gesagt: Über den Modellrand und die Gewässer fließt mehr zu und weniger ab als im Vergleichsfall. Der verminderte Abstrom und erhöhte Zustrom der Gewässer gleicht insbesondere im OGWL die reduzierte Neubildung ein wenig aus, wie in den Ganglinien zu sehen ist (siehe oben).

Da weniger Neubildung zuströmt, sinken die Grundwasserstände in der Regel (siehe oben); infolge der sinkenden Grundwasserstände kann es wiederum dazu kommen, dass die Verdunstung zeitweise reduziert ist, da auf Grund der ansteigenden Flurabstände weniger Grundwasser für die Verdunstung zur Verfügung steht. In der Modellbilanz ist die Verdunstung gegenüber dem Rechenlauf D in der Zeit 2019 – 2022 um durchschnittlich 9 % vermindert, zeitweise sogar bis um 19 % geringer. Andererseits sind in trockenen Perioden auch die Phasen der Verdunstung ausgeprägter bzw. länger andauernd. Eine erhöhte bzw. längere Phase der Verdunstung ist in dieser Modellrechnung nicht umgesetzt.

Tabelle 4: Änderung an den Randbedingungen im Stresstest Rechenlauf G gegenüber Rechenlauf D (Planungsfall 4 Mio. m<sup>3</sup>/a) im Zeitraum 2019-2022

Änderung des Zu- bzw. Abstroms in %	Min 19 - 22	Max 19 - 22	Mittel 19 - 22
Neubildung	-70%	-70%	-70%
Verdunstung	-19%	-2%	-9%
Randzustrom	3%	18%	10%
Randabstrom	-26%	-5%	-14%
Gewässerzustrom	6%	184%	44%
Gewässerabstrom	-73%	-16%	-42%
Entnahmen	0%	0%	0%

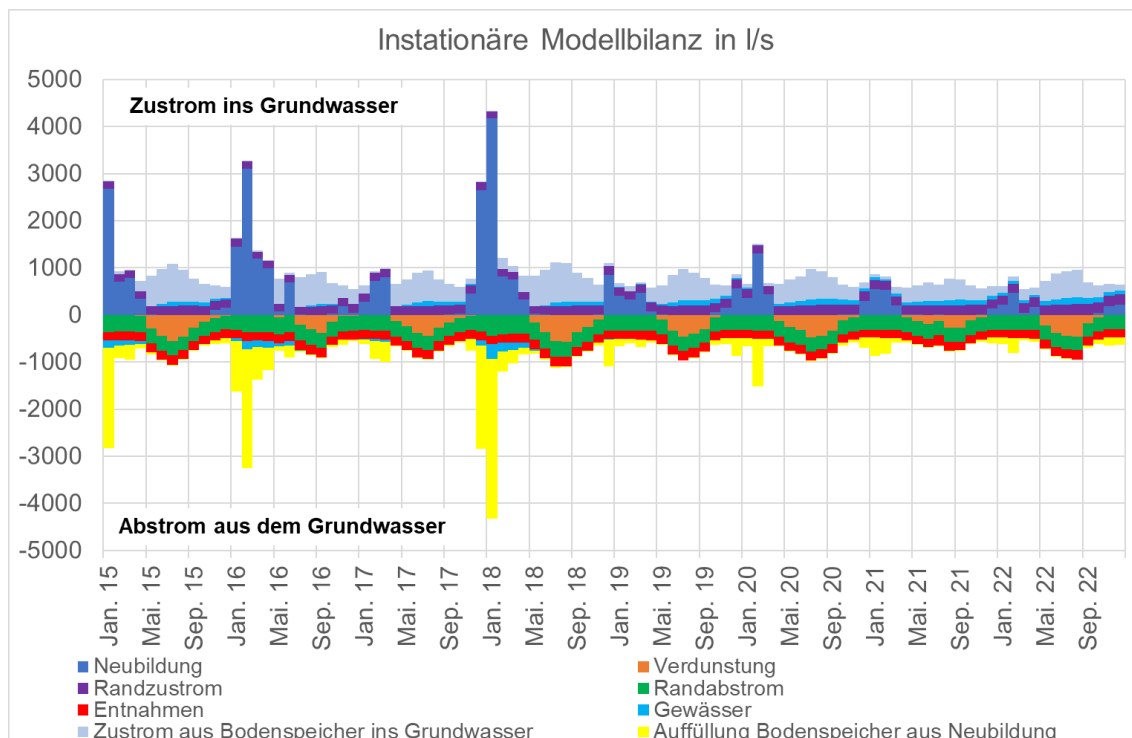


Abbildung 7: Monatliche Bilanz der Grundwasserströme während der instationären Berechnung – Rechenlauf G (Stresstest)

## 9 Fazit

Das Grundwassermodell wurde stationär sowie instationär anhand des aktuellen Zeitraums 2015 – 2022 mit dem Fokus auf den OGWL kalibriert. Die Berechnungsergebnisse zeigen eine gute stationäre sowie eine gute instationäre Anpassung an die gemessenen Grundwasserstände. Das Grundwassermodell ist für die Berechnung von stationären und instationären Modellszenarien geprüft und geeignet. Das kalibrierte Grundwassermodell ist als Werkzeug zur Simulation der Strömungsverhältnisse für unterschiedliche Planungsvarianten und hydrologische Szenarien einsatzbereit.

Im Rahmen der Untersuchung wurden mehrere Rechenläufe aufgestellt, um die Auswirkungen unterschiedlicher Randbedingungen sowie hydrologischer Szenarien zu betrachten. Zunächst wurden der grundsätzliche Einfluss der Grundwasserneubildung sowie der Grundwasserentnahmen aus dem UGWL auf die Grundwasserstände im Modellraum betrachtet (Rechenlauf A und B). Des Weiteren wurde mit Rechenlauf C, D, E und F getestet, wie sich eine konstante Entnahmeerhöhung um 14% insbesondere auf die Grundwasserstände im OGWL auswirken.

In einem Stresstest (Rechenlauf G) wurde untersucht, welche Auswirkungen vier extrem trockene Jahre in Folge auf die Grundwasserstände haben. Dafür wurde die Grundwasserneubildung für vier Jahre auf 30 % reduziert.

## Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße GmbH

Instationäres Grundwassermodell

Erläuterungsbericht

In den berechneten Modellszenarien zeigen sich folgende Merkmale:

- Die Grundwasserneubildung dominiert die Reaktion der Grundwasserstände im OGWL. Die Entnahmen Ordenswald haben grundsätzlich einen geringen unmittelbaren Einfluss auf die Grundwasserstände im OGWL, wie das die Ganglinien in Anlage 9 zeigen.
- Die Grundwasserentnahmen Ordenswald haben bei einer Erhöhung von konstant 3,5 auf 4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a im betrachteten Zeitraum von 2015 bis 2022 an den verfügbaren Messstellen im obersten Grundwasserleiter OGWL<sub>0</sub> keine gravierenden Auswirkungen hinsichtlich der Grundwasserstände. Auswirkungen sind im OGWL westlich von Speyerdorf zu verzeichnen (maximale Grundwasserstandsdifferenz OGWL<sub>0</sub> 0,2 m und OGWL<sub>u</sub> 0,3 m). Im MGWL und UGWL hingegen sind die Auswirkungen mit bis zu rd. 0,4 m bzw. 0,5 m Differenz deutlicher. Siehe Anlage 10.
- Westlich Speyerdorf zeigen sich bei hydrologisch trockenen Verhältnissen (August 2022) und einer Entnahmeerhöhung um 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a im südlichen OGWL<sub>0</sub> Absenkungen der Grundwasserstände in der Größenordnung von rd. 0,2 m, wie in der flächigen Darstellung der Grundwasserstandsänderungen in Anlage 11.5 abgebildet. (In diesem Bereich liegen keine Messungen an Grundwassermessstellen im OGWL vor.)
- Mit der Reduzierung der Neubildung im Stresstest werden im OGWL<sub>0</sub> bei hydrologisch trockenen Verhältnissen (August 2022) Absenkungen von bis zu 1,6 m im OGWL<sub>0</sub> berechnet (Anlage 14.2).

Aufgestellt:

Dipl.-Geol. Markus Klute

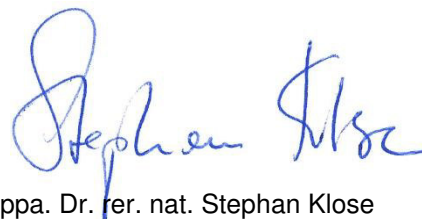
M. Sc. Hanieh Mehrdad

Bonn, Oktober 2023

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

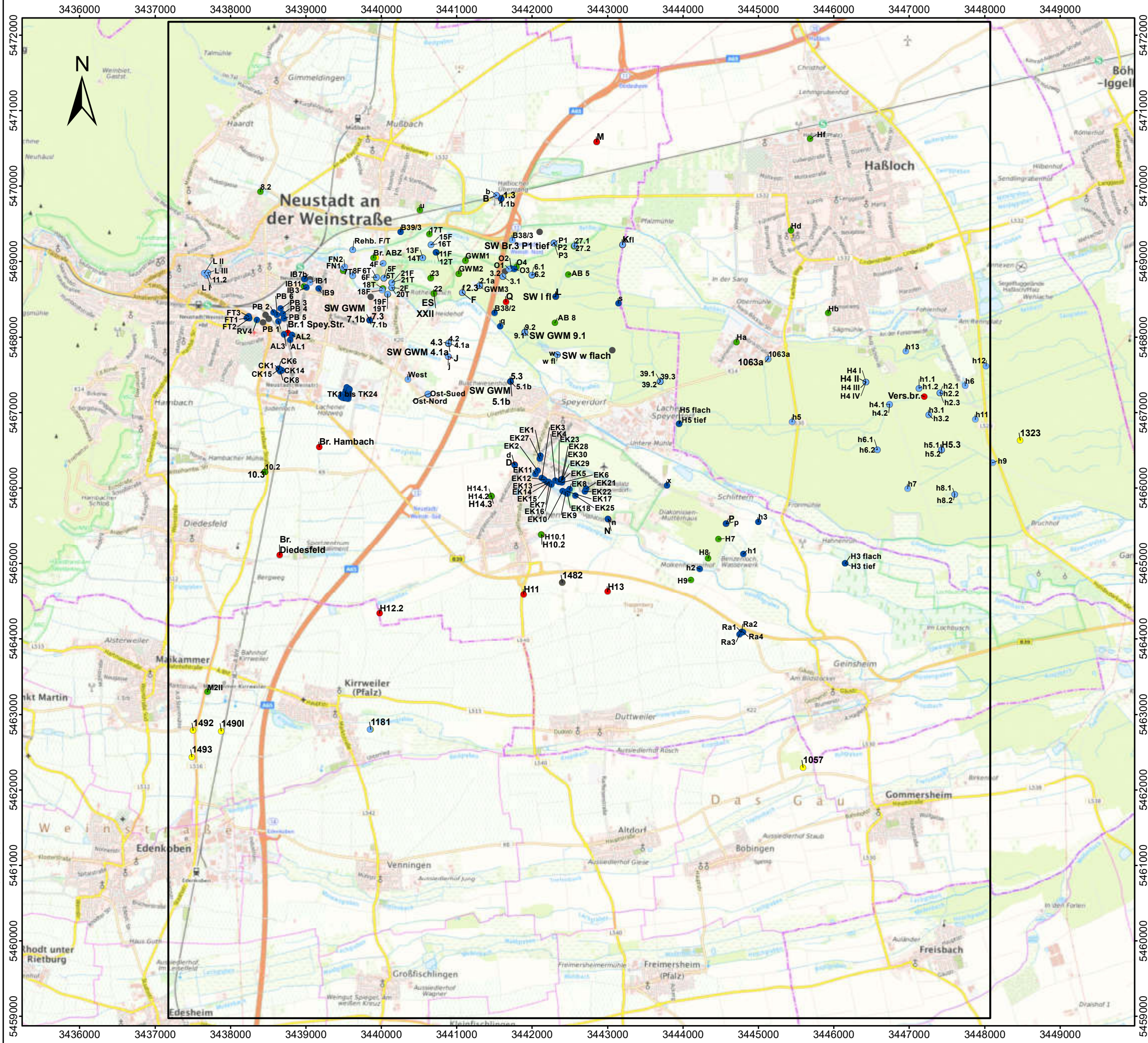


Dr.-Ing. Michael Probst



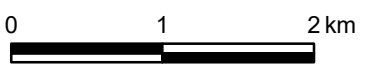
ppa. Dr. rer. nat. Stephan Klose

26.10.2023 10:59:44 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\050054303\_P\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_1.1\_LageplanMessstellen.mxd, 38,0cm x 25,7cm



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Grundwassermessstellen**
- Grundwasserleiter**
- OGWLo
- OGWLu
- MGWL
- UGWL
- mischverfiltert
- Grundwasserstände



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

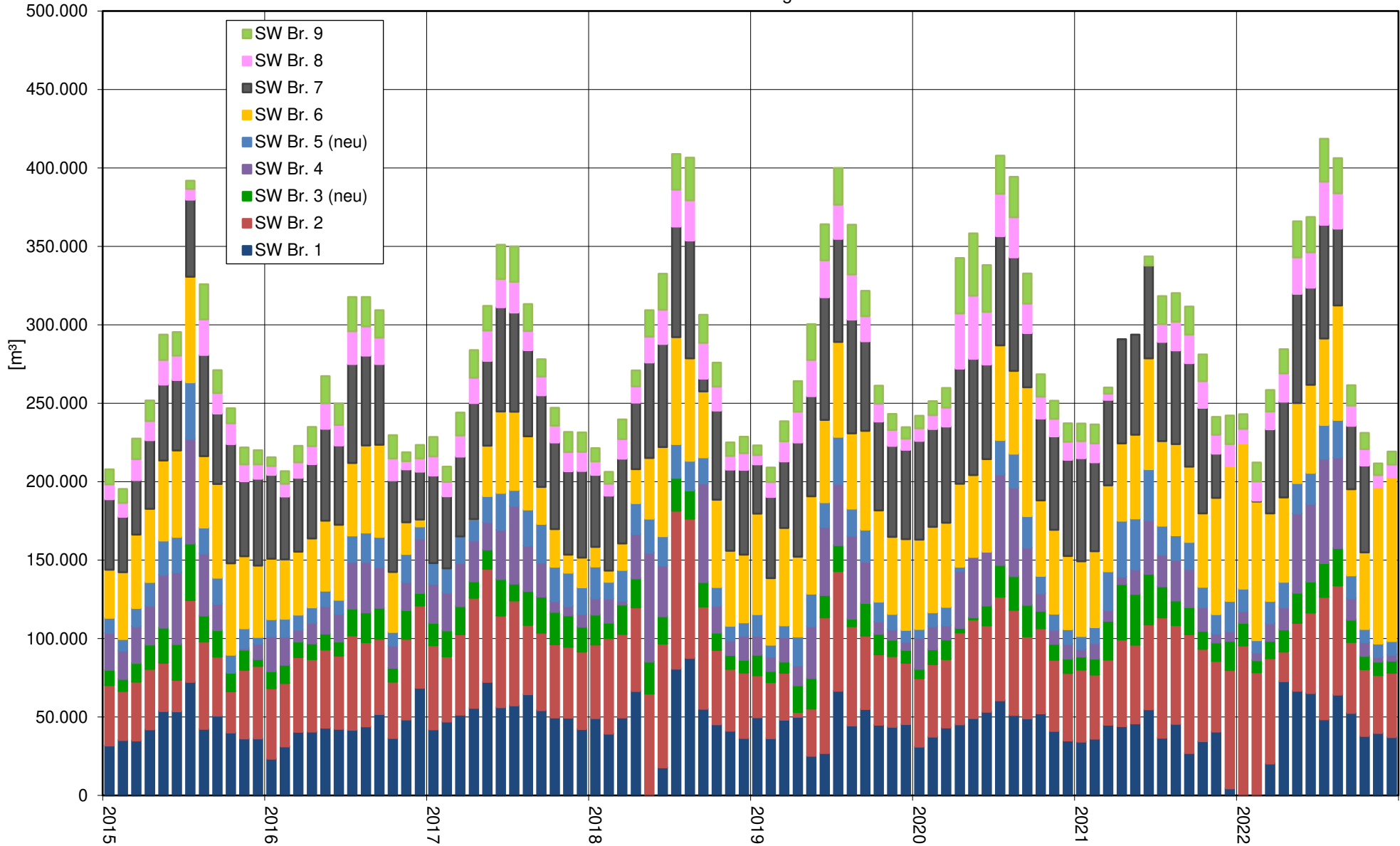


Übersicht  
 Lageplan Messstellen

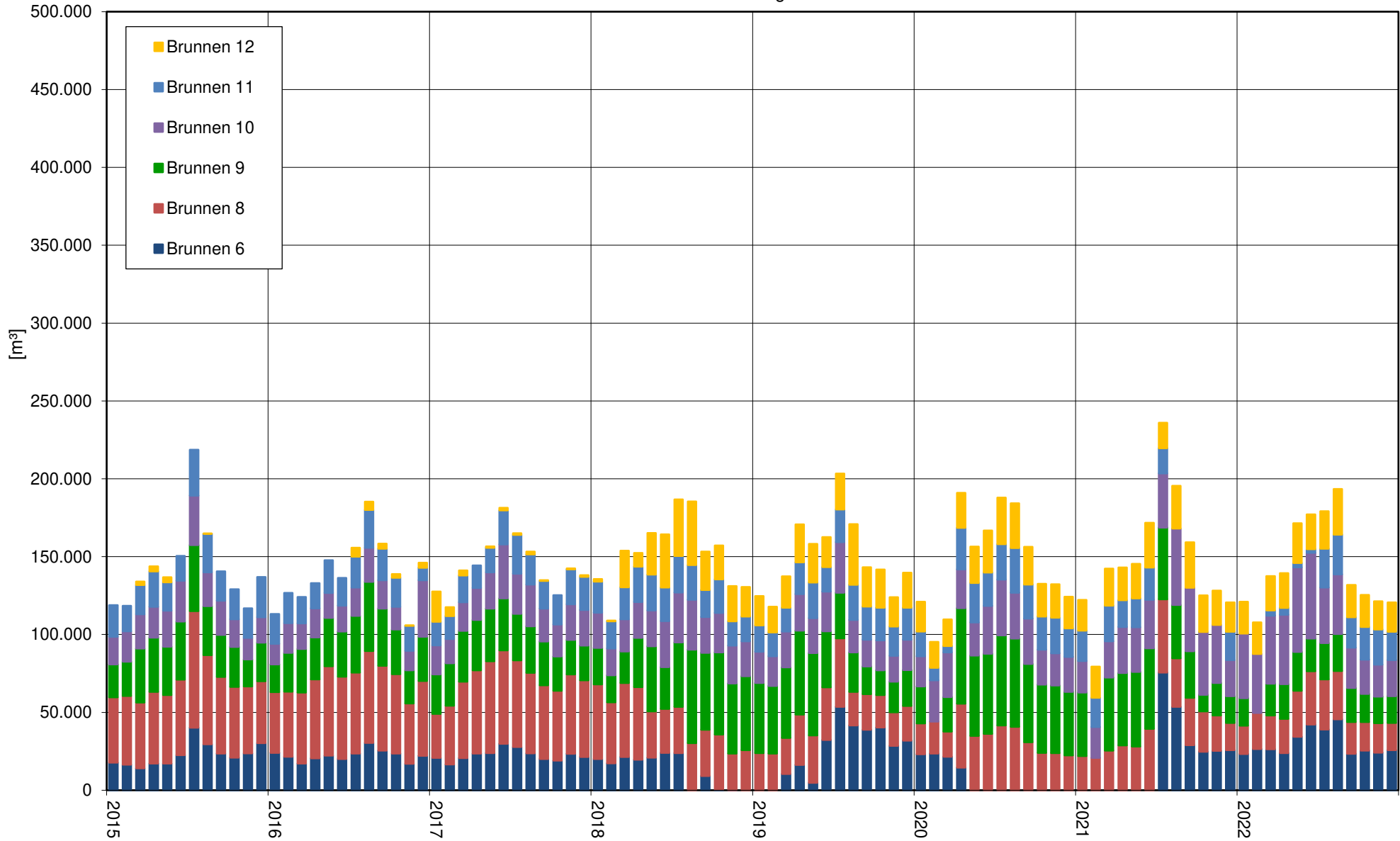
M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------



Monatliche Grundwasserentnahmen 2015 - 2022  
Gewinnung Ordenswald

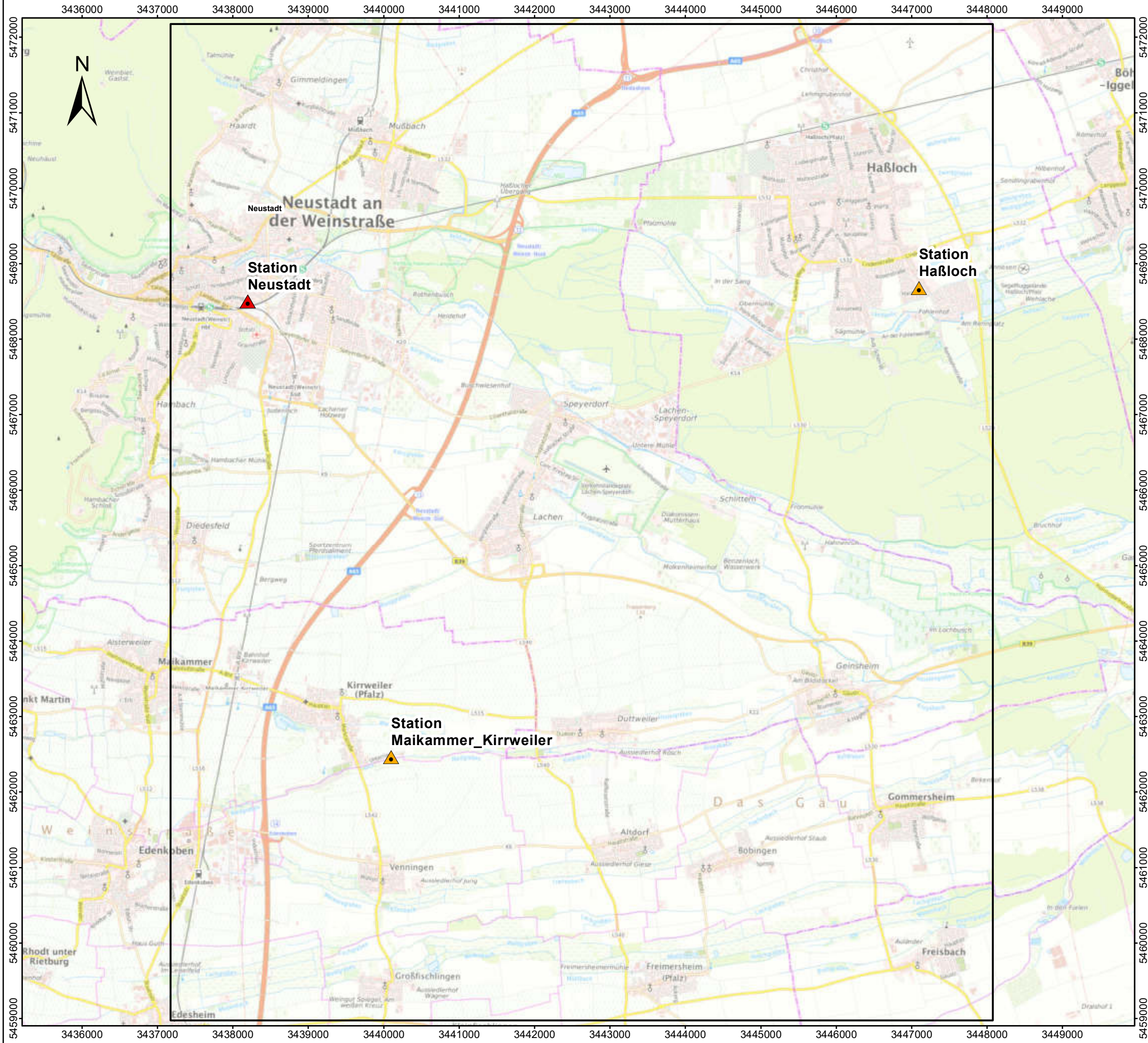





Monatliche Grundwasserentnahmen 2015 - 2022  
Gewinnung Benzenloch

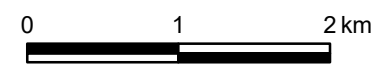




26.10.2023 11:12:01 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.1\_Klima- und Niederschlagsstationen.mxd, 38,0cm x 25,7cm



- Zeichenerklärung**
-  Modellraum
  -  Klima- und Niederschlagstation
  -  Niederschlagsstation



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

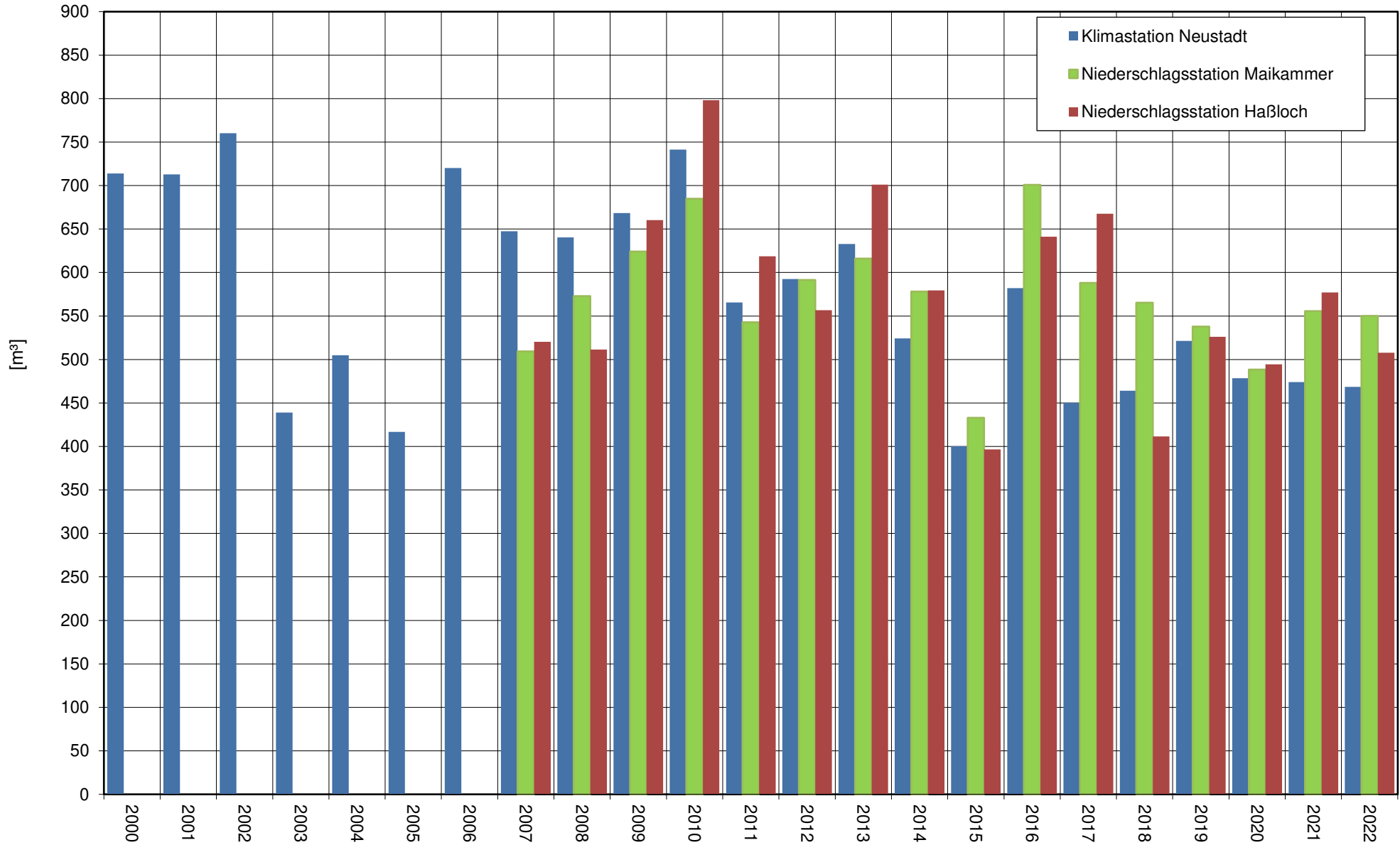


**Lage der Klima-  
Niederschlagsstationen**

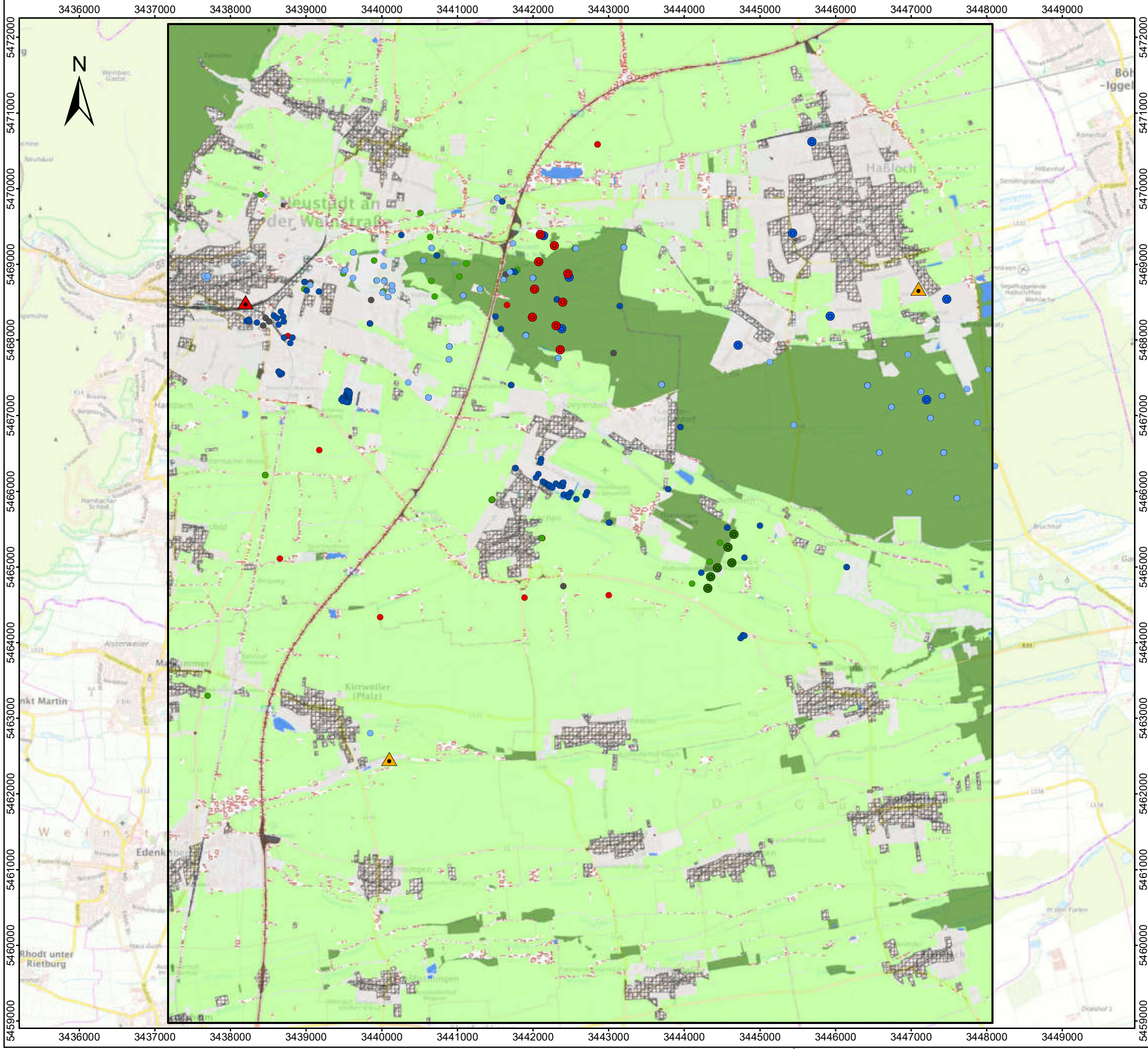
M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
Instationäres Grundwassermodell

Jahressummen Niederschläge an den Stationen Neustadt, Haßloch und Maikammer  
2000 – 2022



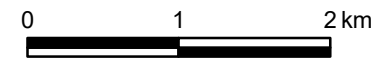
26.10.2023 13:24:49 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
J:\0500543103\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.3\_Landnutzungen.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL<sub>o</sub>
  - OGWL<sub>u</sub>
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- Klima- und Niederschlagsstation
- Niederschlagsstation

- Modellraum
- Landnutzung (WHMOD Klassifikation)**
  - Wiese
  - Mischwald
  - Gehölz
  - Wasser
  - Dichte Bebauung
  - Lockere Bebauung
  - Versiegelt



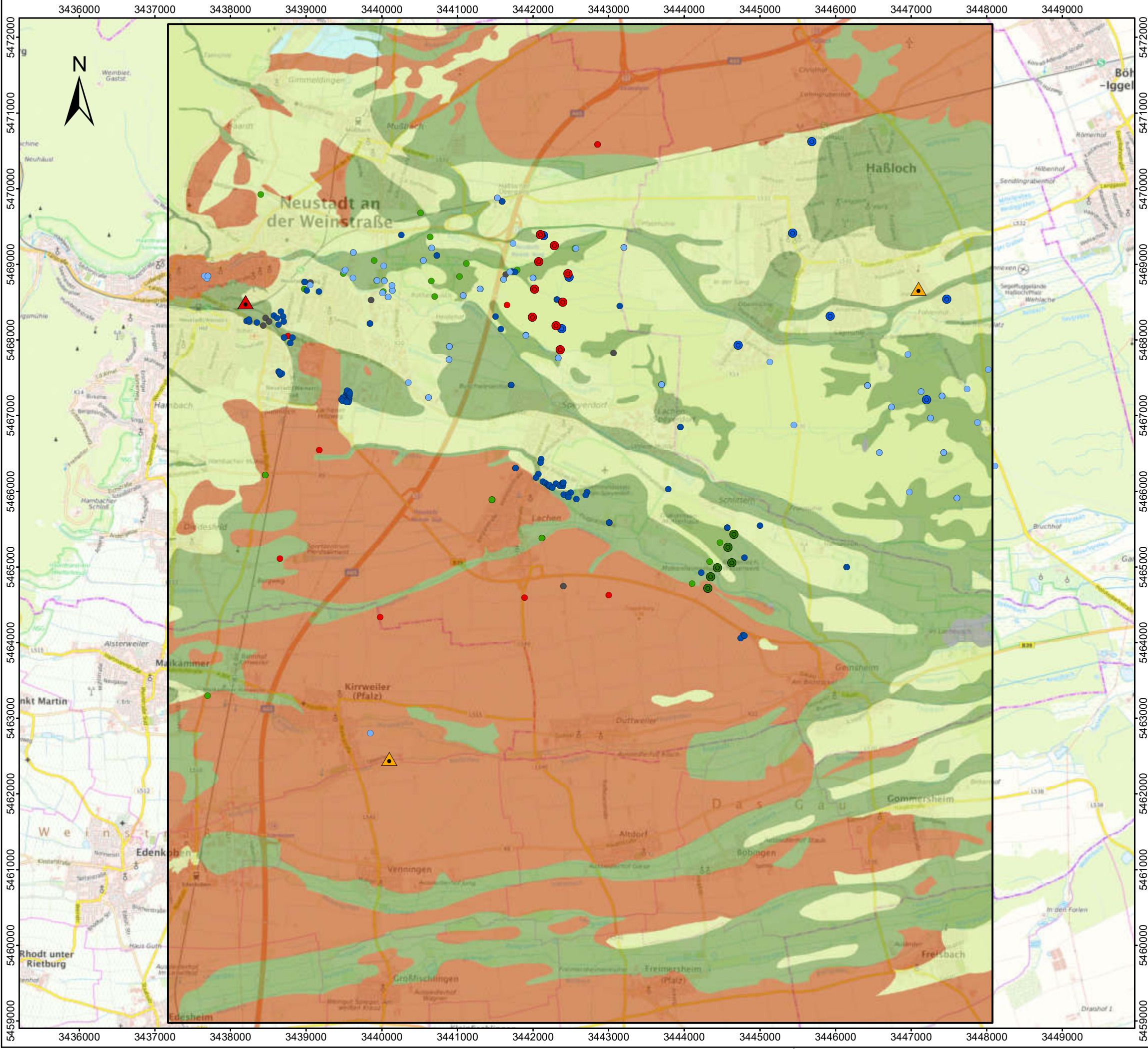
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Landnutzung  
 WHMOD Klassifikation  
 (Vermessungs- und  
 Katasteramt Rheinpfalz [6])

M.: 1:50,000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:26:10 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.4\_NutzbareFeldkapazität.mxd, 38,0cm x 25,7cm

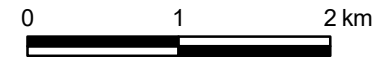


**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch
- sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
- OGWL<sub>o</sub>
- OGWL<sub>u</sub>
- MGWL
- UGWL
- mischverfiltert
- ▲ Klima- und Niederschlagsstation
- ▲ Niederschlagsstation

**Nutzbare Feldkapazität\_ nFK100 [mm/m]**

- < 90
- 90 - 140
- 140 - 190
- 190 - 240
- 240 - 290
- 290 - 340
- 340 - 390



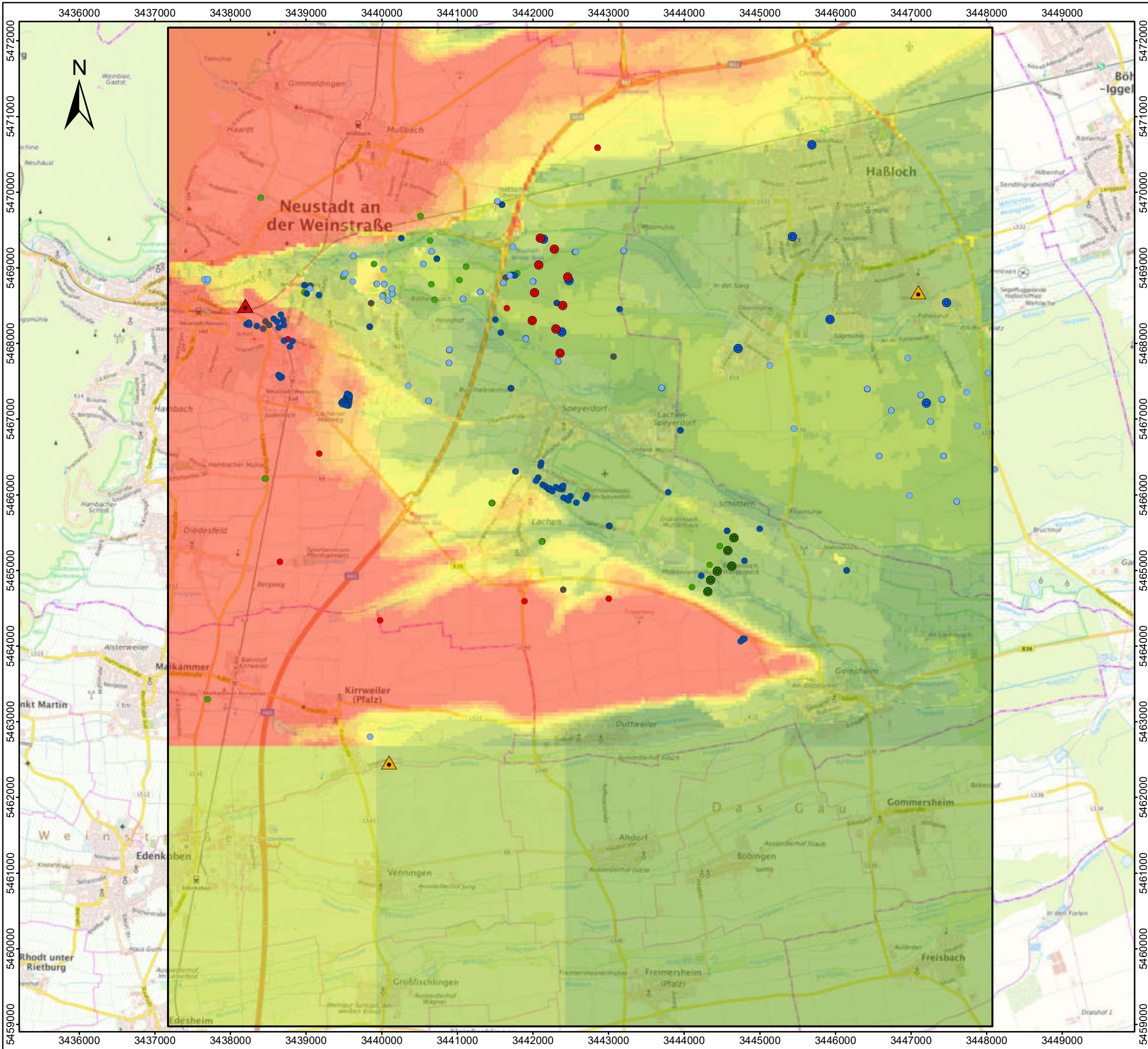
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



**Nutzbare Feldkapazität**  
 (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [5])

M.: 1:50,000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:27:14 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543\03\_P\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.5\_MittlererFlurabstand.mxd, 38,0cm x 25,7cm

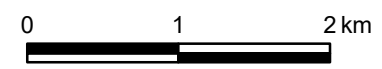


**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL0
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- ▲ Klima- und Niederschlagsstation
- ▲ Niederschlagsstation

**Flurabstand [m]**

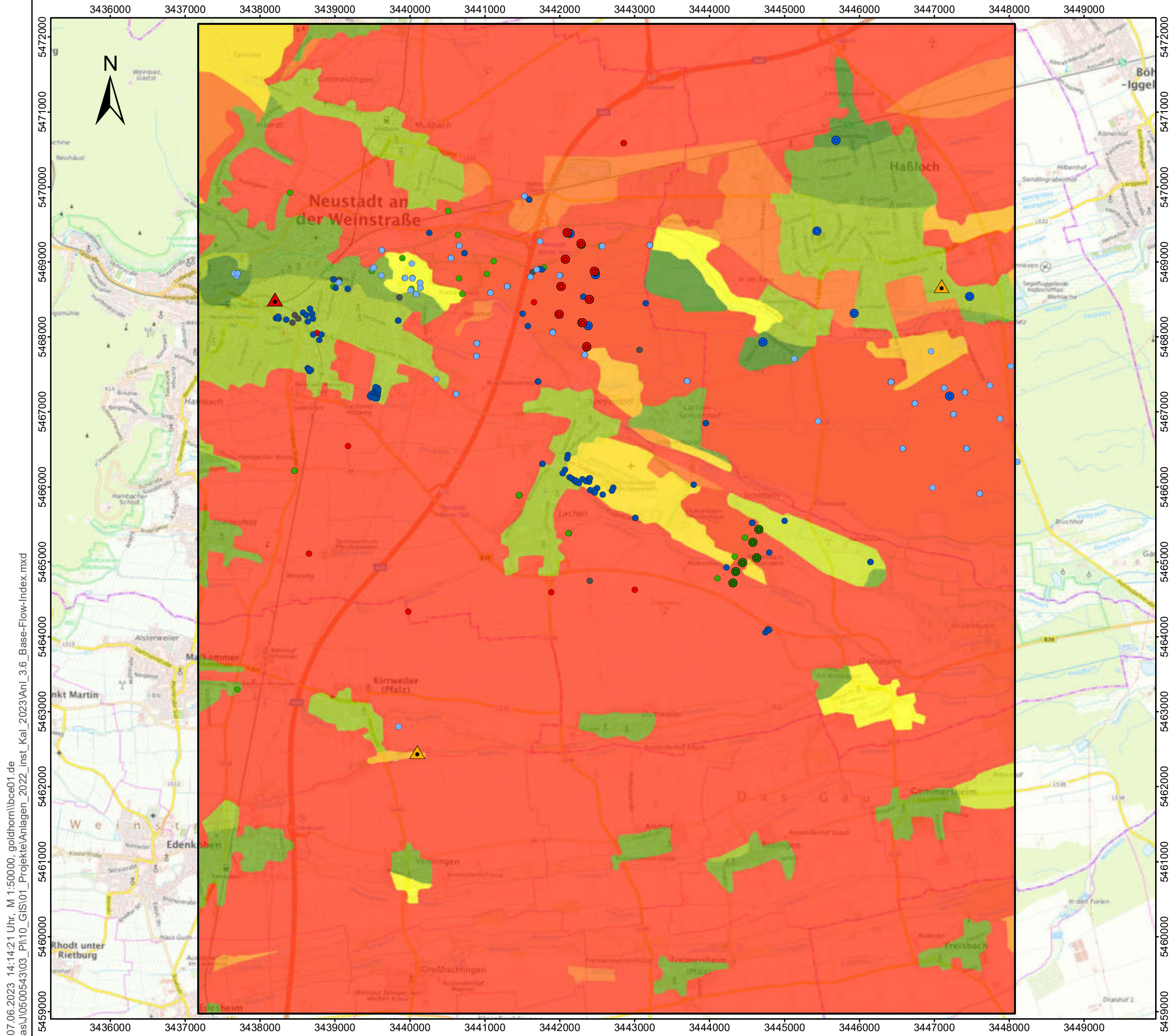
- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- >10



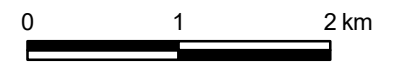
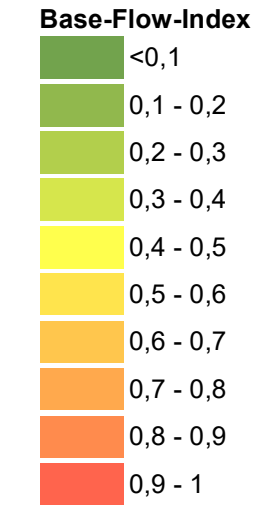
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



<b>Mittlerer Flurabstand</b>		
M.: 1:50.000	Okt 2023	05005.43



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Brunnen**
    - Brunnen Ordenswald
    - Brunnen Benzenloch
    - sonstige Brunnen
  - Grundwassermessstelle**
    - OGWLo
    - OGWLu
    - MGWL
    - UGWL
    - mischverfiltert
  - ▲ Klima- und Niederschlagsstation
  - ▲ Niederschlagsstation



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

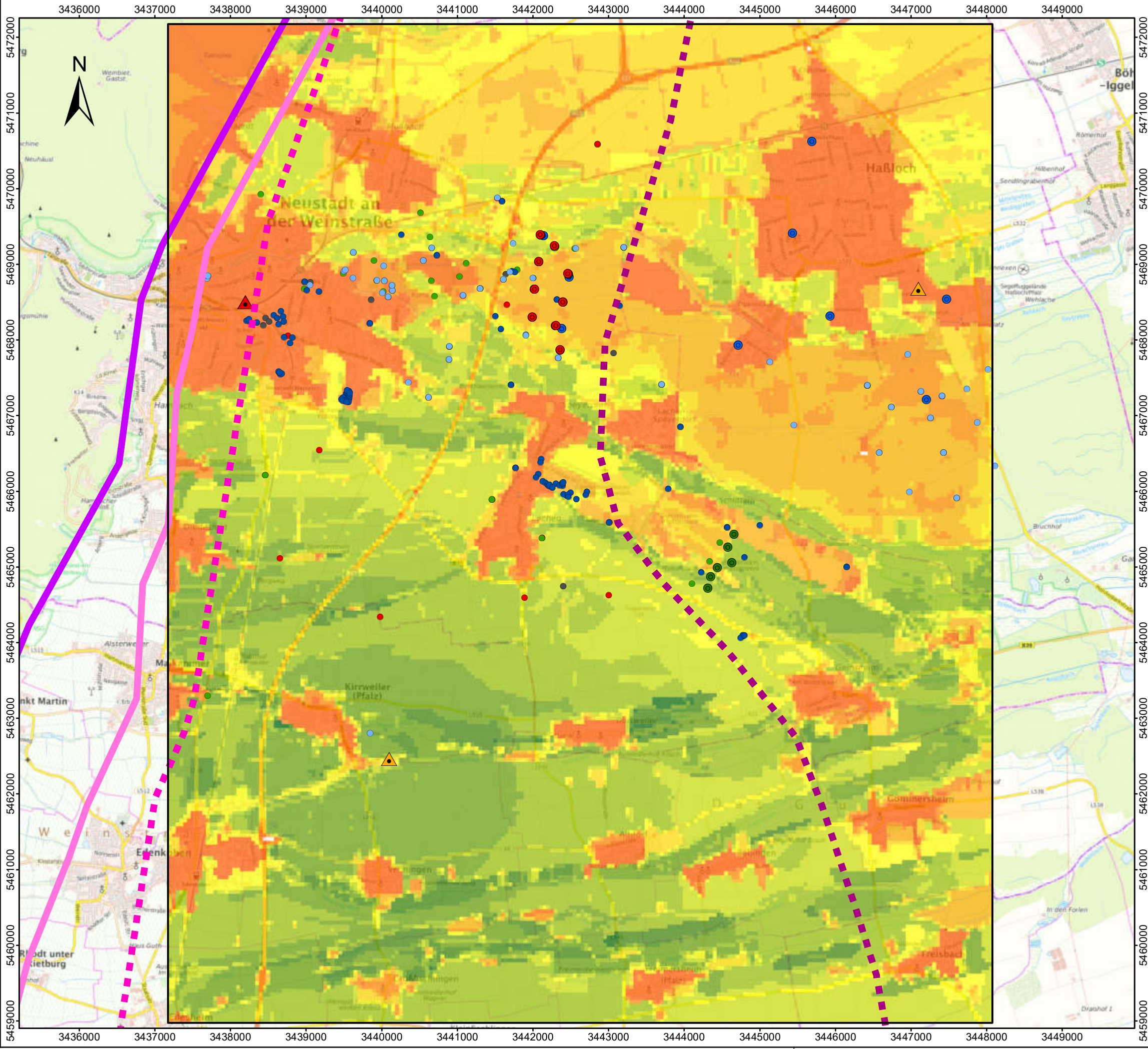


**Base-Flow-Index**  
 (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [8])

M.: 1:50,000	Mai 2023	05005.43
--------------	----------	----------

07.06.2023 14:14:21 Uhr, M 1:50000, goldthorn\bce01.de as\J10500543\03\_P110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.6\_Base-Flow-Index.mxd

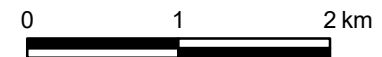
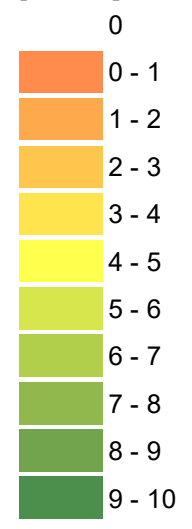
26.10.2023 13:29:04 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_3.7\_BerechneteStationäreGrundwasserneubildung2015-2022.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL<sub>o</sub>
  - OGWL<sub>u</sub>
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- Klima- und Niederschlagsstation
- Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

**Berechnete Stationäre Grundwasserneubildung 2015-2022 [l/s/km²]**



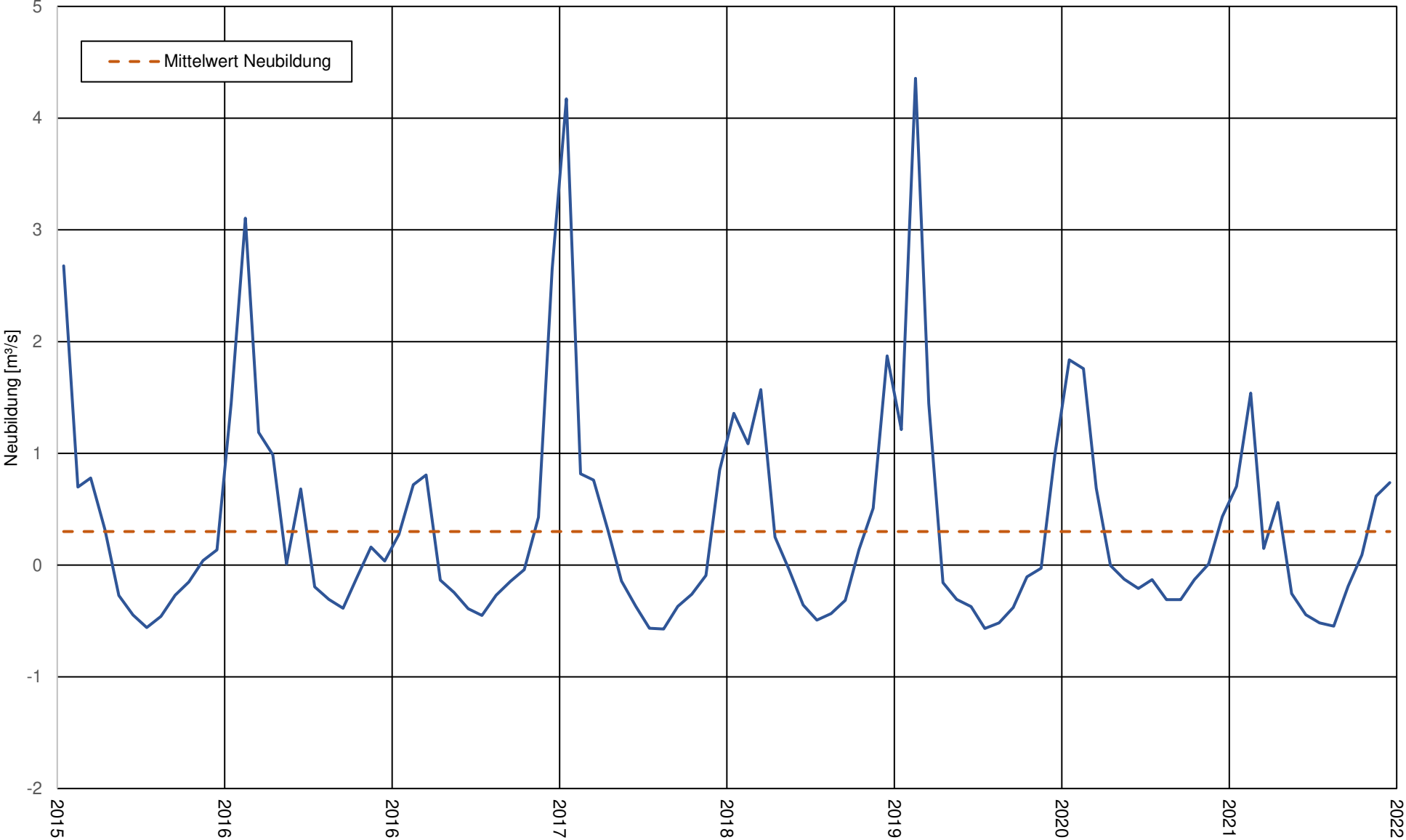
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



**Berechnete stationäre Grundwasserneubildung 2015-2022**

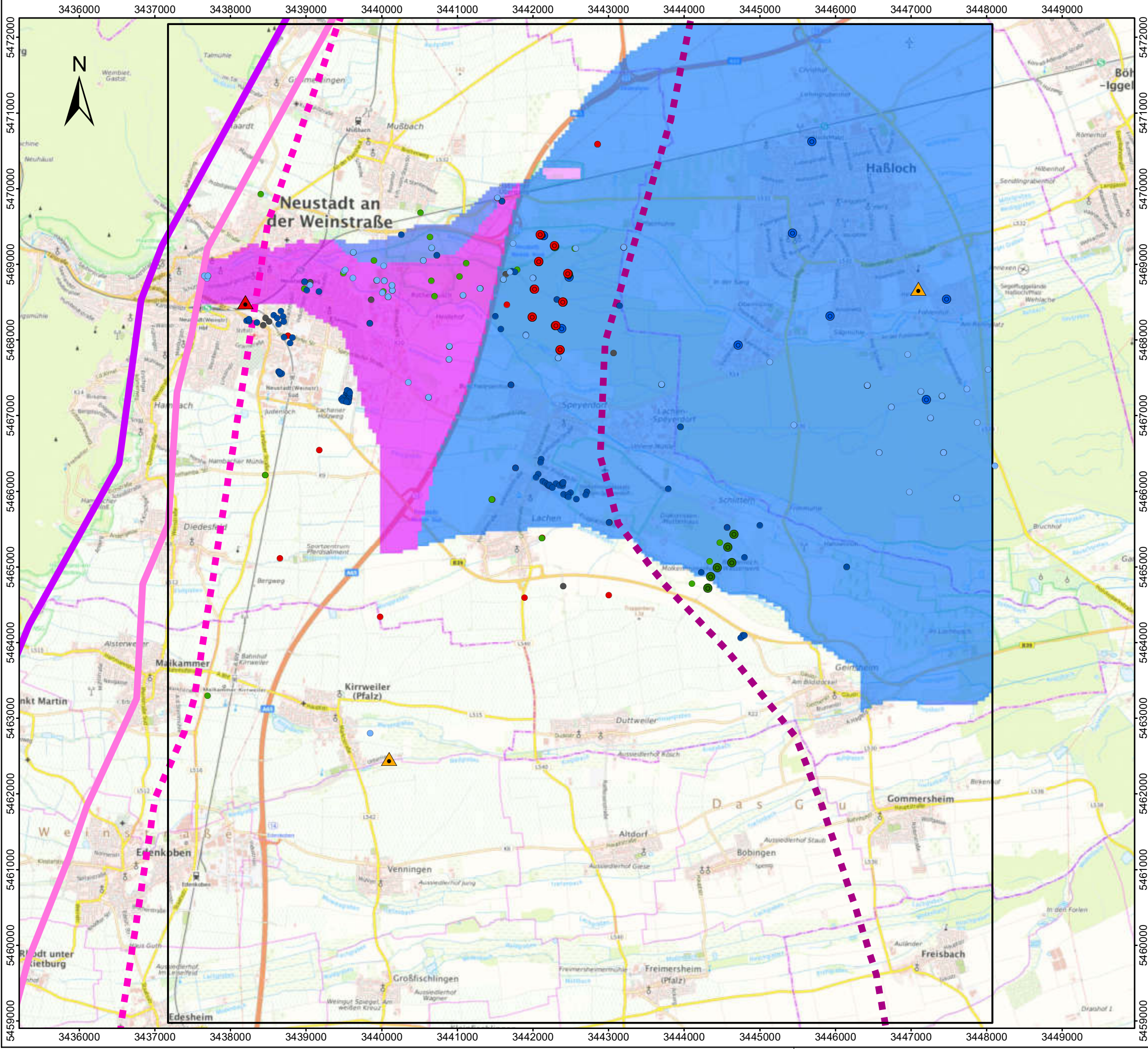
M.: 1:50.000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

Berechnete monatliche Grundwasserneubildung 2015 – 2022





26.10.2023 13:37:14 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.1\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_OGWLo(Layer1).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch
- sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
- OGWLo
- OGWLu
- MGWL
- UGWL
- mischverfiltert
- ▲ Klima- und Niederschlagsstation
- ▲ Niederschlagsstation

- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

- Untergrunddurchlässigkeiten Kf-Wert [m/s]**
- <math><1,00e-08</math>
  - <math>1,00e-08 - 5,00e-08</math>
  - <math>5,00e-08 - 1,00e-07</math>
  - <math>1,00e-07 - 5,00e-07</math>
  - <math>5,00e-07 - 1,00e-06</math>
  - <math>1,00e-06 - 5,00e-06</math>
  - <math>5,00e-06 - 1,00e-05</math>
  - <math>1,00e-05 - 5,00e-05</math>
  - <math>5,00e-05 - 1,00e-04</math>
  - <math>1,00e-04 - 5,00e-04</math>
  - <math>5,00e-04 - 5,00e-03</math>
  - <math>5,00e-03 - 1,00e-02</math>
  - <math>1,00e-02 - 1,00e+05</math>
- 0 1 2 km

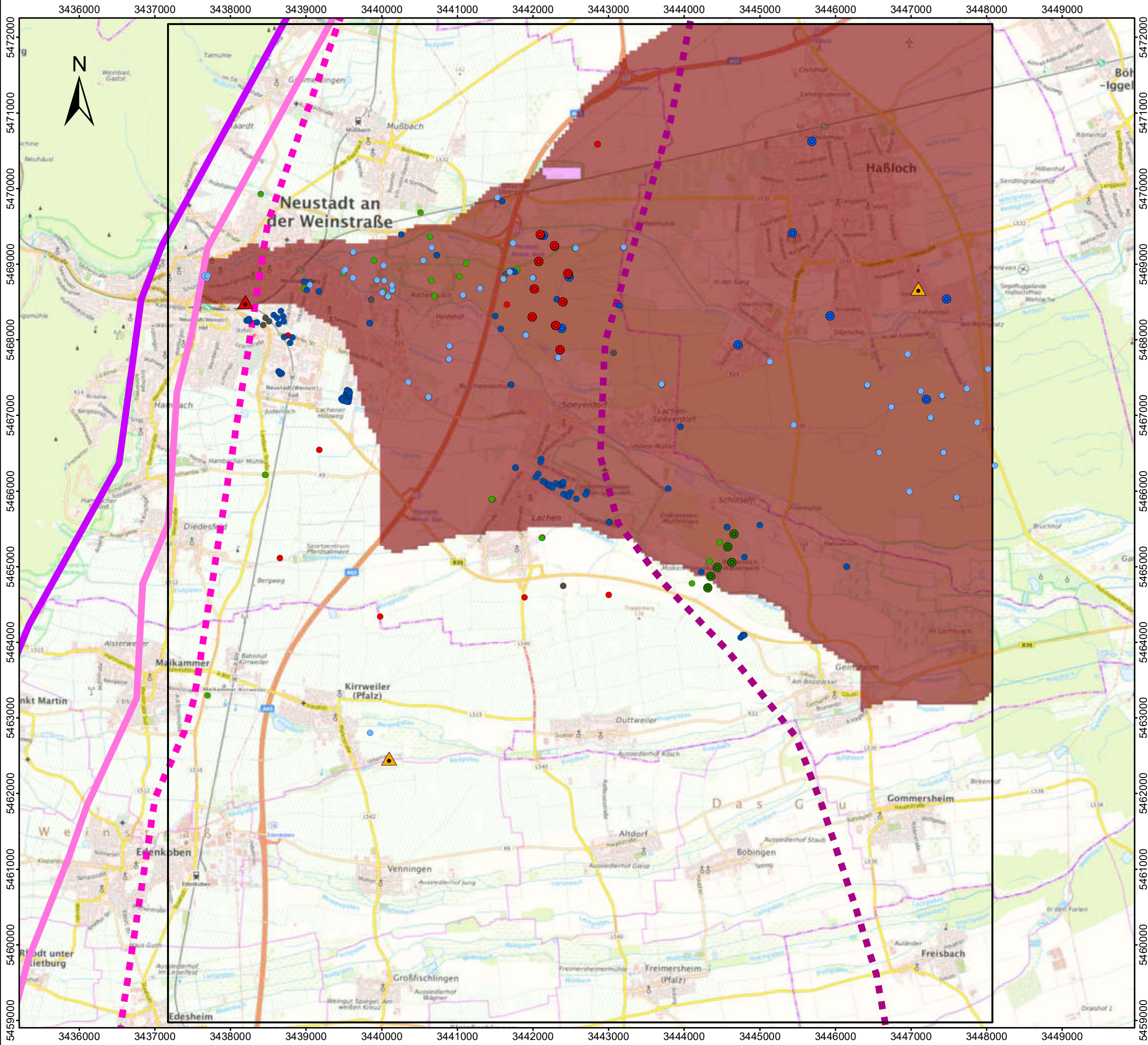
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergrunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
OGWLo (Layer 1)

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:35:33 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.2\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_ZH1(Layer2).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWLo
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- Klima- und Niederschlagsstation
- Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

**Untergunddurchlässigkeiten**  
**Kf-Wert [m/s]**

- <1,00e-08
- 1,00e-08 - 5,00e-08
- 5,00e-08 - 1,00e-07
- 1,00e-07 - 5,00e-07
- 5,00e-07 - 1,00e-06
- 1,00e-06 - 5,00e-06
- 5,00e-06 - 1,00e-05
- 1,00e-05 - 5,00e-05
- 5,00e-05 - 1,00e-04
- 1,00e-04 - 5,00e-04
- 5,00e-04 - 5,00e-03
- 5,00e-03 - 1,00e-02
- 1,00e-02 - 1,00e+05

0 1 2 km

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

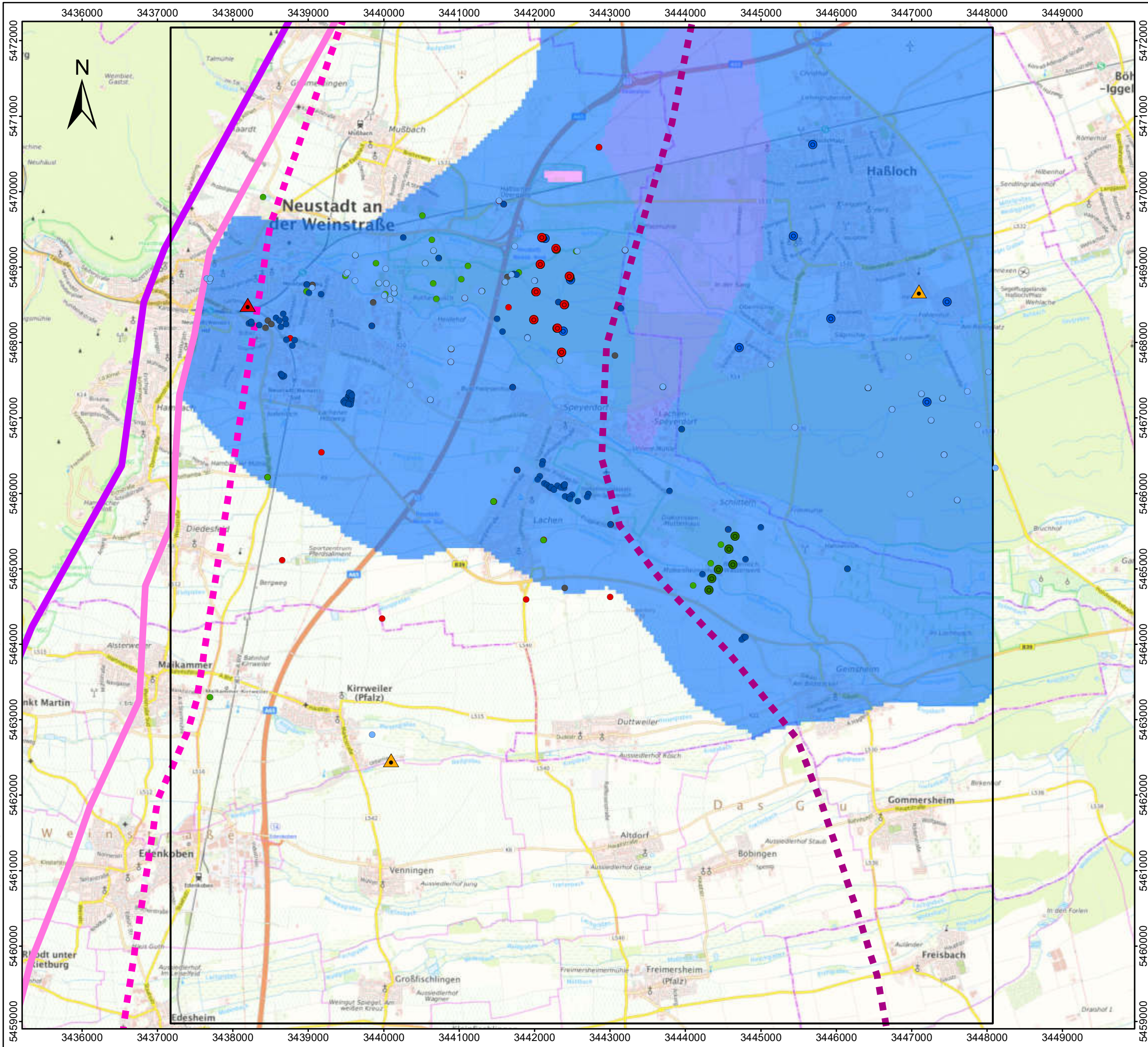
Datengrundlagen:  
© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
ZH1 (Layer 2)

M.: 1:50.000	Mai 2023	05005.43
--------------	----------	----------

26.10.2023 13:33:20 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.3\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_OGWLu(Layer3).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWLo
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
  - Klima- und Niederschlagsstation
  - Niederschlagsstation

- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

**Untergunddurchlässigkeiten  
Kf-Wert [m/s]**

- <math>1,00e-08</math>
- $1,00e-08 - 5,00e-08$
- $5,00e-08 - 1,00e-07$
- $1,00e-07 - 5,00e-07$
- $5,00e-07 - 1,00e-06$
- $1,00e-06 - 5,00e-06$
- $5,00e-06 - 1,00e-05$
- $1,00e-05 - 5,00e-05$
- $5,00e-05 - 1,00e-04$
- $1,00e-04 - 5,00e-04$
- $5,00e-04 - 5,00e-03$
- $5,00e-03 - 1,00e-02$
- $1,00e-02 - 1,00e+05$



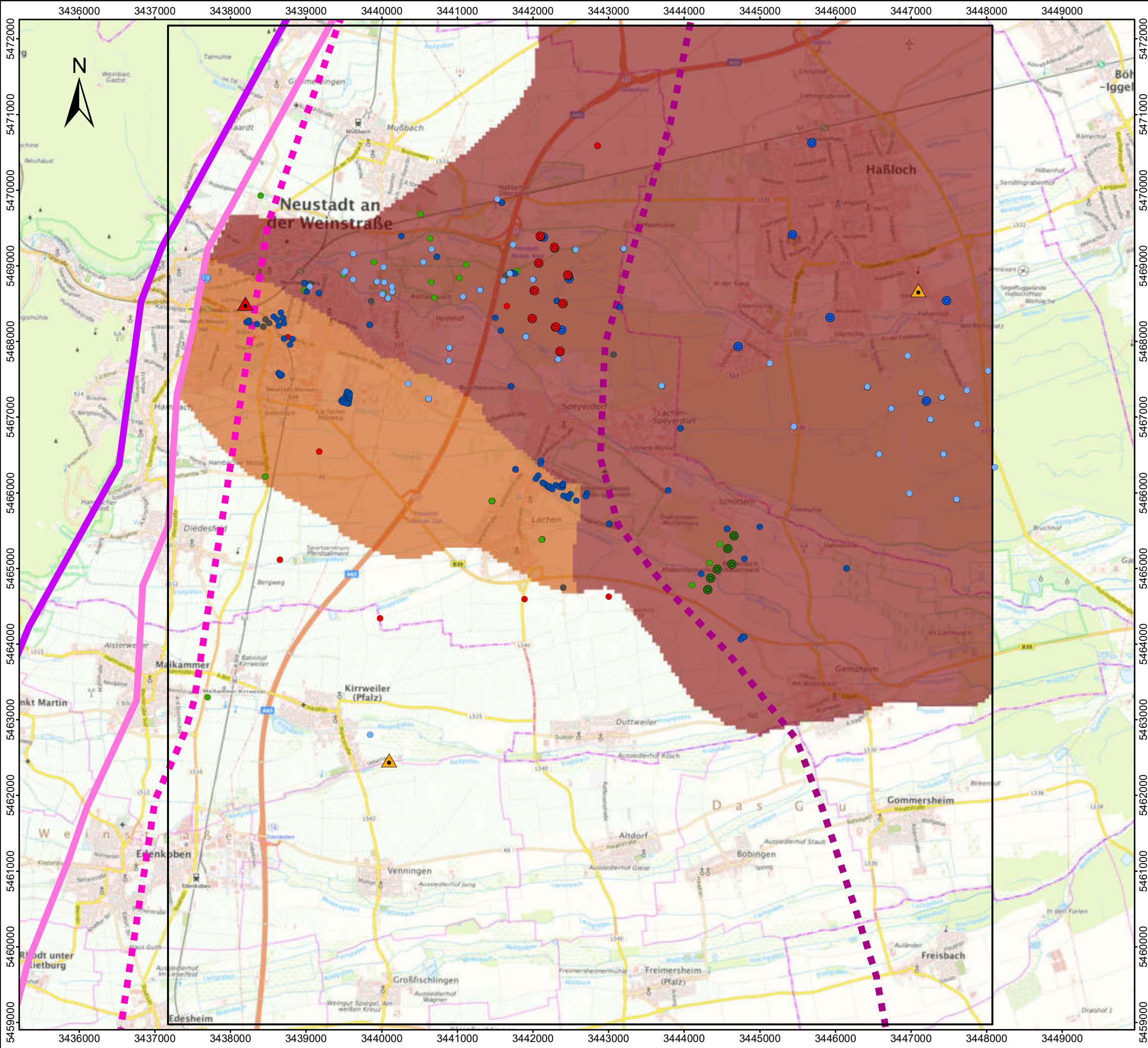
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
OGWLu (Layer 3)

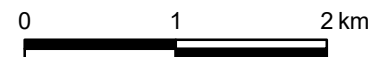
M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:39:13 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.4\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_OZH(Layer4).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL<sub>o</sub>
  - OGWL<sub>u</sub>
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
  - Klima- und Niederschlagsstation
  - Niederschlagsstation
- Verwerfungen**
  - Haupttrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
- Untergrunddurchlässigkeiten Kf-Wert [m/s]**
  - $<1,00e-08$
  - $1,00e-08 - 5,00e-08$
  - $5,00e-08 - 1,00e-07$
  - $1,00e-07 - 5,00e-07$
  - $5,00e-07 - 1,00e-06$
  - $1,00e-06 - 5,00e-06$
  - $5,00e-06 - 1,00e-05$
  - $1,00e-05 - 5,00e-05$
  - $5,00e-05 - 1,00e-04$
  - $1,00e-04 - 5,00e-04$
  - $5,00e-04 - 5,00e-03$
  - $5,00e-03 - 1,00e-02$
  - $1,00e-02 - 1,00e+05$



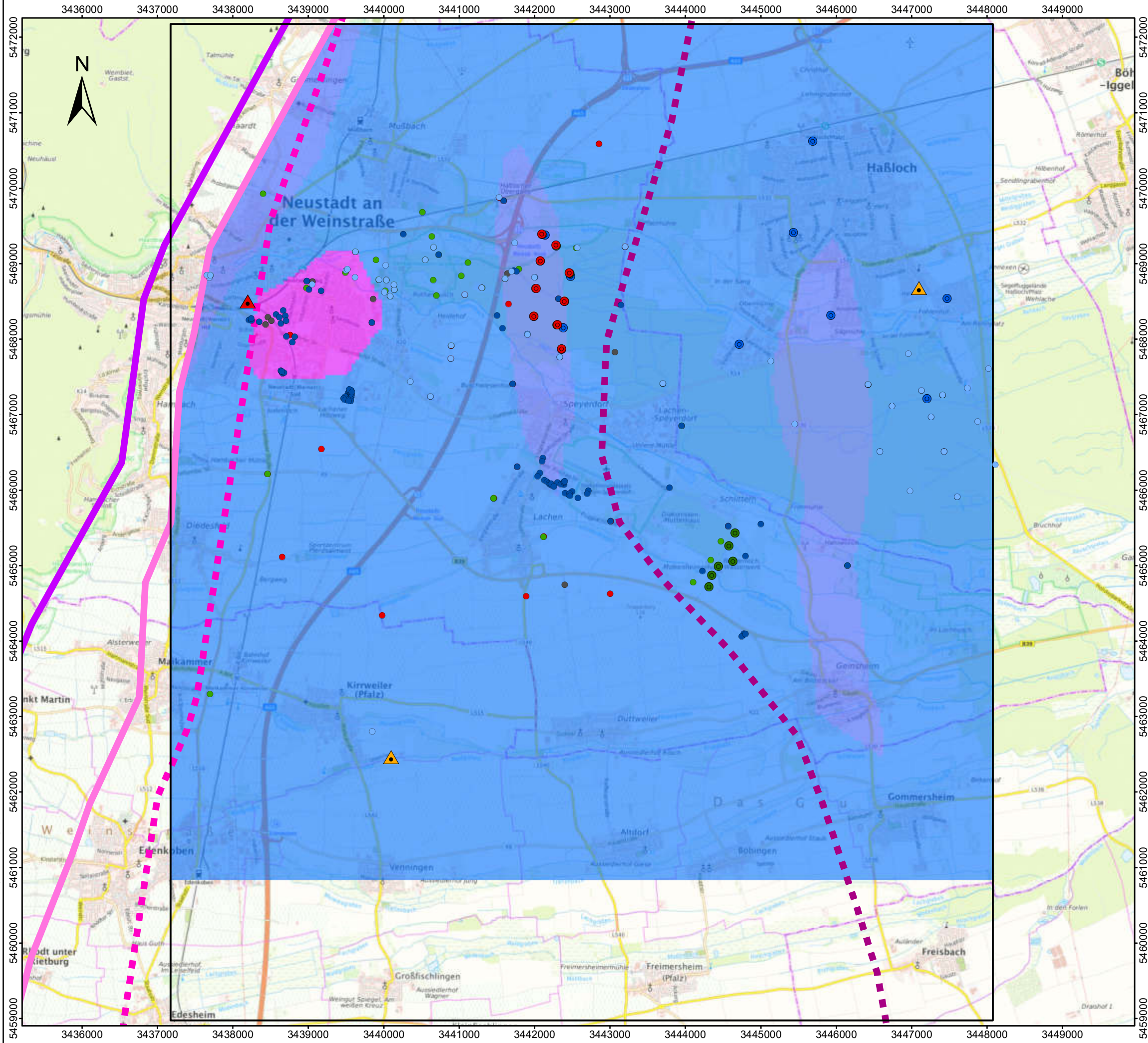
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



**Untergrunddurchlässigkeiten (Kalibrierung) OZH (Layer 4)**

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:46:28 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543103\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.5\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_MGWL(Layer5).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWLo
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
  - Klima- und Niederschlagsstation
  - Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Untergunddurchlässigkeiten Kf-Wert [m/s]**
  - <1,00e-08
  - 1,00e-08 - 5,00e-08
  - 5,00e-08 - 1,00e-07
  - 1,00e-07 - 5,00e-07
  - 5,00e-07 - 1,00e-06
  - 1,00e-06 - 5,00e-06
  - 5,00e-06 - 1,00e-05
  - 1,00e-05 - 5,00e-05
  - 5,00e-05 - 1,00e-04
  - 1,00e-04 - 5,00e-04
  - 5,00e-04 - 5,00e-03
  - 5,00e-03 - 1,00e-02
  - 1,00e-02 - 1,00e+05

0 1 2 km

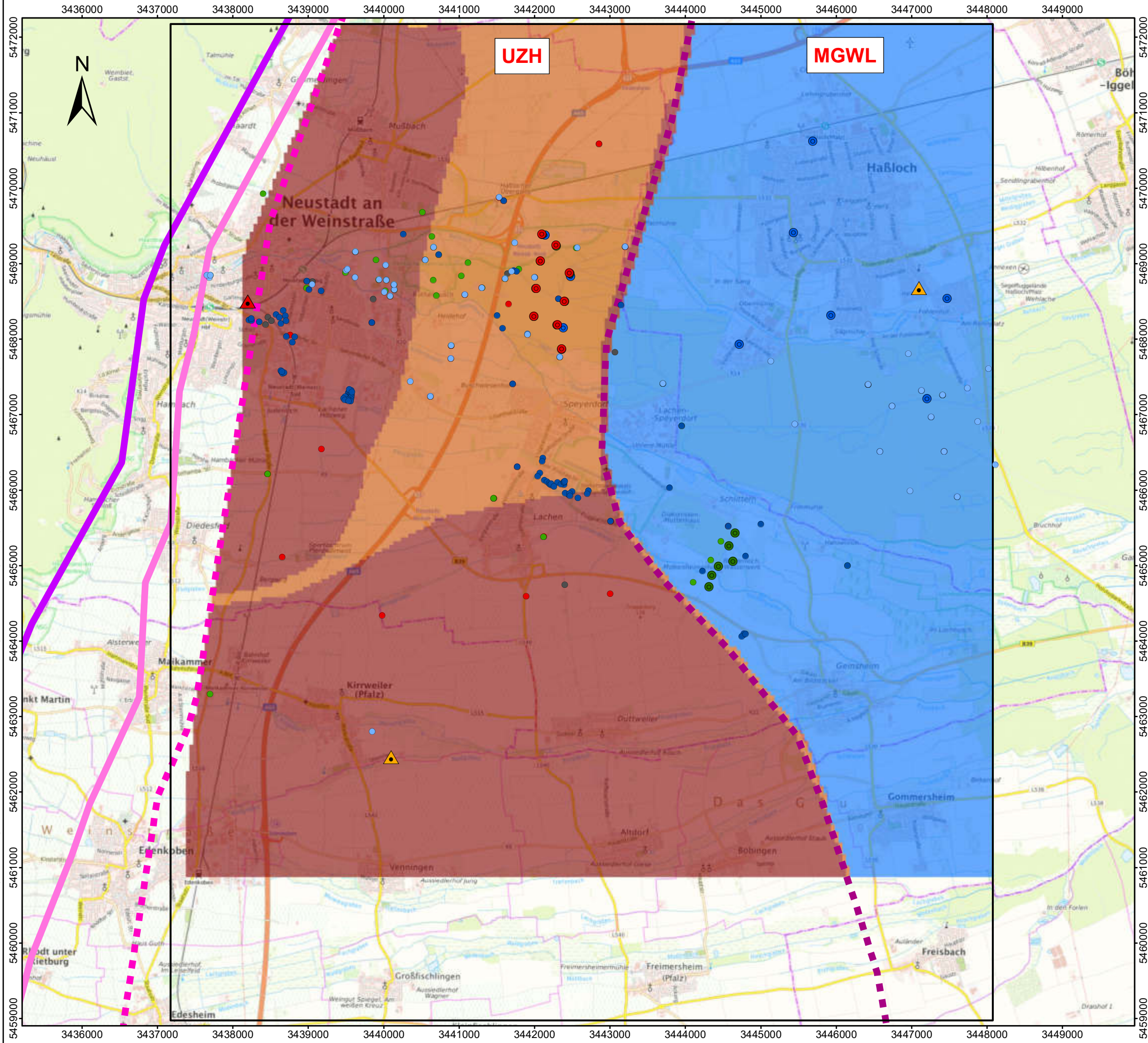
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
MGWL (Layer 5)

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:44:48 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.6\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_UZH-MGWL(Layer6).mxd, 38,0cm x 25,7cm

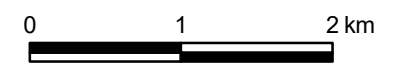


### Zeichenerklärung

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWLo
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- ▲ Klima- und Niederschlagsstation
- ▲ Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

### Untergunddurchlässigkeiten Kf-Wert [m/s]

- <1,00e-08
- 1,00e-08 - 5,00e-08
- 5,00e-08 - 1,00e-07
- 1,00e-07 - 5,00e-07
- 5,00e-07 - 1,00e-06
- 1,00e-06 - 5,00e-06
- 5,00e-06 - 1,00e-05
- 1,00e-05 - 5,00e-05
- 5,00e-05 - 1,00e-04
- 1,00e-04 - 5,00e-04
- 5,00e-04 - 5,00e-03
- 5,00e-03 - 1,00e-02
- 1,00e-02 - 1,00e+05



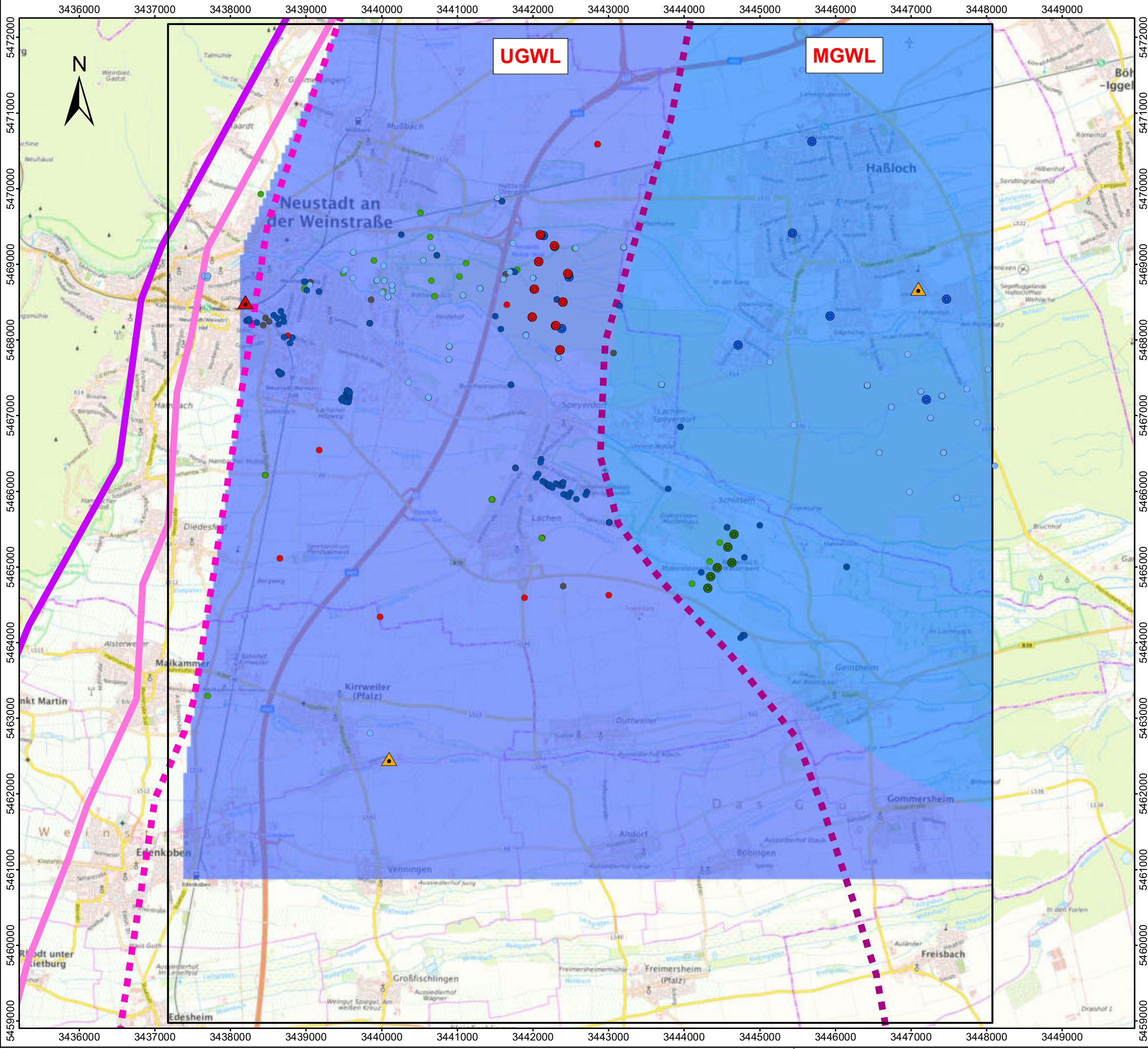
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
UZH/MGWL (Layer 6)

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

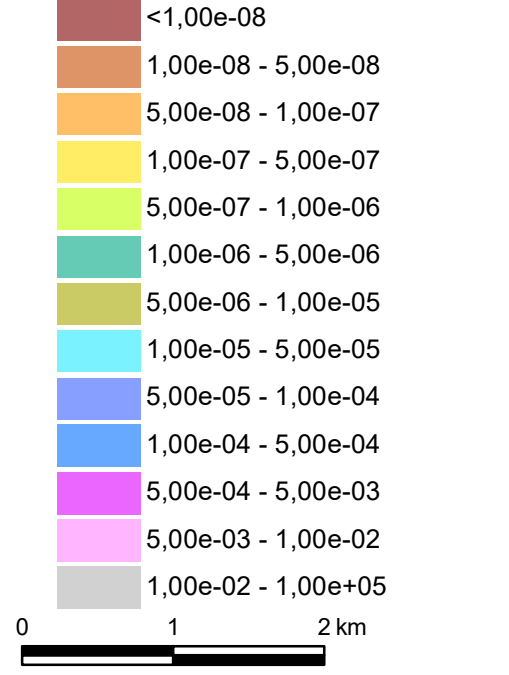
26.10.2023 13:43:57 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.7\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_UGWL-MGWL(Layer7).mxd, 38,0cm x 25,7cm



Zeichenerklärung

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL<sub>o</sub>
  - OGWL<sub>u</sub>
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
  - ▲ Klima- und Niederschlagsstation
  - ▲ Niederschlagsstation

- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch



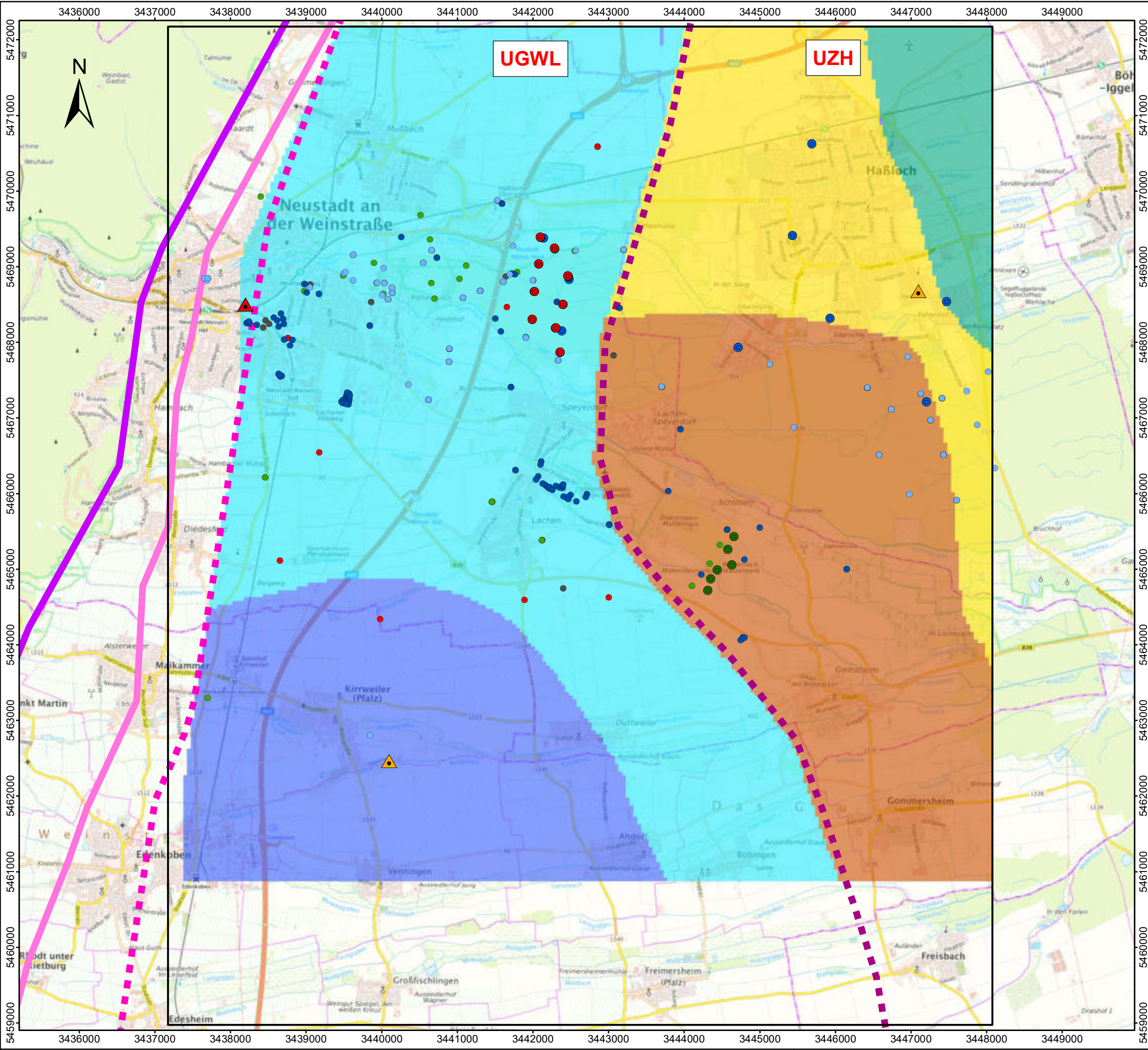
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Untergrunddurchlässigkeiten  
(Kalibrierung)  
UGWL/MGWL (Layer7)

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 13:48:26 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.8\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_UGWL-UZH(Layer8).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWL<sub>o</sub>
  - OGWL<sub>u</sub>
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- ▲ Klima- und Niederschlagsstation
- ▲ Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- - - Zwischenschollenverwerfung
- - - Grabenstaffelbruch
- Untergrounddurchlässigkeiten**  
**Kf-Wert [m/s]**
  - <1,00e-08
  - 1,00e-08 - 5,00e-08
  - 5,00e-08 - 1,00e-07
  - 1,00e-07 - 5,00e-07
  - 5,00e-07 - 1,00e-06
  - 1,00e-06 - 5,00e-06
  - 5,00e-06 - 1,00e-05
  - 1,00e-05 - 5,00e-05
  - 5,00e-05 - 1,00e-04
  - 1,00e-04 - 5,00e-04
  - 5,00e-04 - 5,00e-03
  - 5,00e-03 - 1,00e-02
  - 1,00e-02 - 1,00e+05

0 1 2 km

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

Datengrundlagen:  
© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

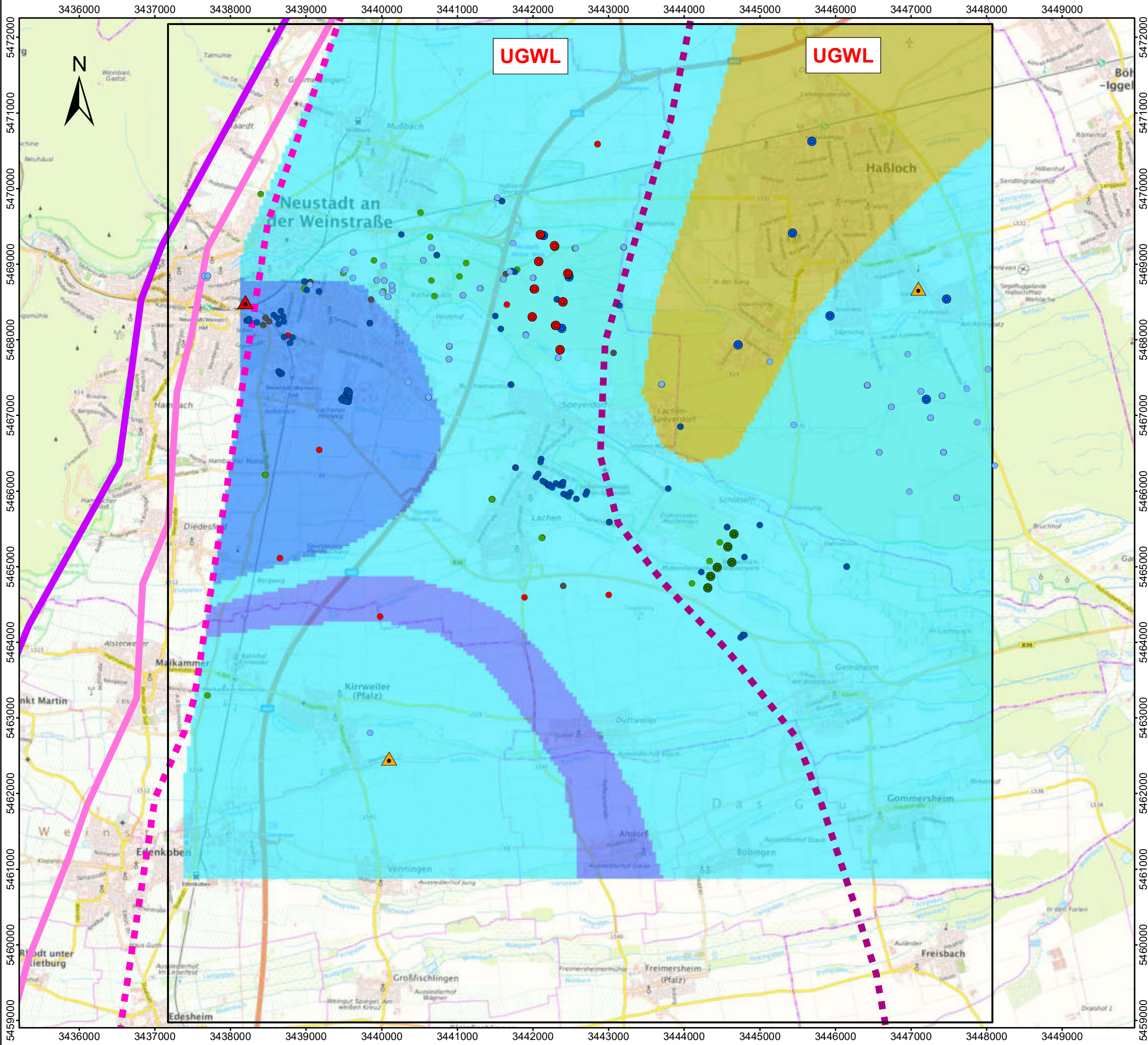


**Untergrounddurchlässigkeiten**  
**(Kalibrierung)**  
**UGWL/UZH (Layer 8)**

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------



26.10.2023 13:47:12 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_4.9\_Untergrunddurchlässigkeiten(Kalibrierung)\_UGWL(Layer9).mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Brunnen**
  - Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
  - sonstige Brunnen
- Grundwassermessstelle**
  - OGWLo
  - OGWLu
  - MGWL
  - UGWL
  - mischverfiltert
- Klima- und Niederschlagsstation
- Niederschlagsstation
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Untergrounddurchlässigkeiten**
- Kf-Wert [m/s]**
  - <1,00e-08
  - 1,00e-08 - 5,00e-08
  - 5,00e-08 - 1,00e-07
  - 1,00e-07 - 5,00e-07
  - 5,00e-07 - 1,00e-06
  - 1,00e-06 - 5,00e-06
  - 5,00e-06 - 1,00e-05
  - 1,00e-05 - 5,00e-05
  - 5,00e-05 - 1,00e-04
  - 1,00e-04 - 5,00e-04
  - 5,00e-04 - 5,00e-03
  - 5,00e-03 - 1,00e-02
  - 1,00e-02 - 1,00e+05

0 1 2 km

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



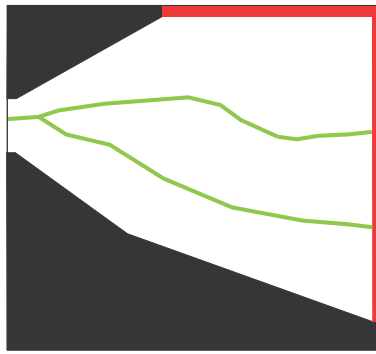
Untergrounddurchlässigkeiten  
 (Kalibrierung)  
 UGWL (Layer 9)

M.: 1:50.000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

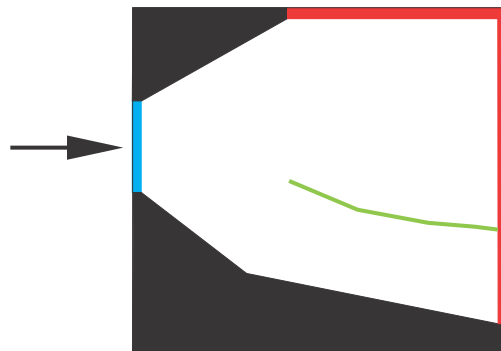
# Übersicht Randbedingungen

- schematisiert -

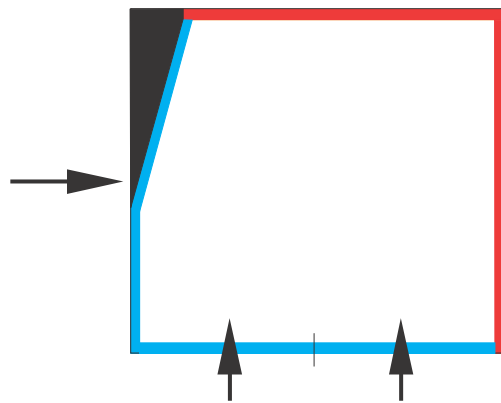
OGWLo



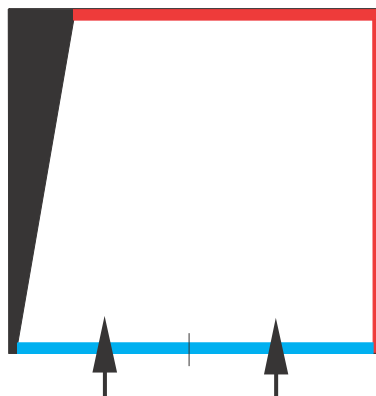
OGWLu



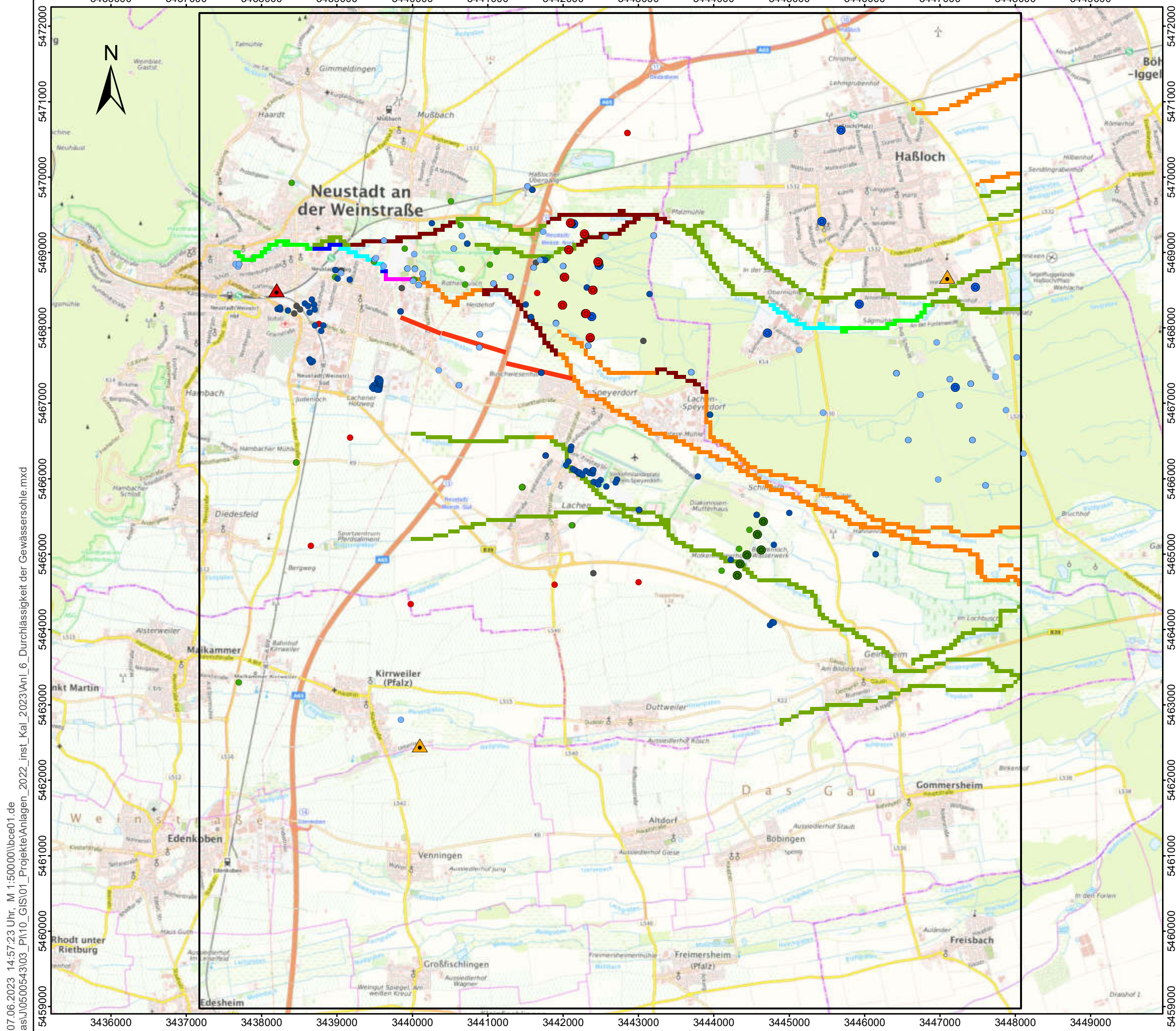
MGWL



UGWL



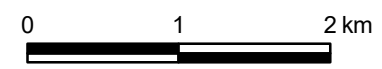
-  No-flow-Zellen
-  Festpotenzial
-  Randzufluss
-  Gewässer



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Brunnen**
    - Brunnen Ordenswald
    - Brunnen Benzenloch
    - sonstige Brunnen
  - Grundwassermesstelle**
    - OGWLo
    - OGWLu
    - MGWL
    - UGWL
    - mischverfiltert
  - ▲ Klima- und Niederschlagsstation
  - ▲ Niederschlagsstation

— Infiltration Strecke

- Durchlässigkeit der Gewässersohle-Leakage**
- █ 1.25e-08 - 5.00e-08
  - █ 5.00e-08 - 1.00e-07
  - █ 1.00e-07 - 5.00e-07
  - █ 5.00e-07 - 1.00e-06
  - █ 1.00e-06 - 5.00e-06
  - █ 5.00e-06 - 1.00e-05
  - █ 1.00e-05 - 5.00e-05



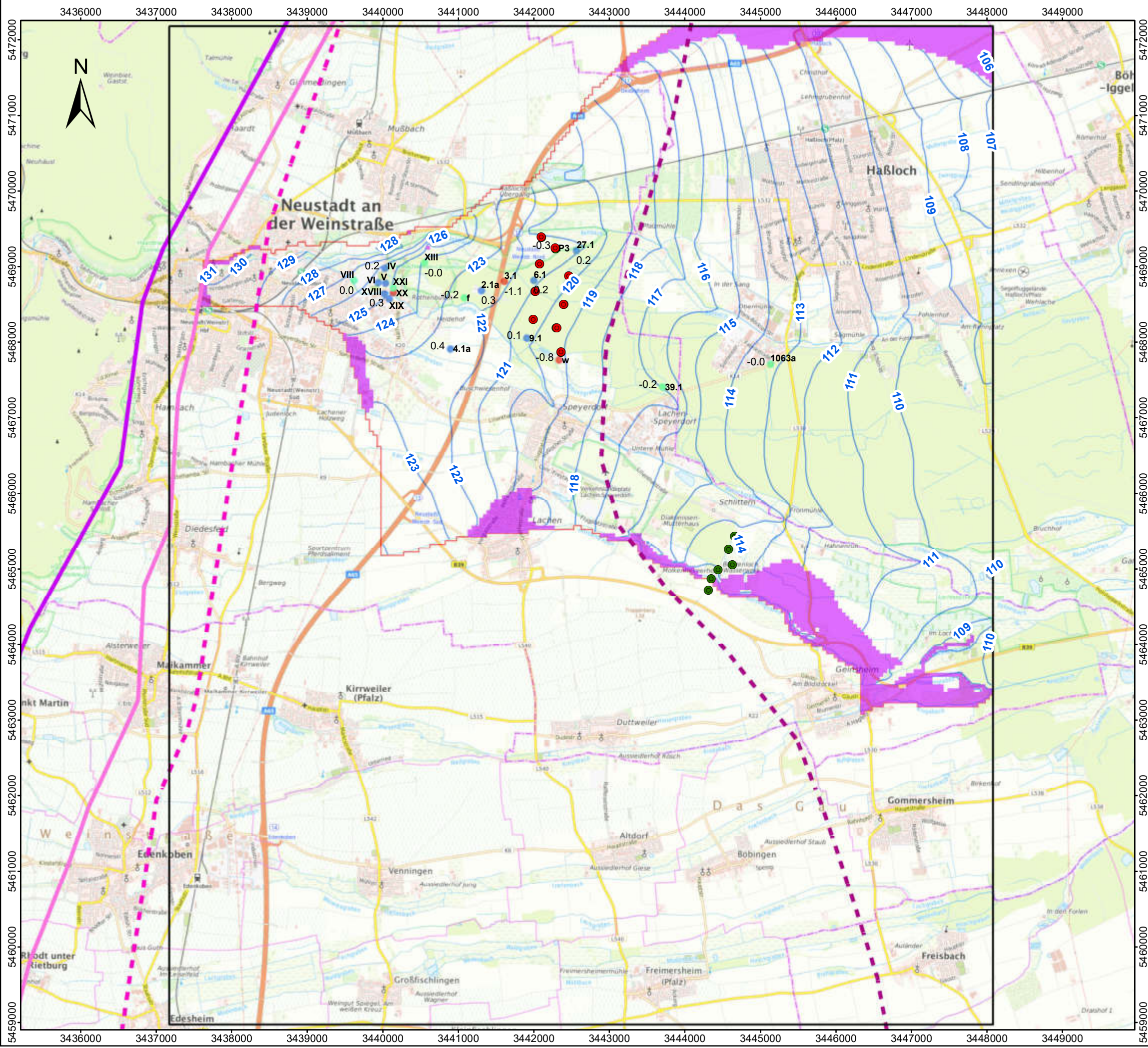
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



<b>Durchlässigkeit der Gewässersohle</b>		
M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43

07.06.2023 14:57:23 Uhr, M:\1:50000\lbc01.de\as\J0500543\03\_P110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_6\_Durchlässigkeit der Gewässersohle.mxd

26.10.2023 13:55:54 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543103\_P110\_GIS01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_7.1\_StationäreKalibrierung2013-2014\_OGWLo-Neu.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum OGWLo

**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Trocken berechnet

**Grundwassermessstellen des hydrogeologischen Messnetzes mit Messtellennamen, mittlerem Grundwasserstand 2013-2014 in [m NN]**

- zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
- Abweichung < 0,5 m
- zu tief berechneter Grundwasserstand [m]
- Berechnete Grundwassergleichen in OGWLo [m NN]

0 1 2 km

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

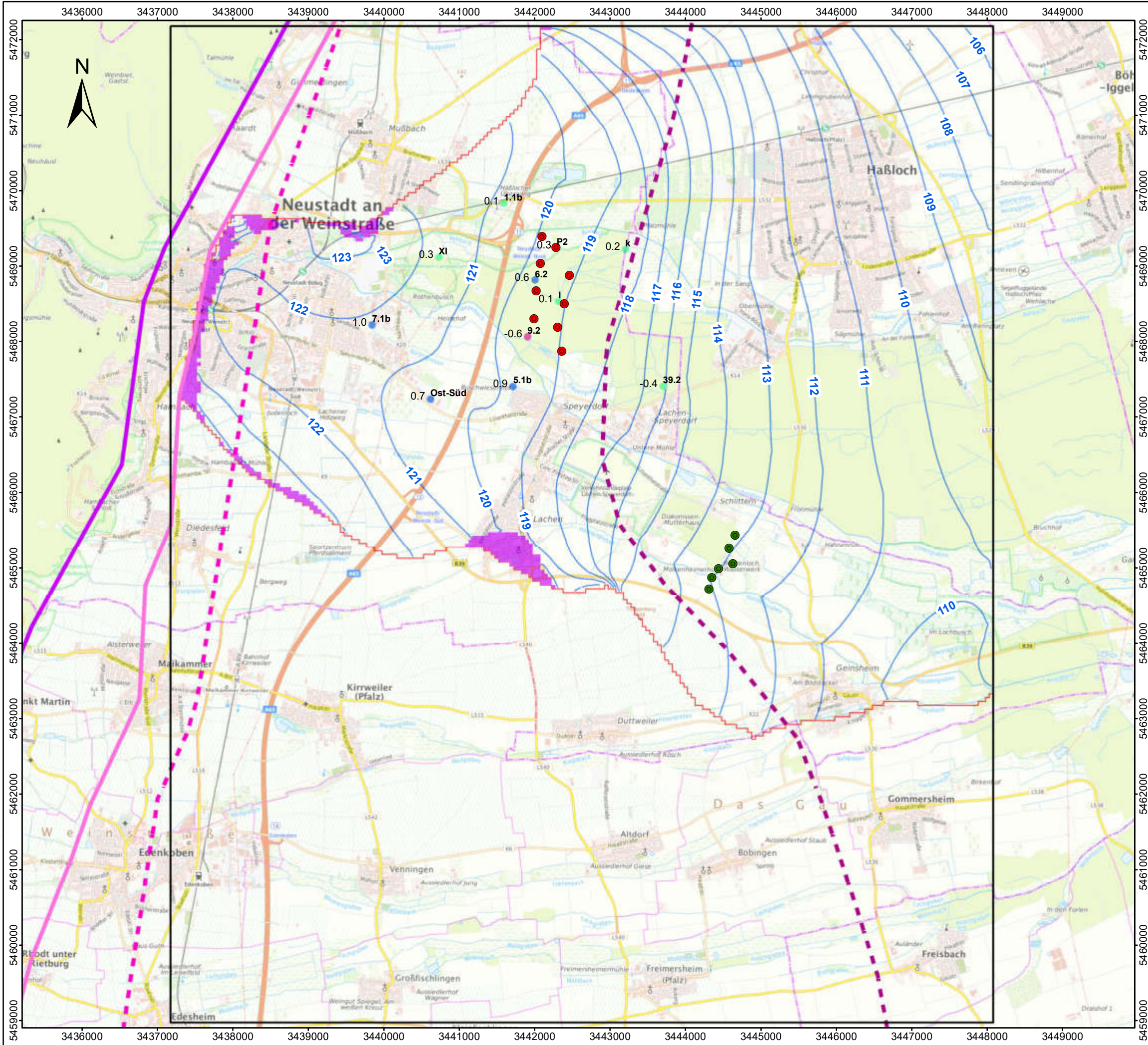
Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

**BCI**  
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

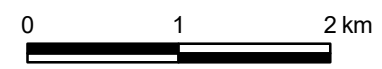
Stationäre Kalibrierung  
 Mittel 2013 - 2014,  
 berechnete Grundwasserströmung  
 OGWLo

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 09:34:46 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_7.2\_StationäreKalibrierung2013-2014\_OGWLu\_Neu.mxd, 38,0cm x 25,7cm



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Modellraum OGWLu
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
- Haupttrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
  - Trocken berechnet
- Grundwassermessstellen des hydrogeologisches Messnetzes mit Messstellenname, mittlerem Grundwasserstand 2013-2014 in [m NN]**
- zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
  - Abweichung < 0,5 m
  - zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
  - Berechnete Grundwassergleichen in OGWLu [m NN]

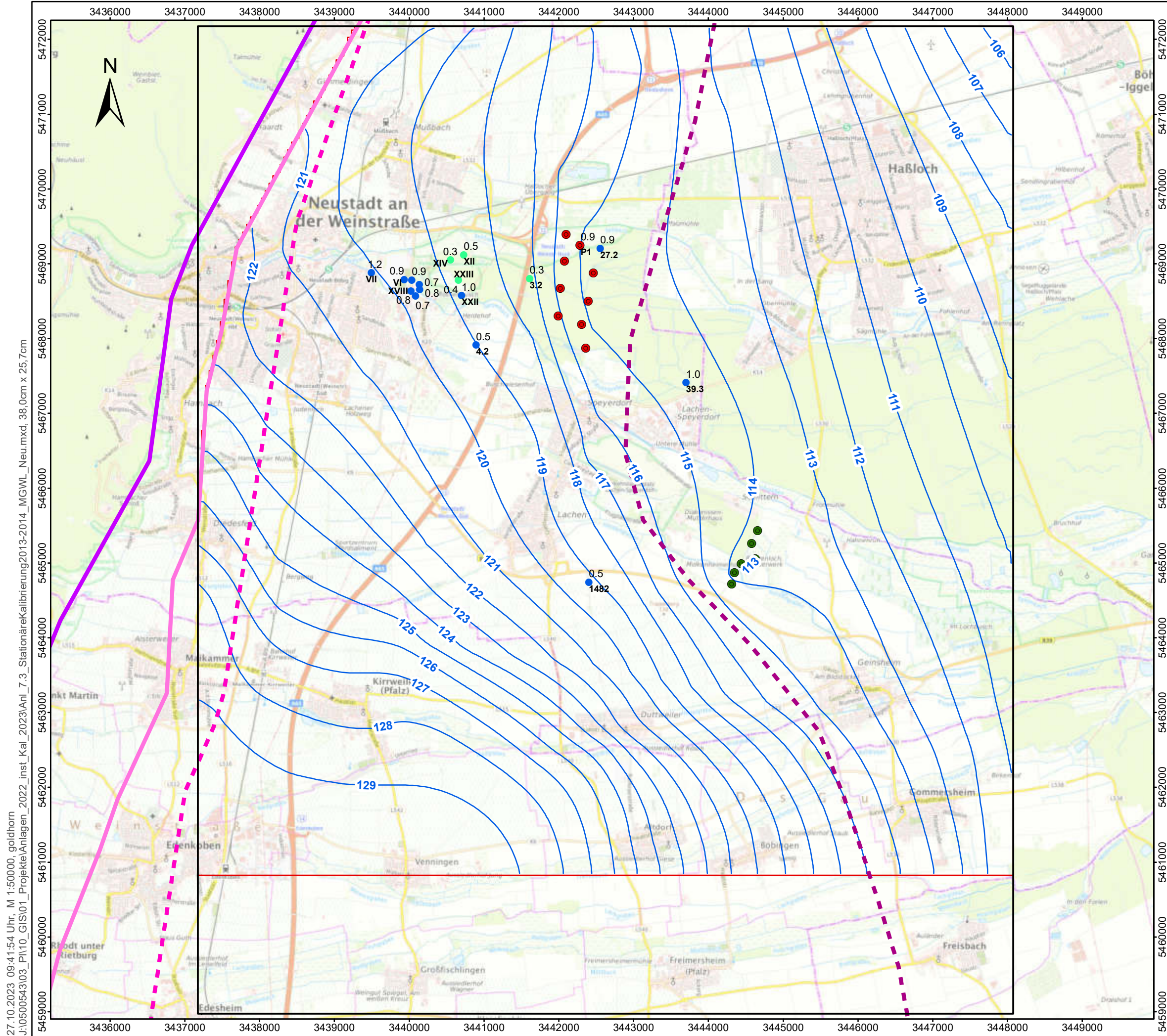


Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



**Stationäre Kalibrierung  
 Mittel 2013 - 2014,  
 Berechnete Grundwasserströmung  
 OGWLu**

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum MGWL

**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

**Grundwassermessstellen des hydrogeologischen Messnetzes mit Messstellename, mittlerem Grundwasserstand 2013-2014 in [m NN]**

- zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
- Abweichung < 0,5 m
- zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
- Berechnete Grundwassergleichen in MGWL [m NN]

0 1 2 km

Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

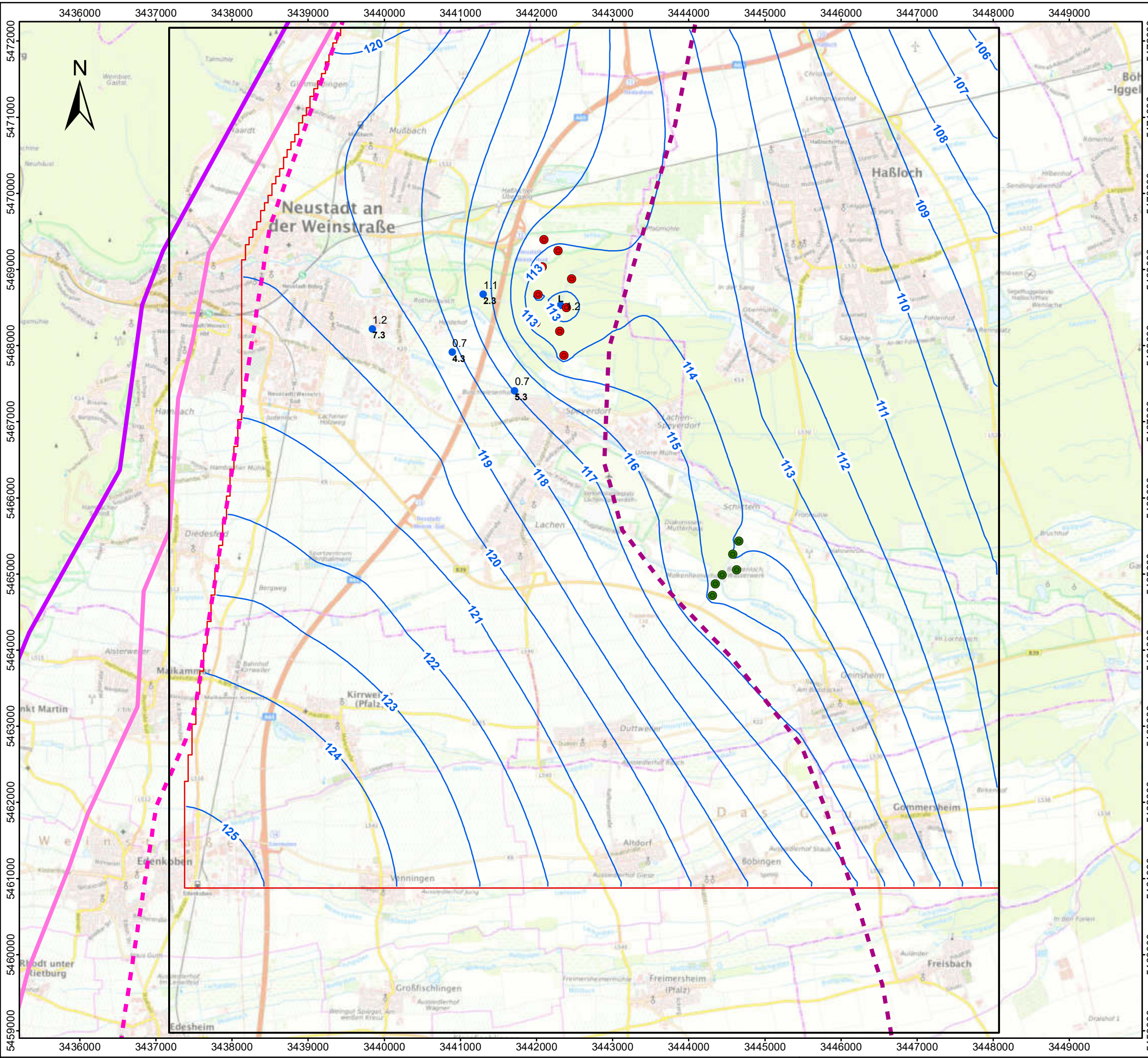
**BCI**  
 BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Stationäre Kalibrierung  
 Mittel 2013 - 2014,  
 berechnete Grundwasserströmung  
 MGWL

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 09:41:54 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543103\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_7.3\_StationäreKalibrierung2013-2014\_MGWL\_Neu.mxd, 38,0cm x 25,7cm

26.10.2023 13:56:56 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_7.4\_StationäreKalibrierung2013-2014\_UGWL\_Neu\_n2.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum UGWL

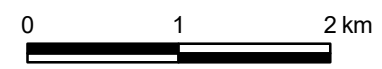
**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

— Haupttrandverwerfung  
— Randscholleverwerfung  
- - - Zwischenschollenverwerfung  
- - - Grabenstaffelbruch

**Grundwassermessstellen des hydrogeologischen Messnetzes mit Messstellenname, mittlerem Grundwasserstand 2013-2014 in [m NN]**

- zu hoch berechneter Grundwasserstand [m]
- Abweichung < 0,5 m
- zu tief berechneter Grundwasserstand [m]
- Berechnete Grundwassergleichen in UGWL [m NN]



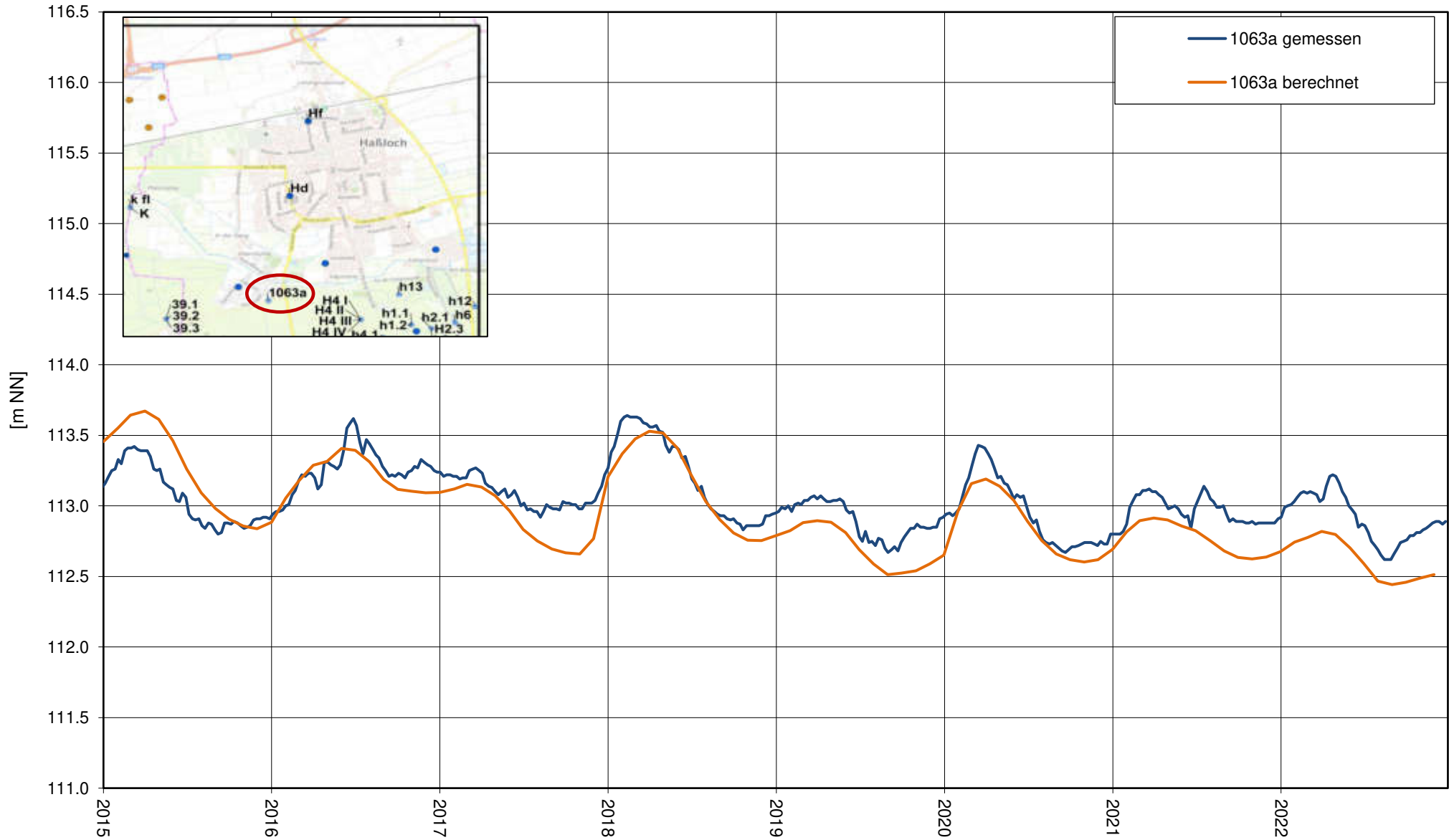
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



**Stationäre Kalibrierung  
 Mittel 2013 - 2014,  
 berechnete Grundwasserströmung  
 UGWL**

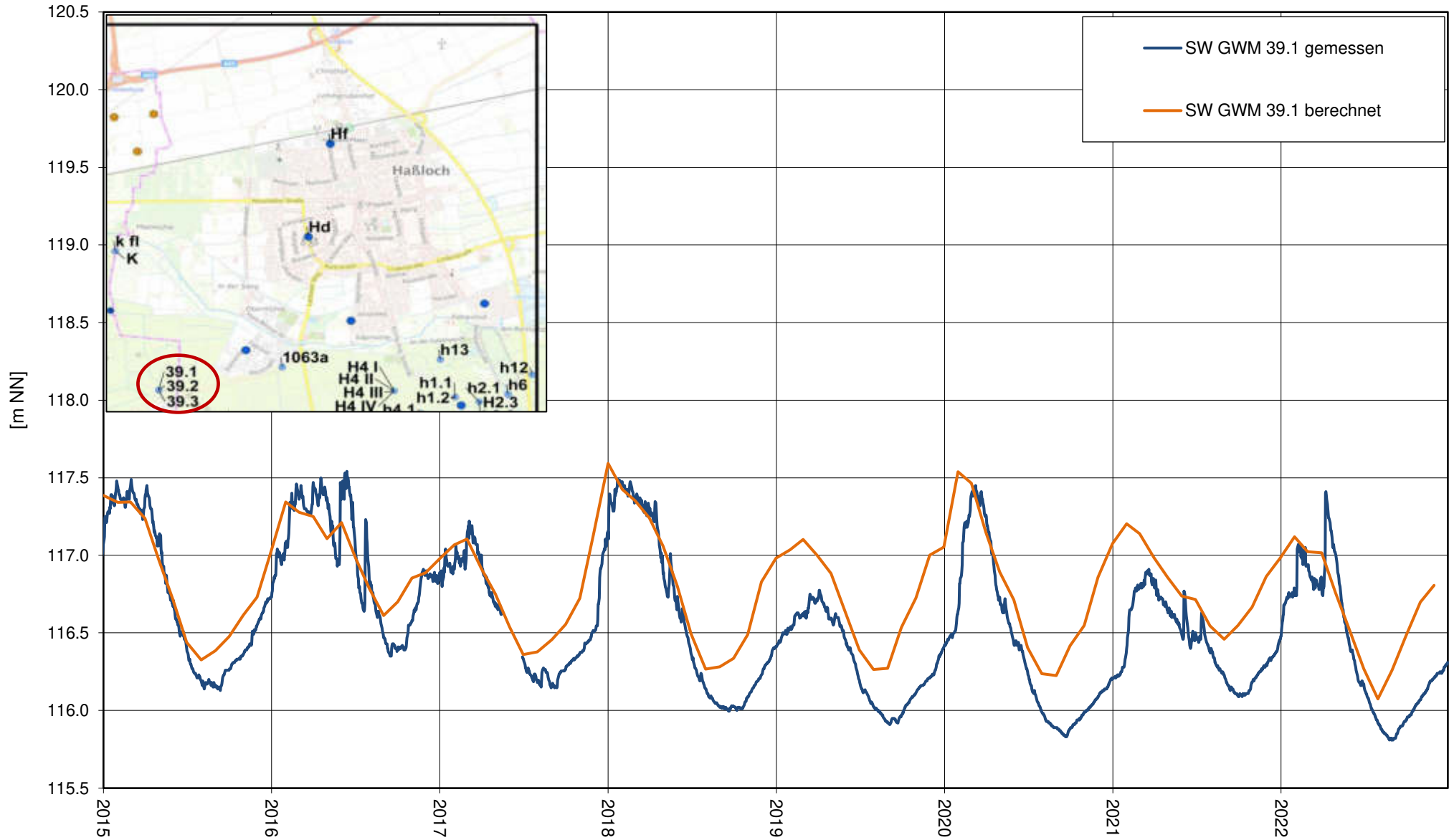
M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo



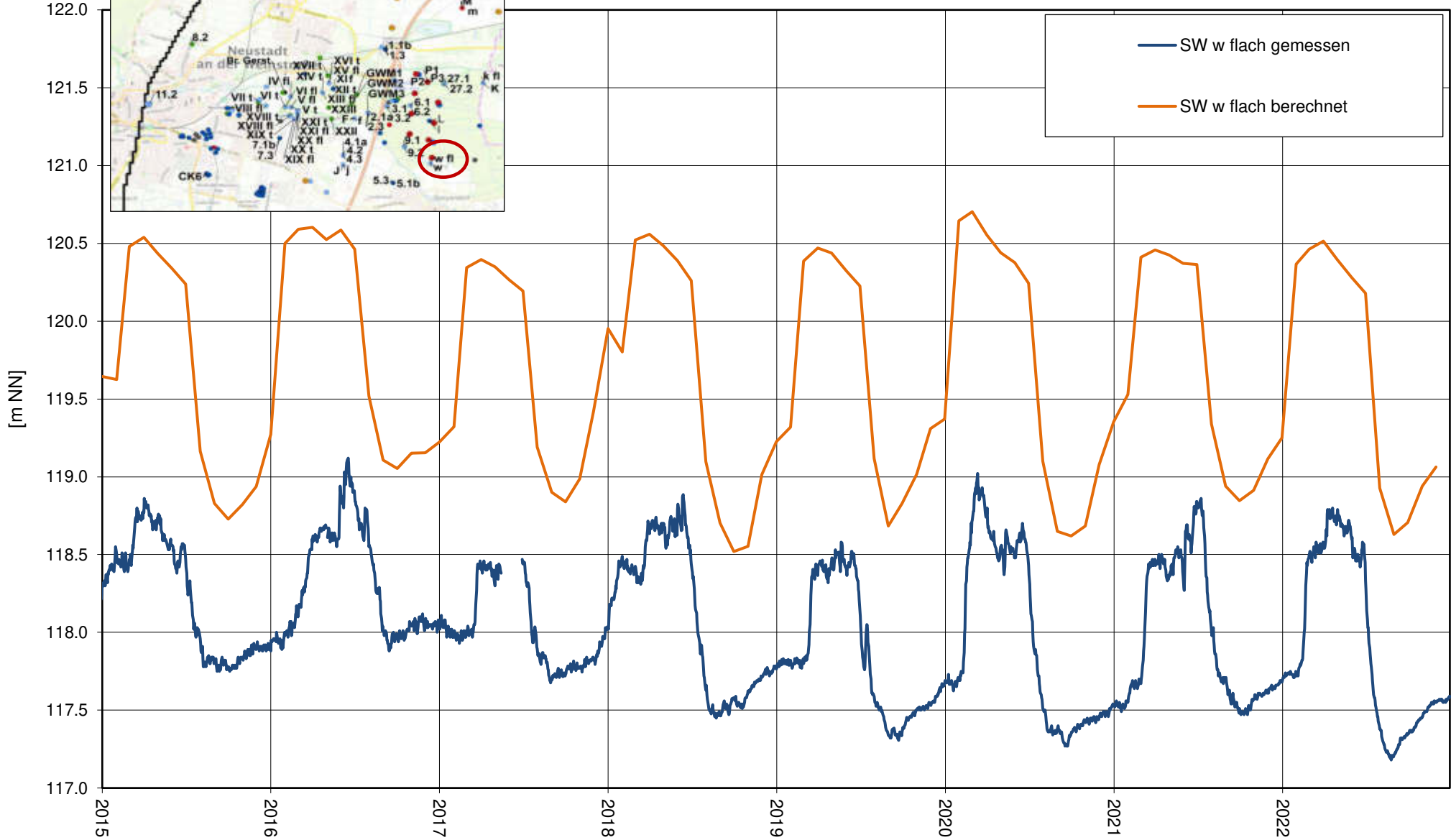


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo

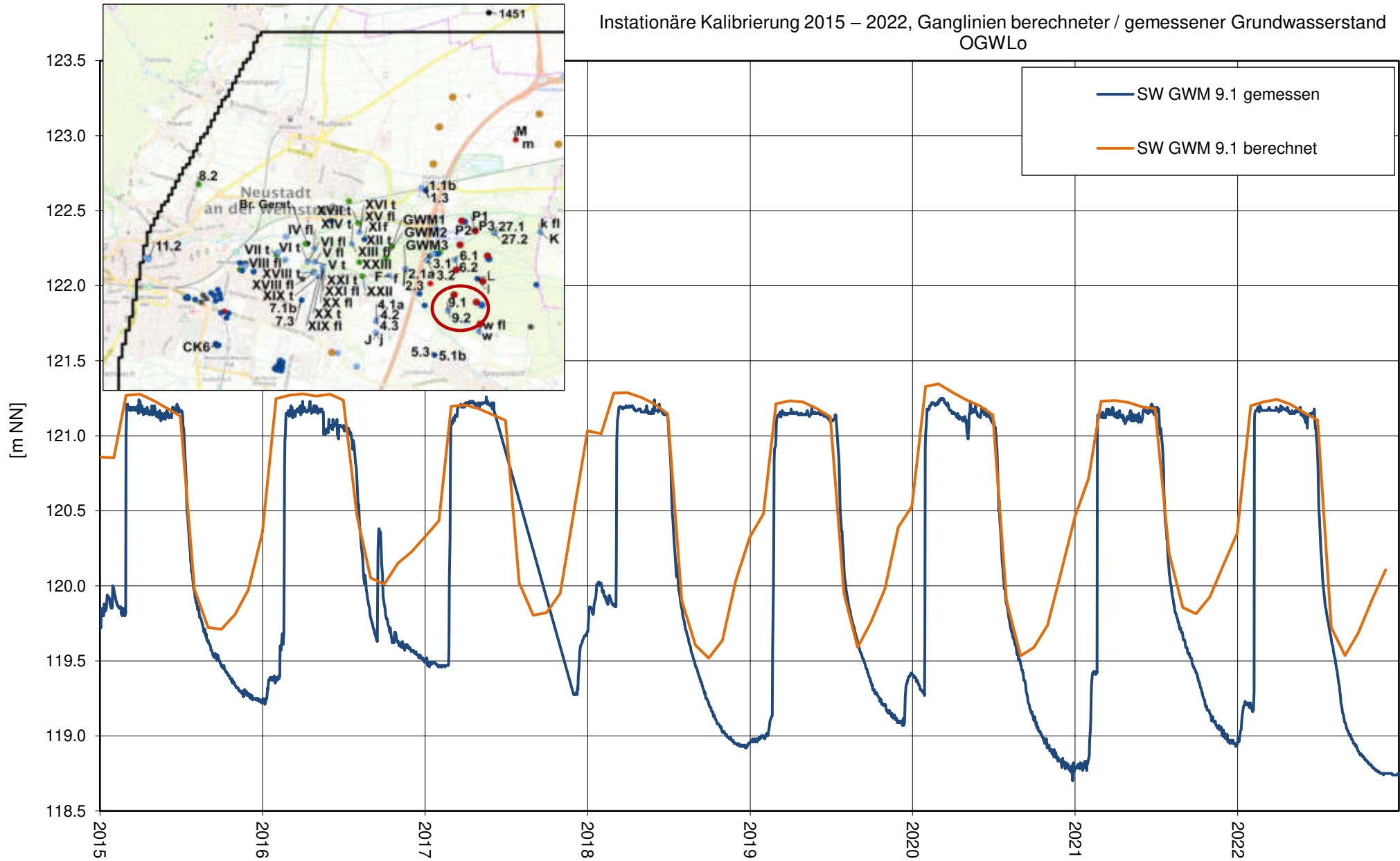


Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
Instationäres Grundwassermodell

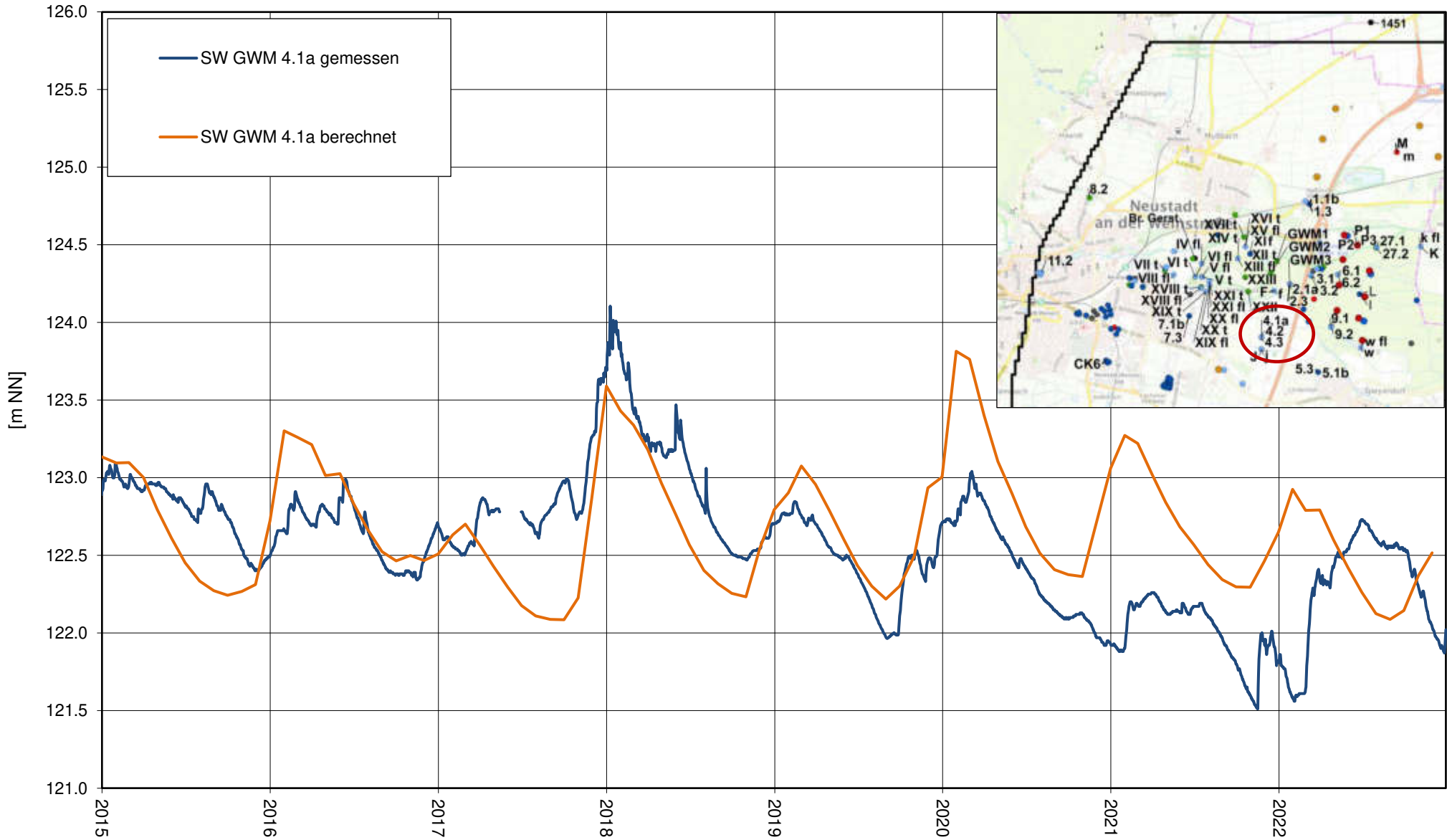
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo



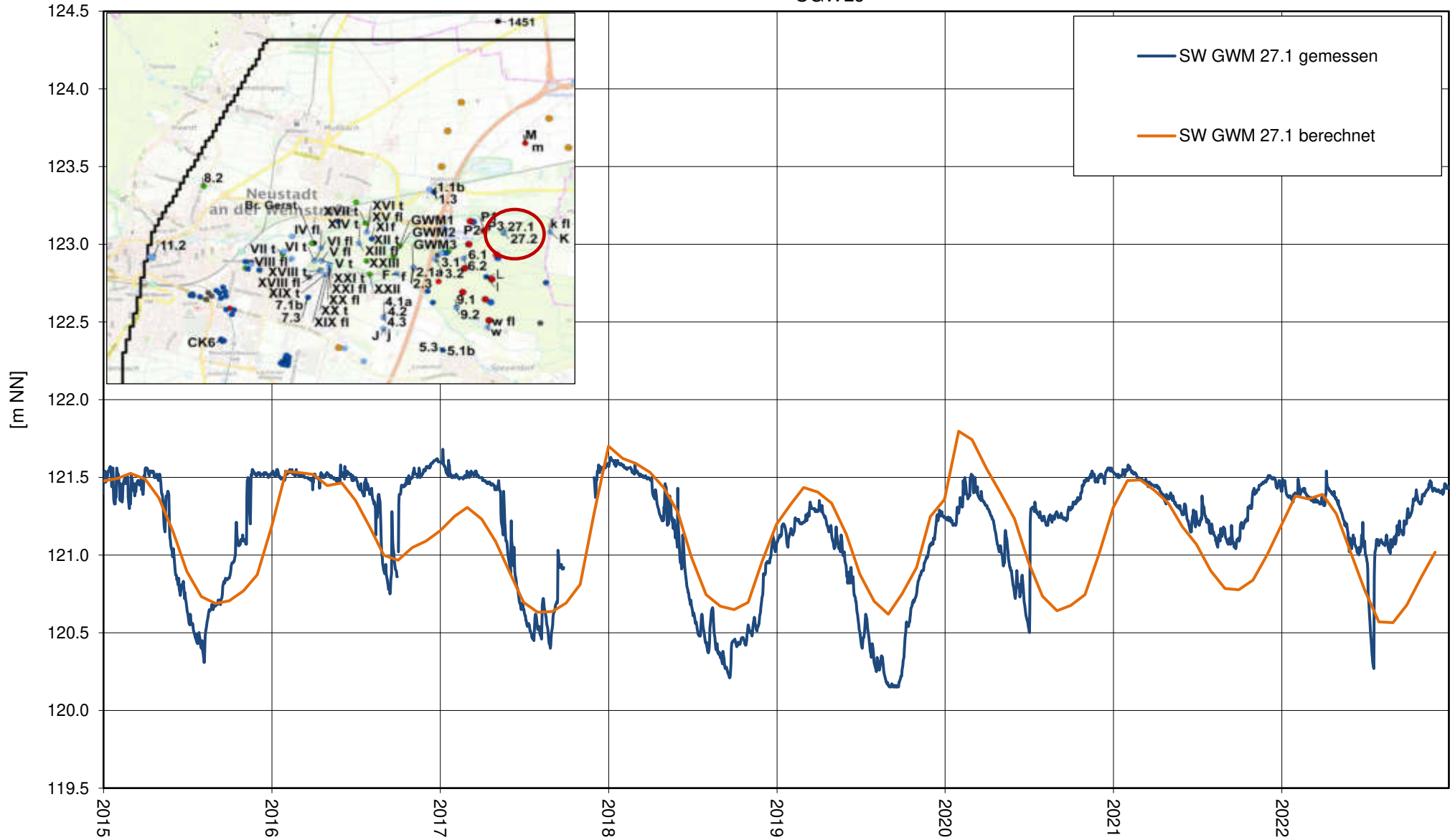
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand OGWLo



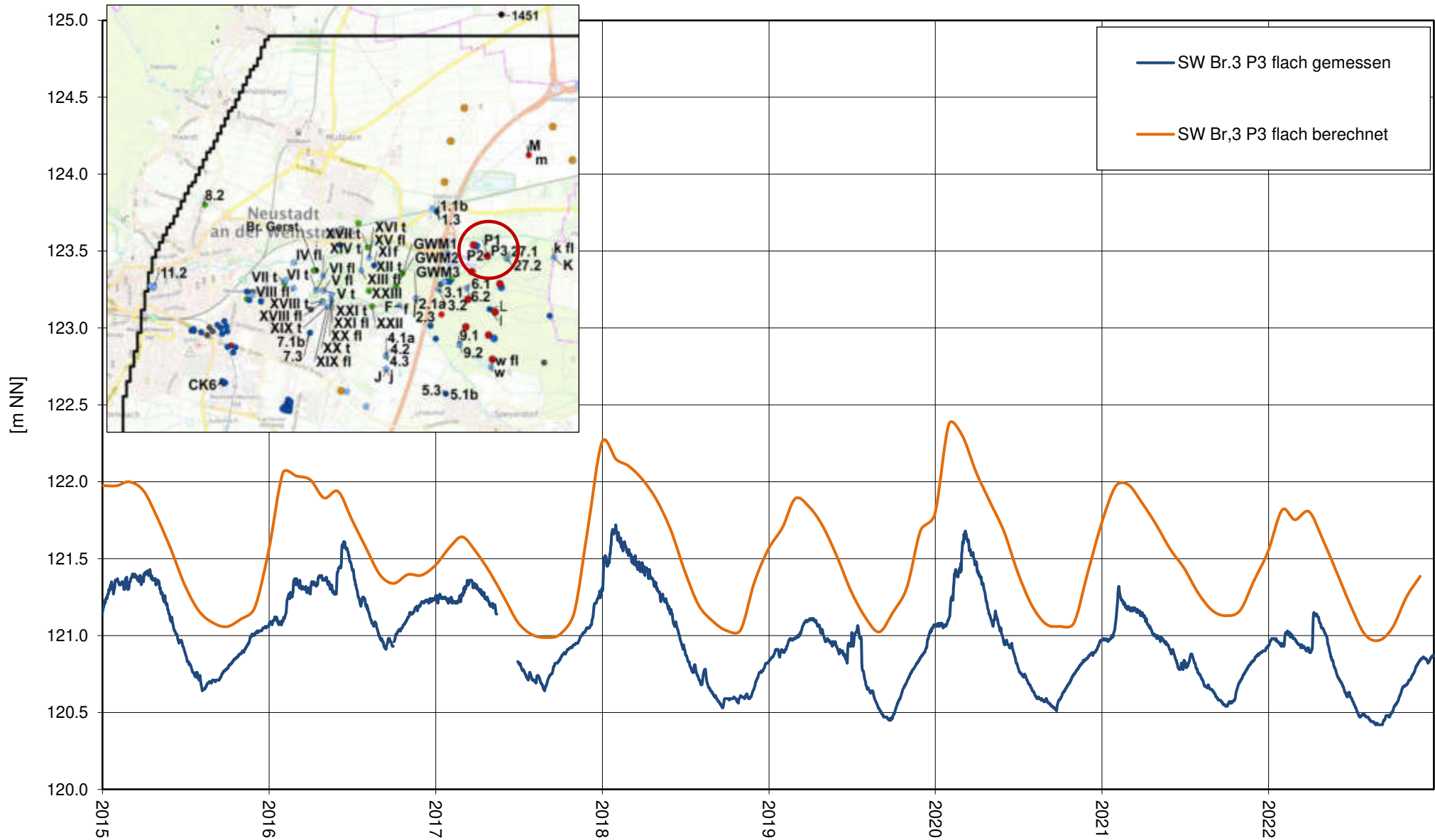
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo

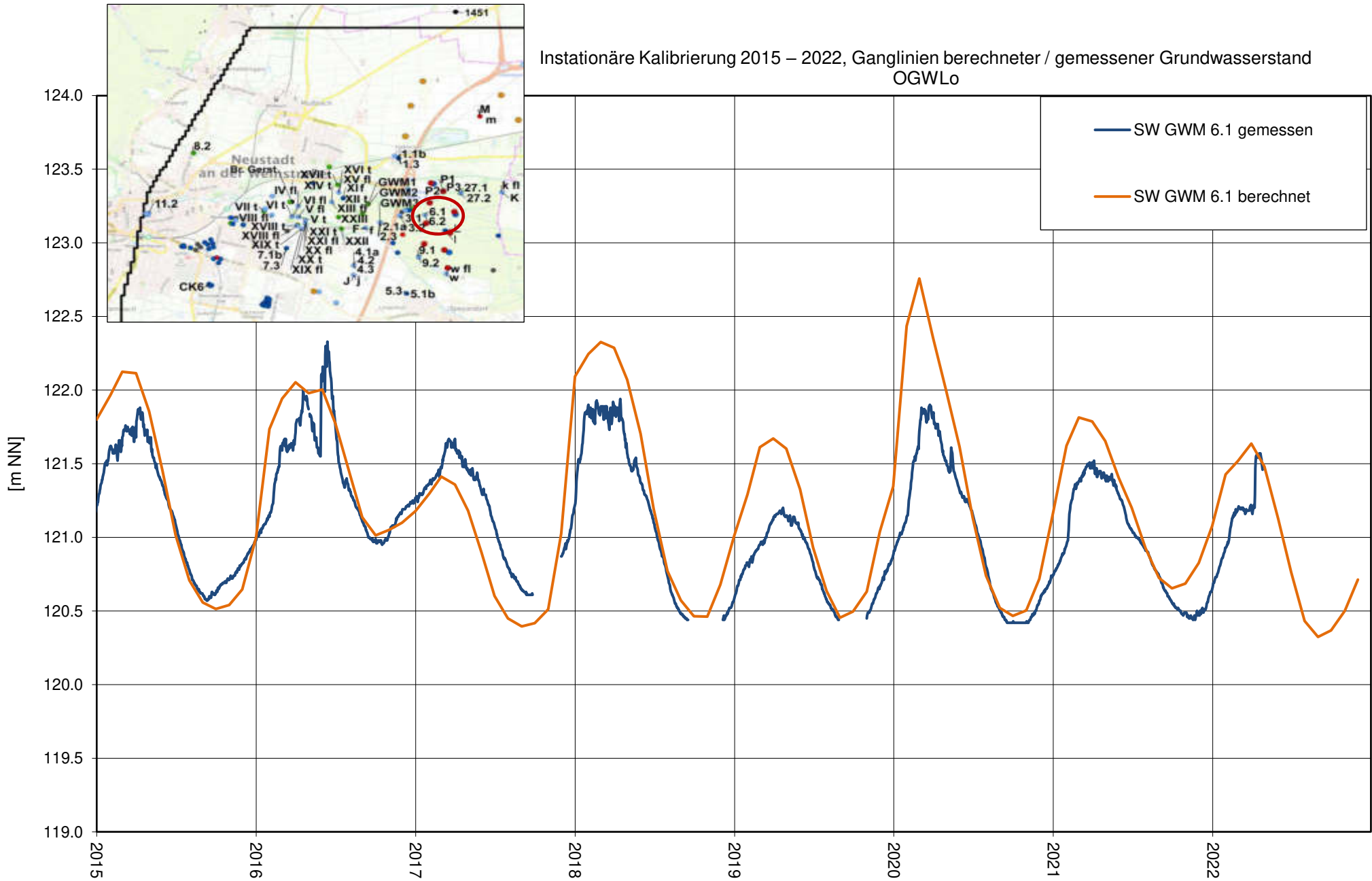


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo



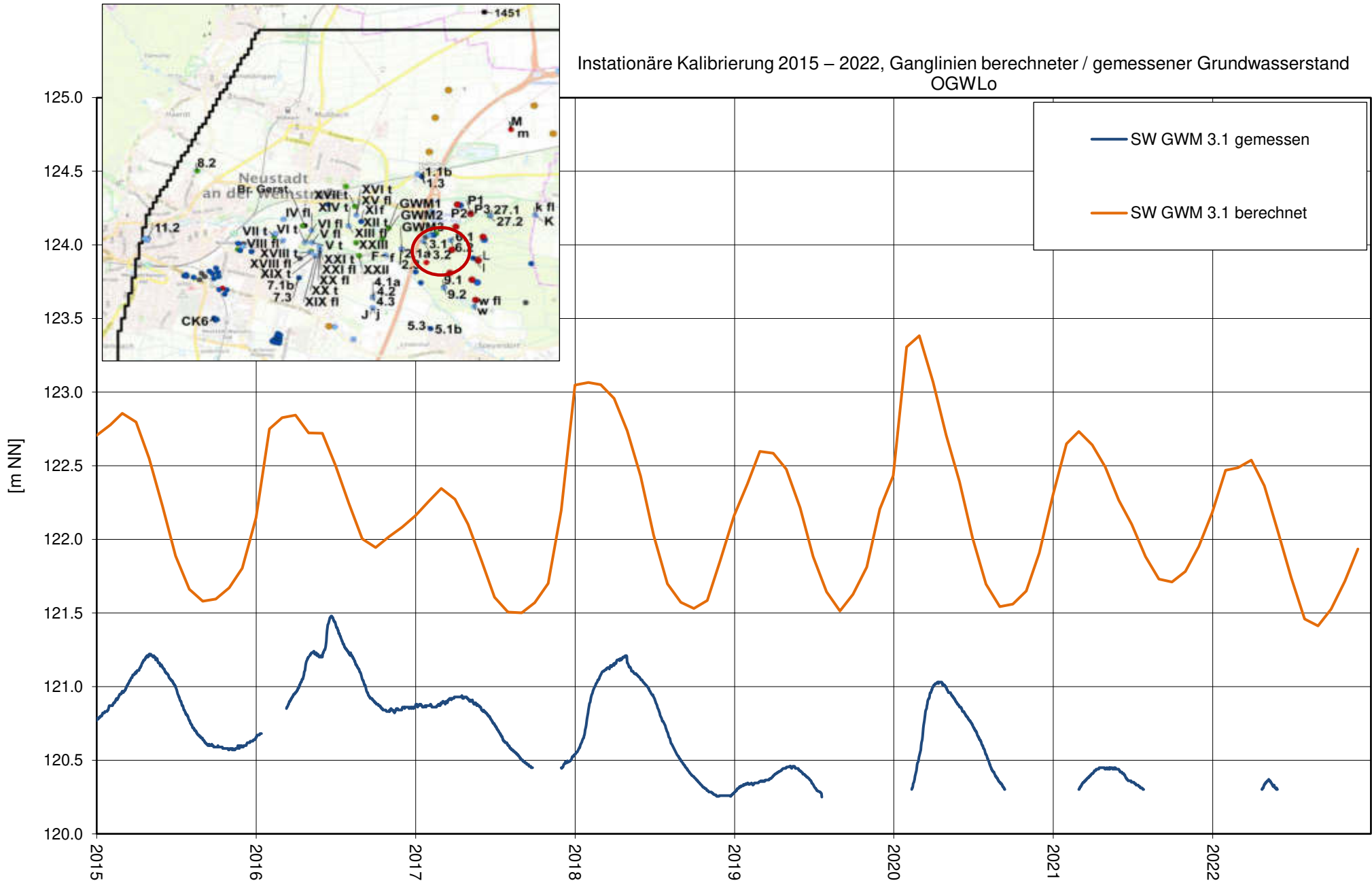
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLo



Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

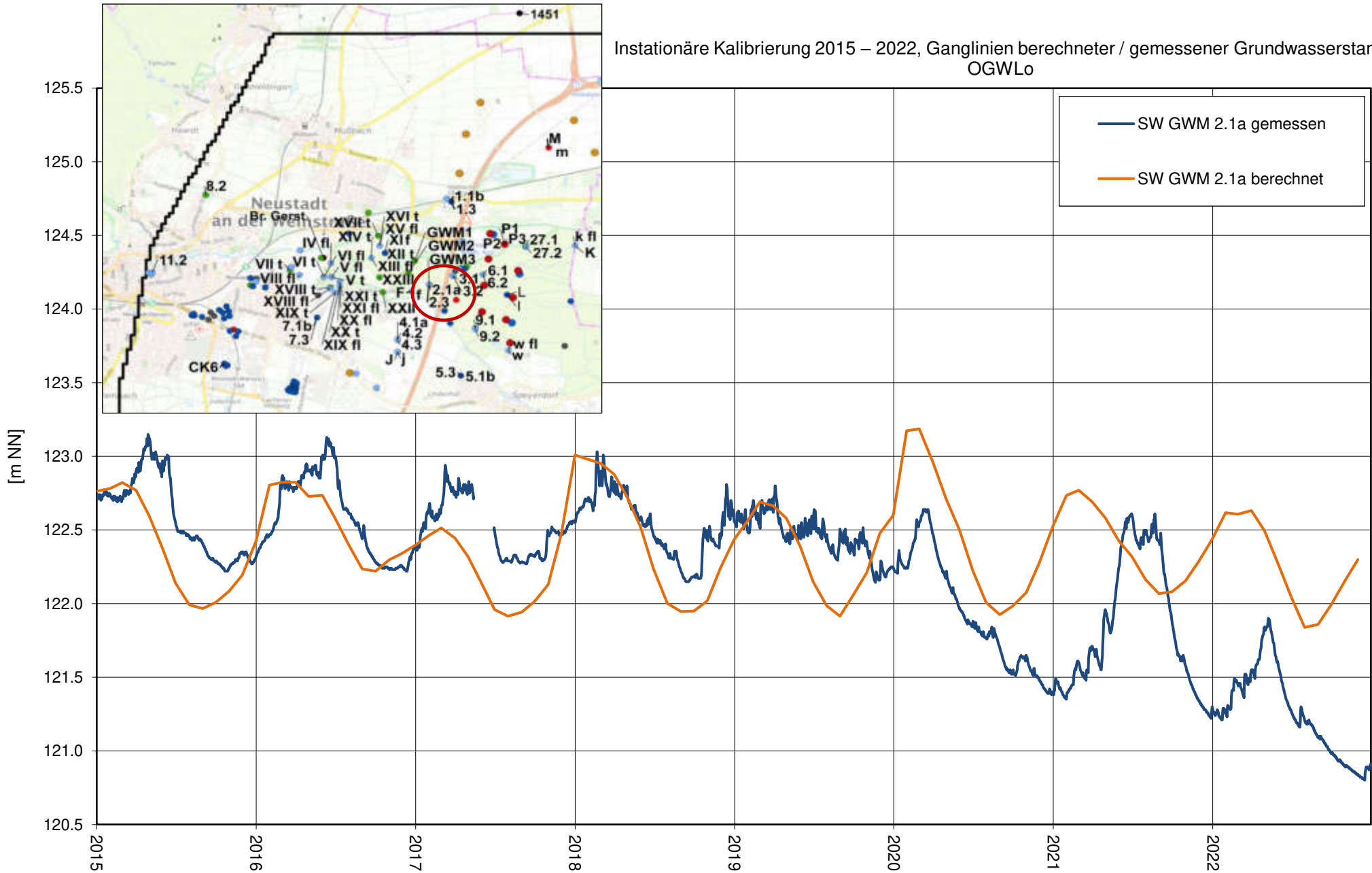
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLo



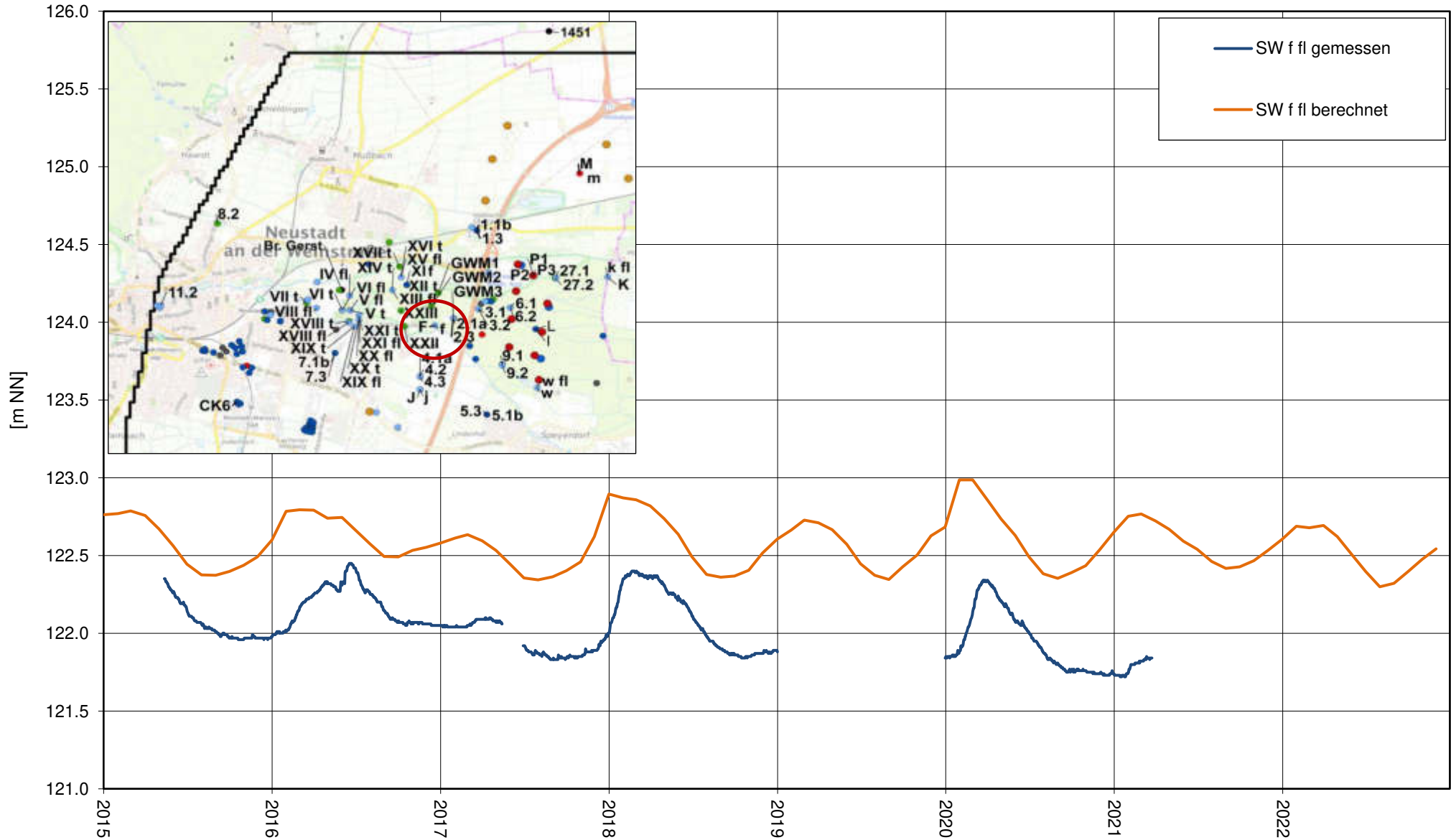


Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

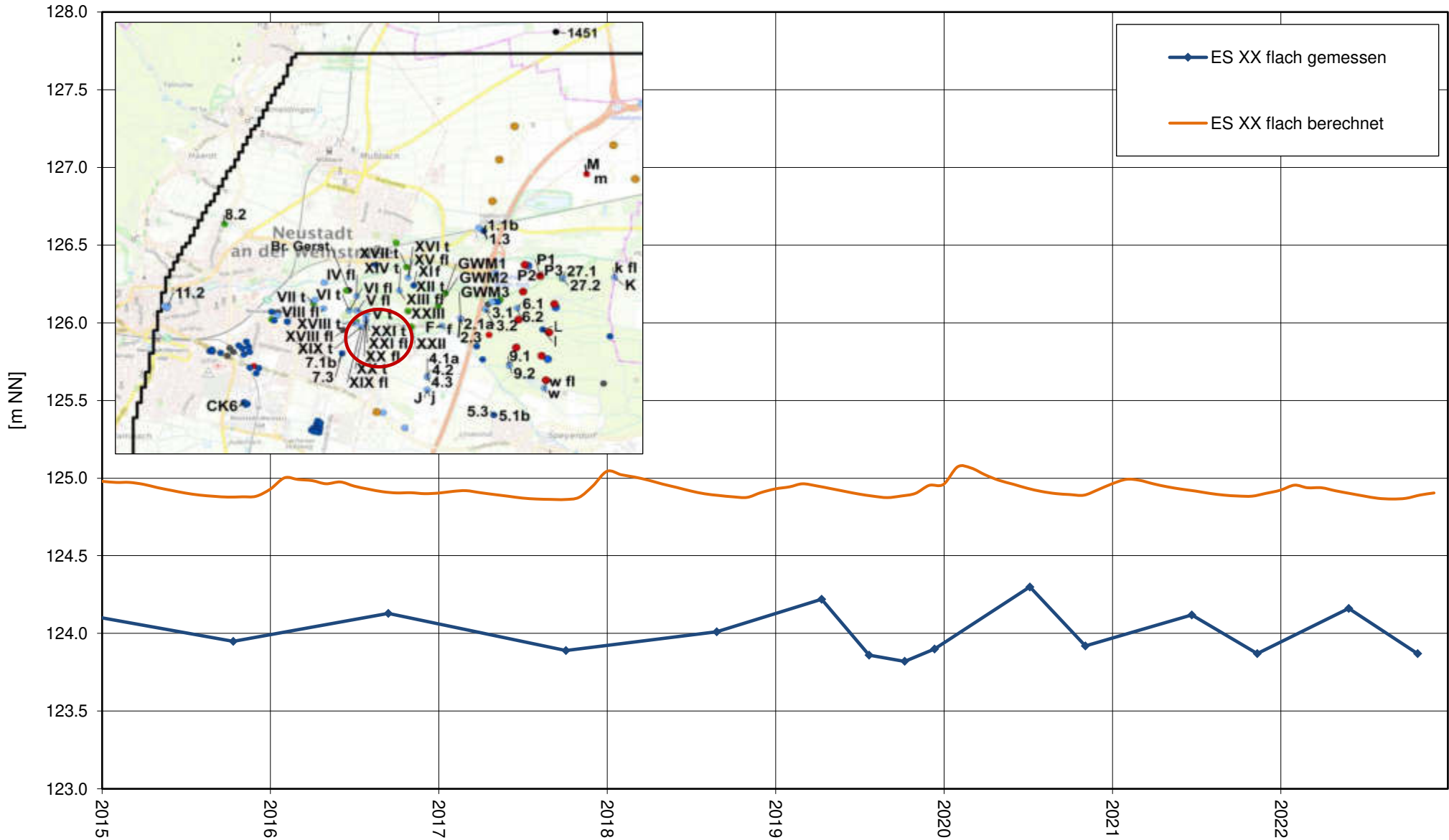
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand OGWLo



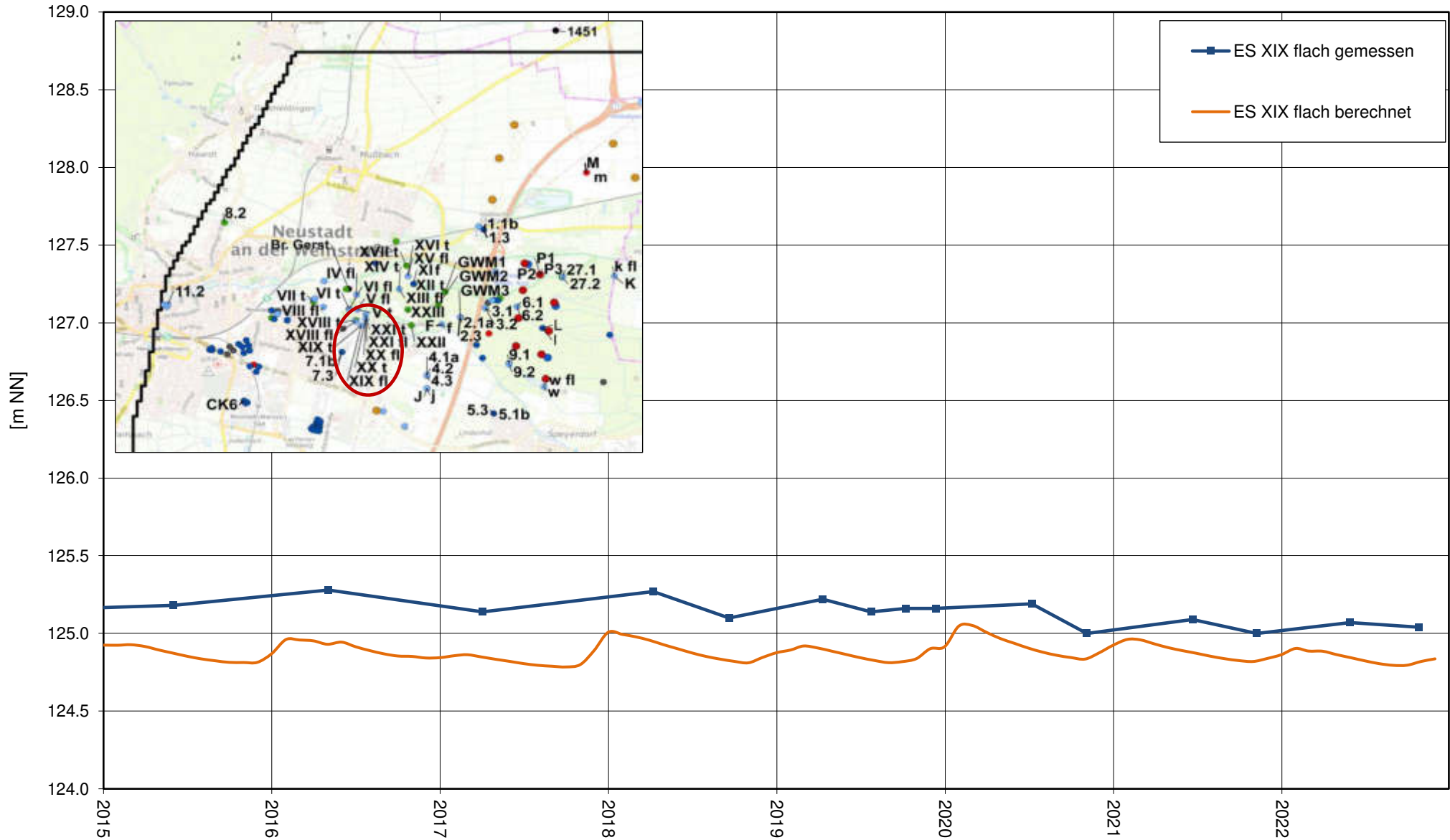
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



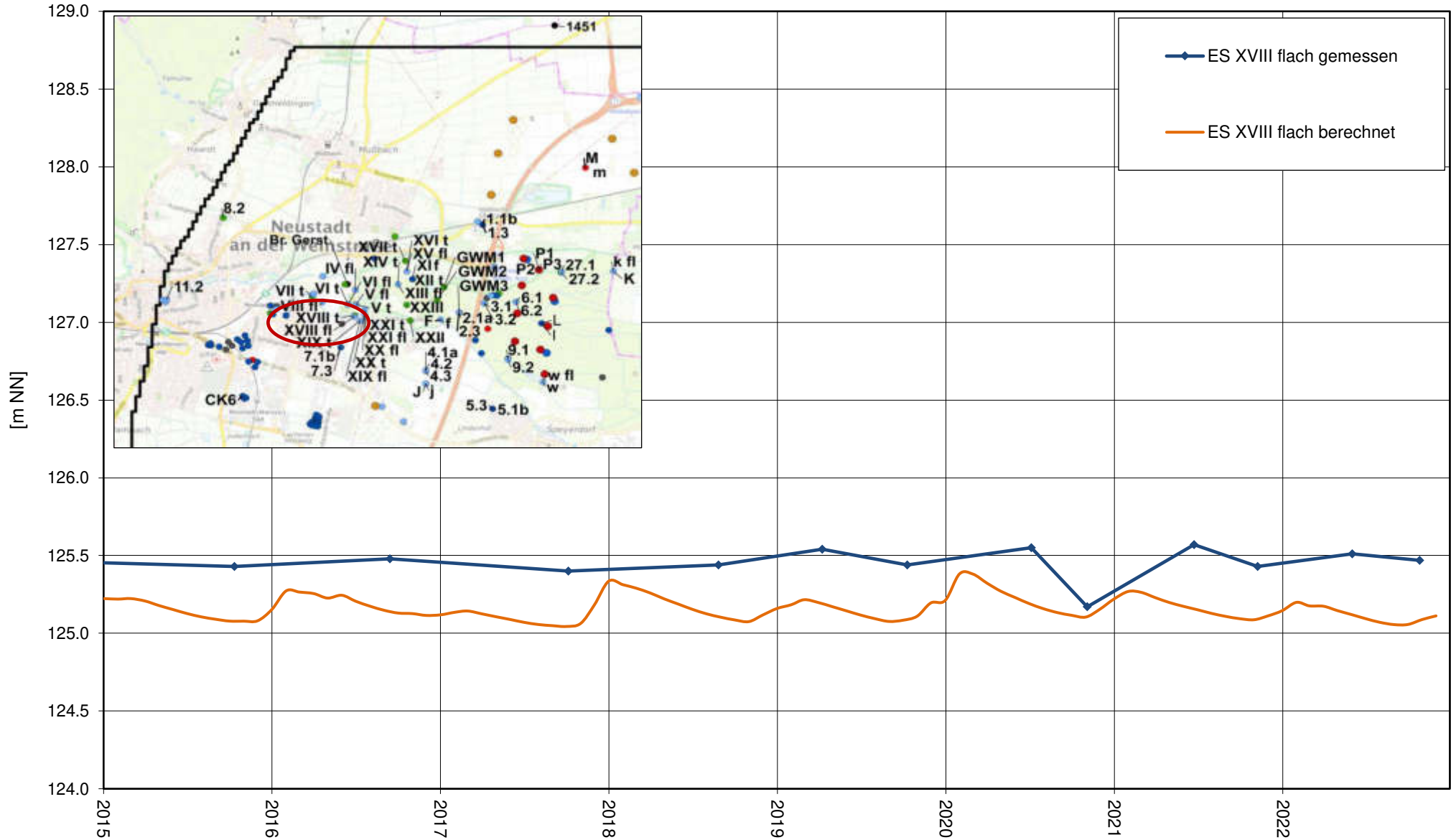
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLo



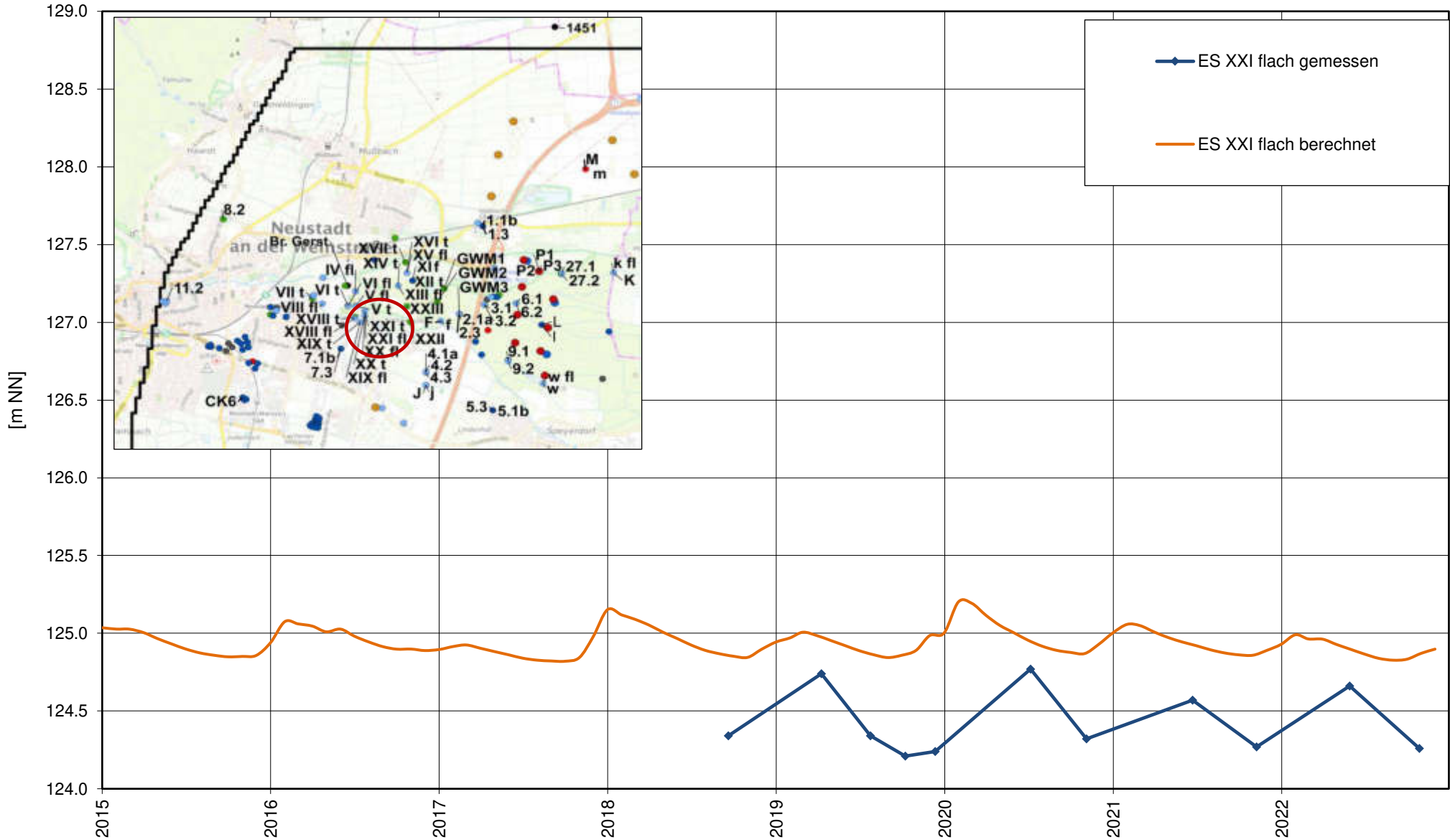
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



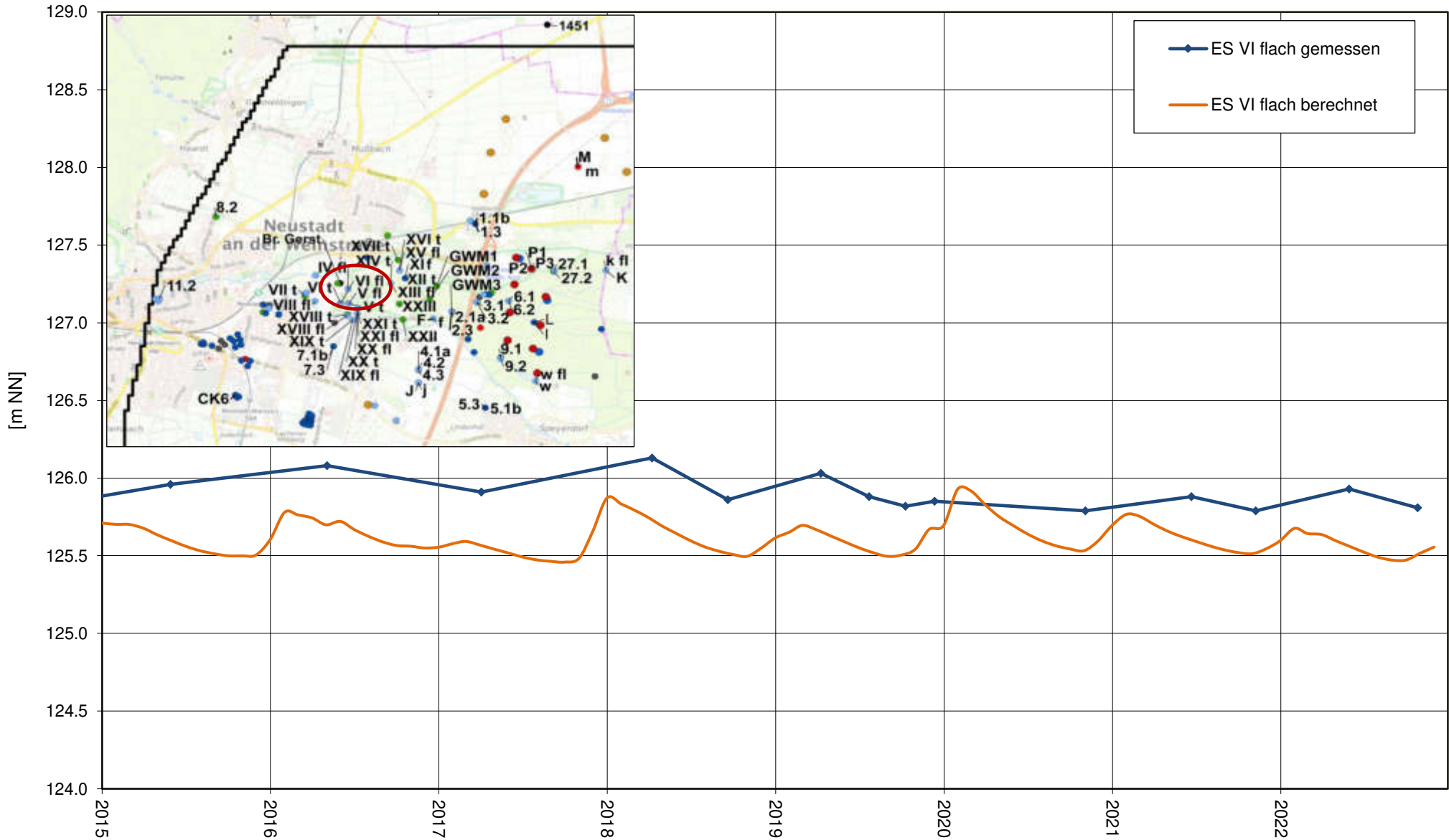
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



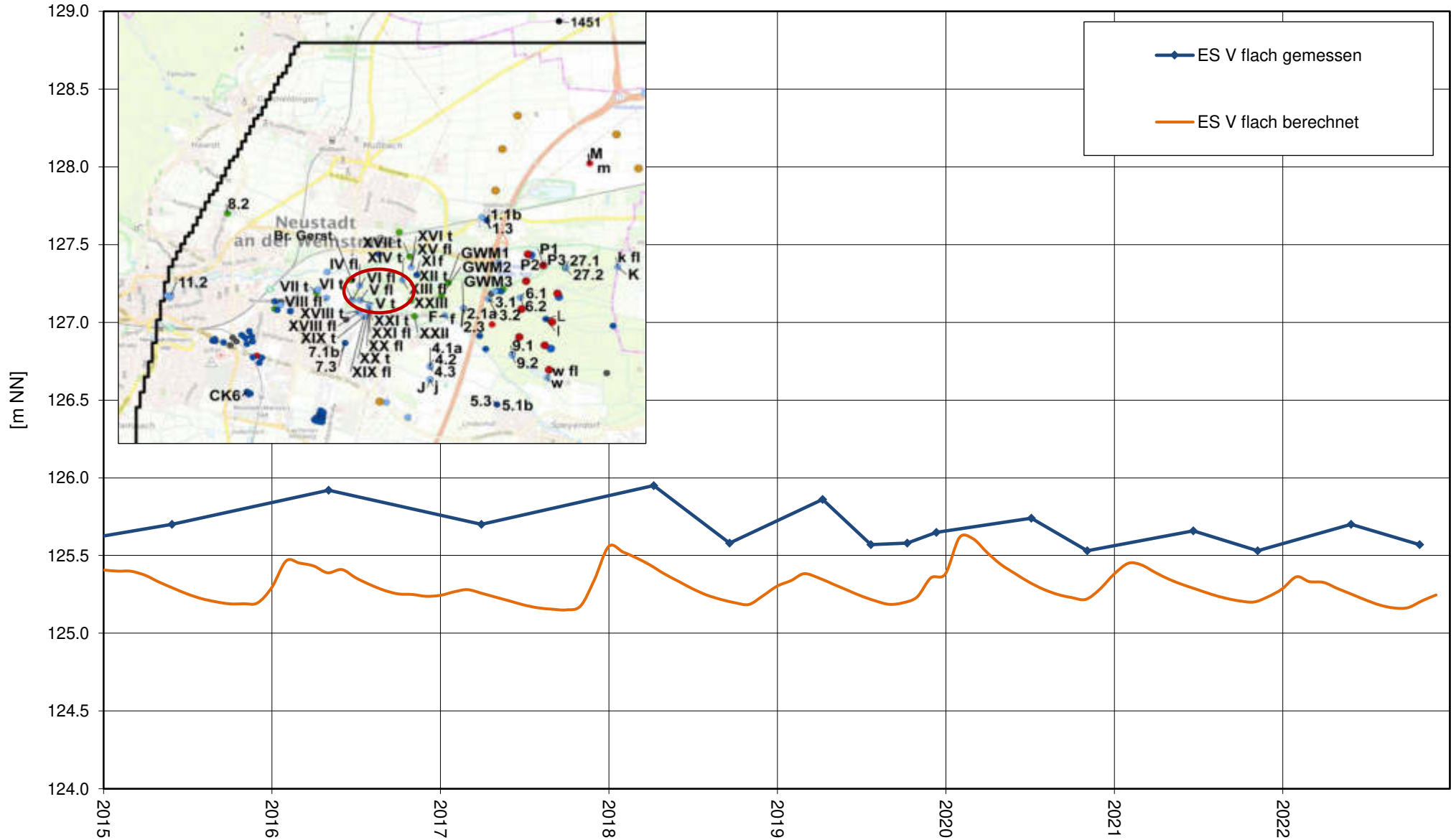
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL0



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>

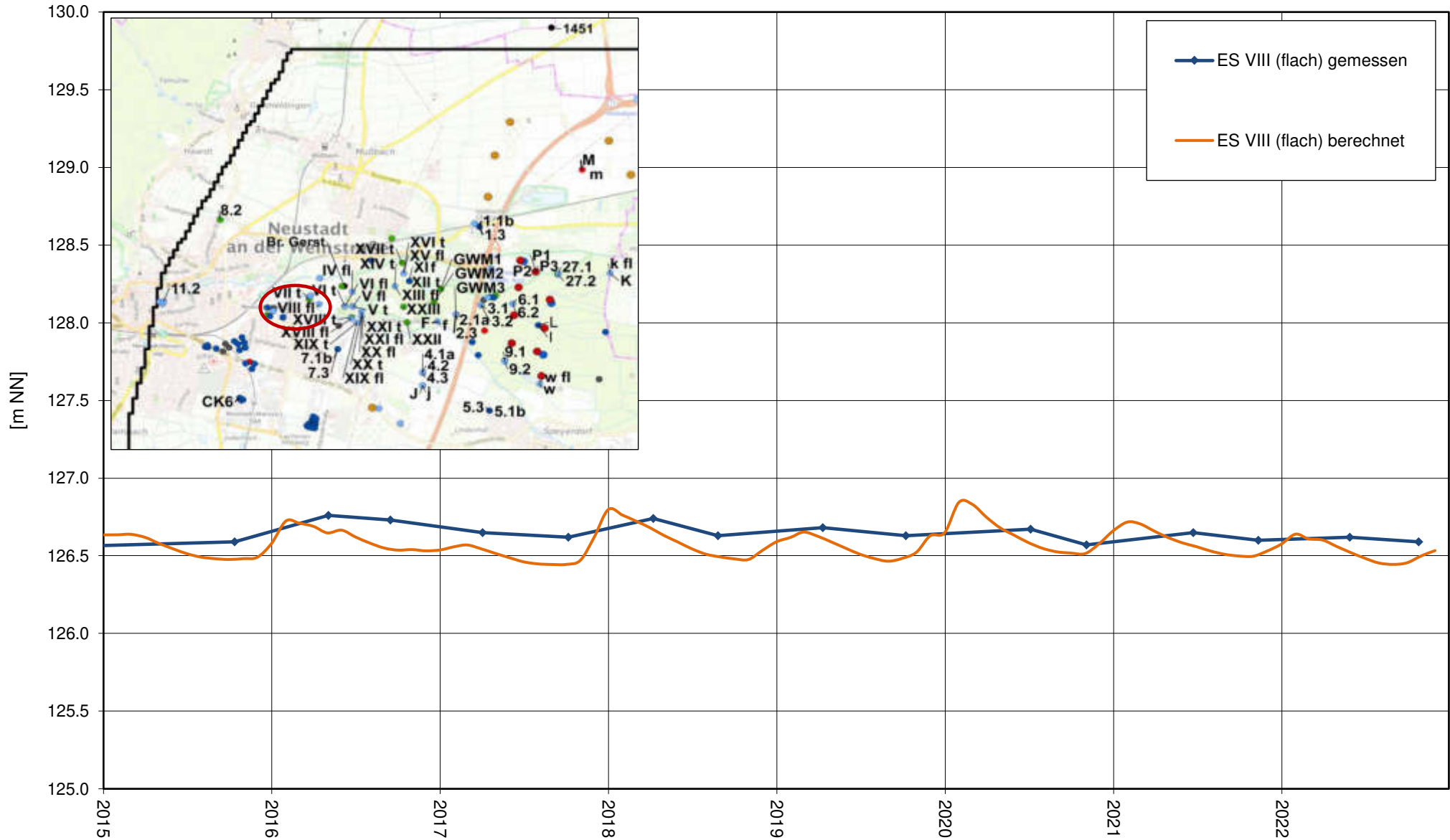


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL0

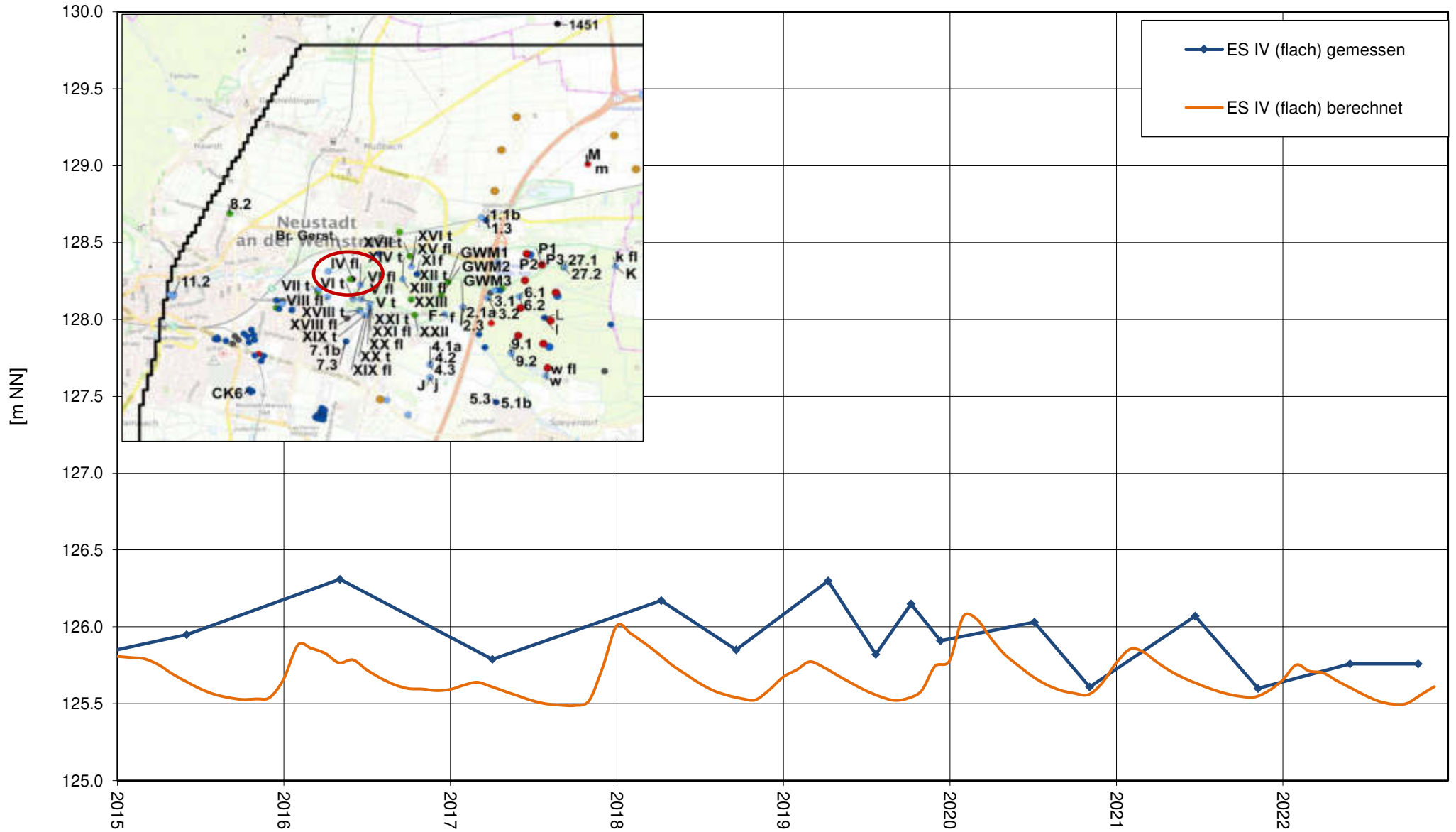




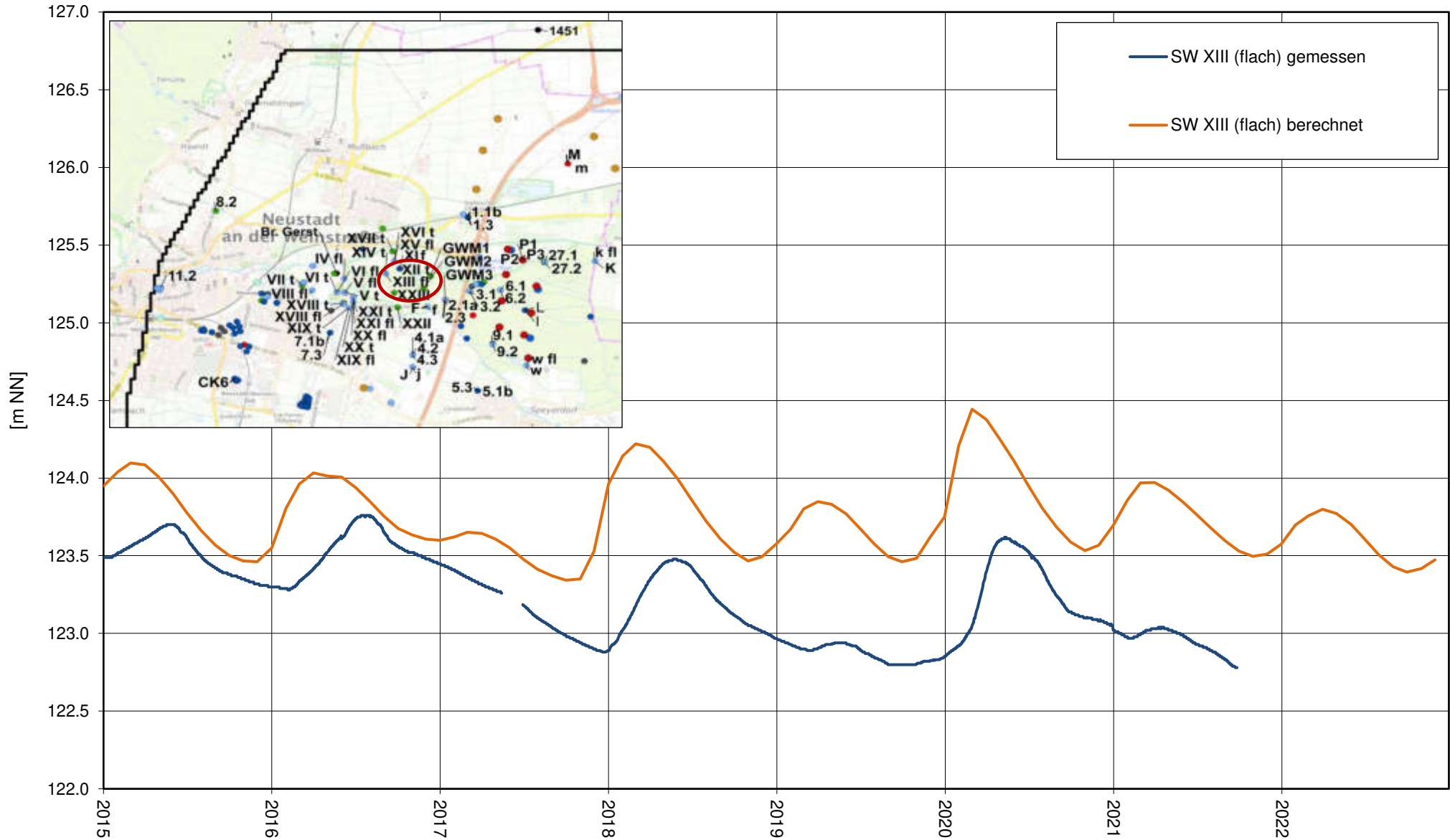
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo



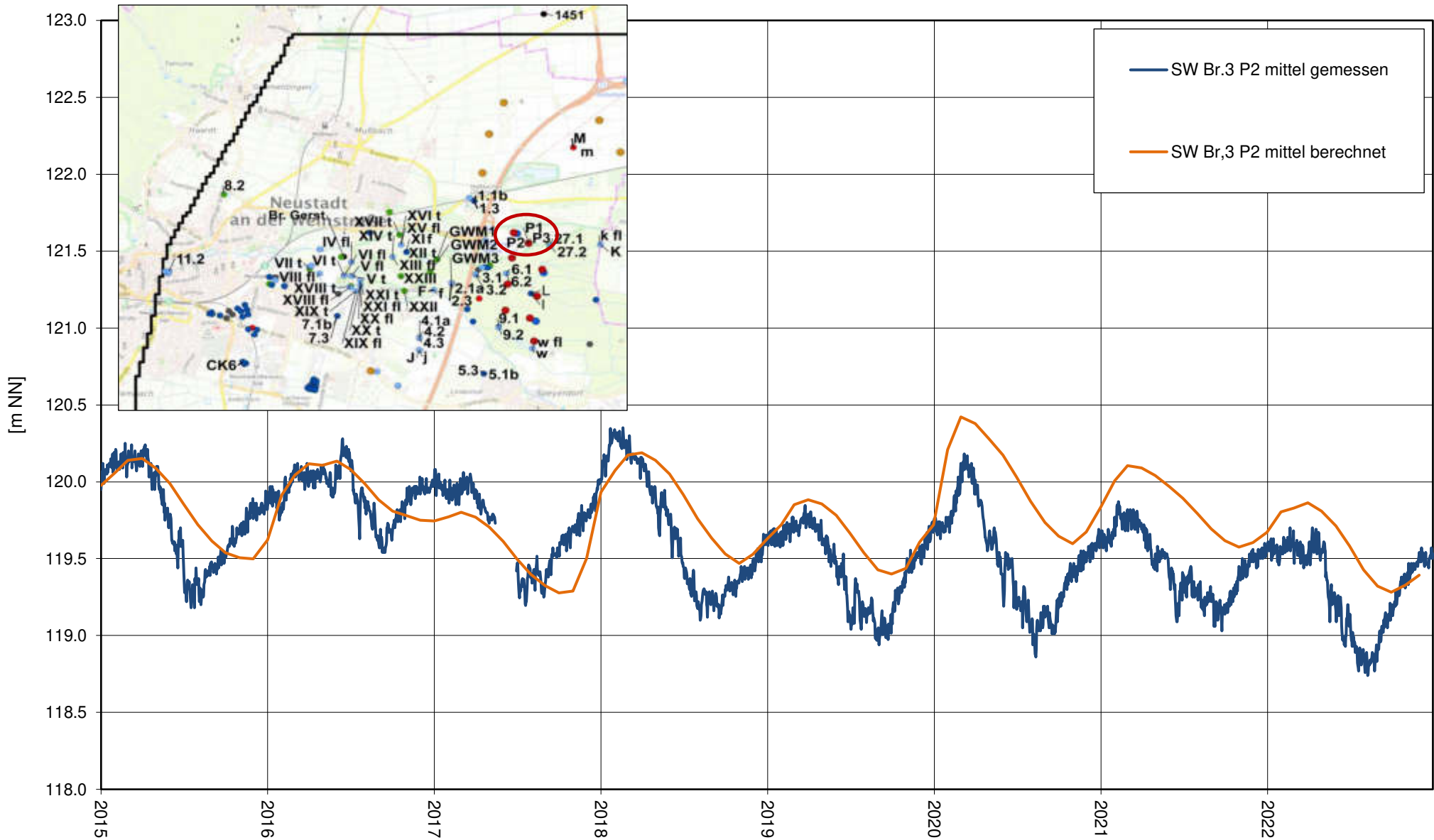
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLo

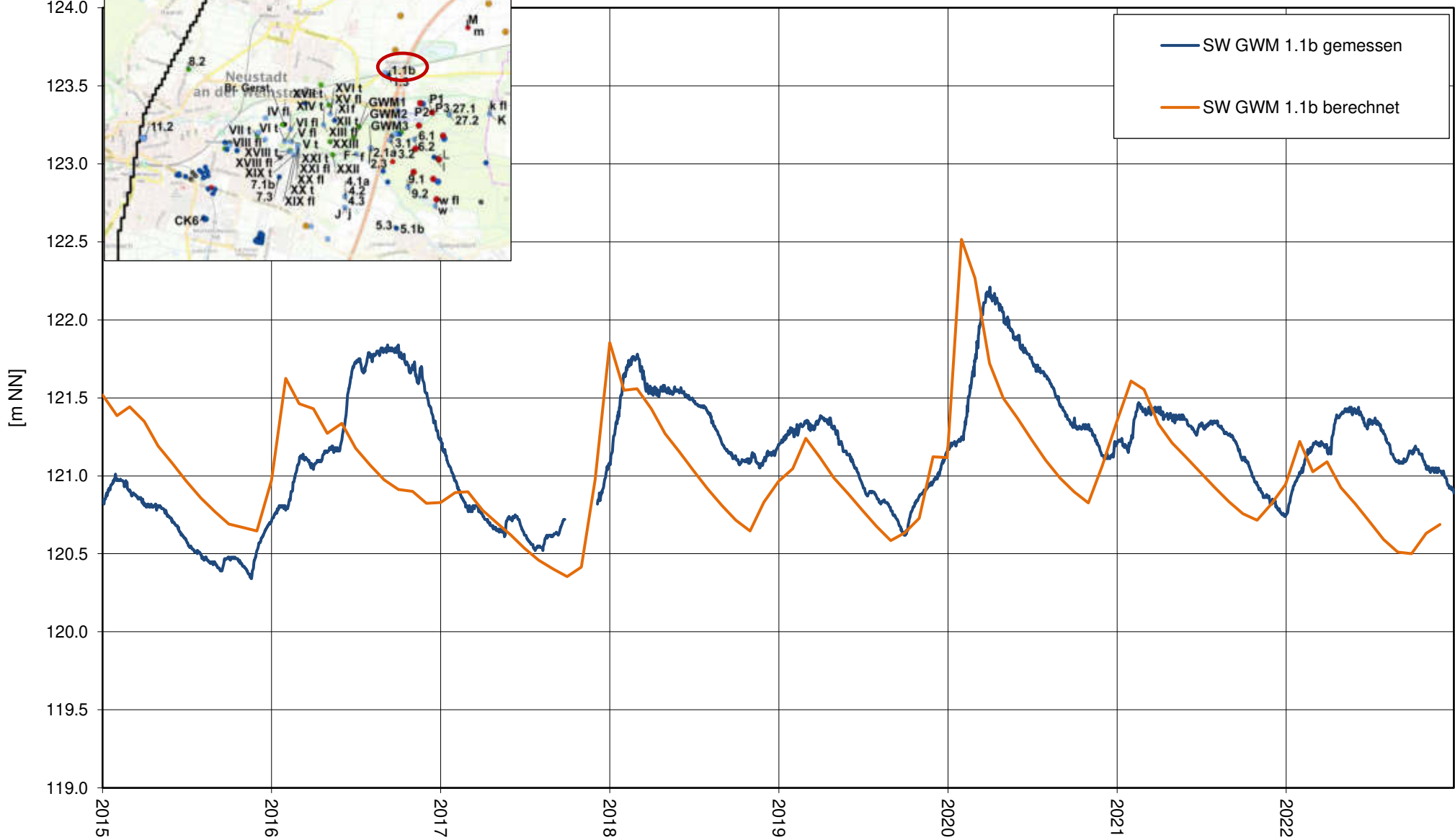


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu



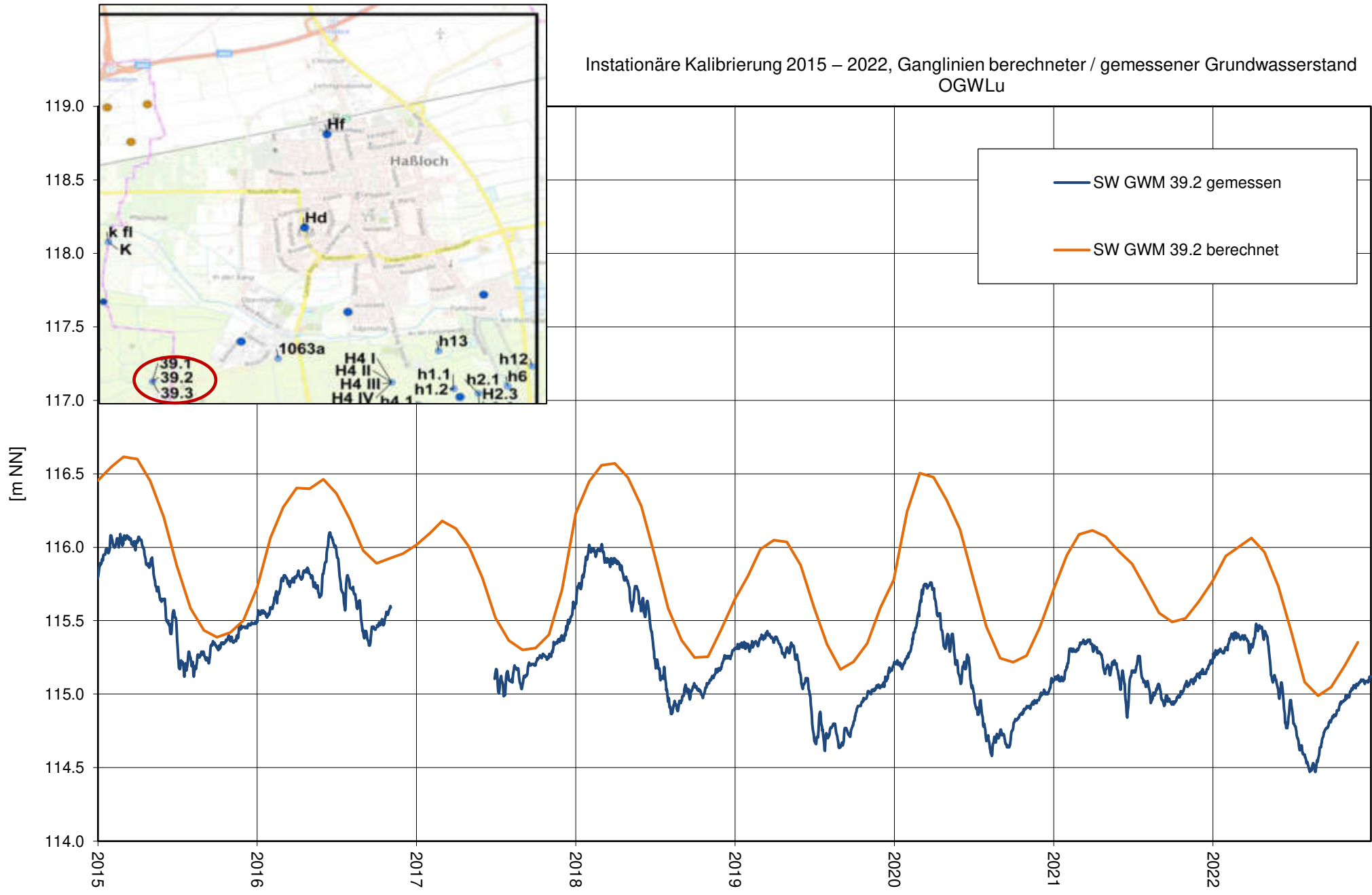
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu



Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

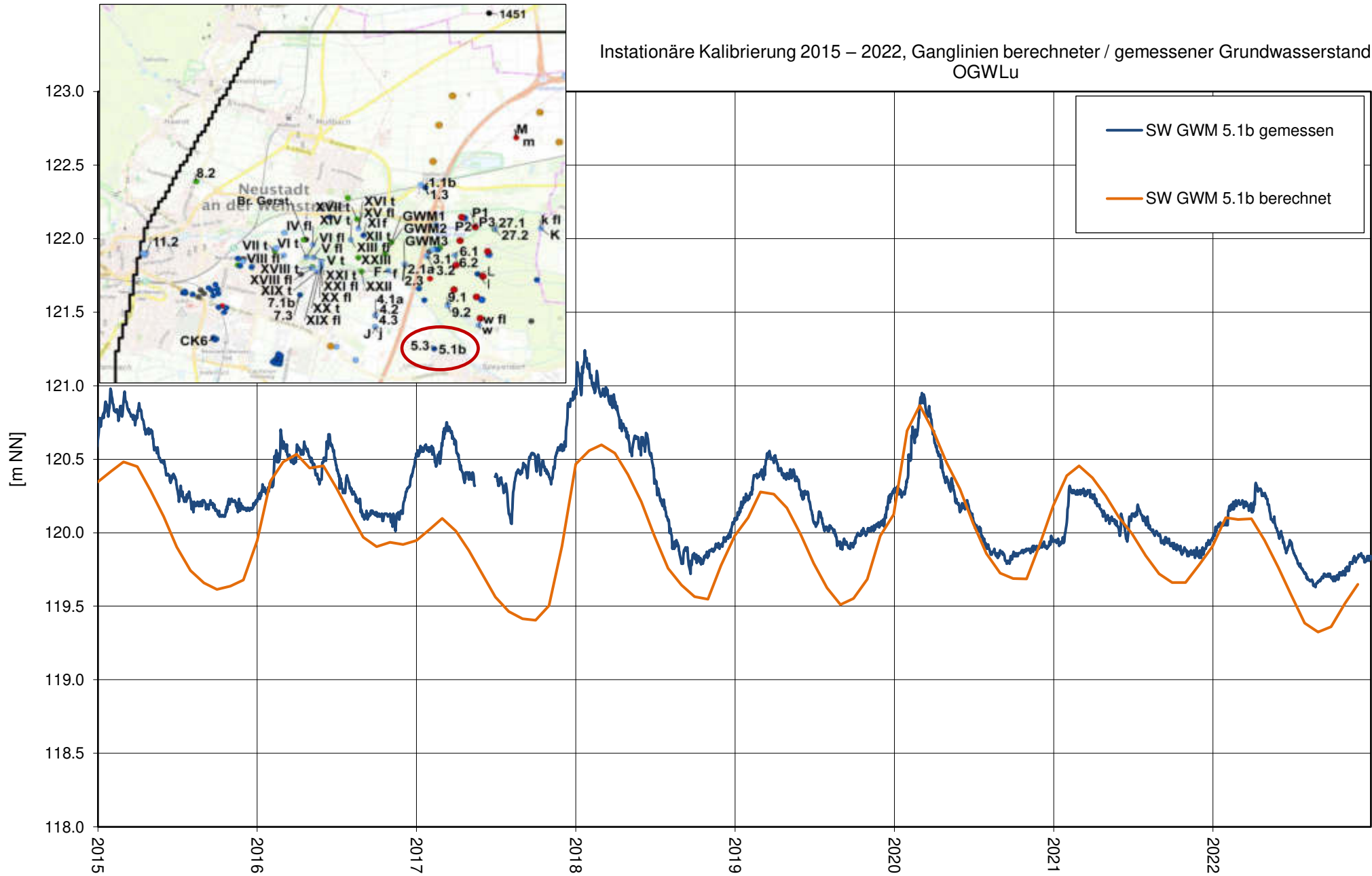
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu



— SW GWM 39.2 gemessen  
 — SW GWM 39.2 berechnet

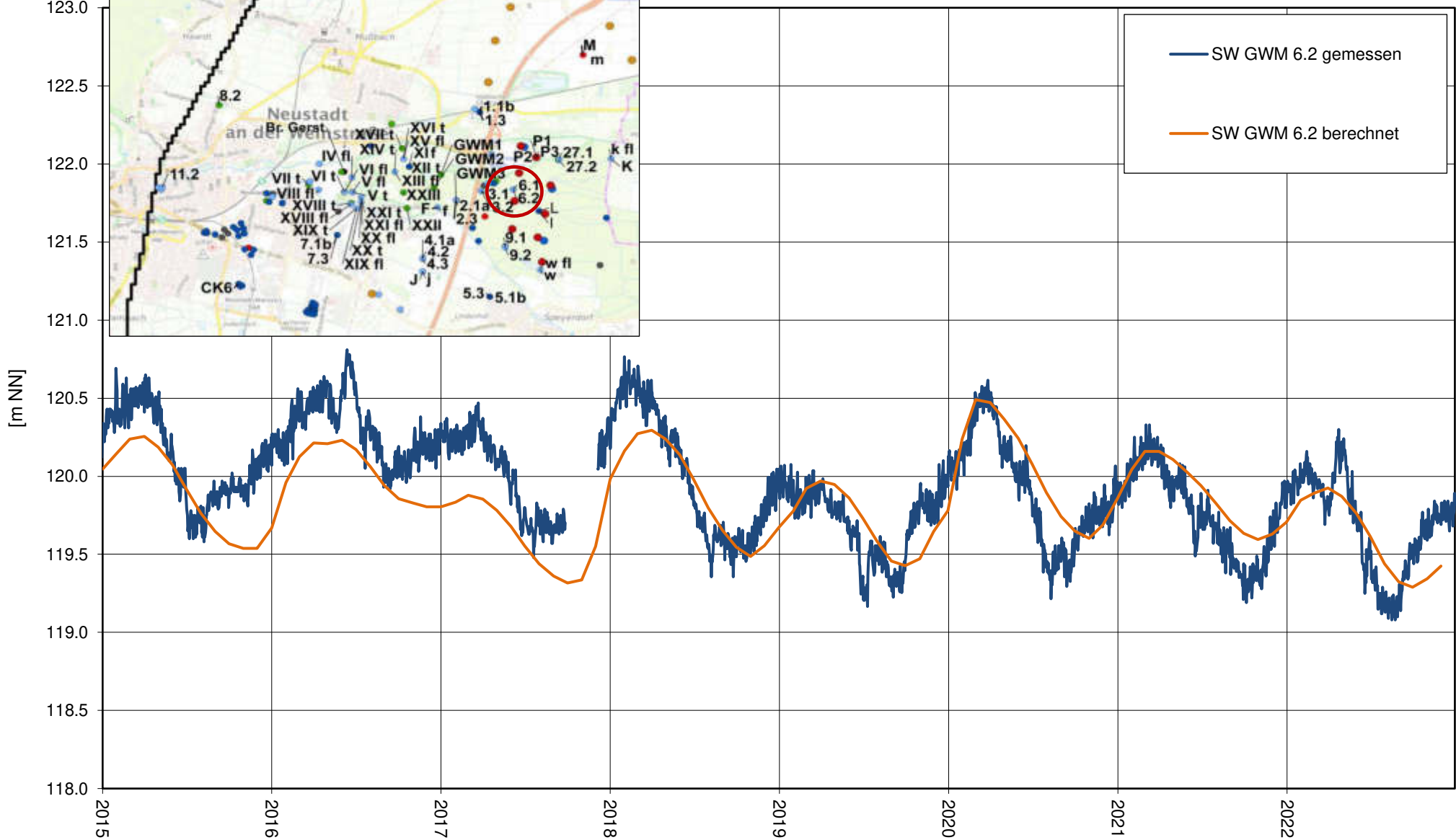
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu



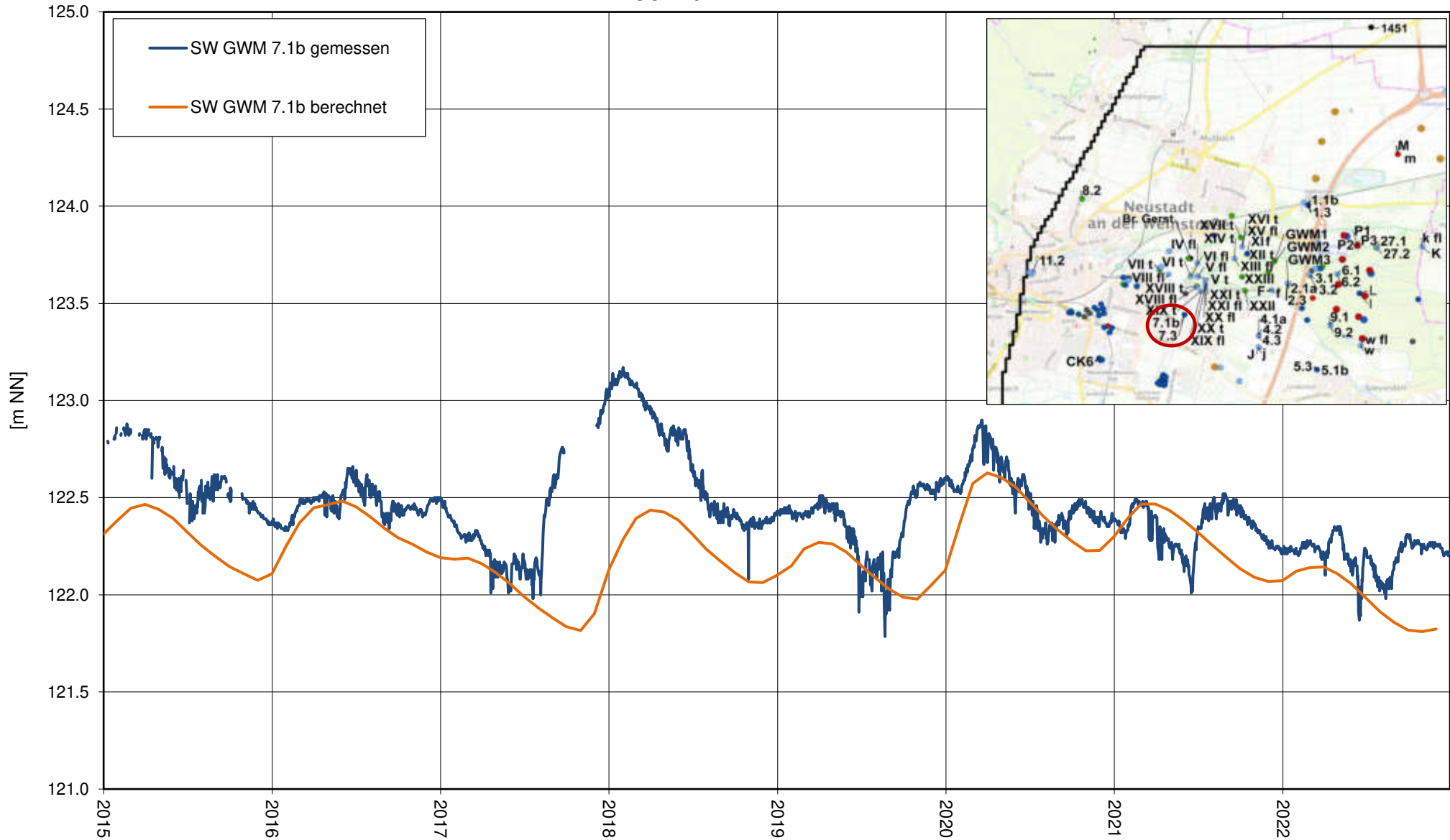
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

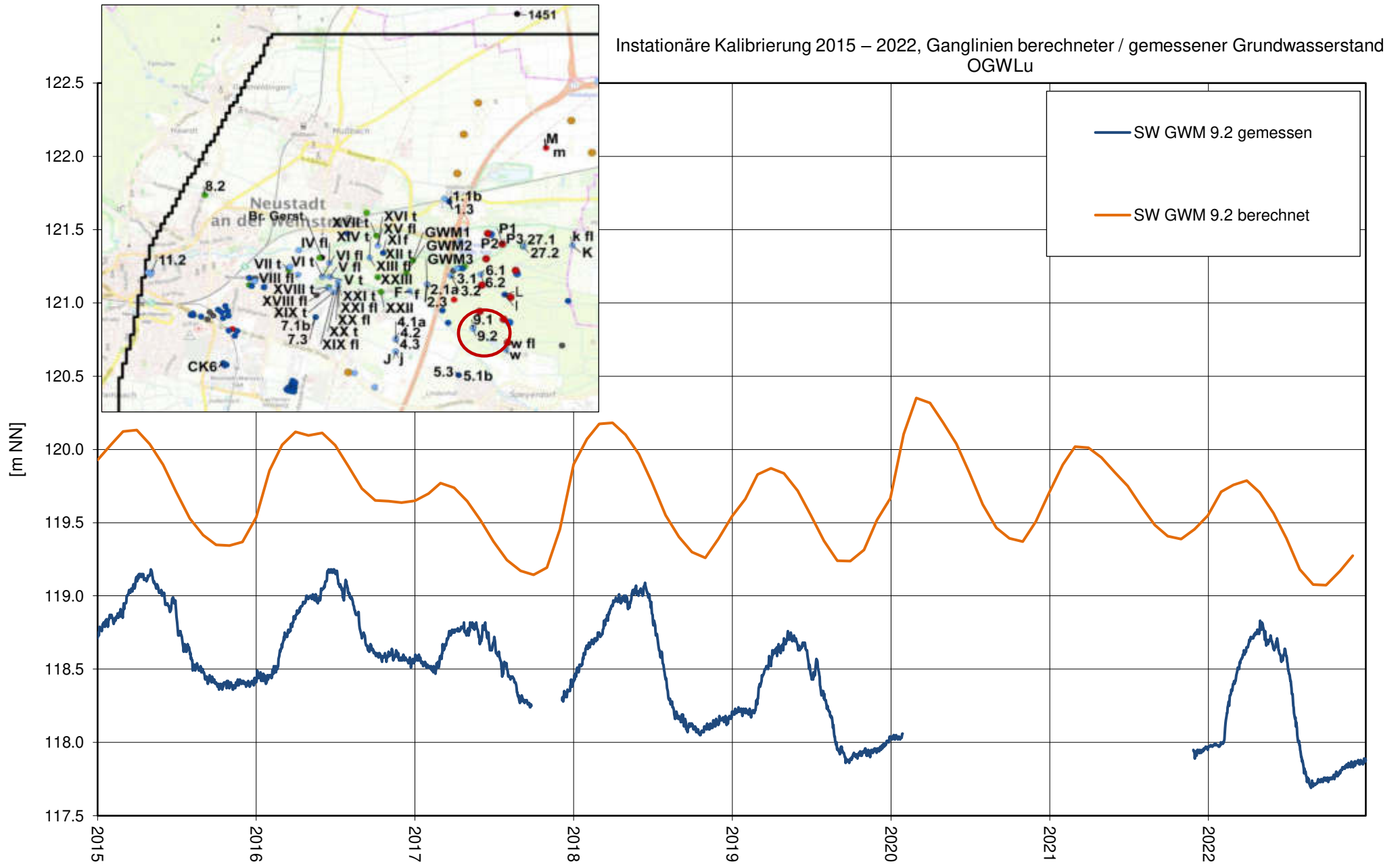
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu





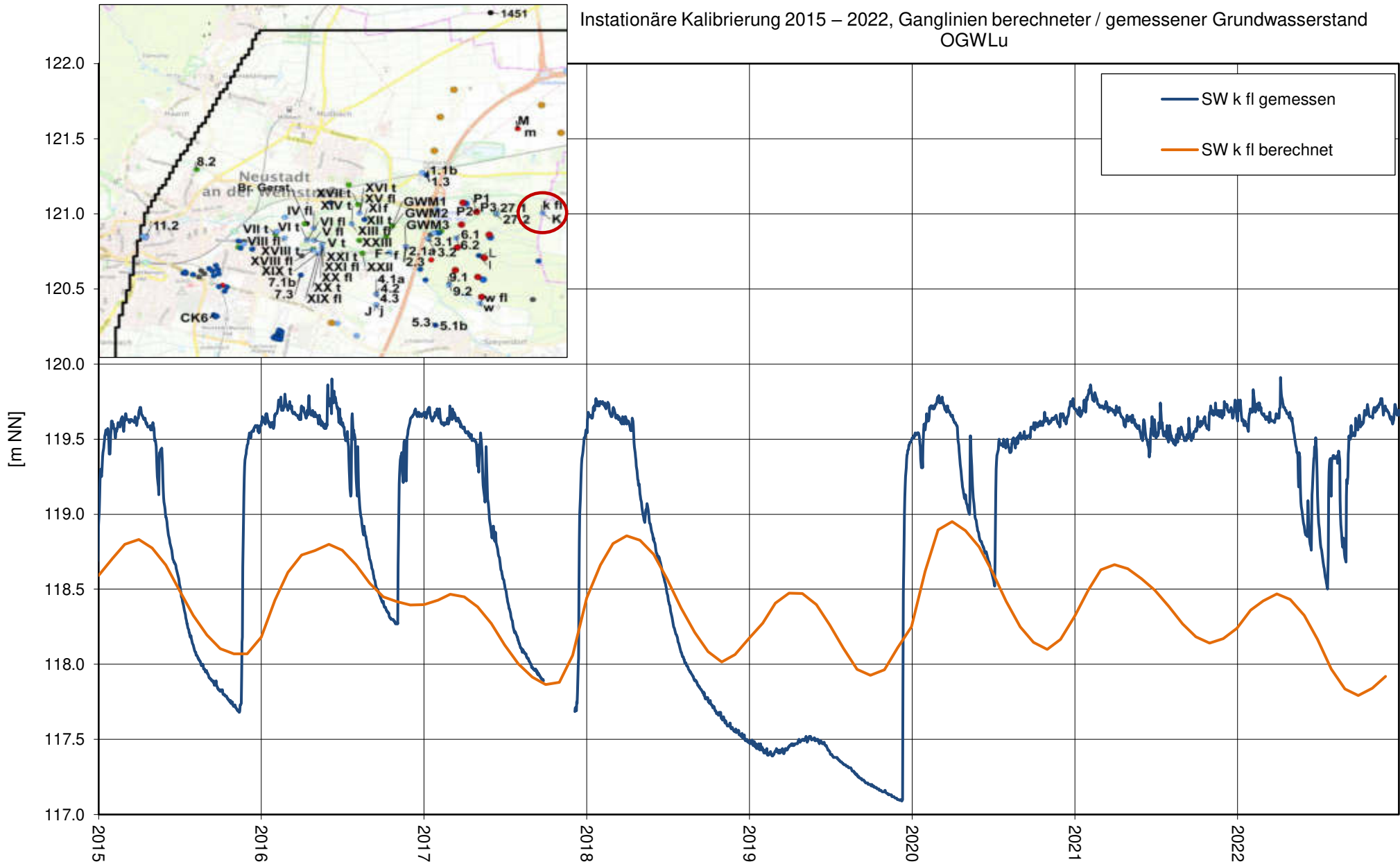
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLu



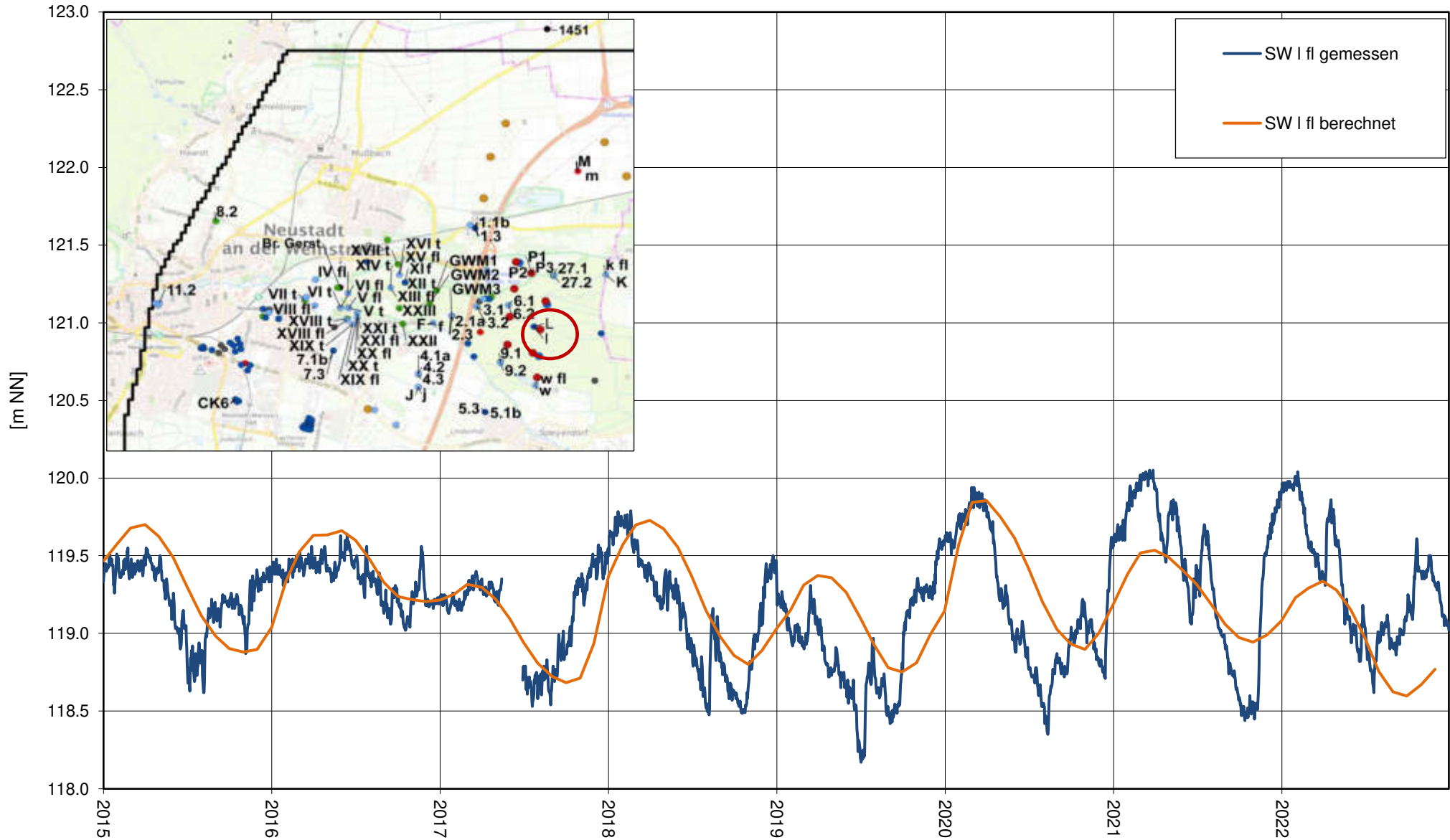


Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

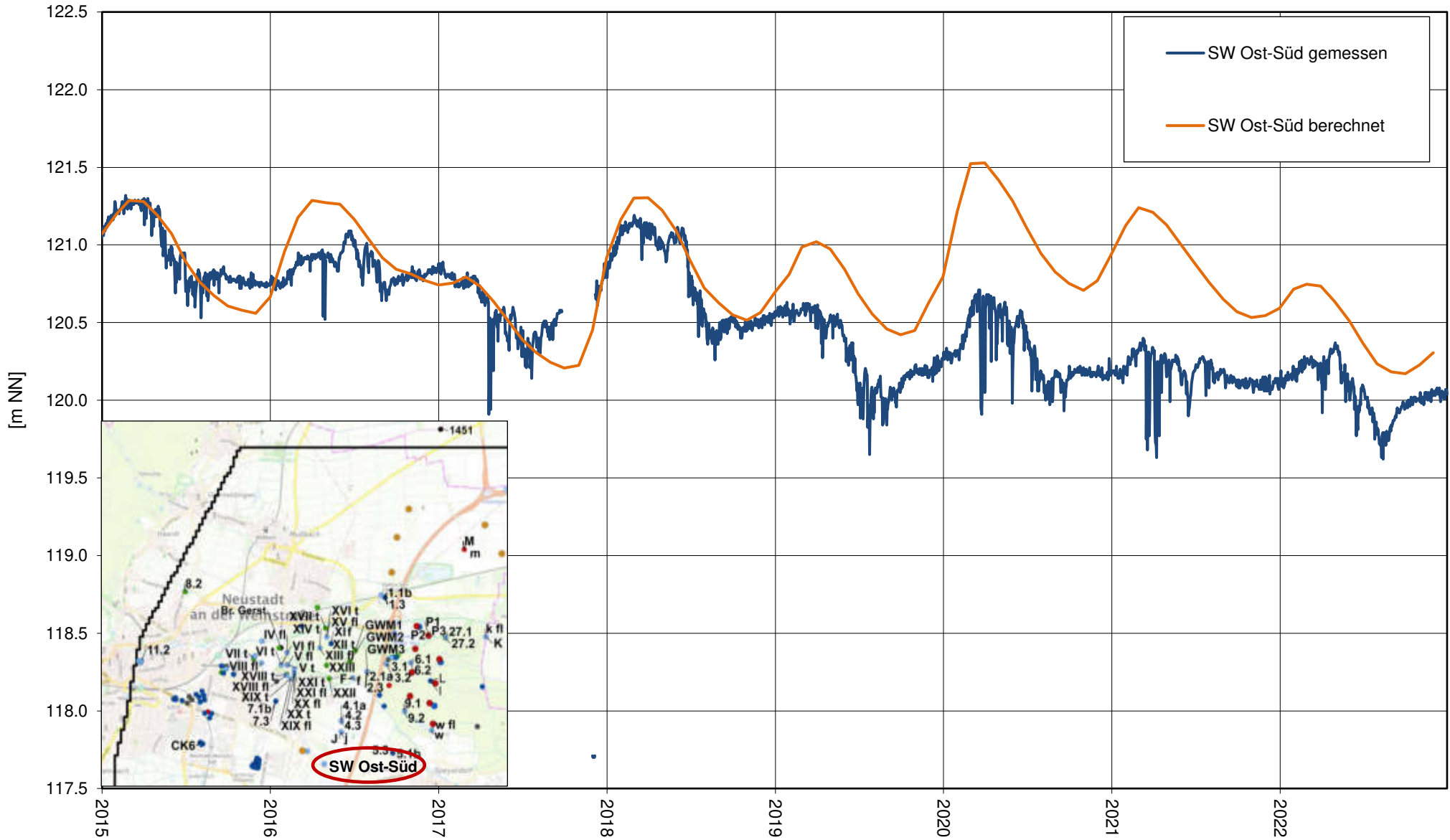
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 OGWLu



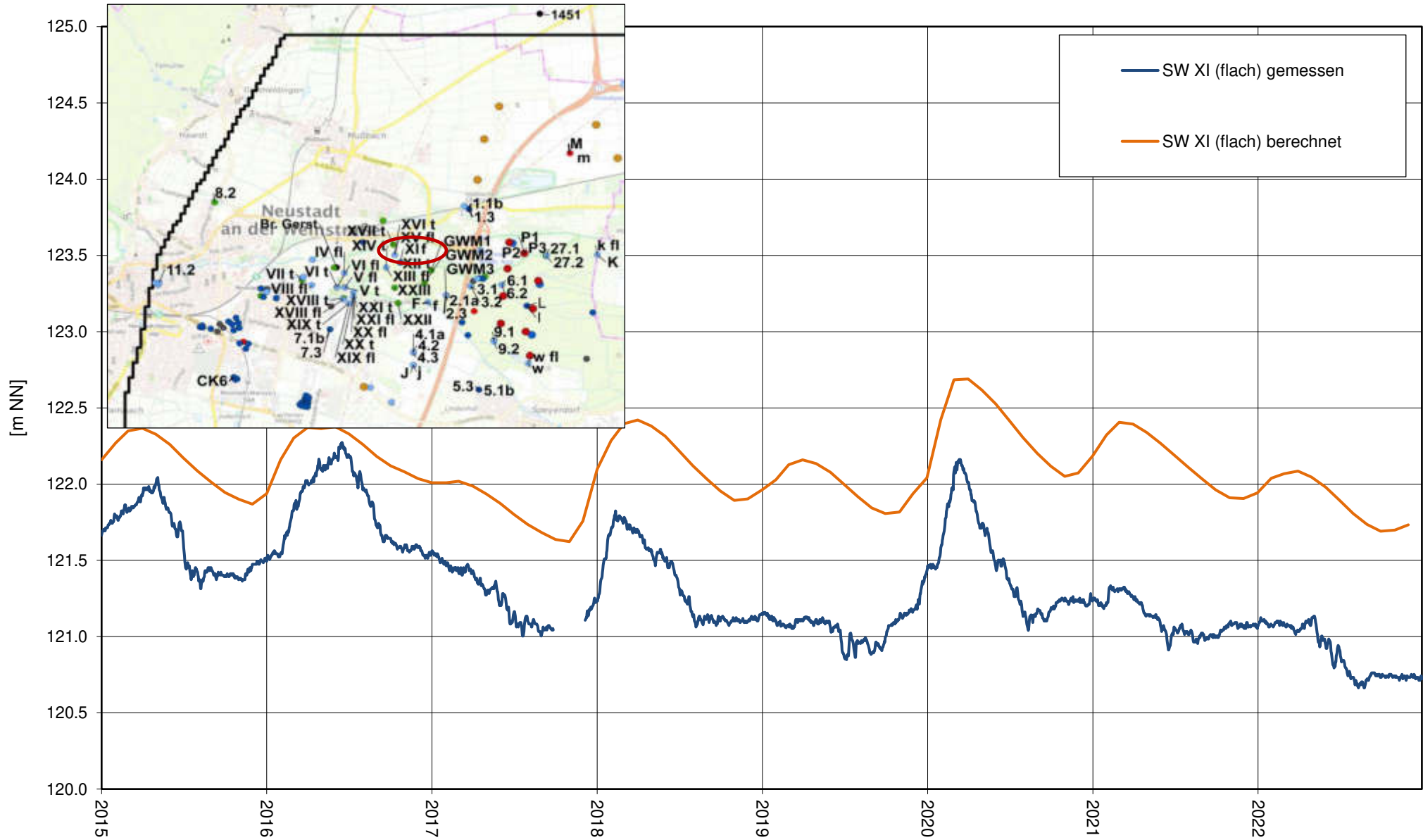
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLu



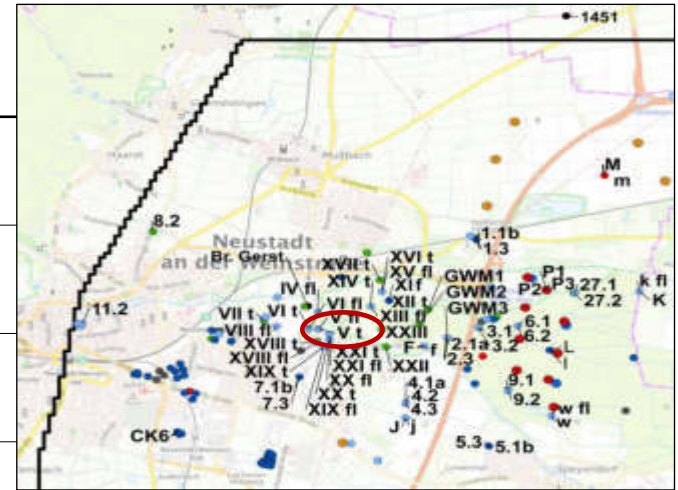
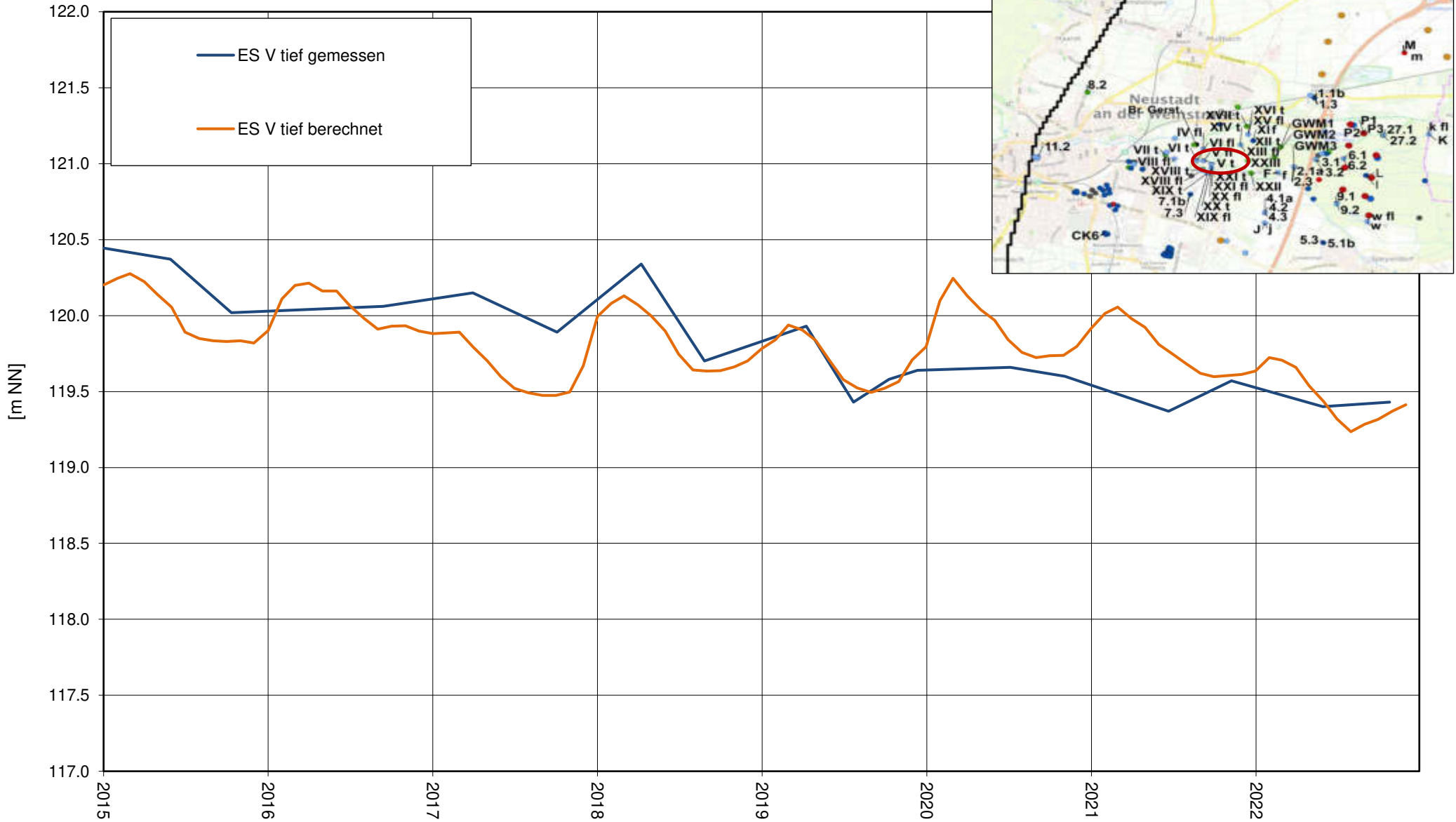
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLu



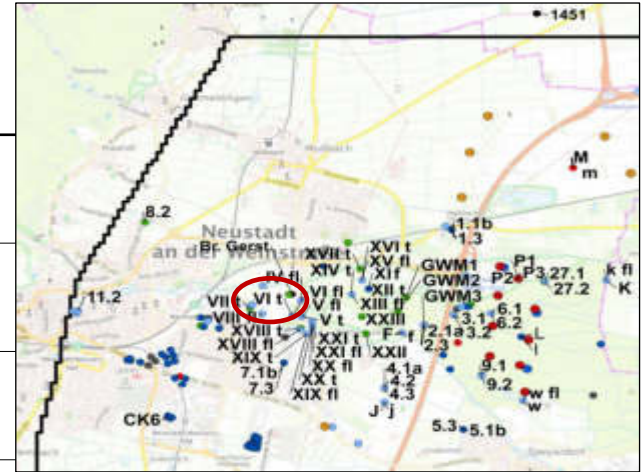
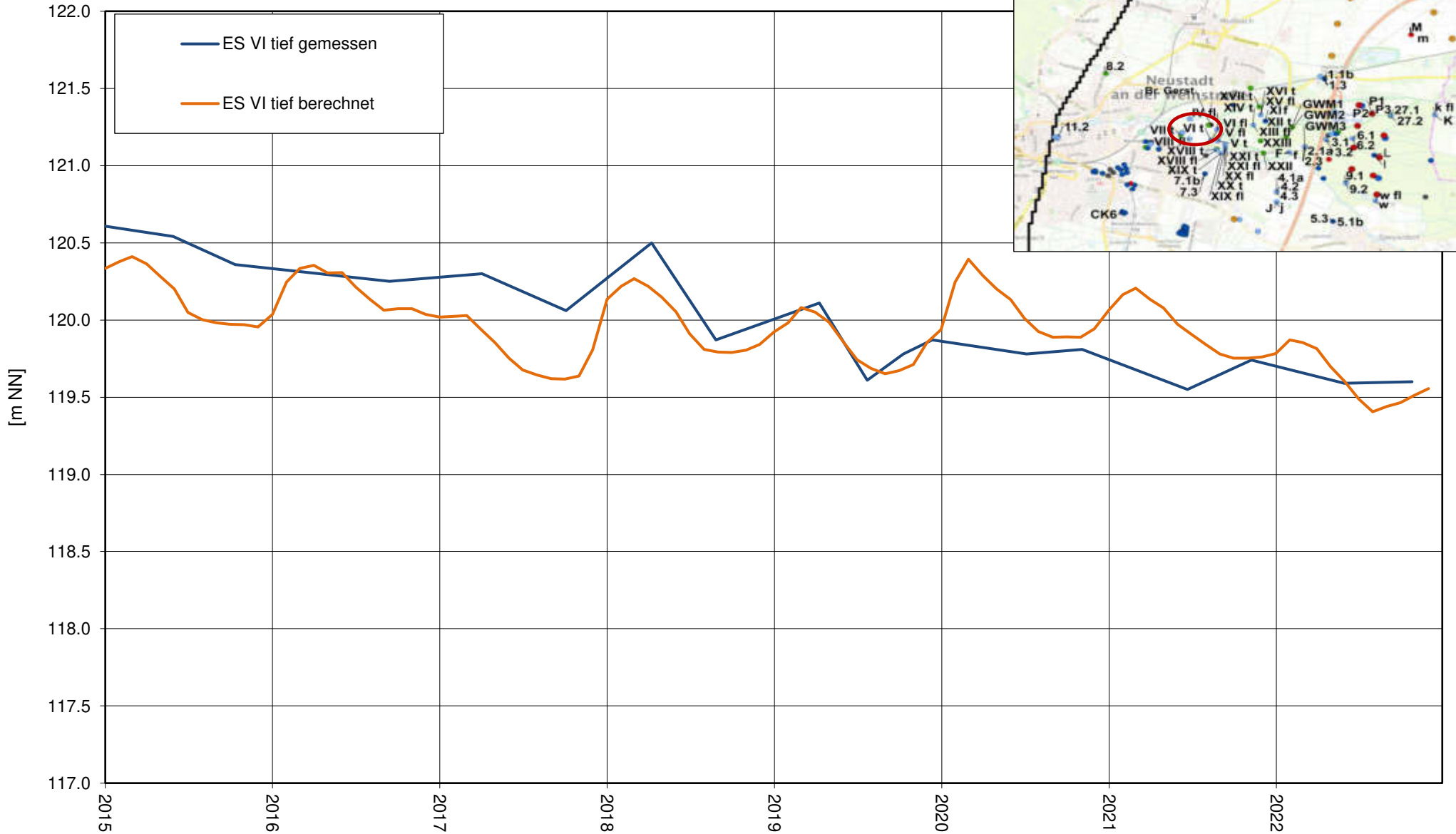
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
OGWLu



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand MGWL

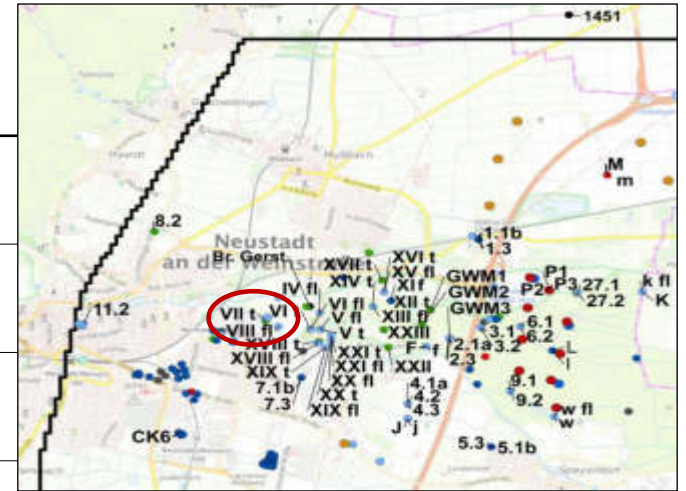
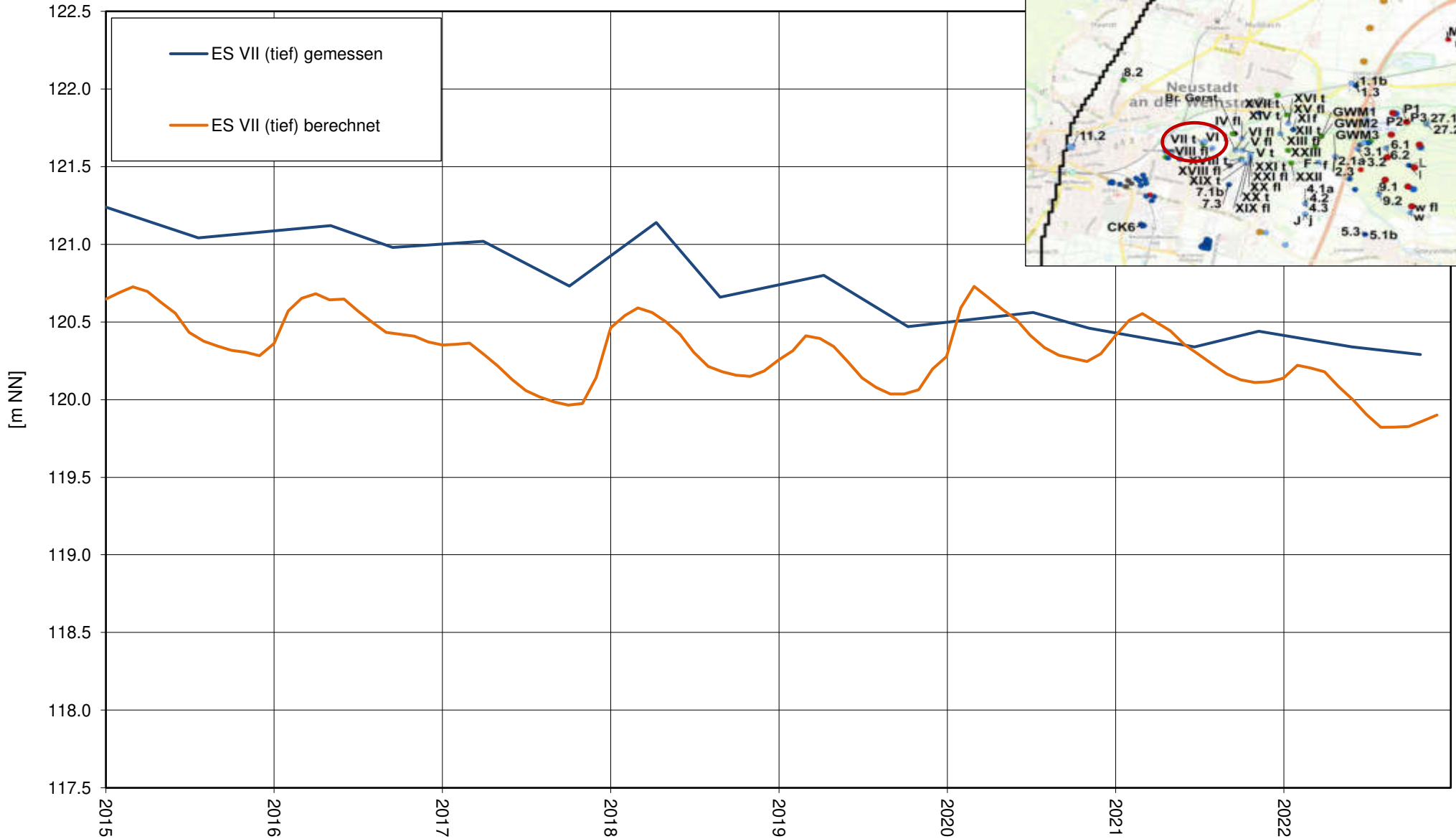


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL

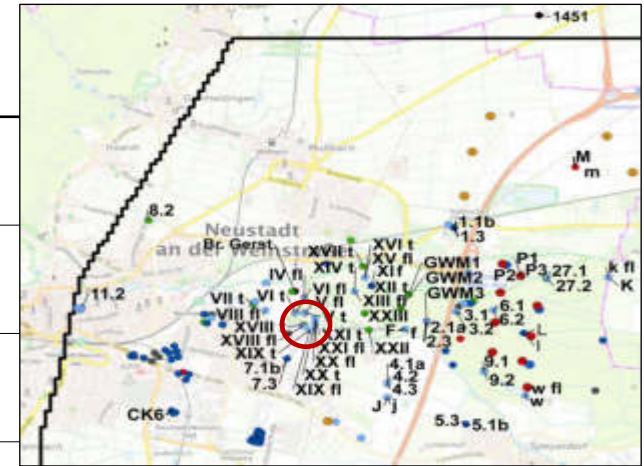
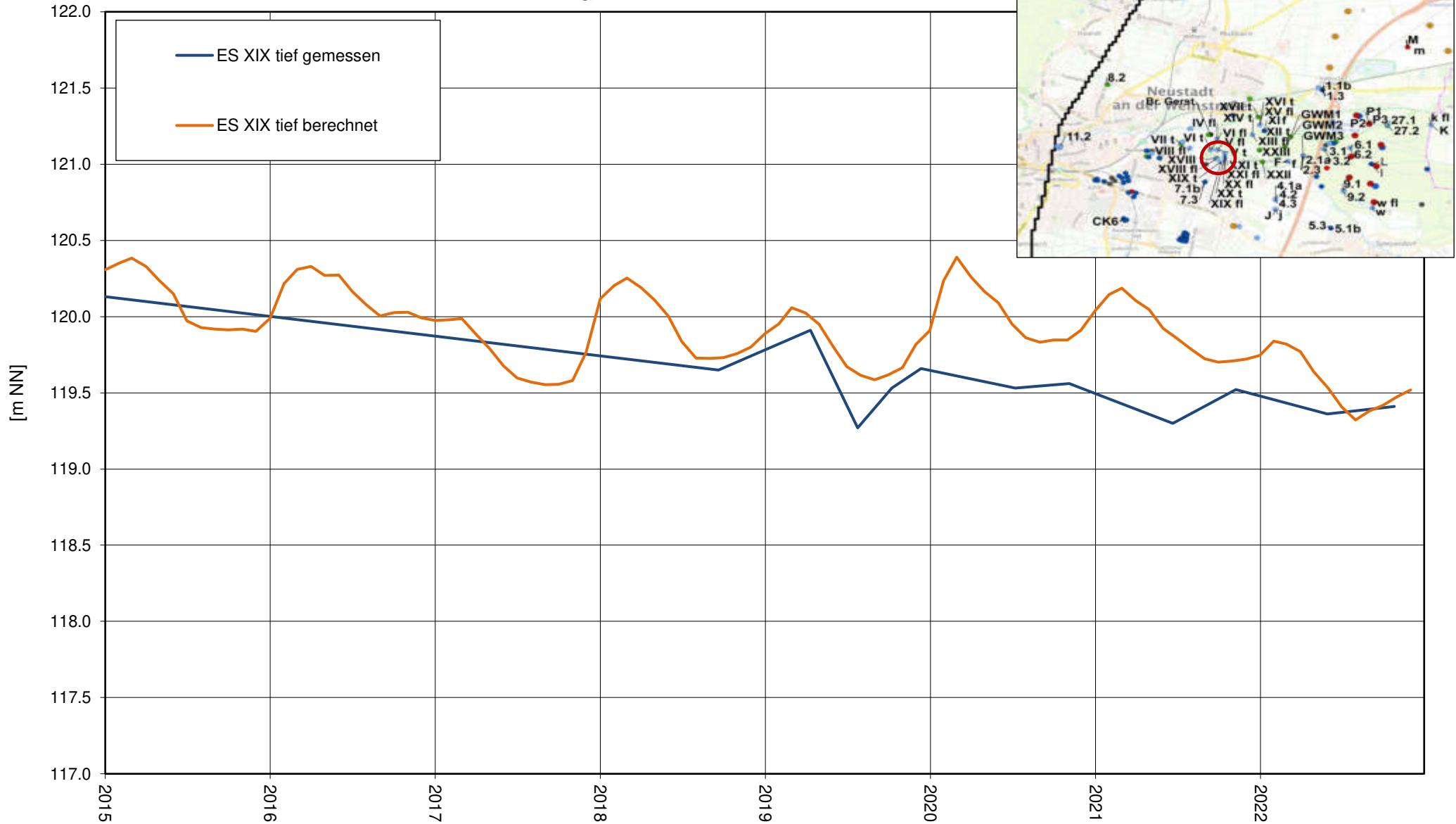




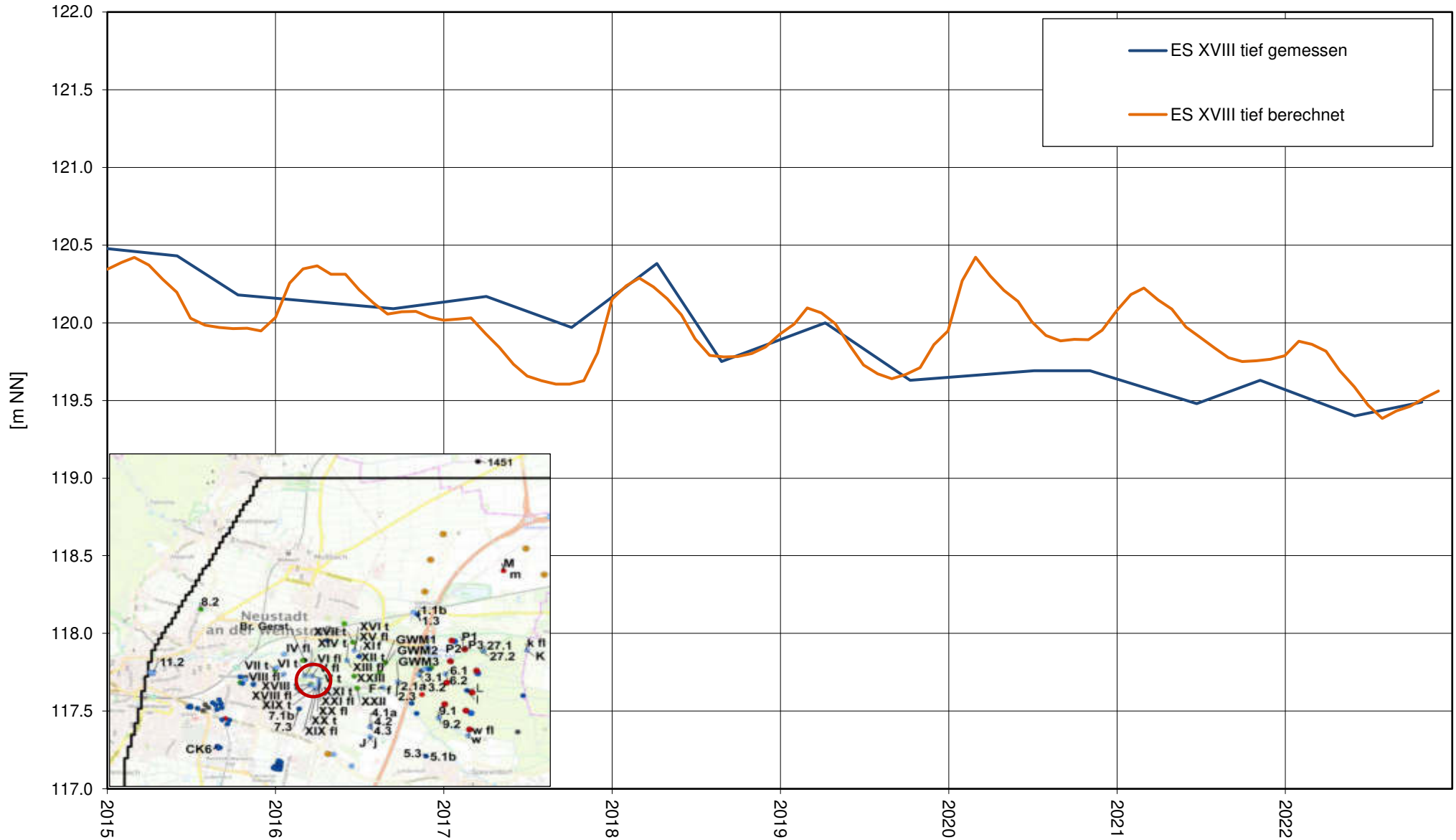
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



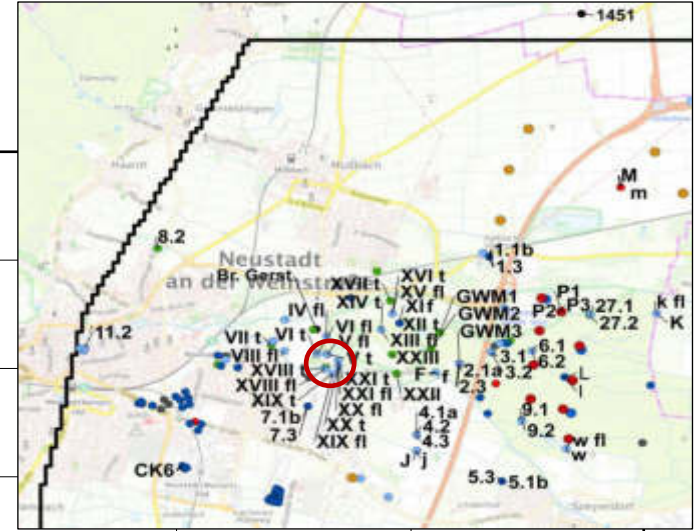
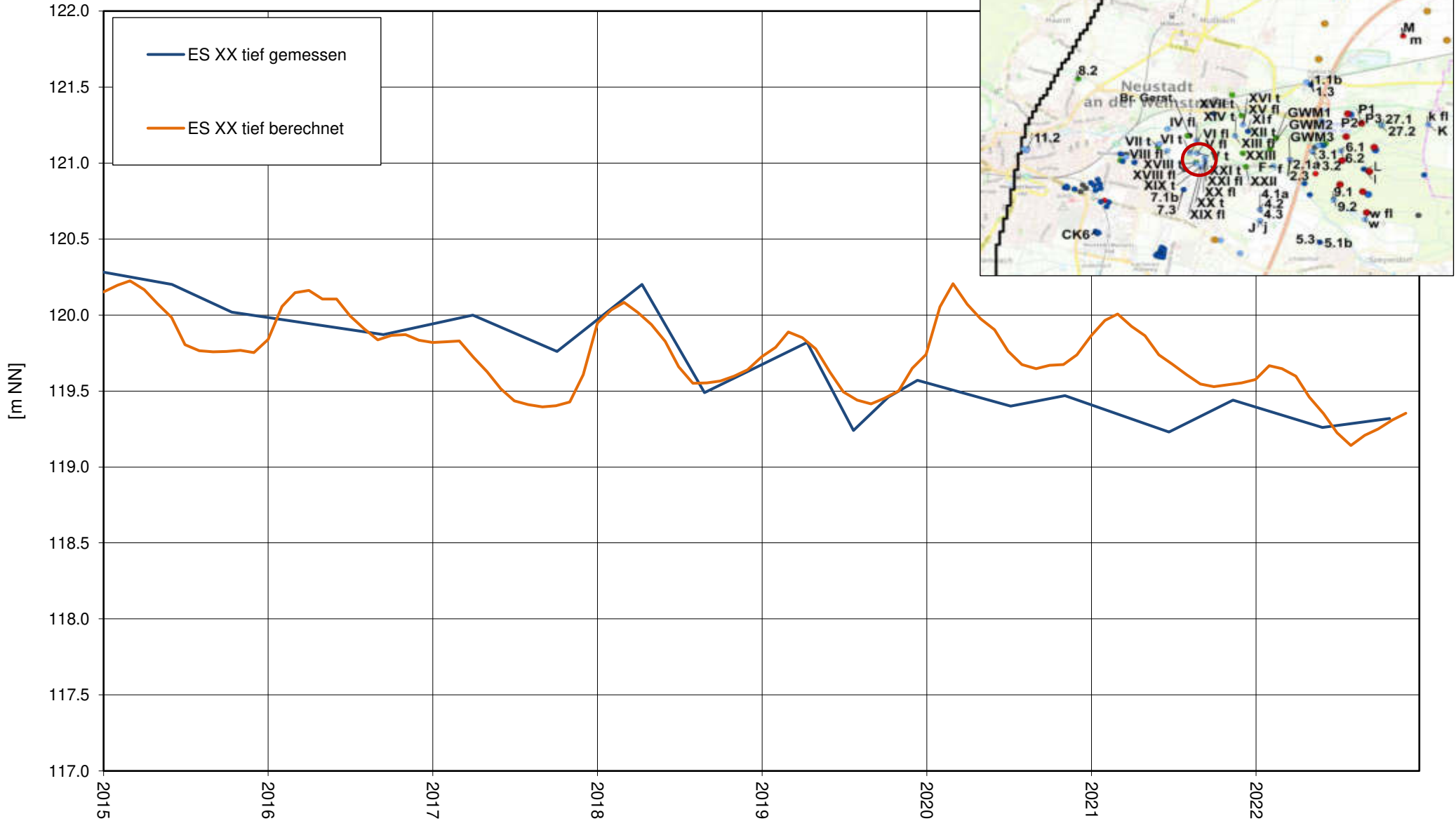
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



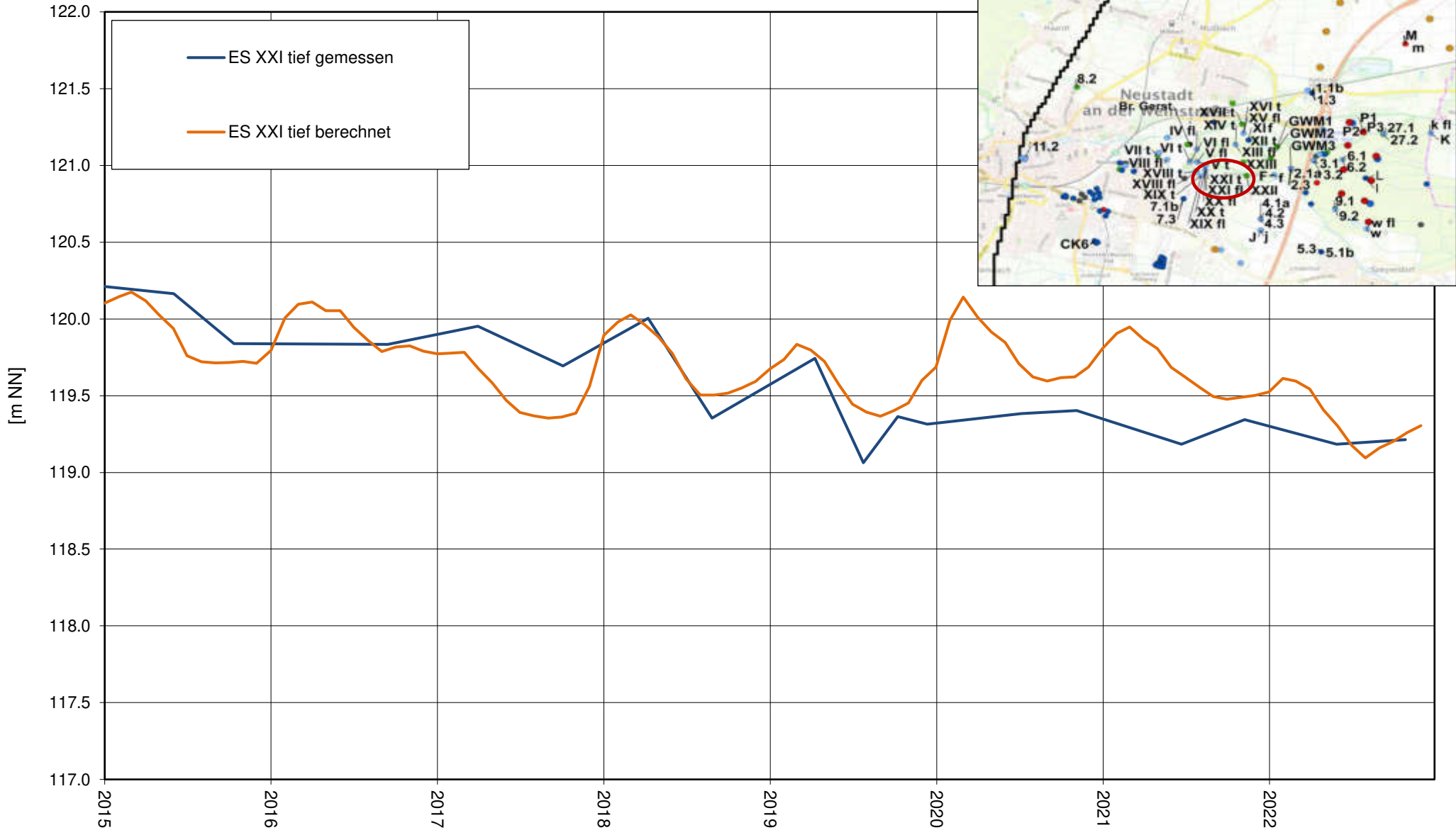
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



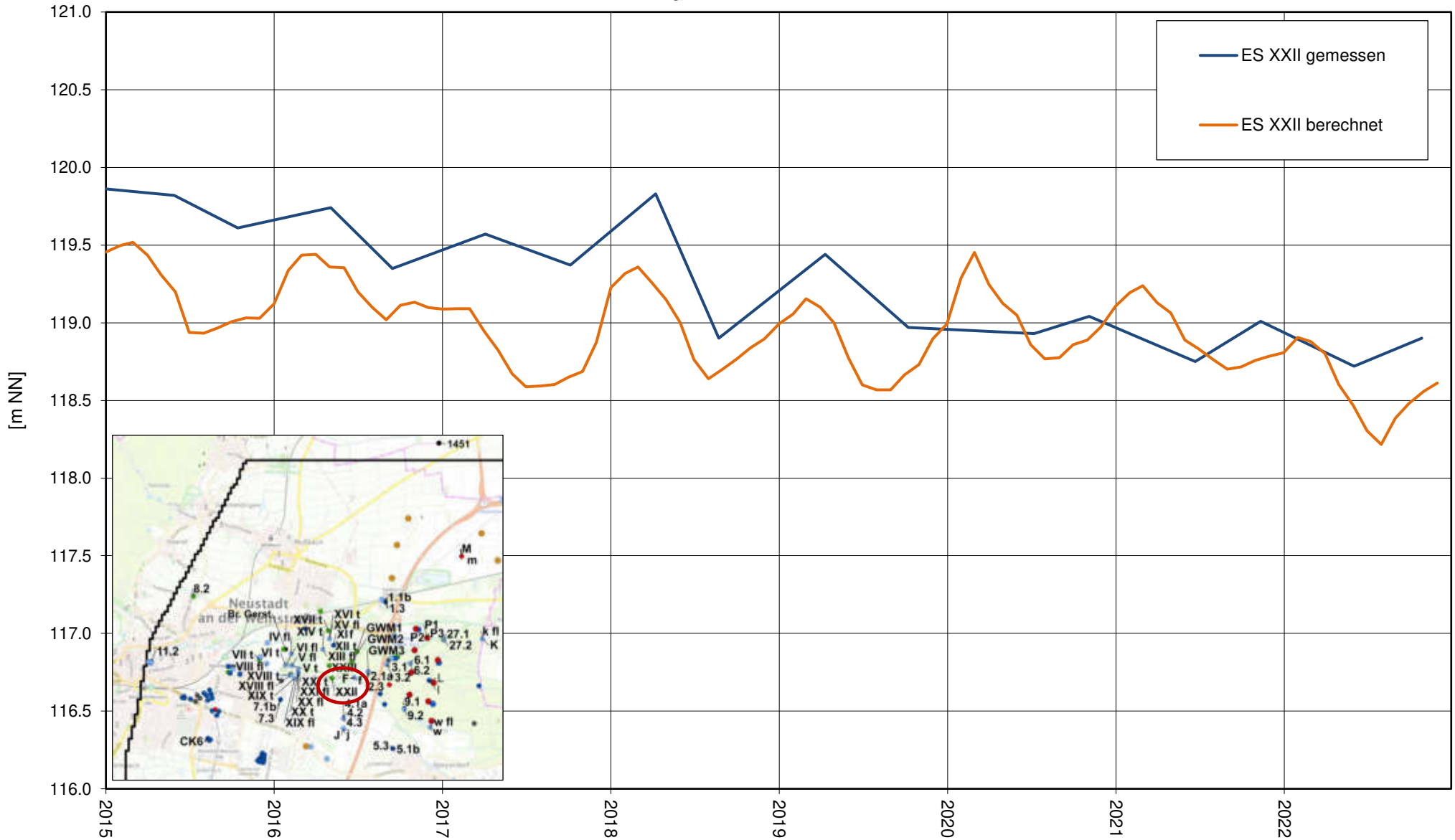
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



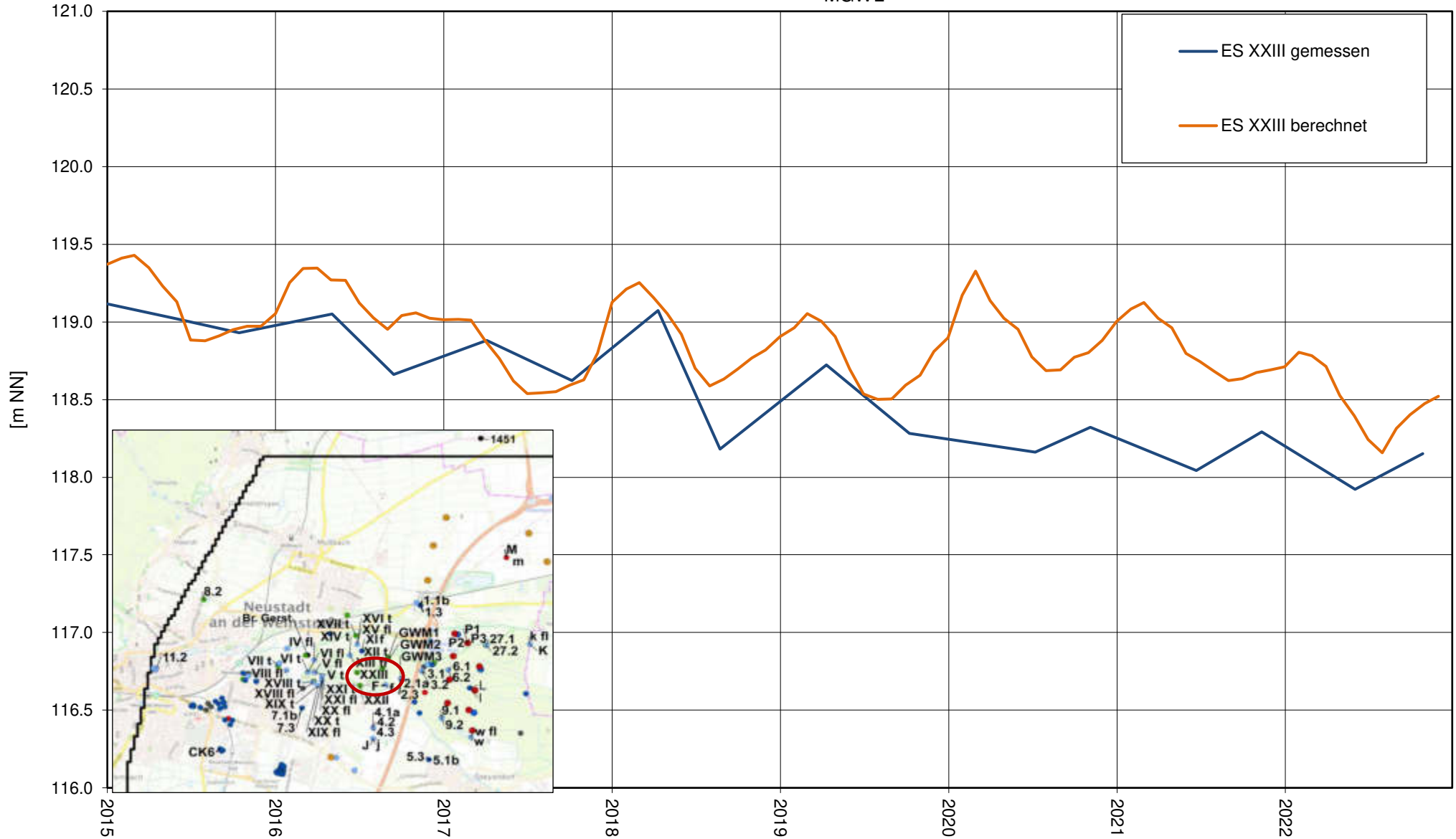
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



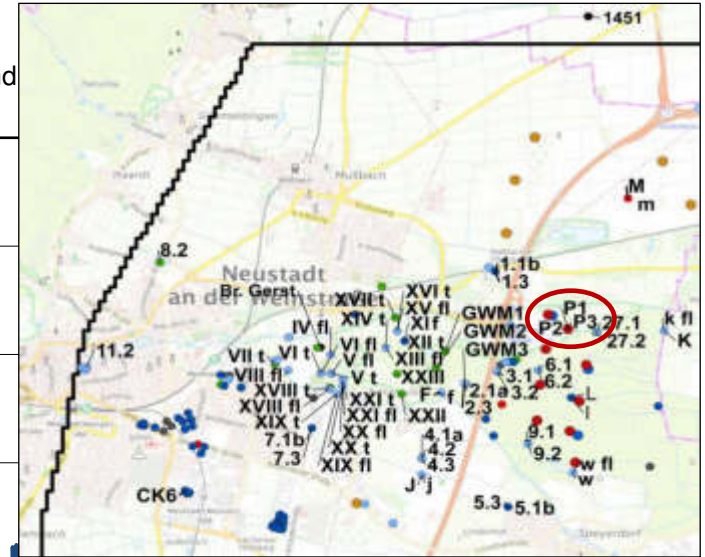
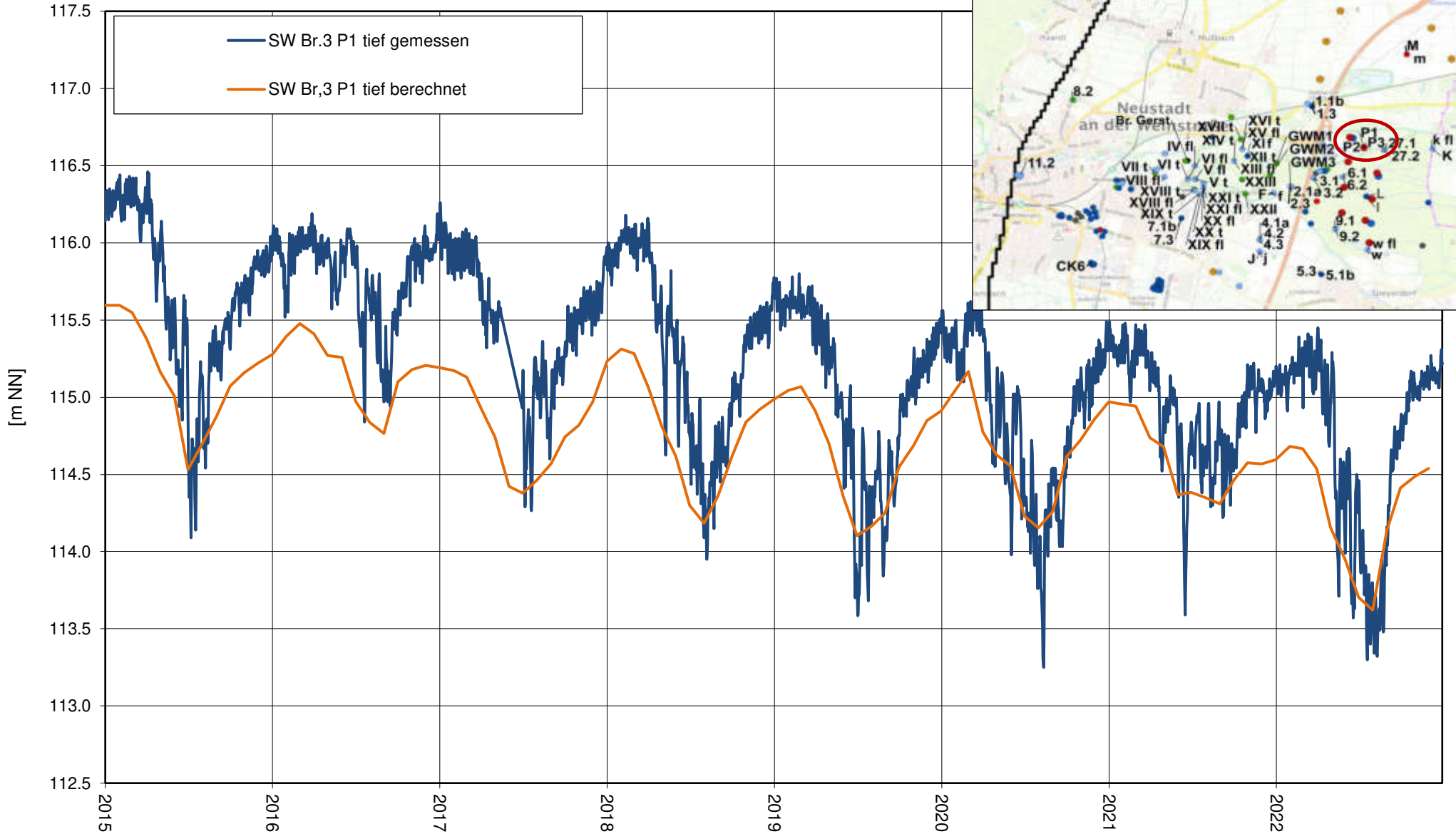
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL

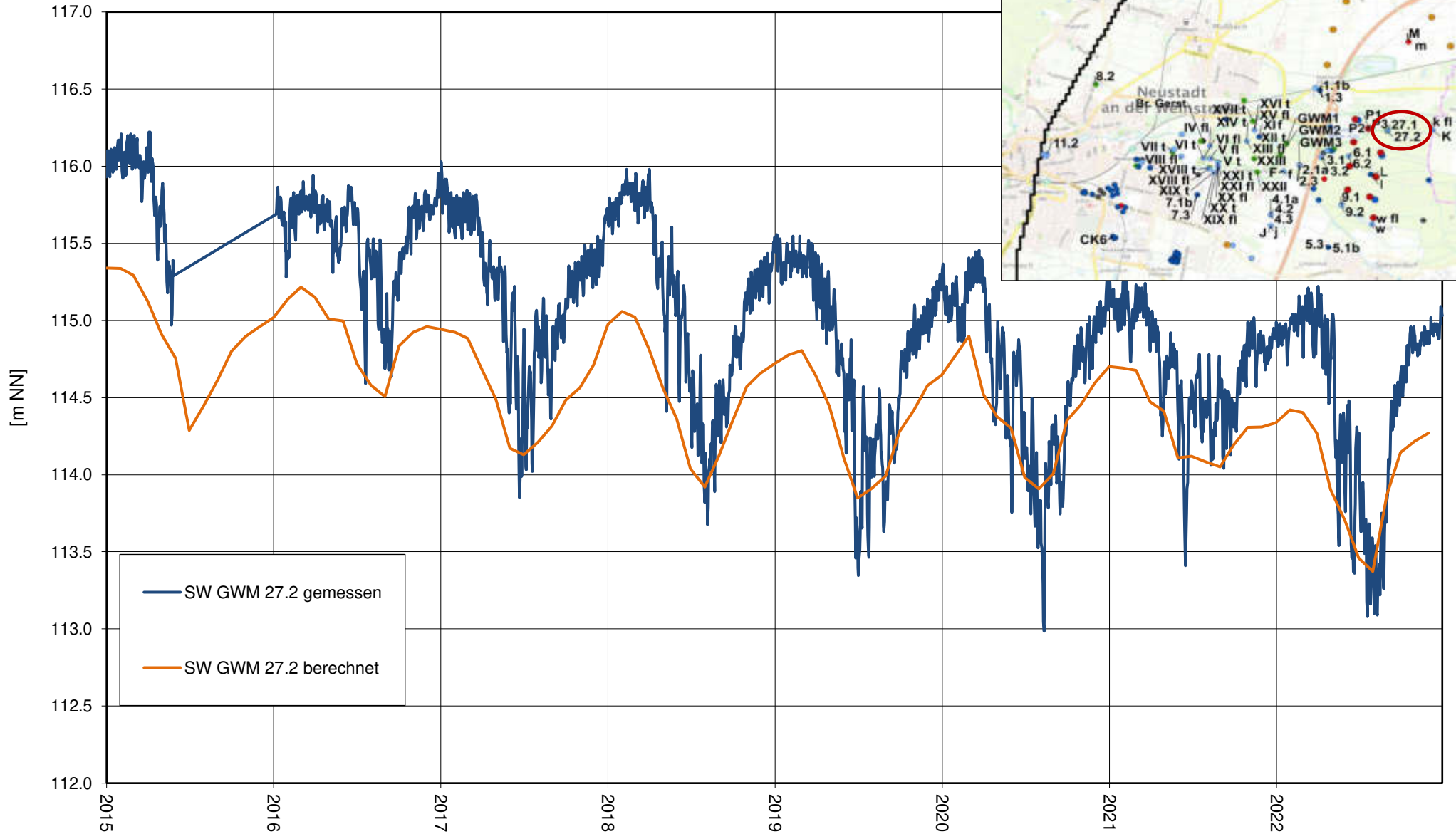


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL

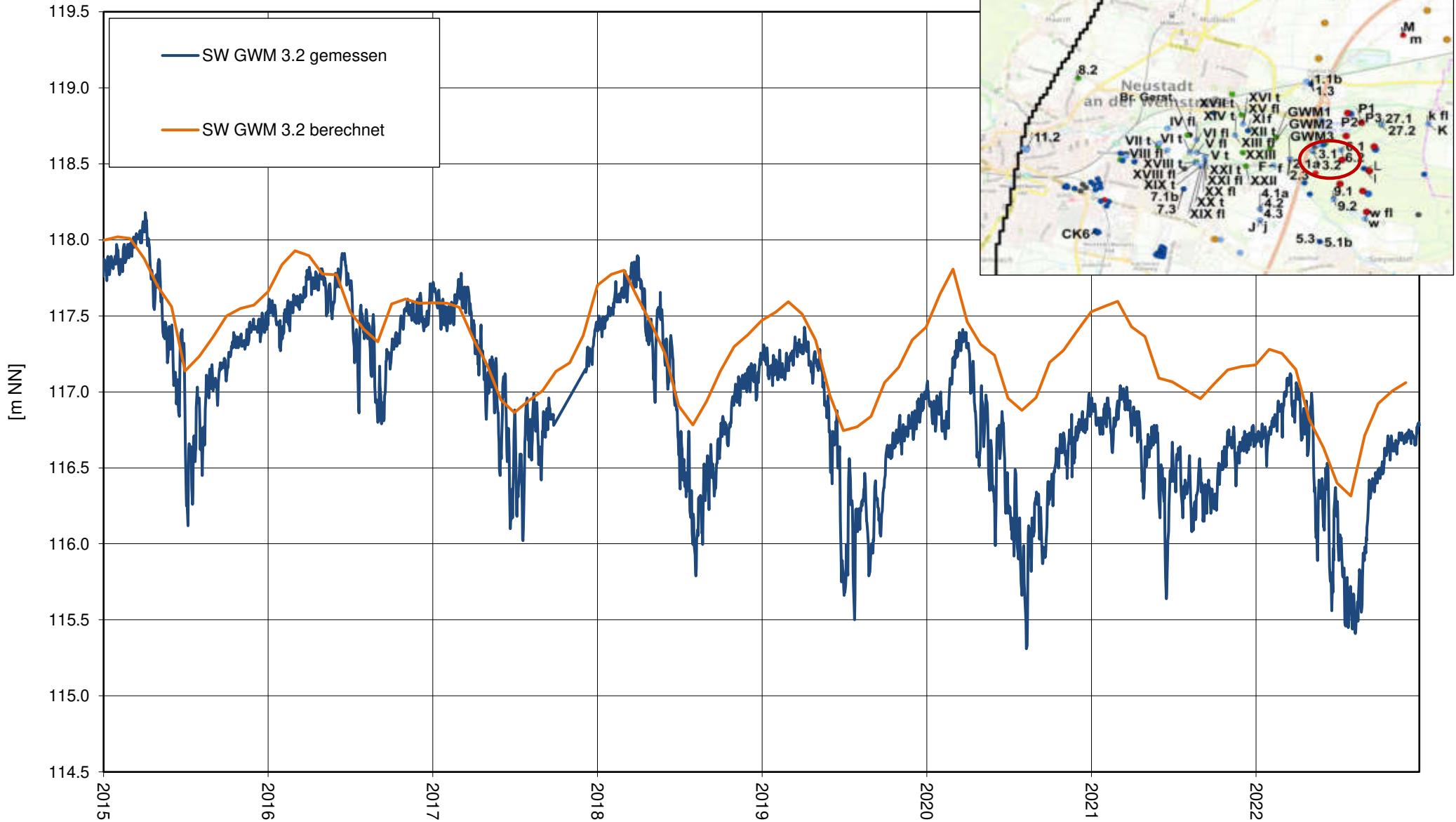




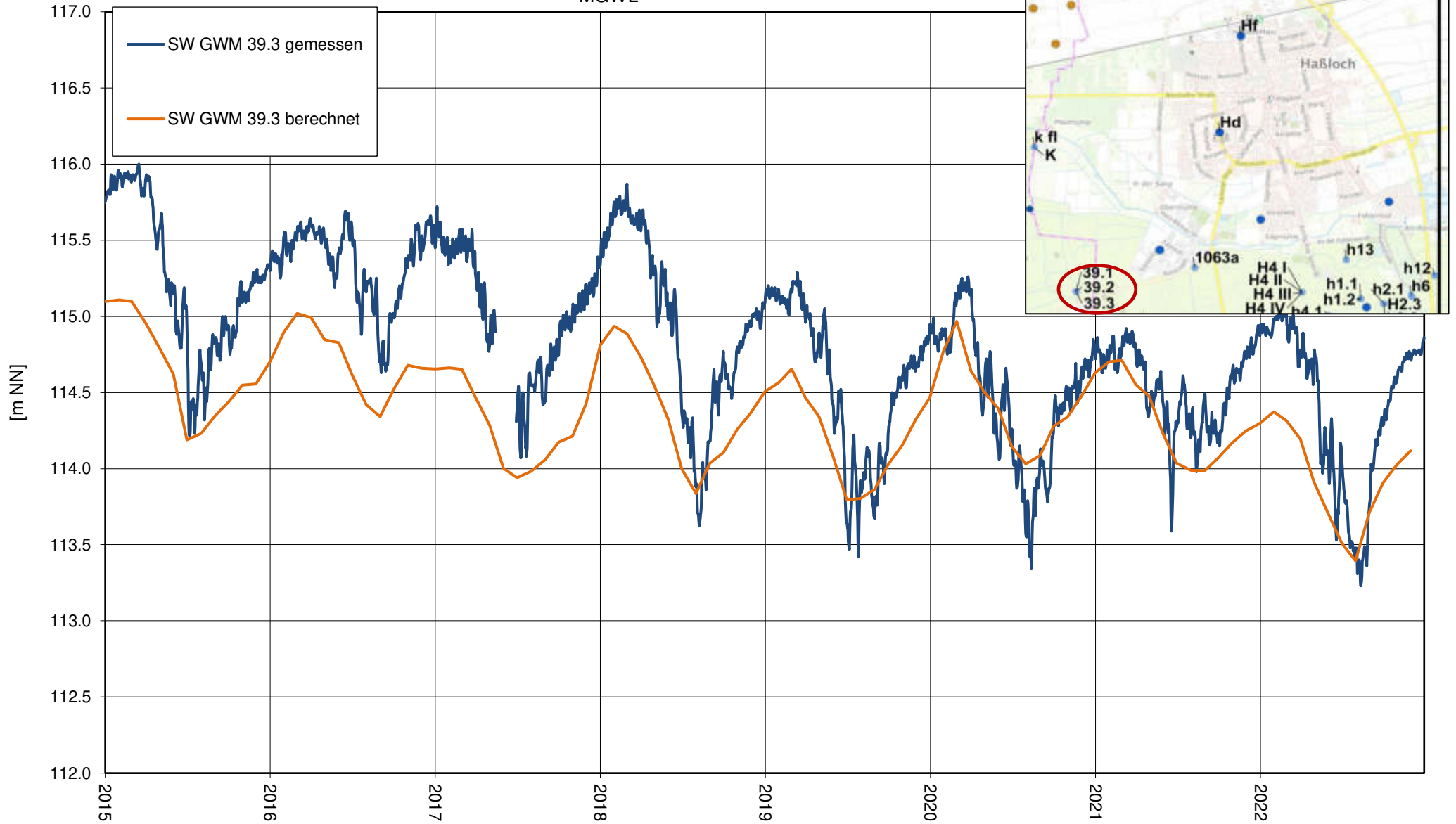
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



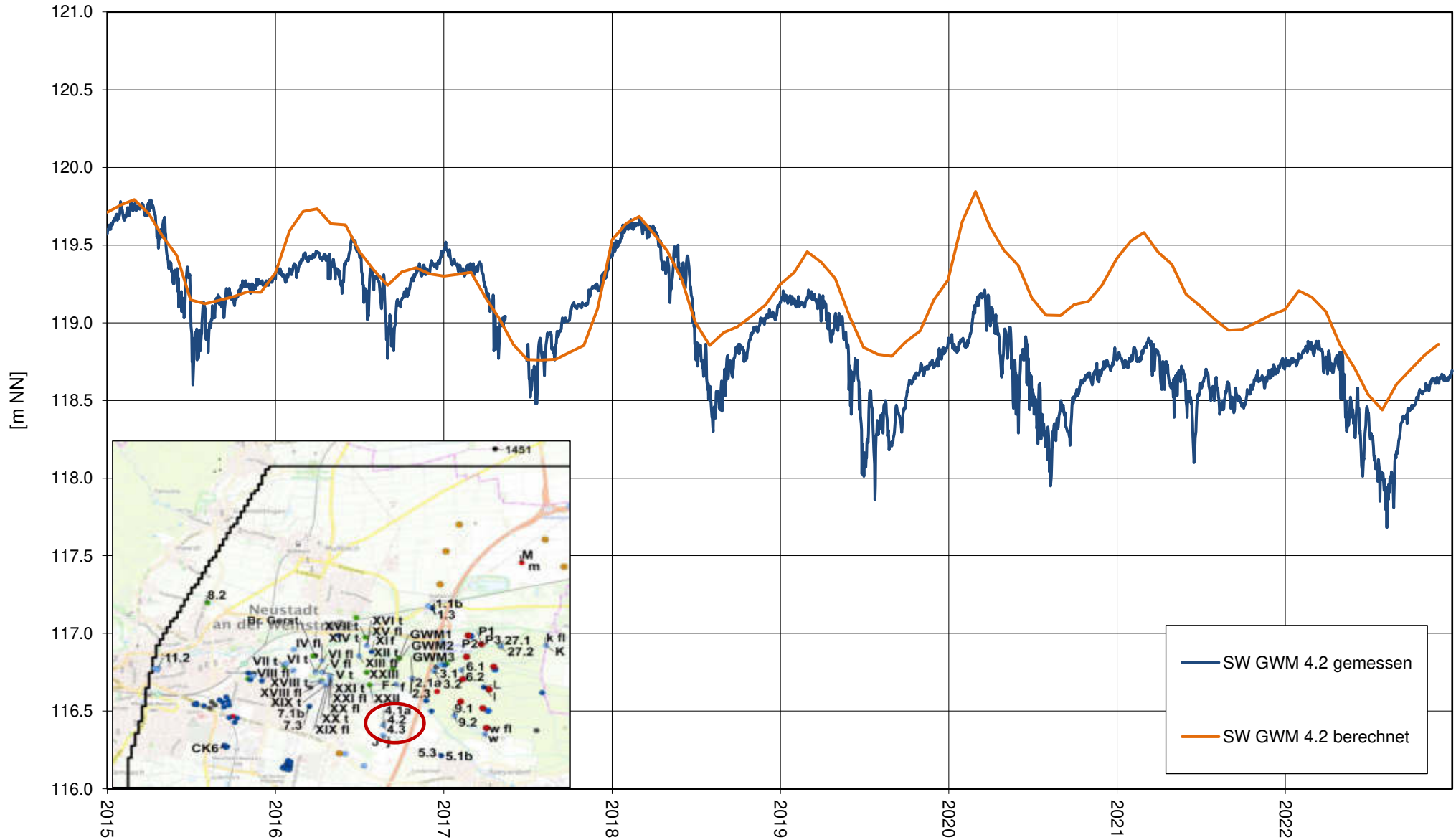
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL



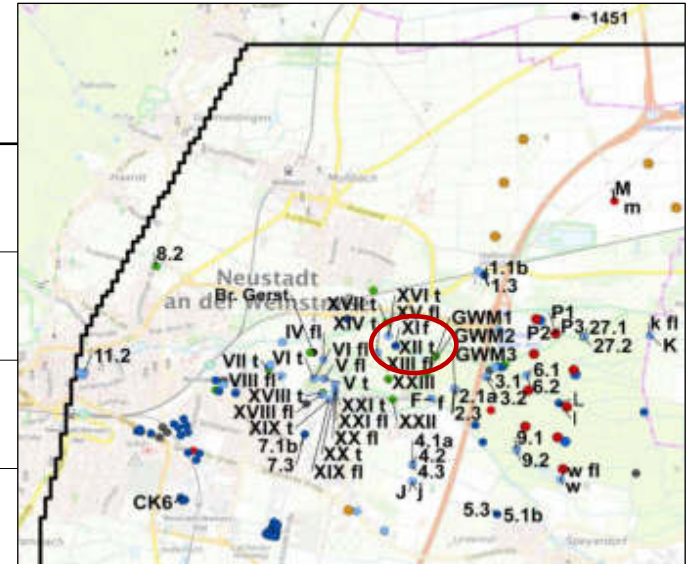
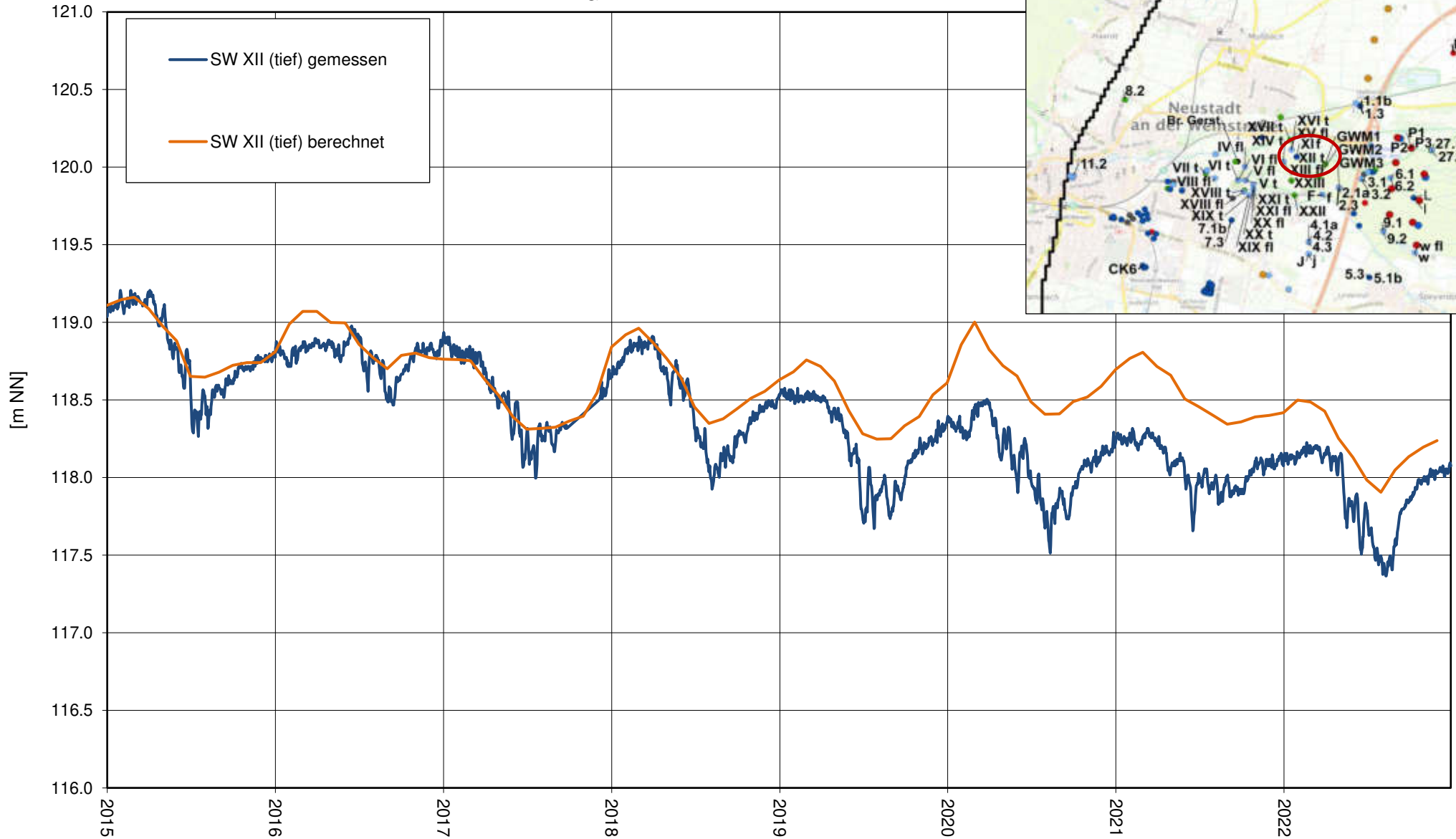
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL



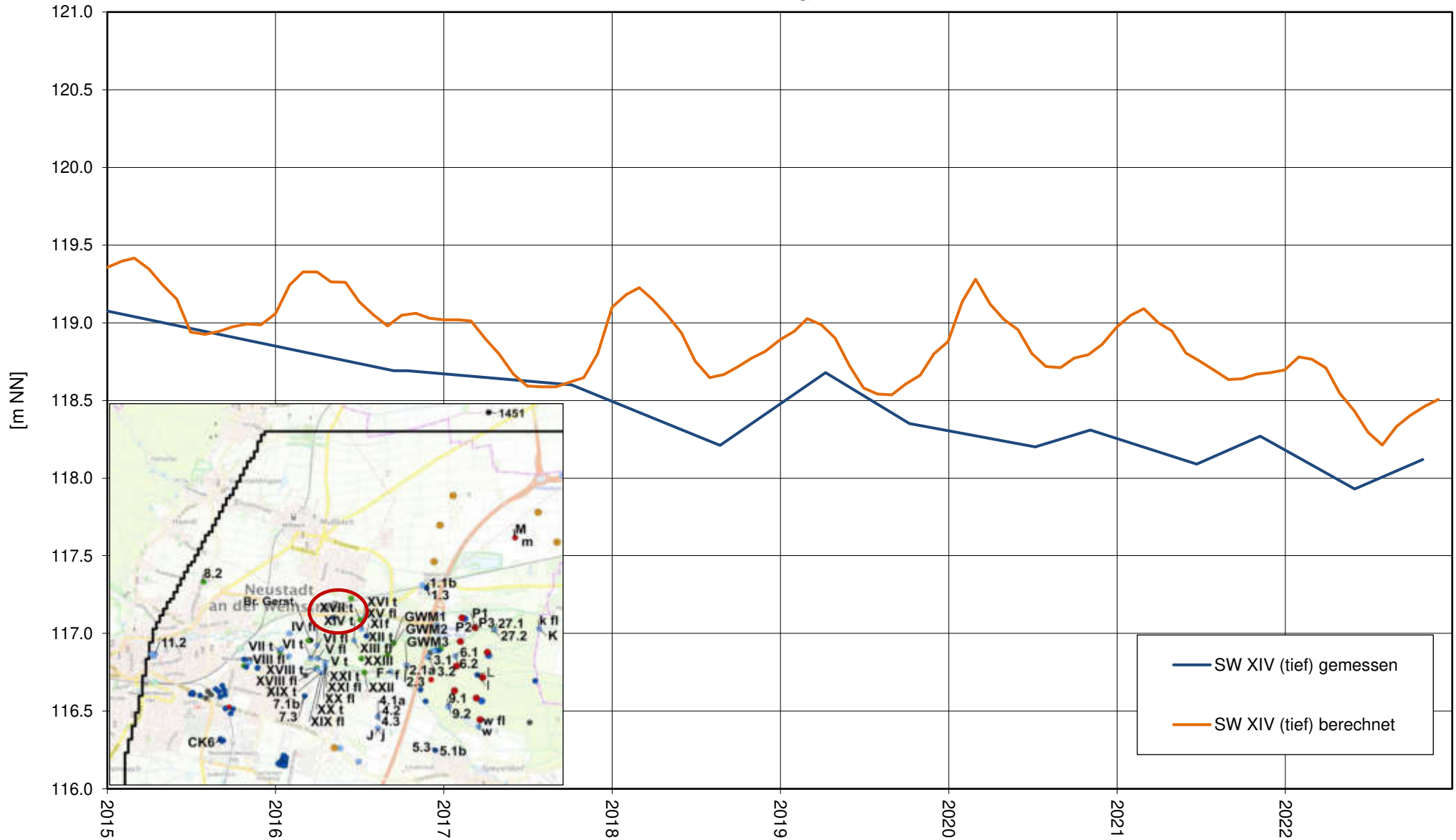
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL



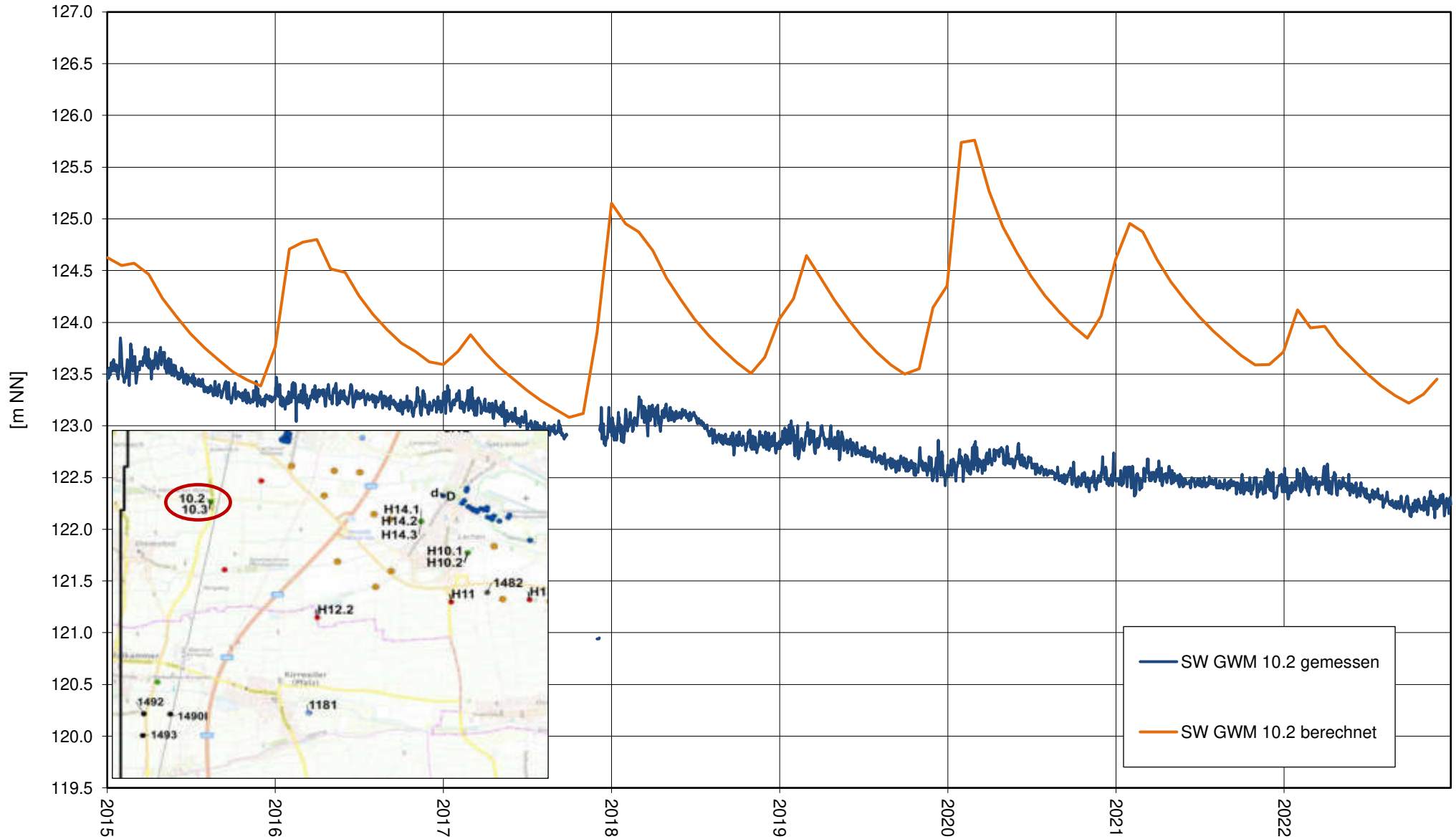
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL



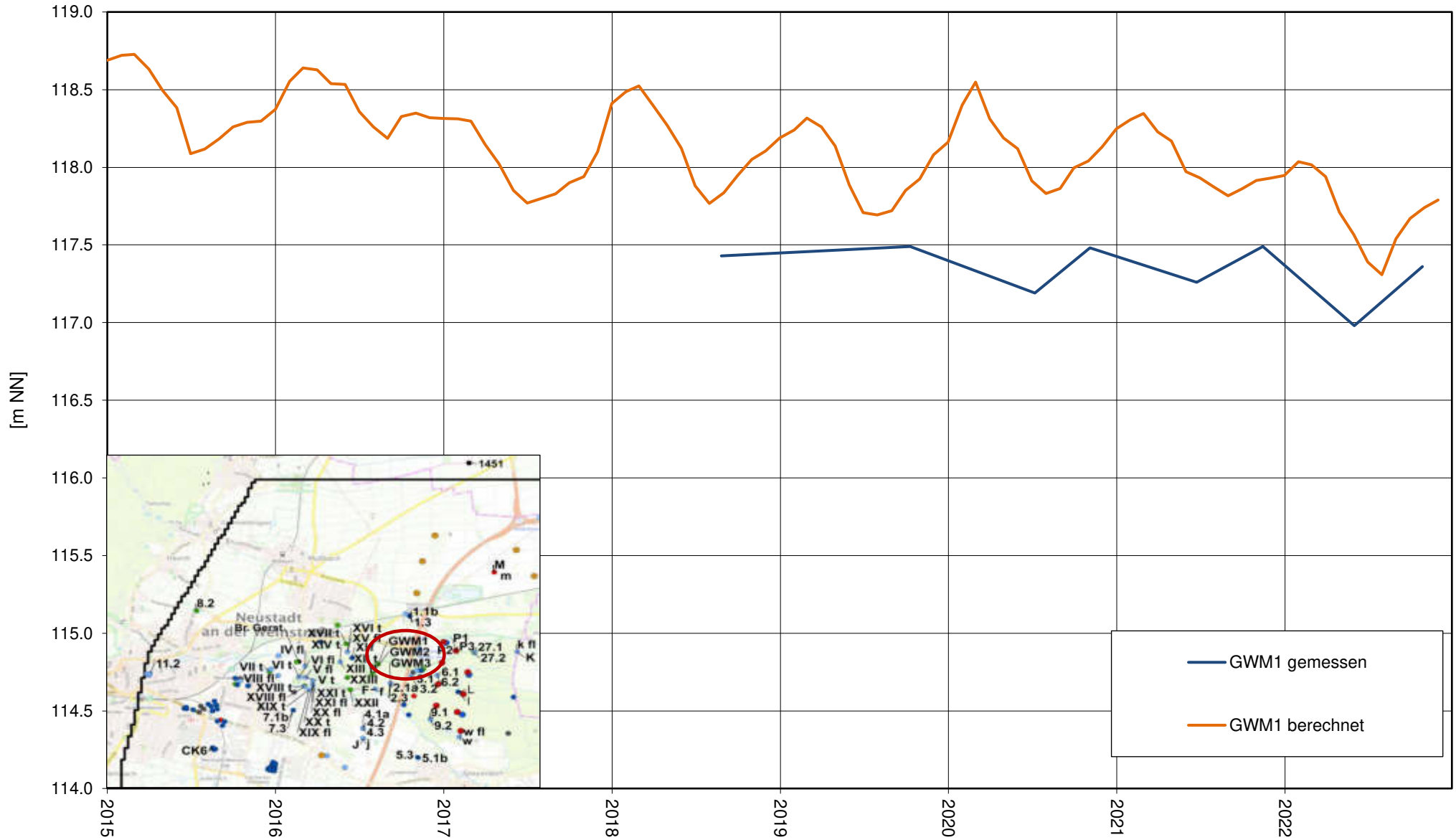
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
MGWL

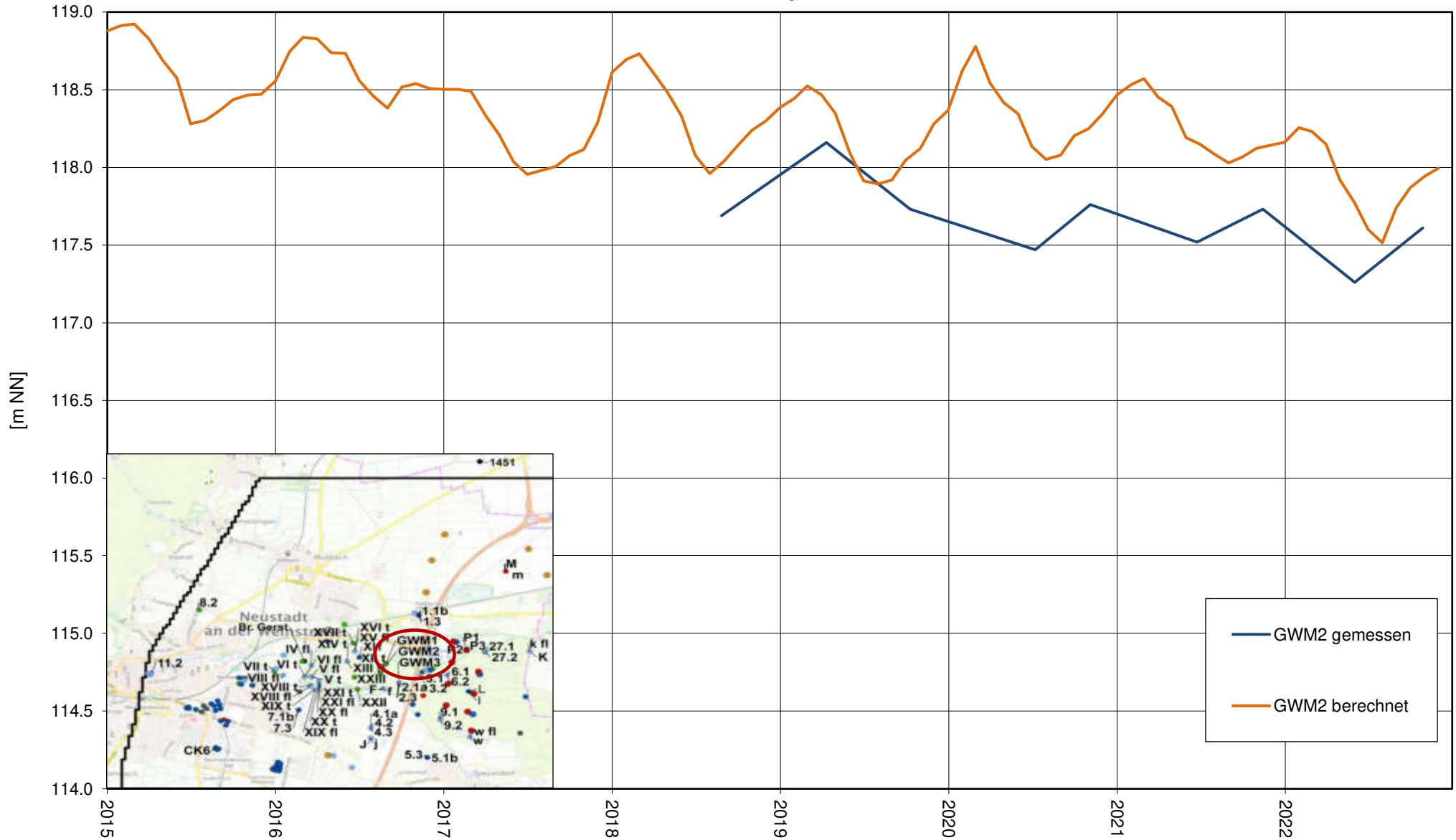


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL

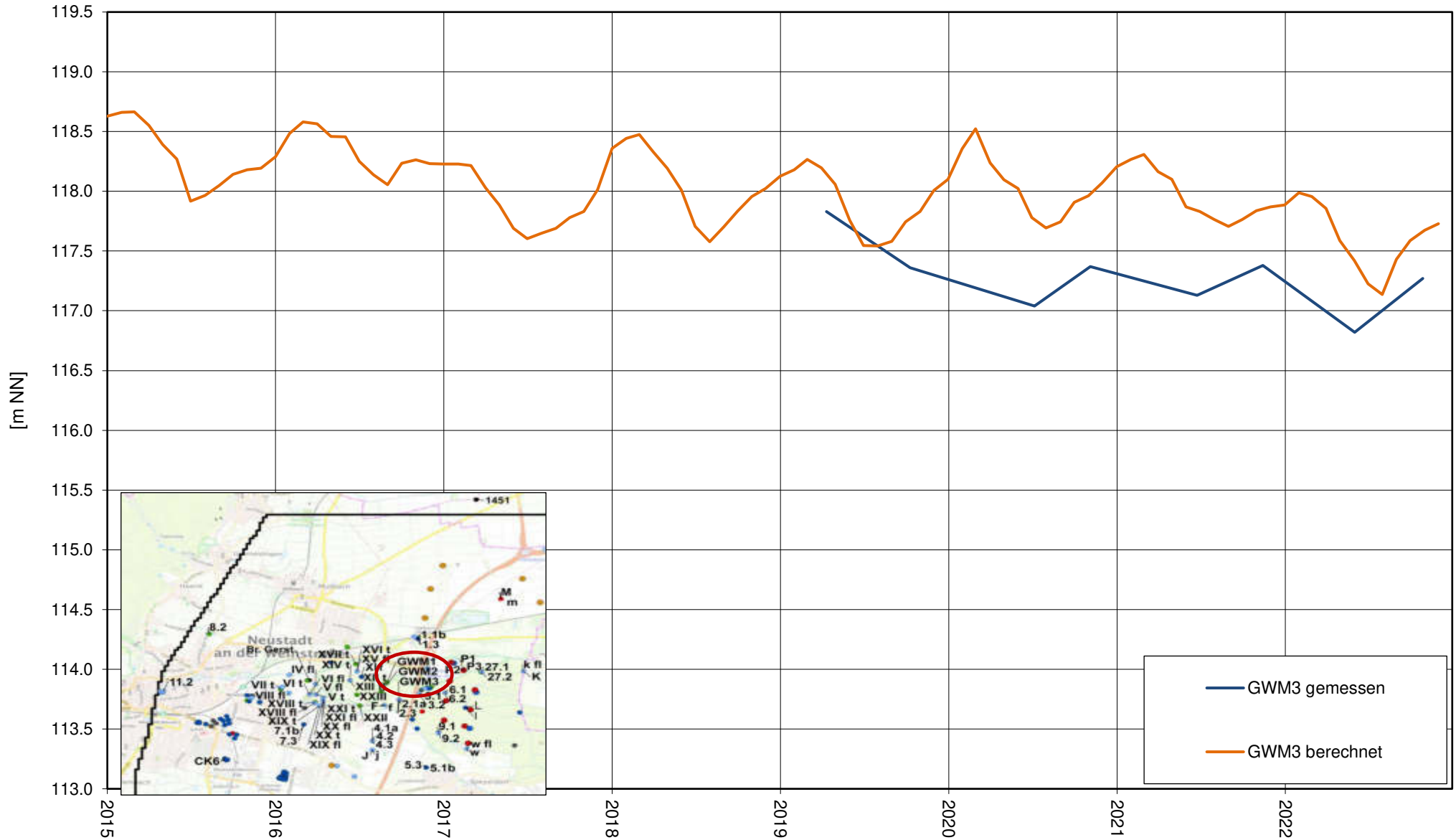




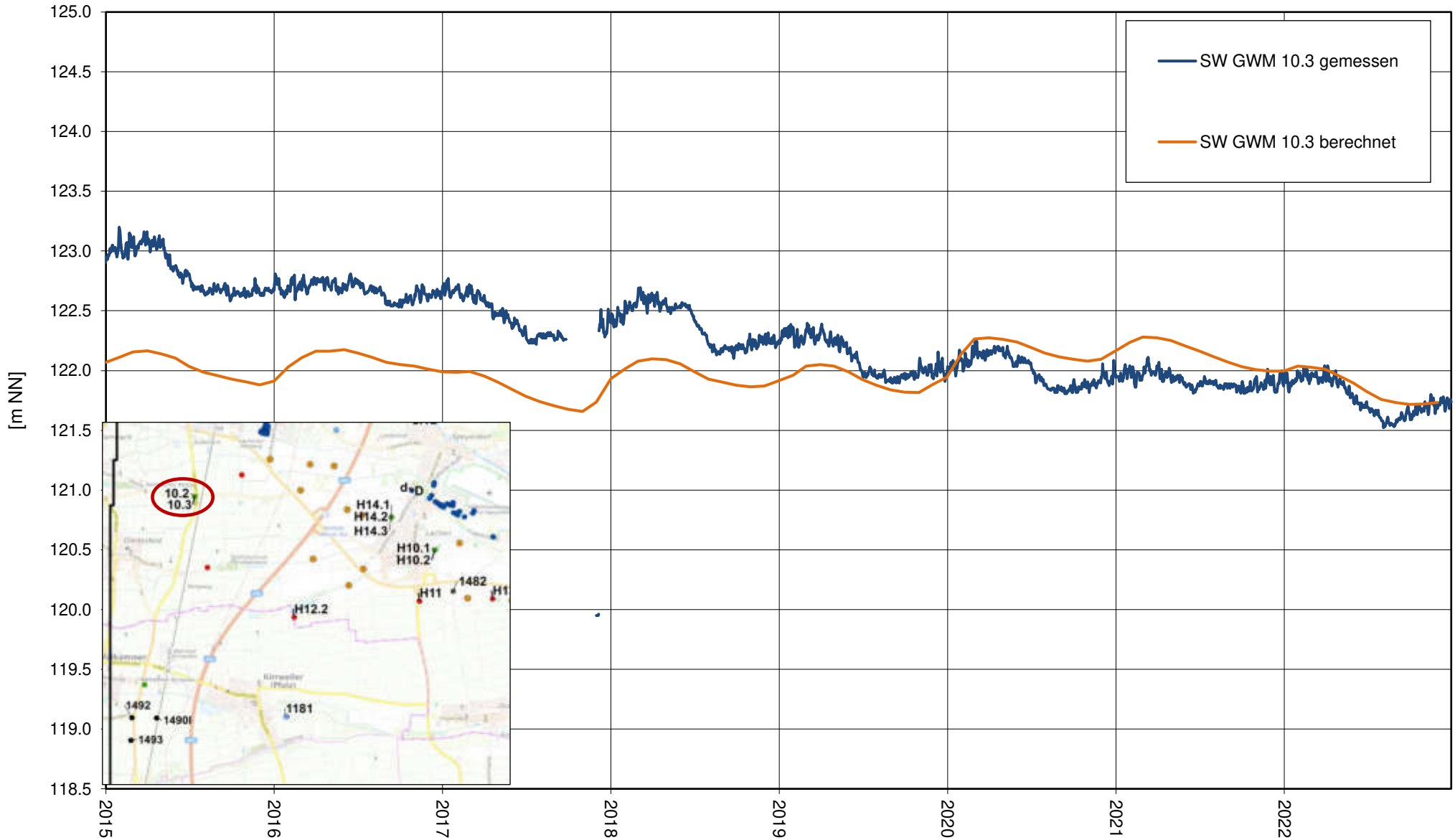
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



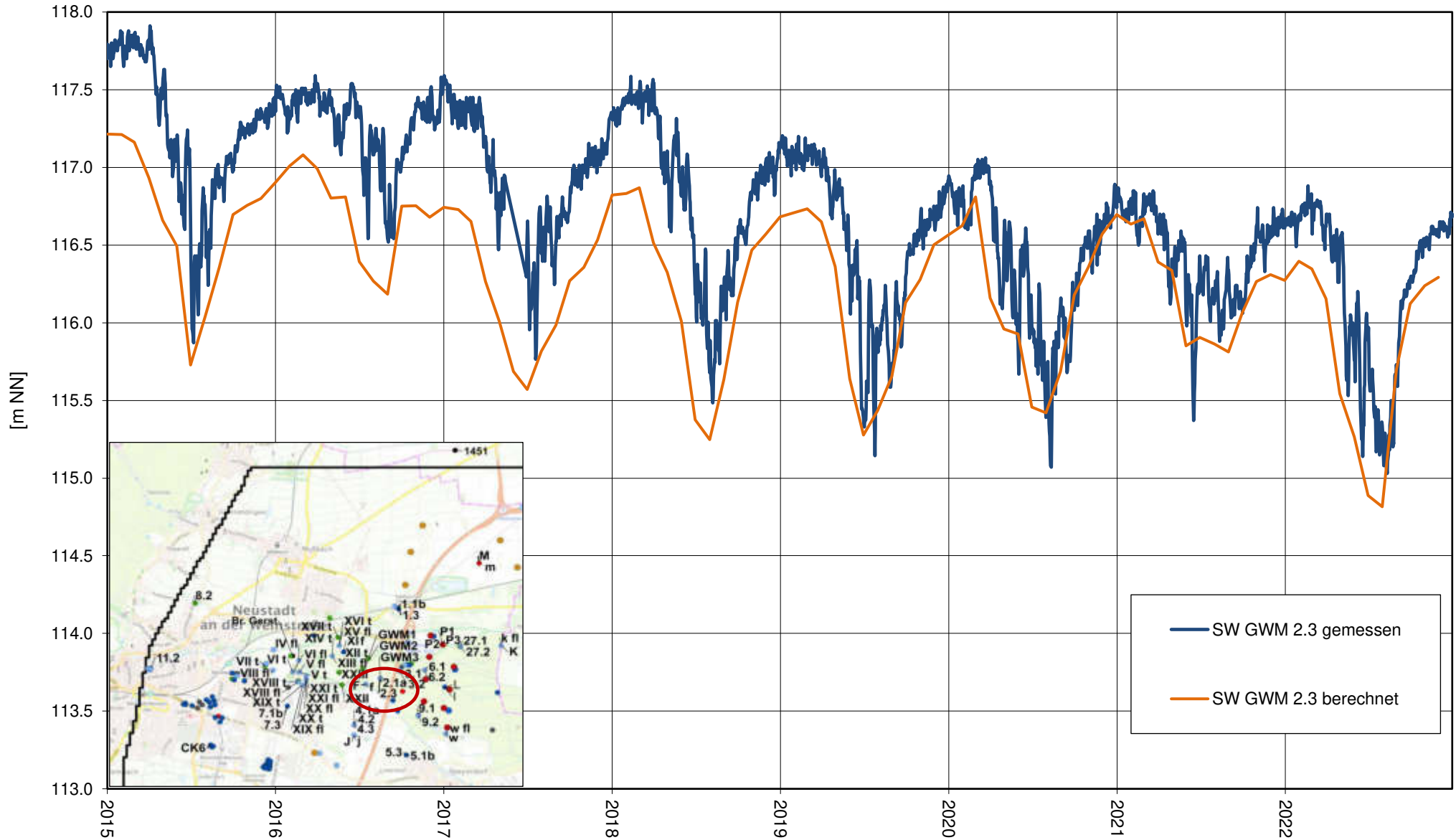
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 MGWL



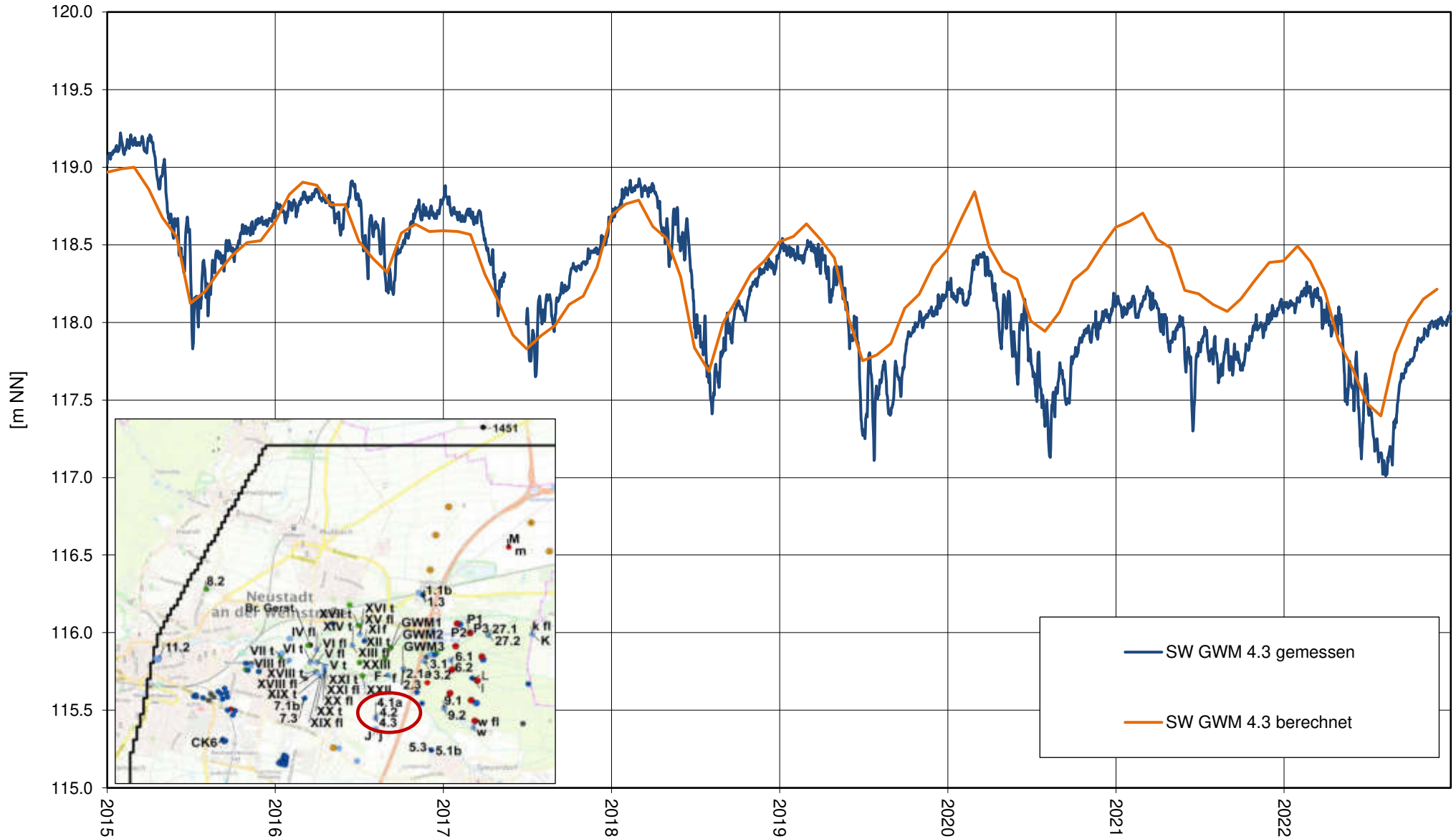
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
UGWL



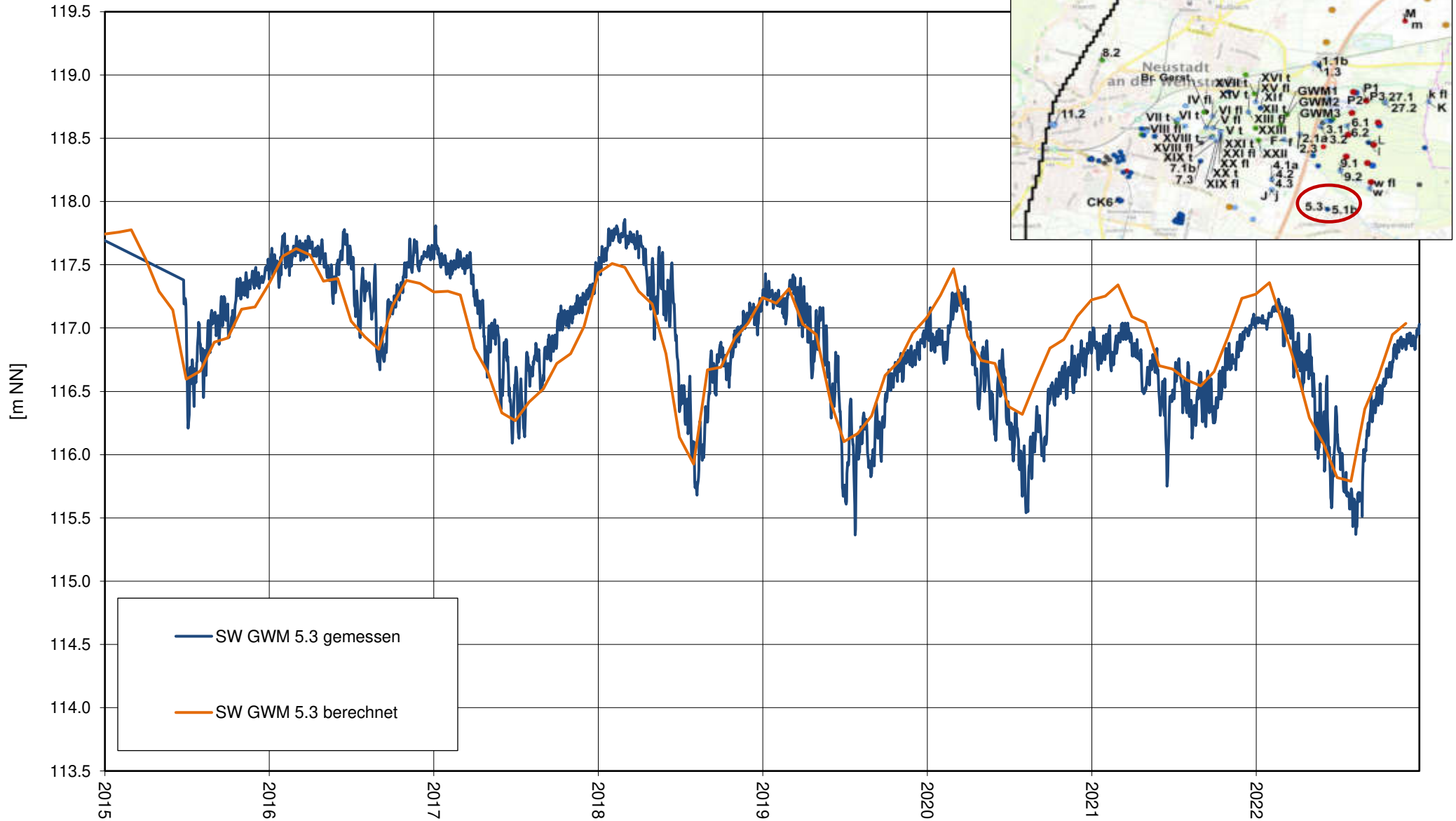
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
UGWL



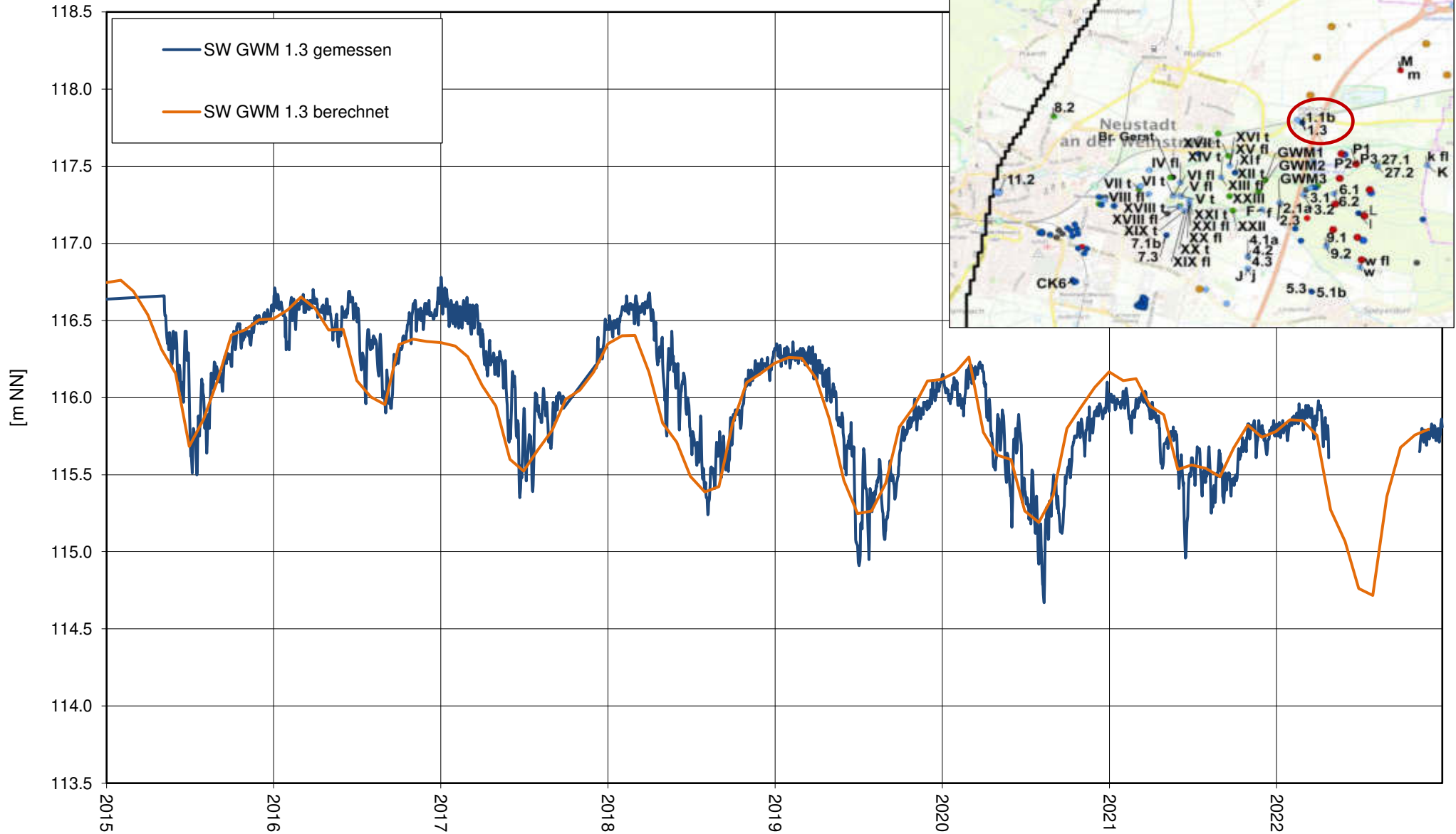
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
UGWL



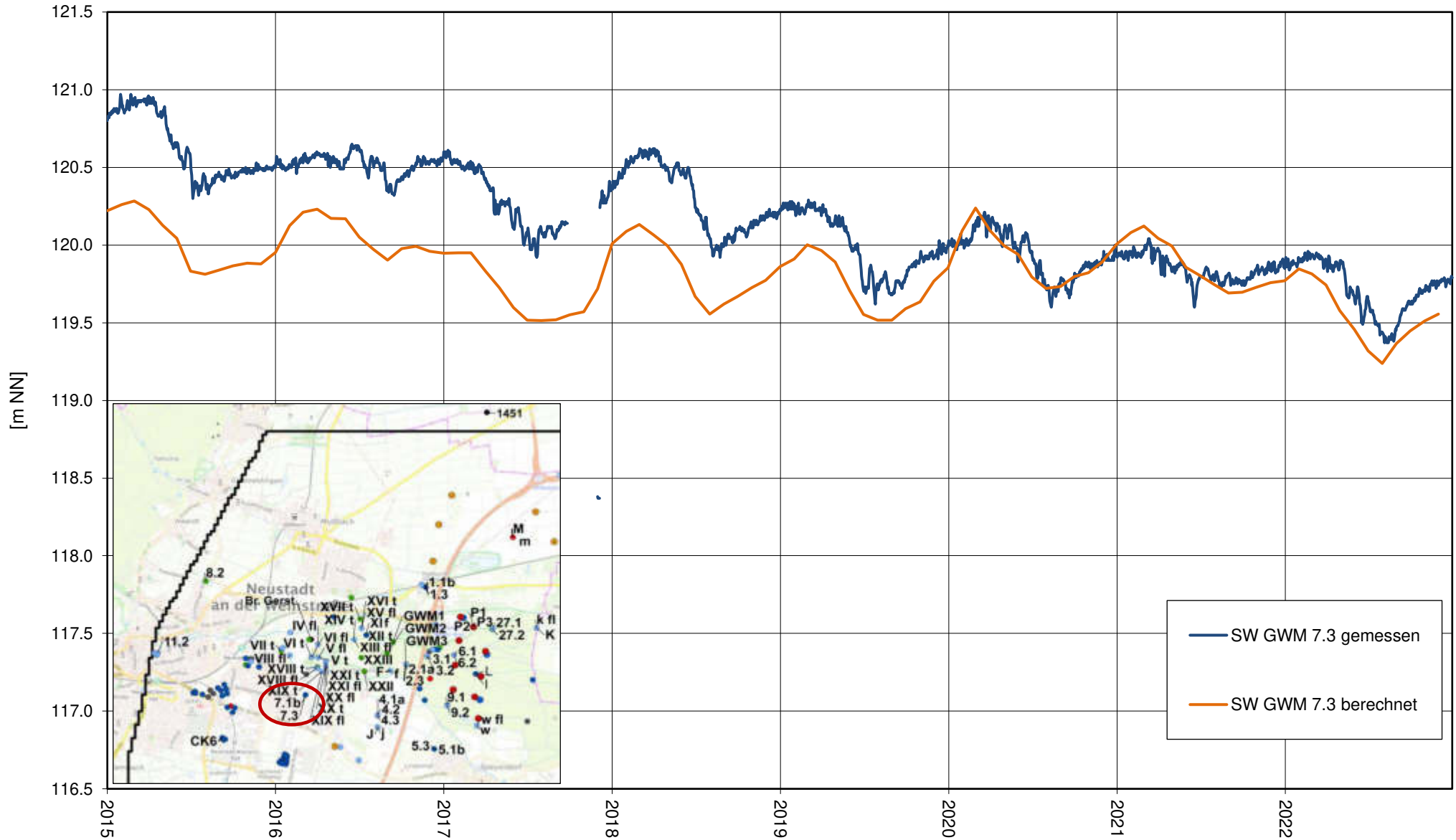
Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstände  
 UGWL



Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstände (UGWL)

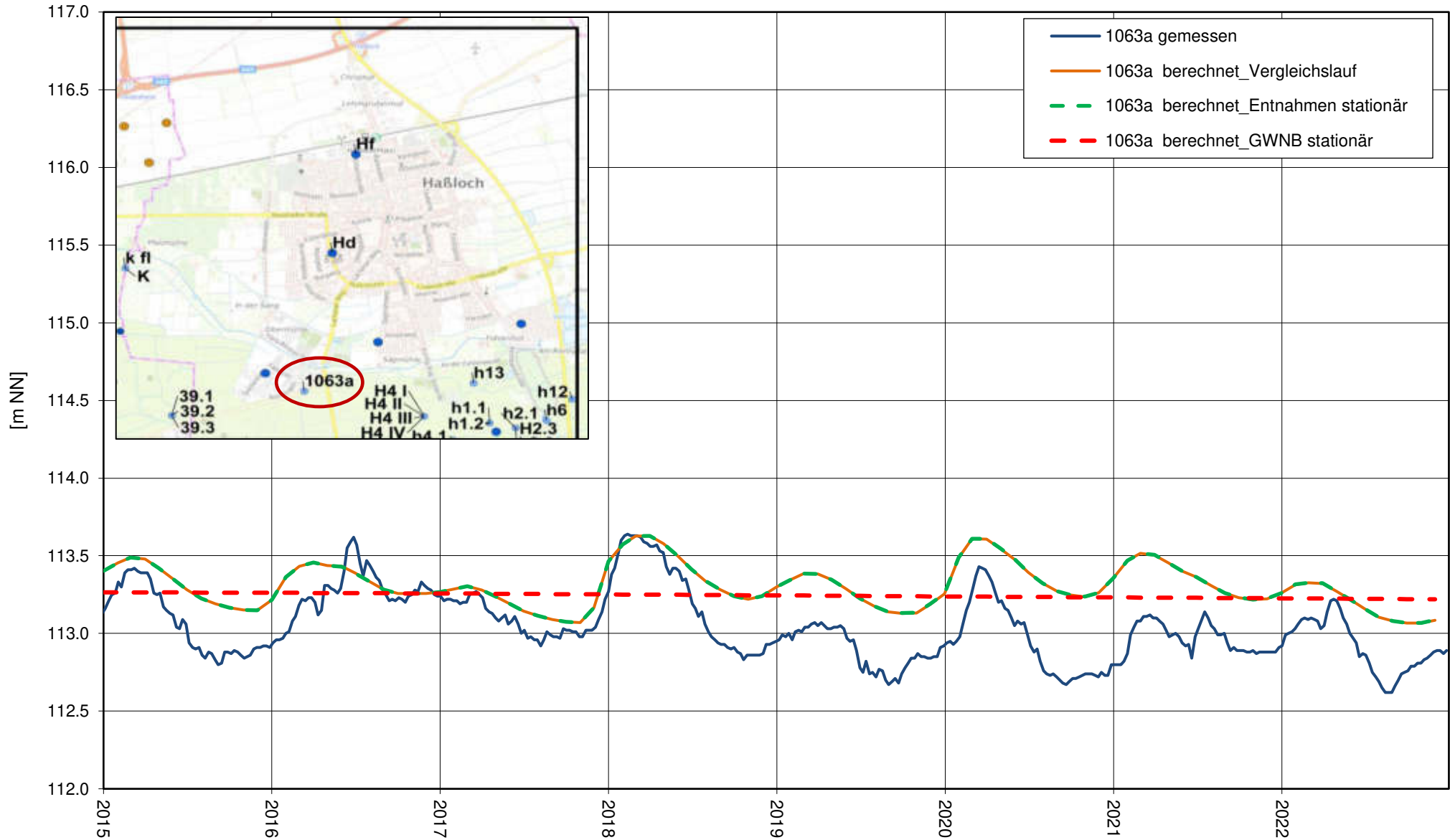


Instationäre Kalibrierung 2015 – 2022, Ganglinien berechneter / gemessener Grundwasserstand  
 UGWL

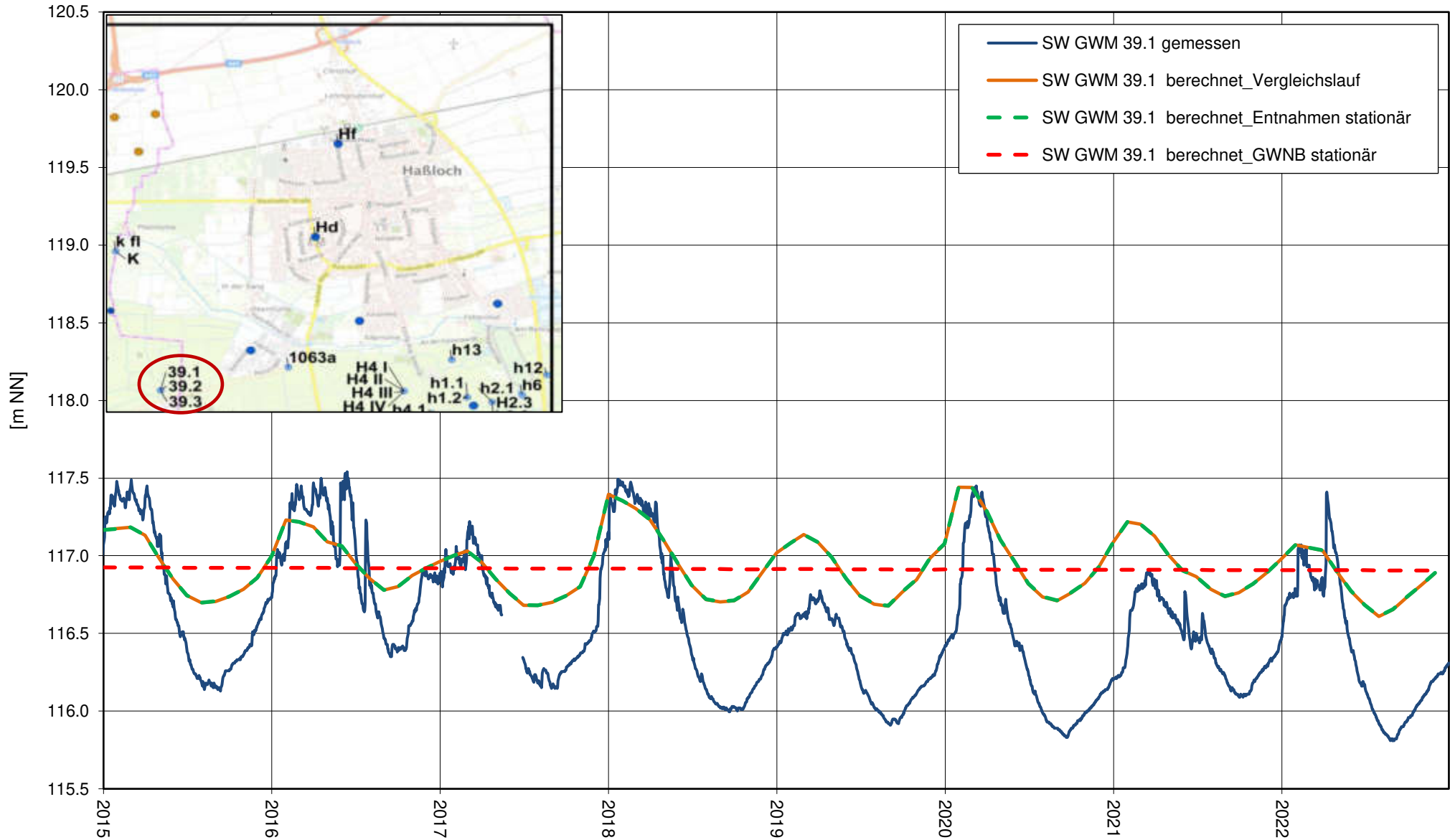




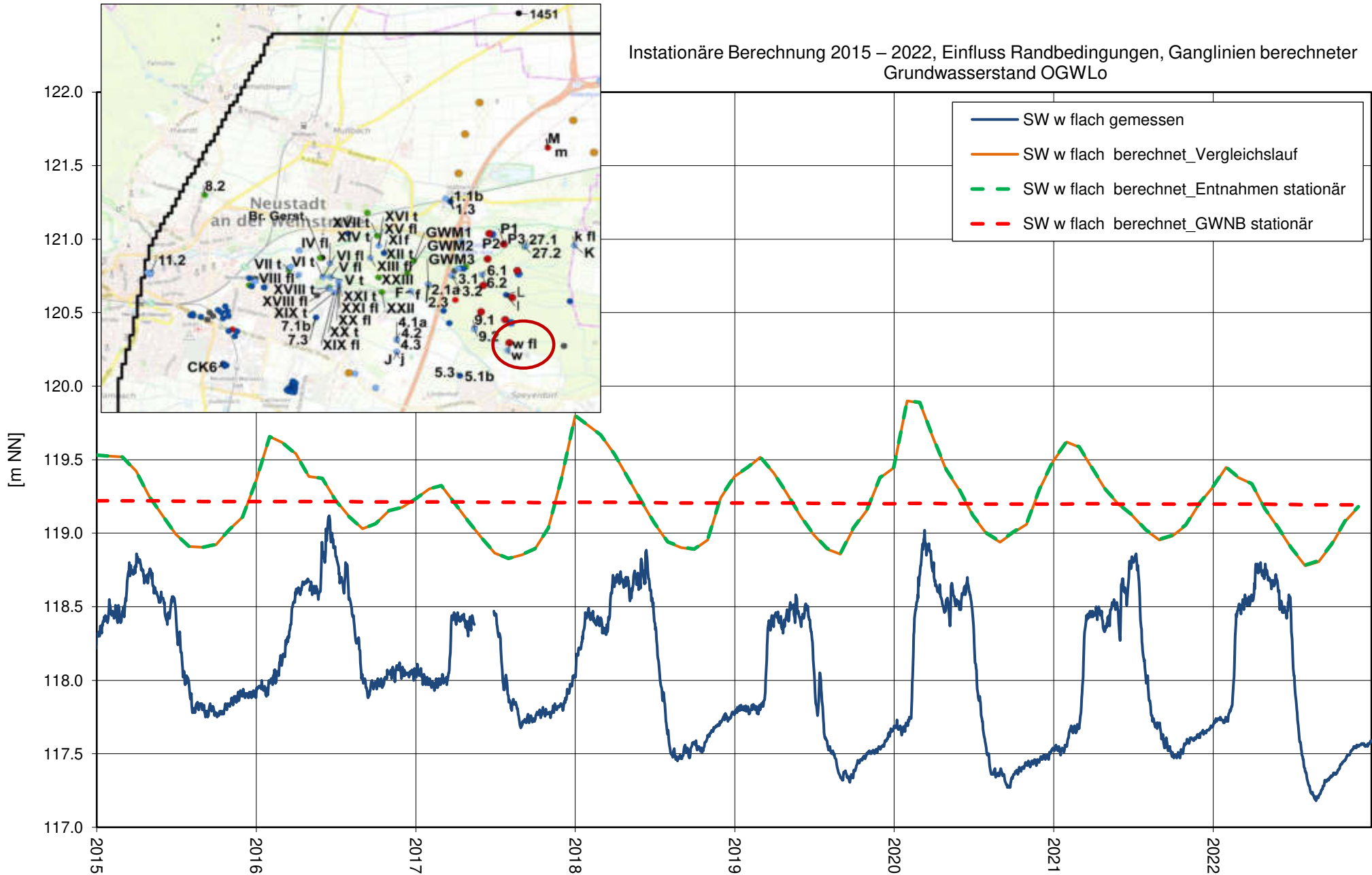
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
OGWLo



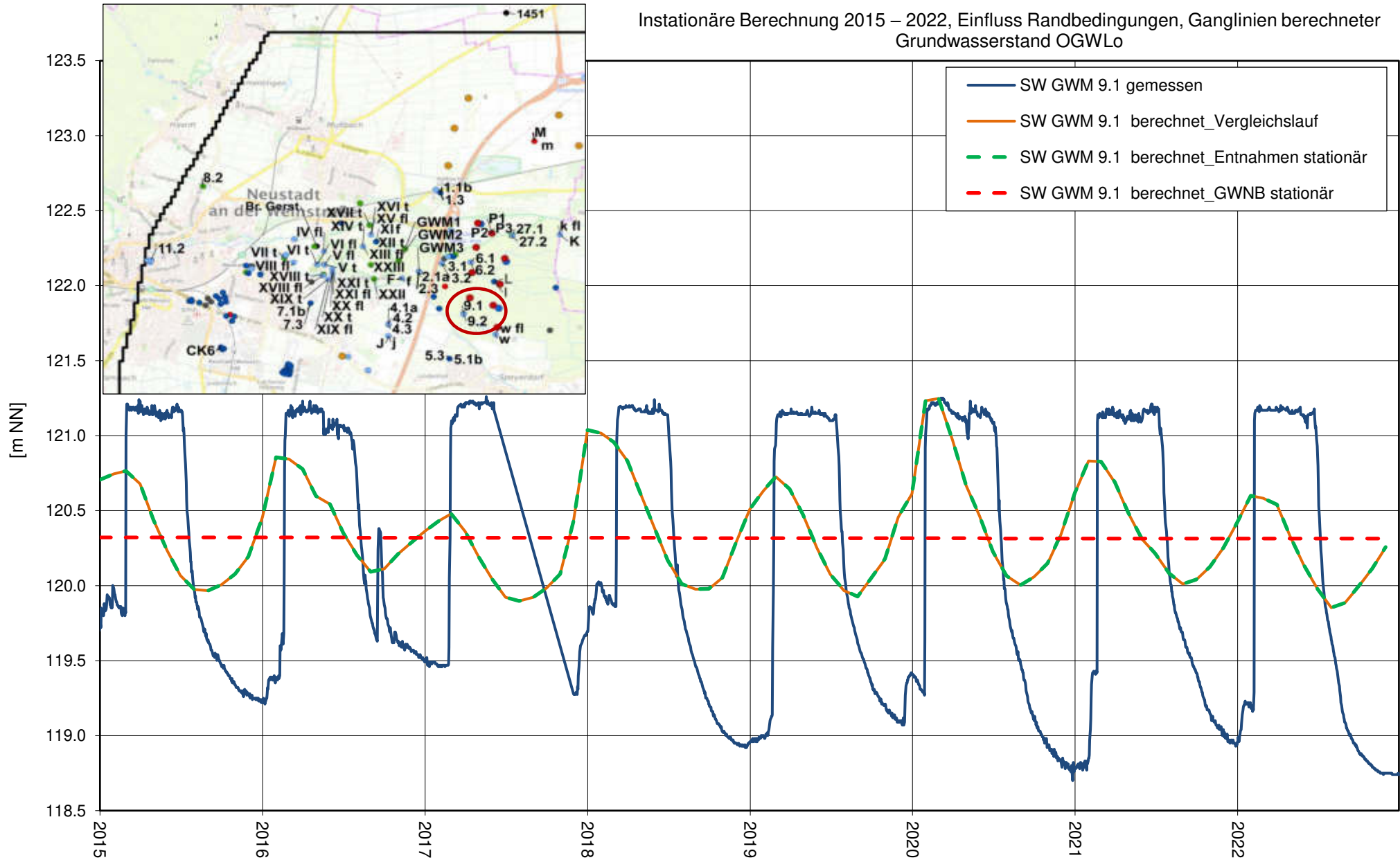
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
OGWLo



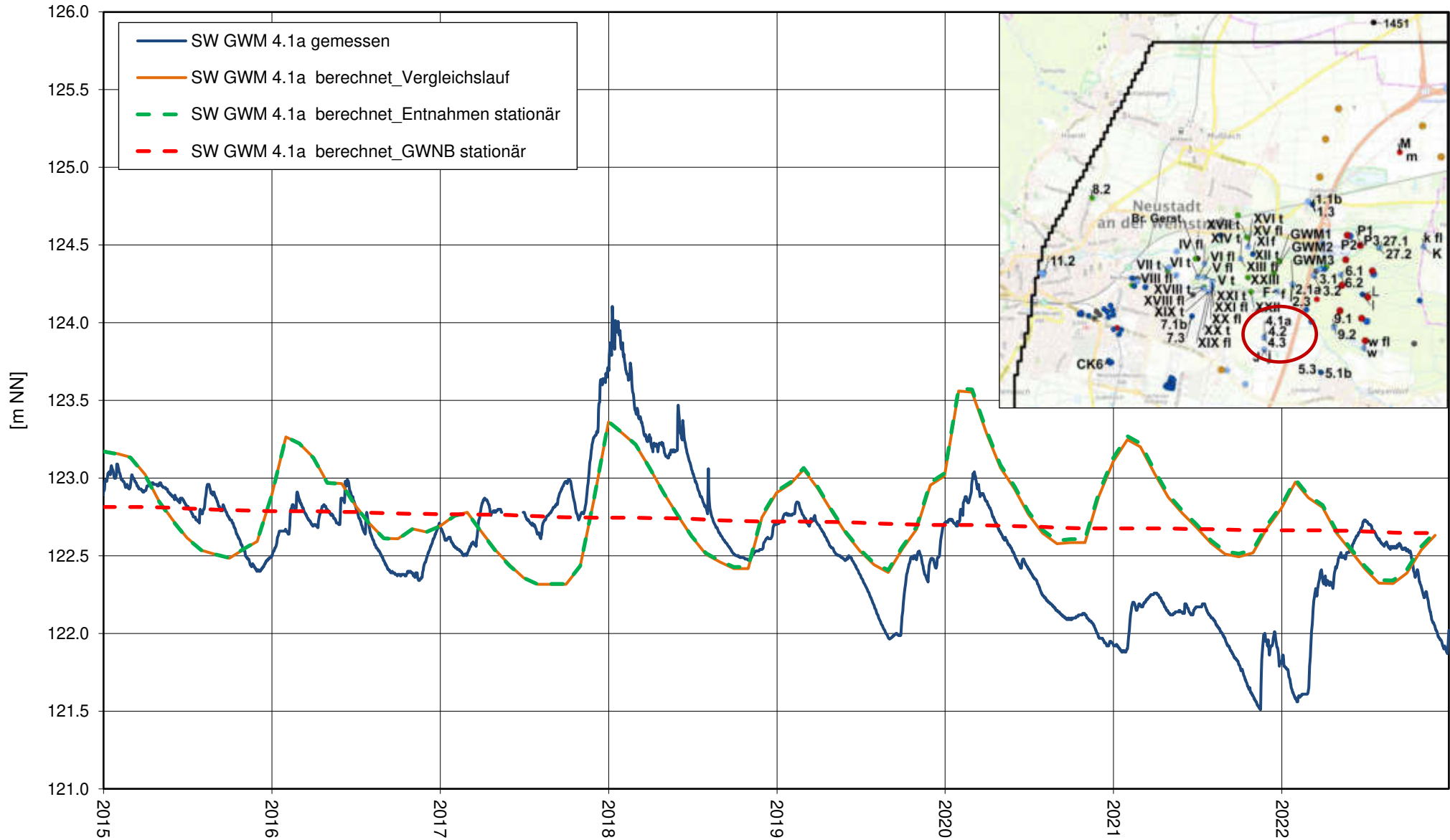
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



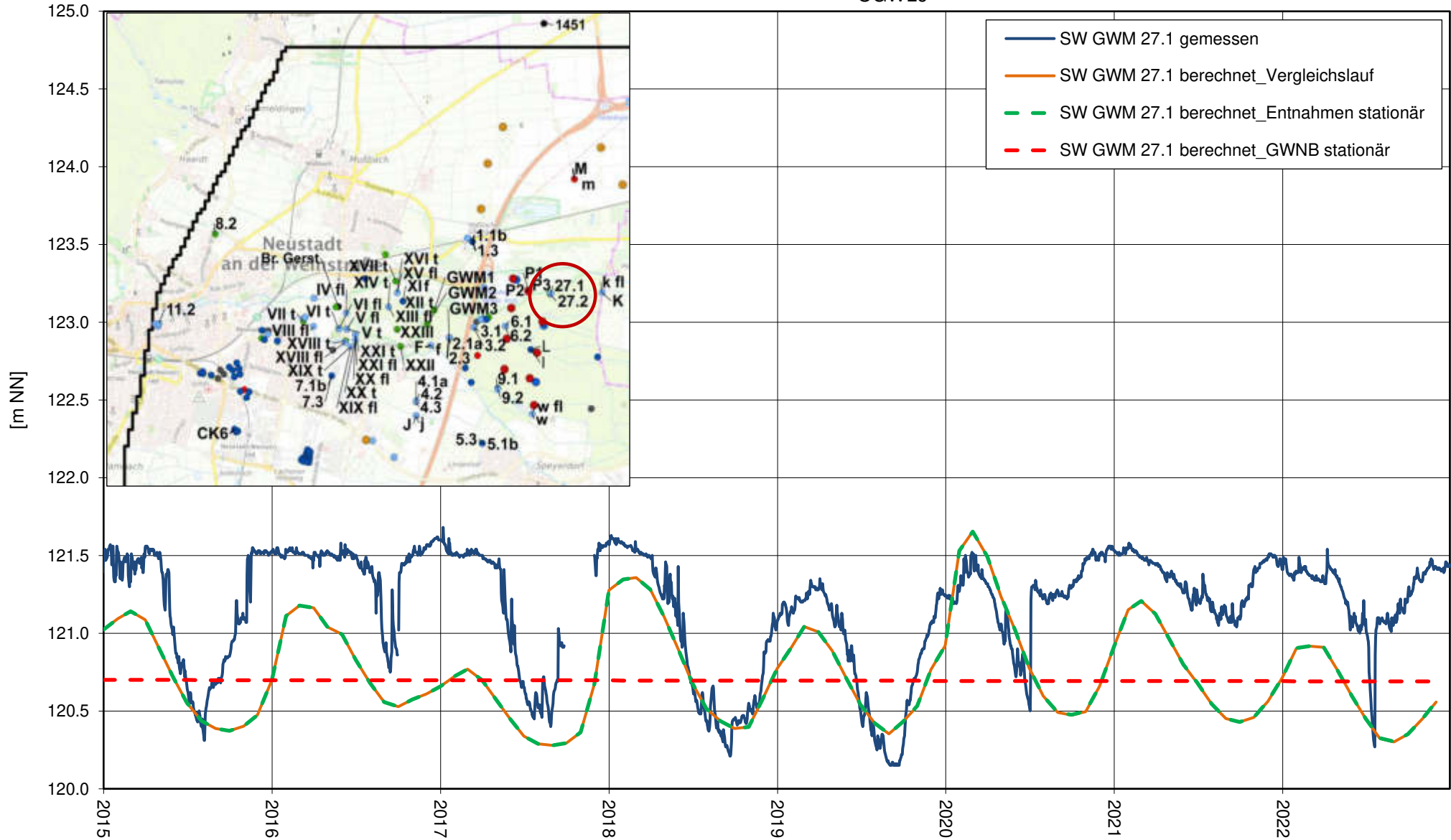
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWL<sub>o</sub>



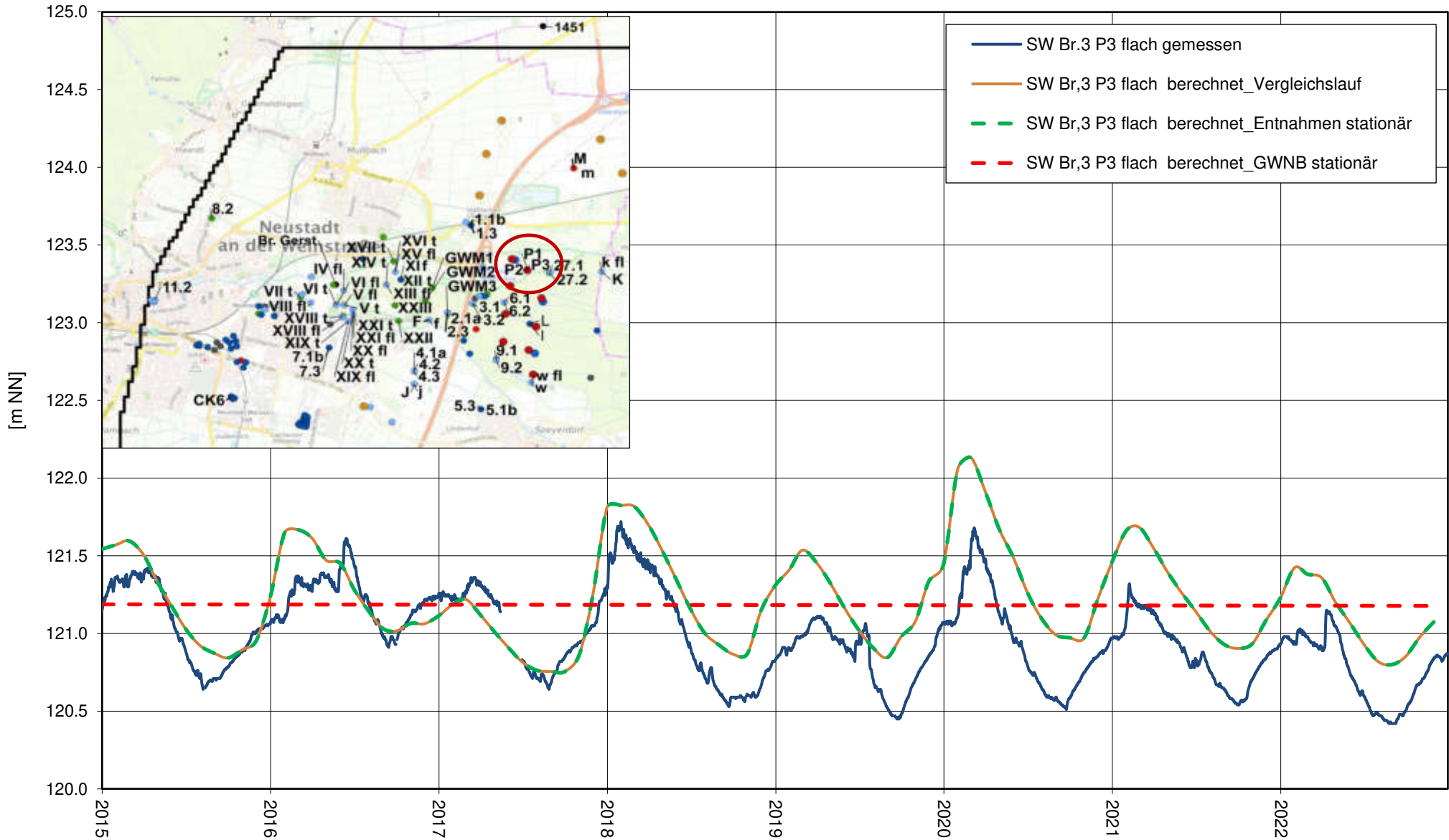
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
OGWLO



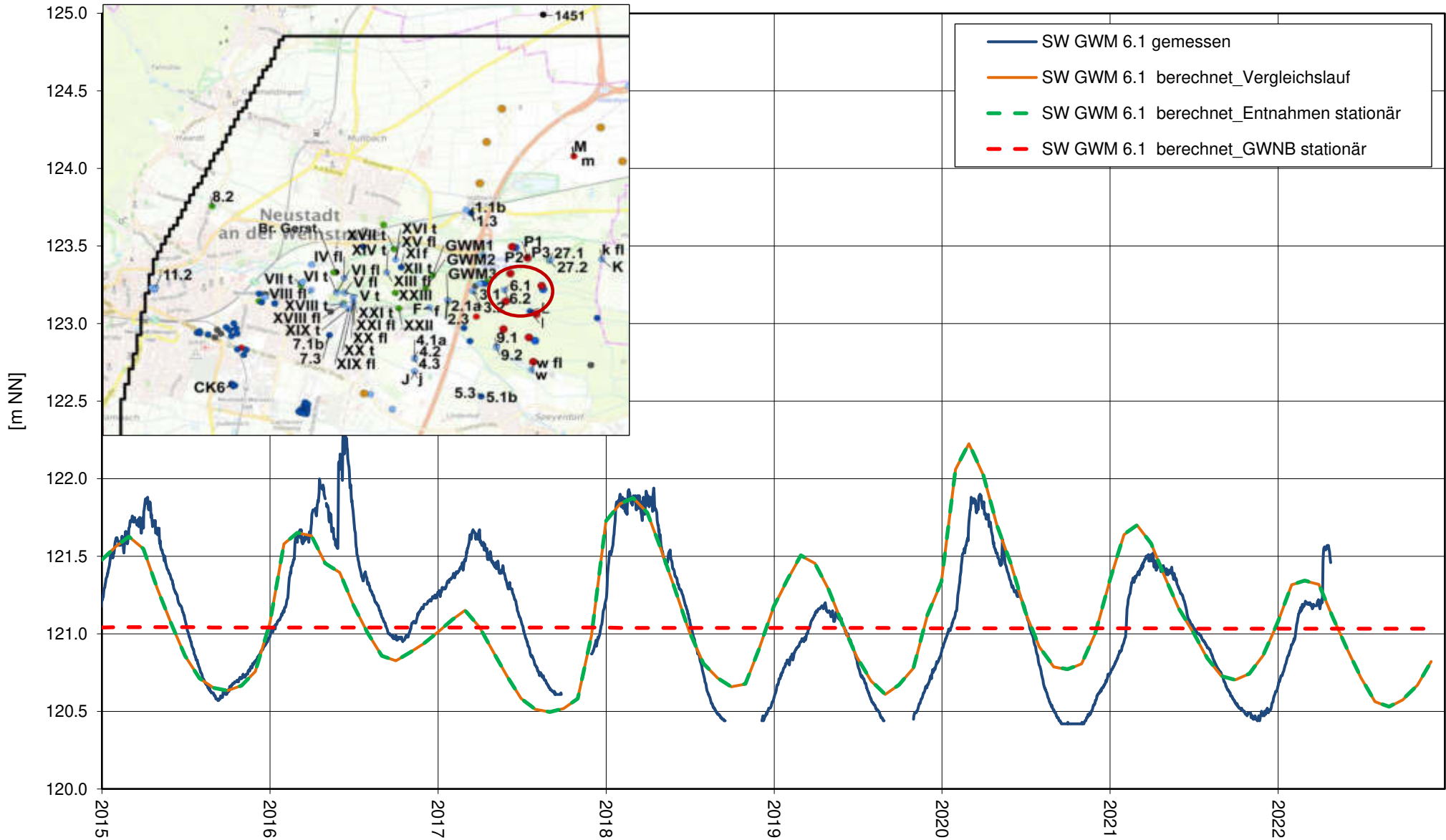
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo

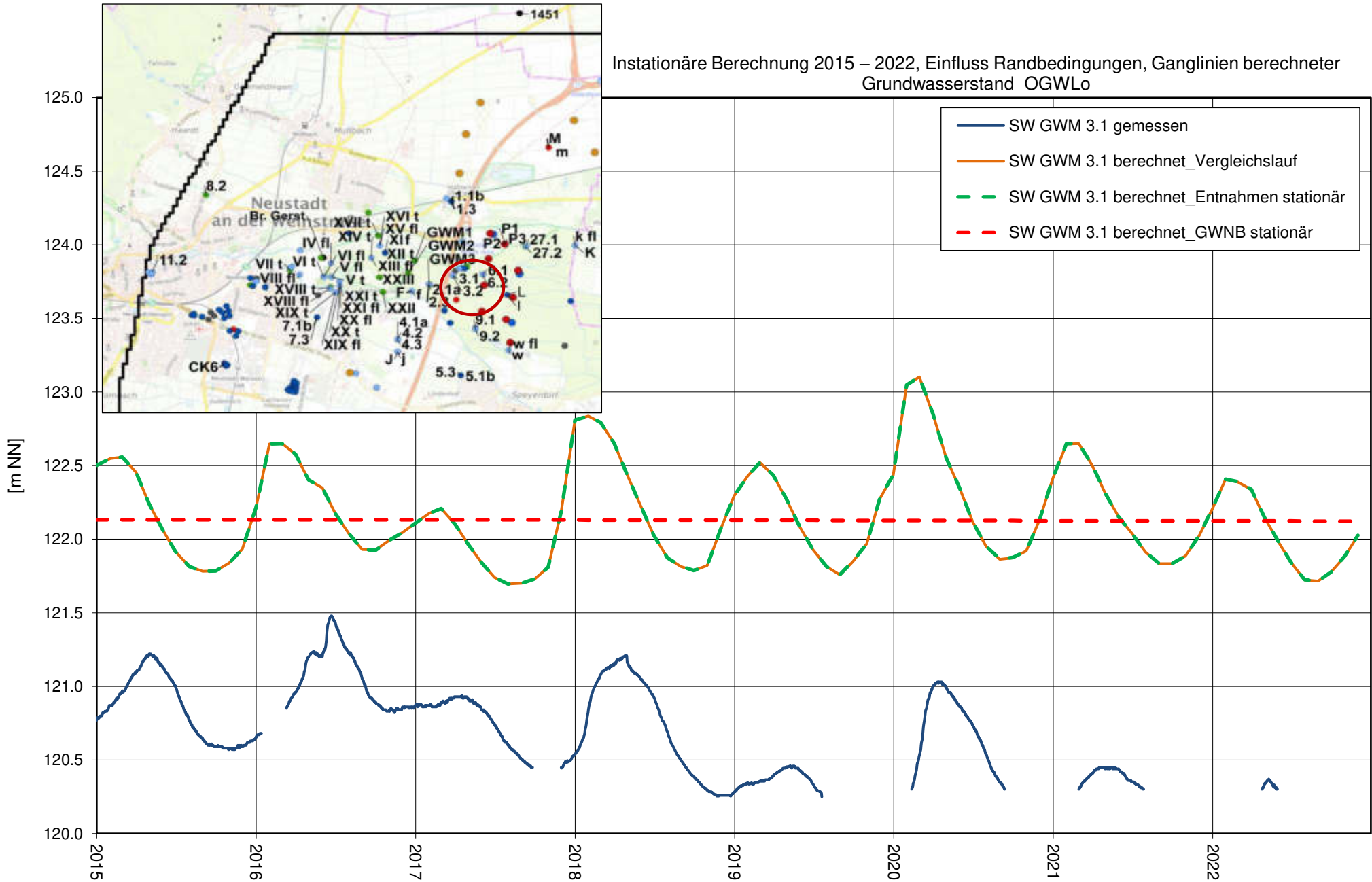


Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0

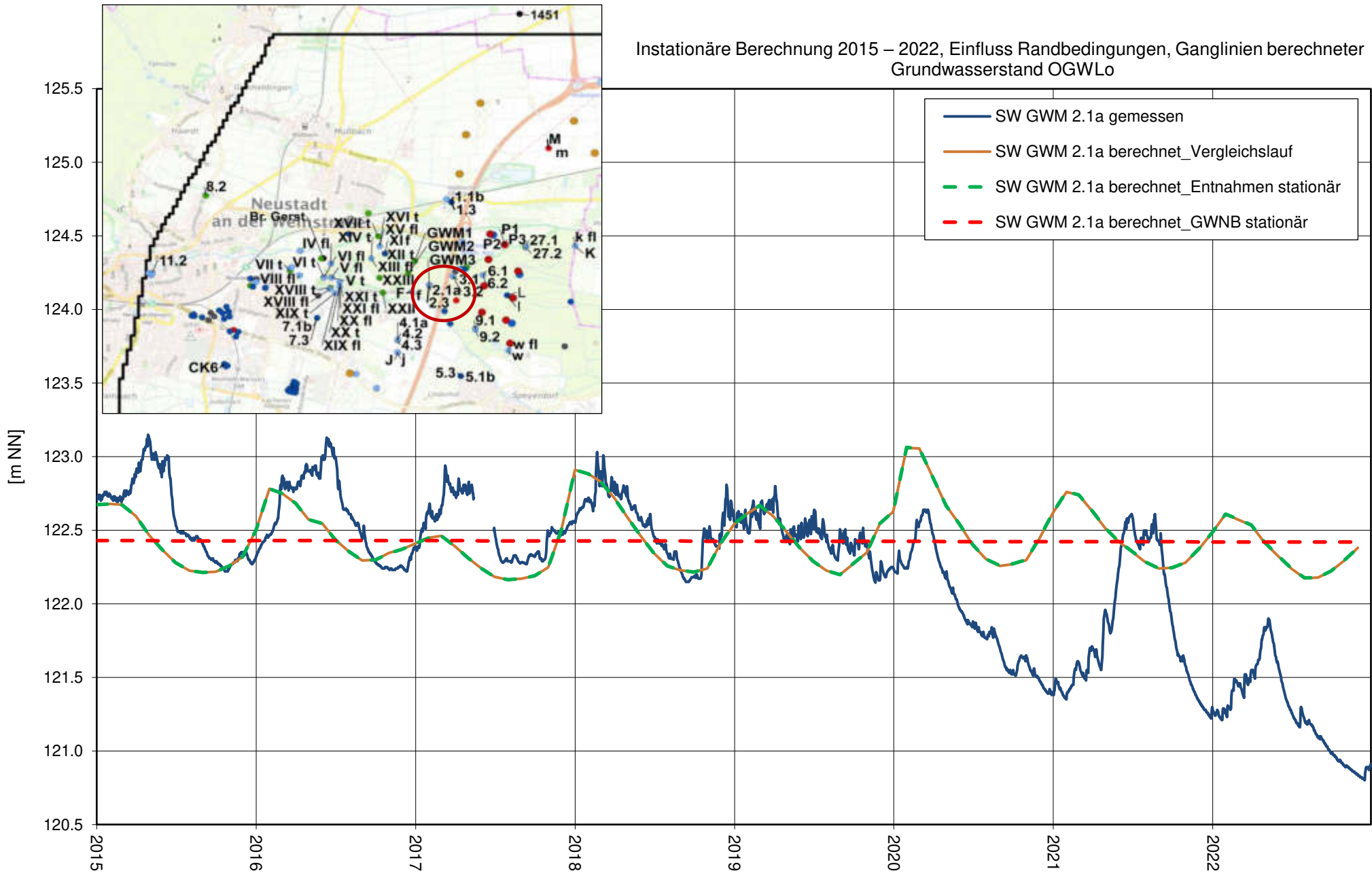




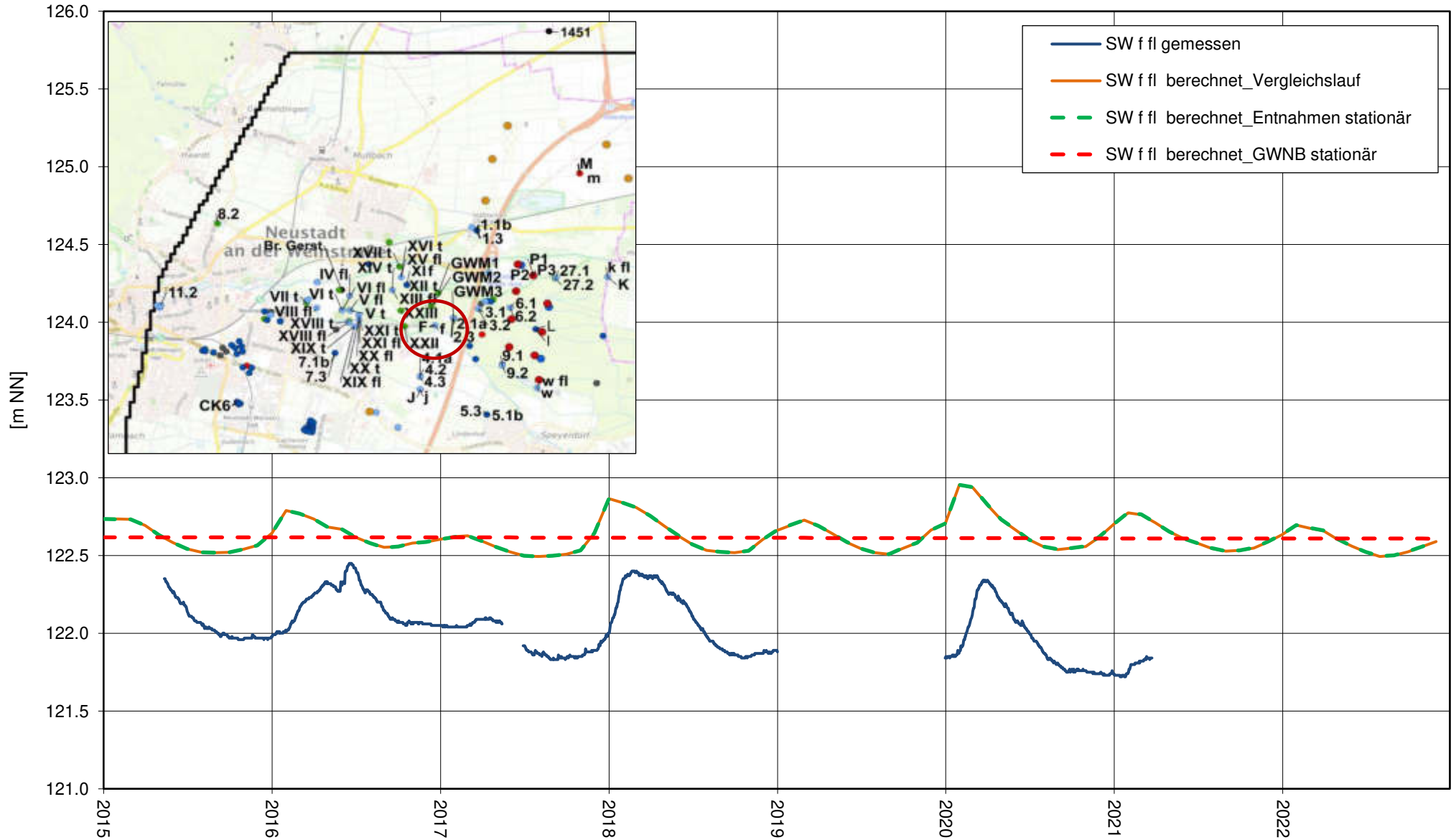
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



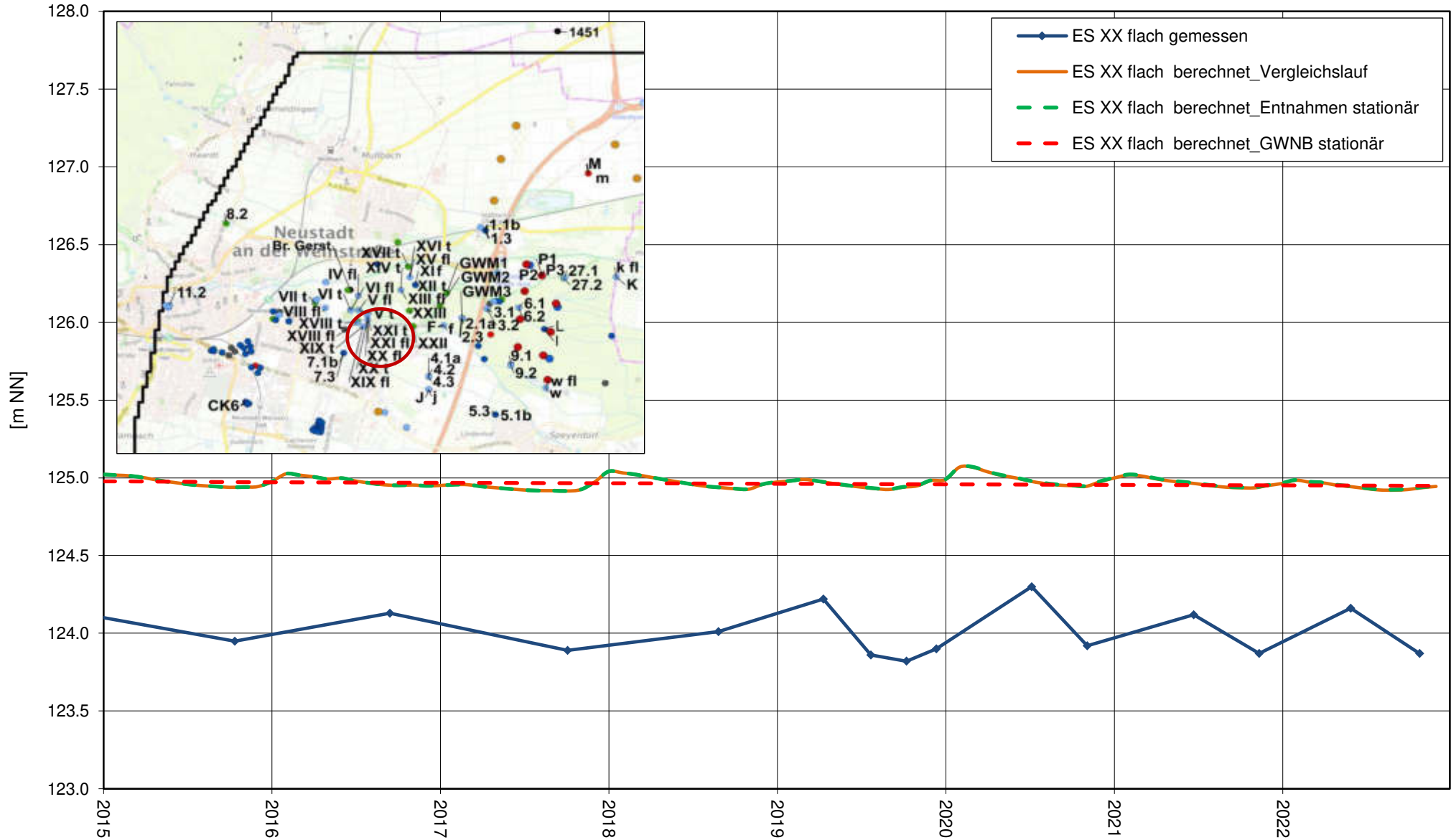
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



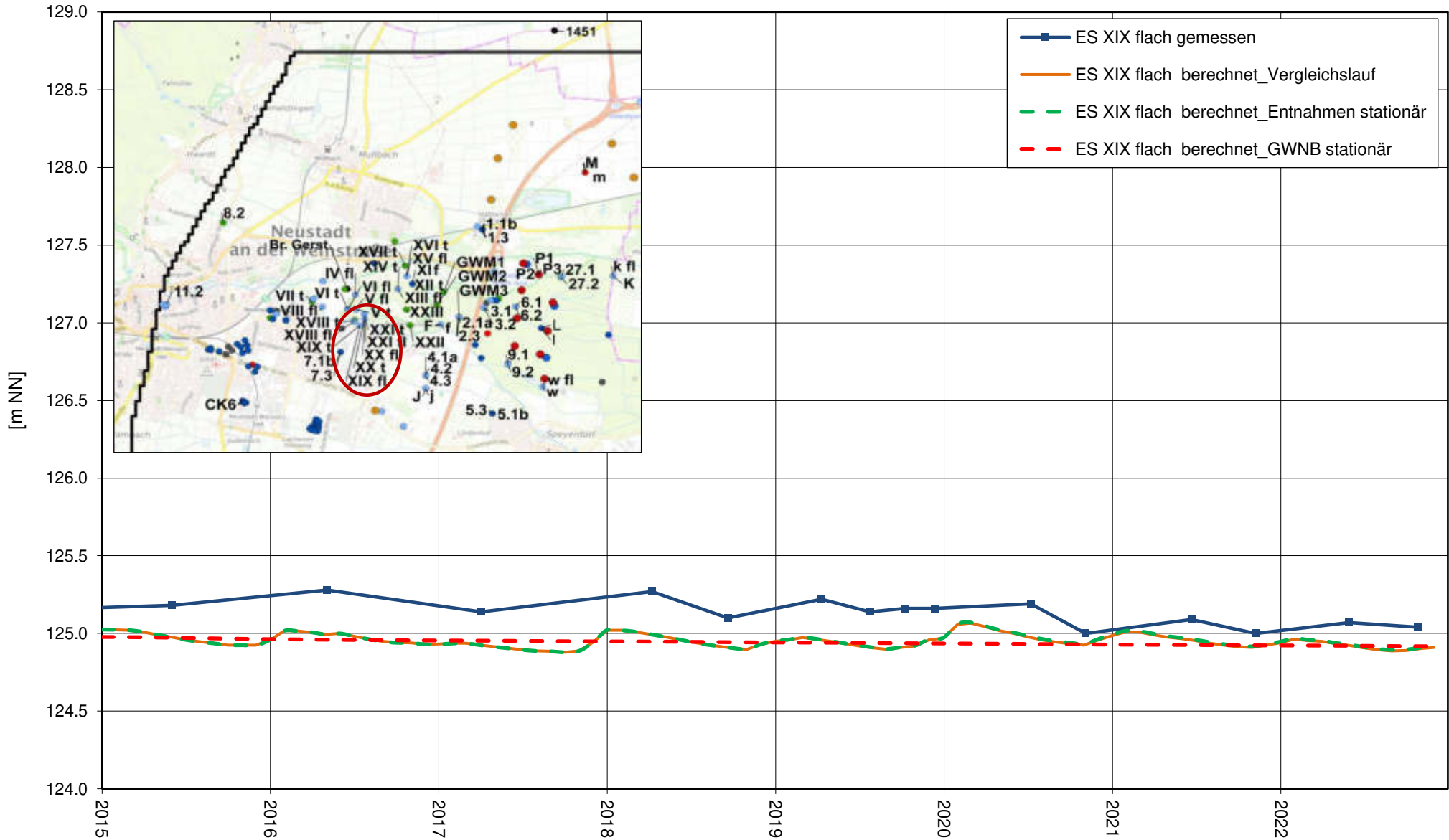
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



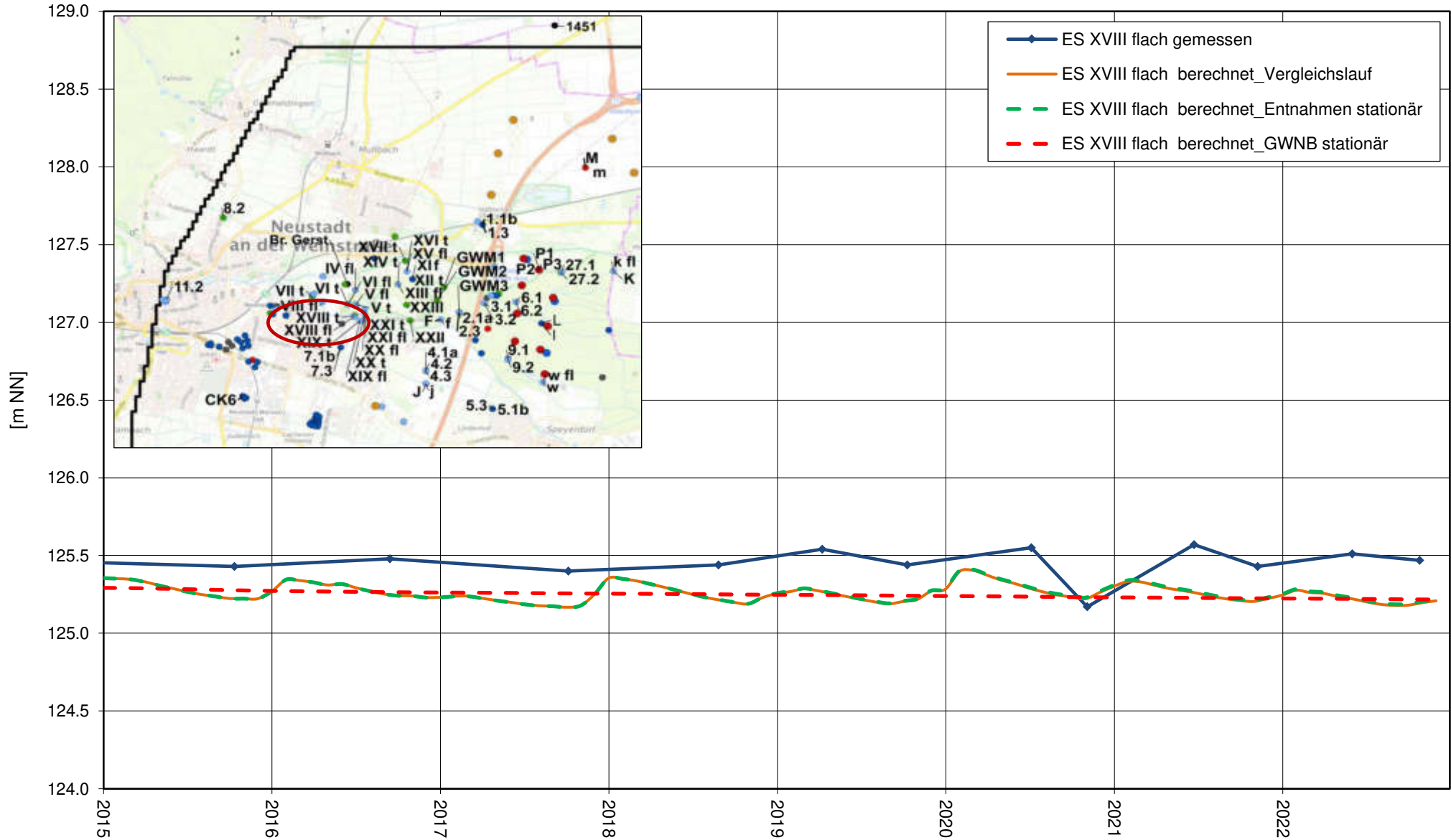
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>o</sub>



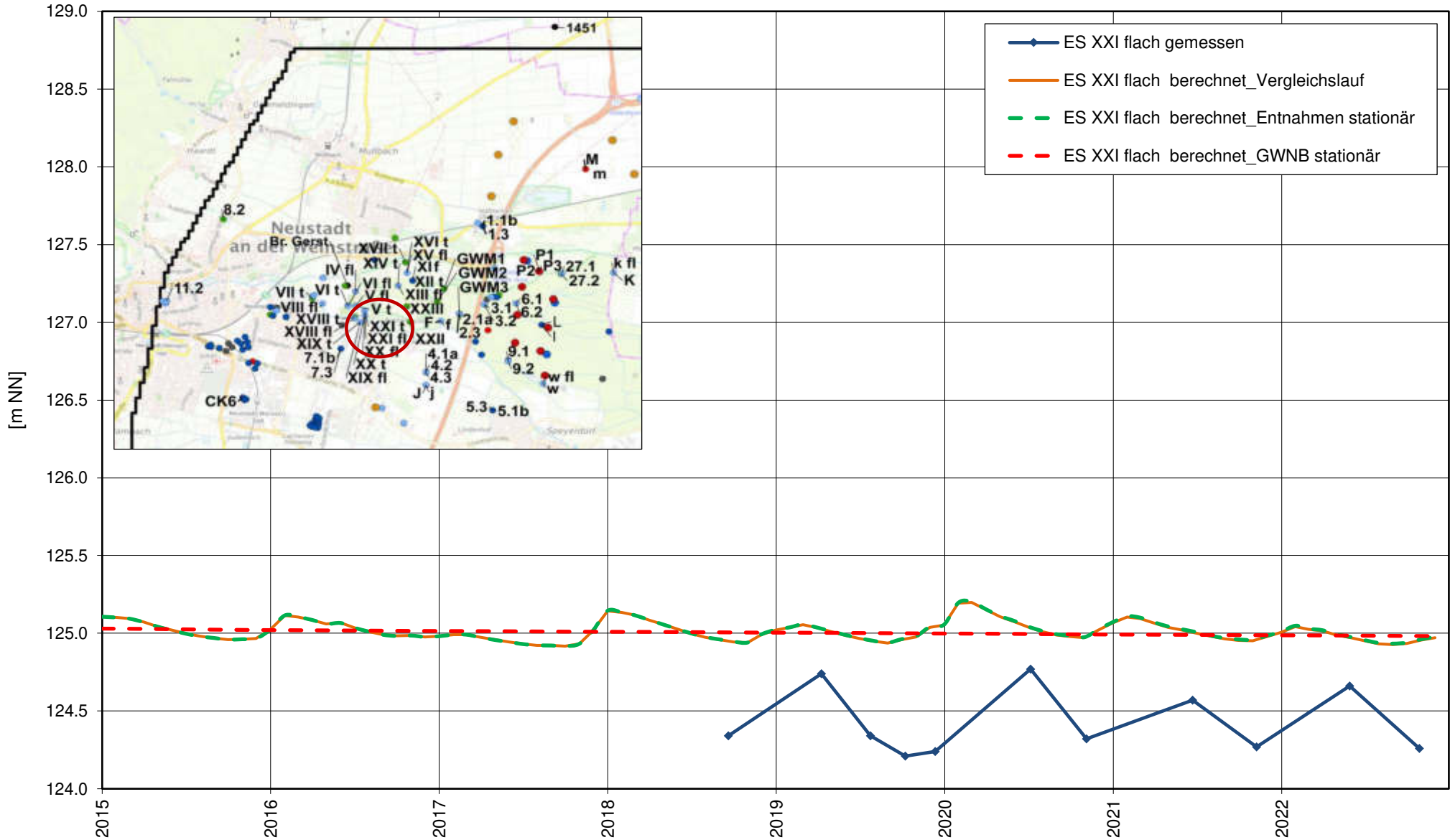
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>o</sub>



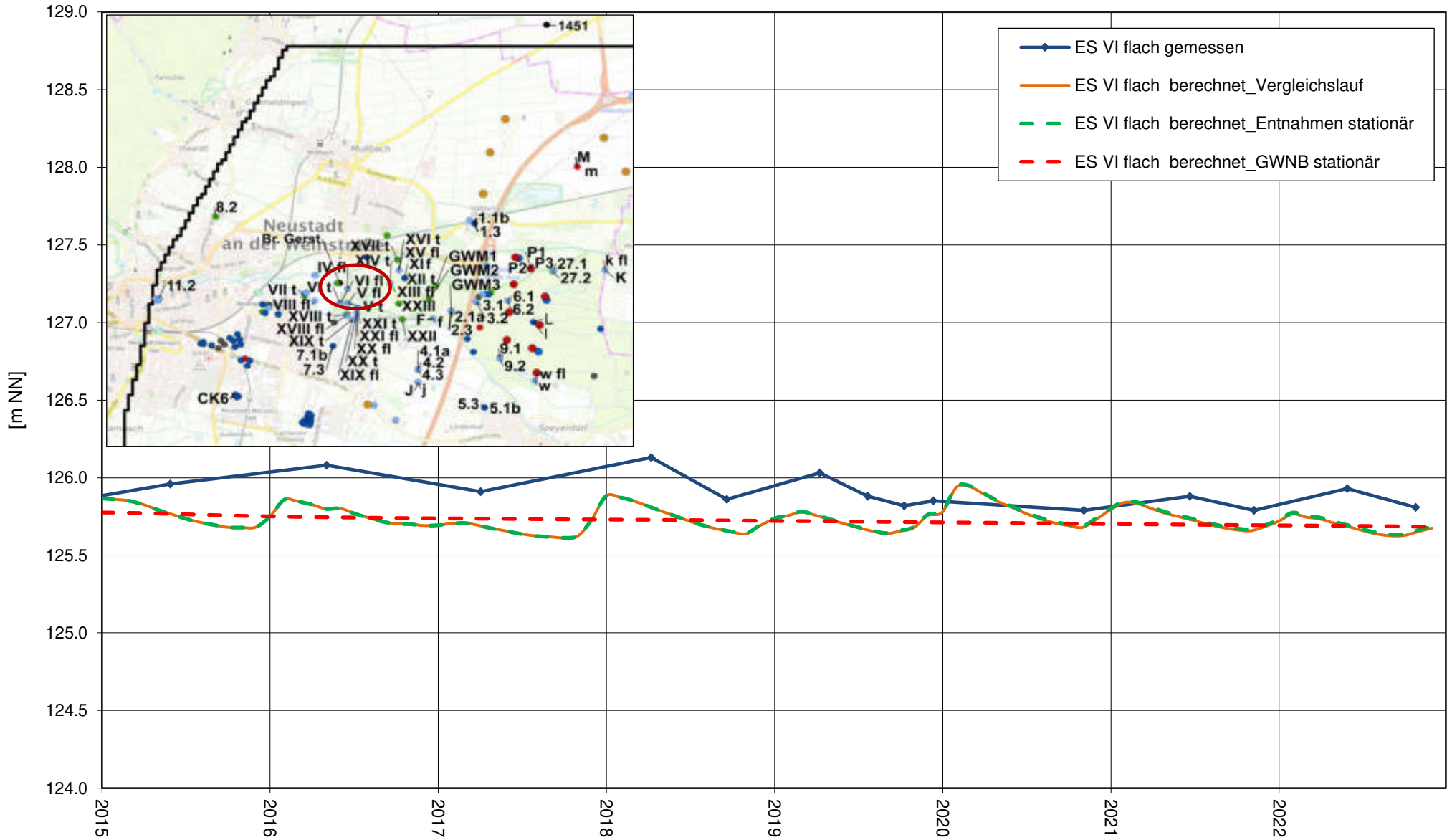
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL0

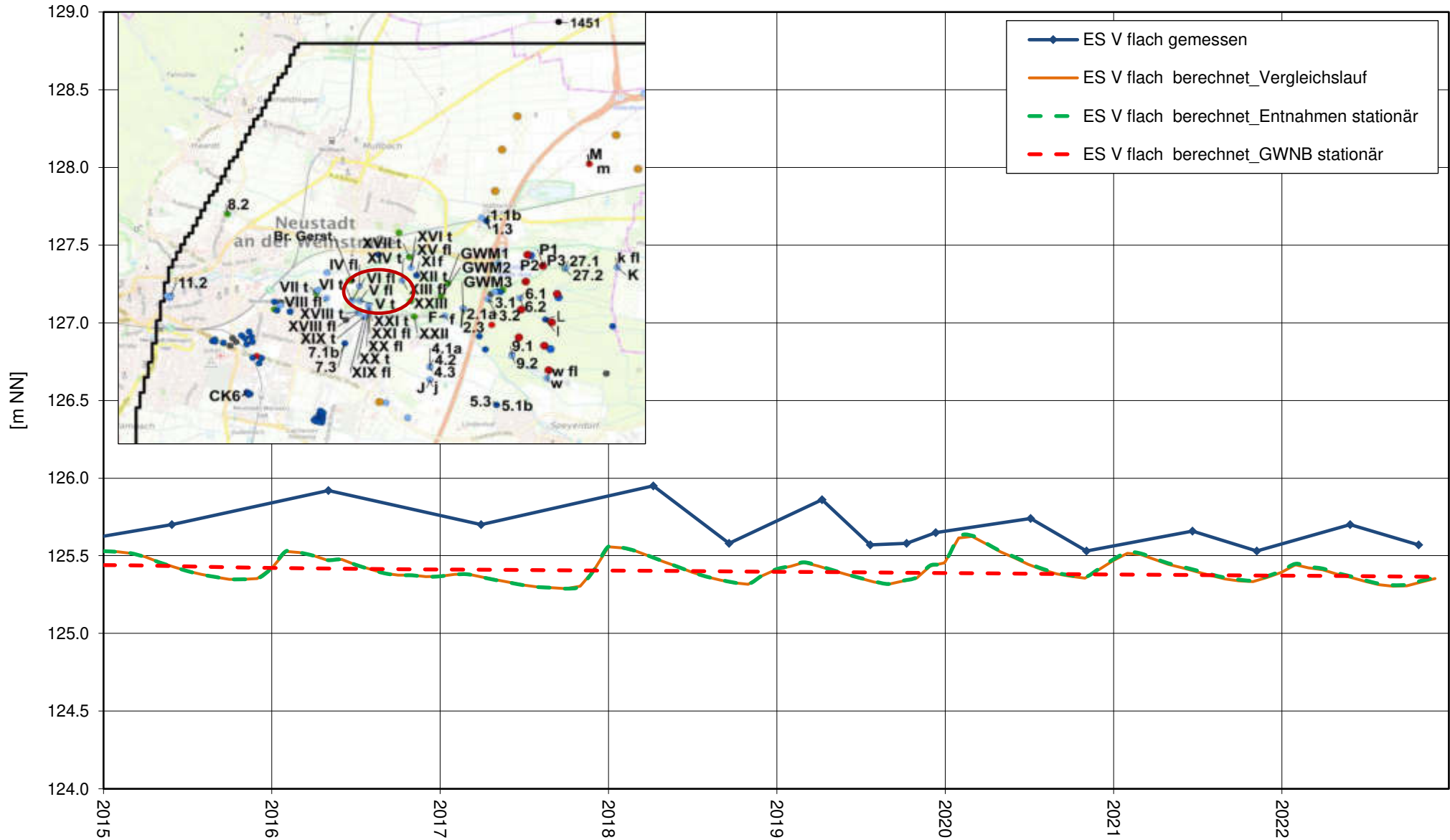


Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL0

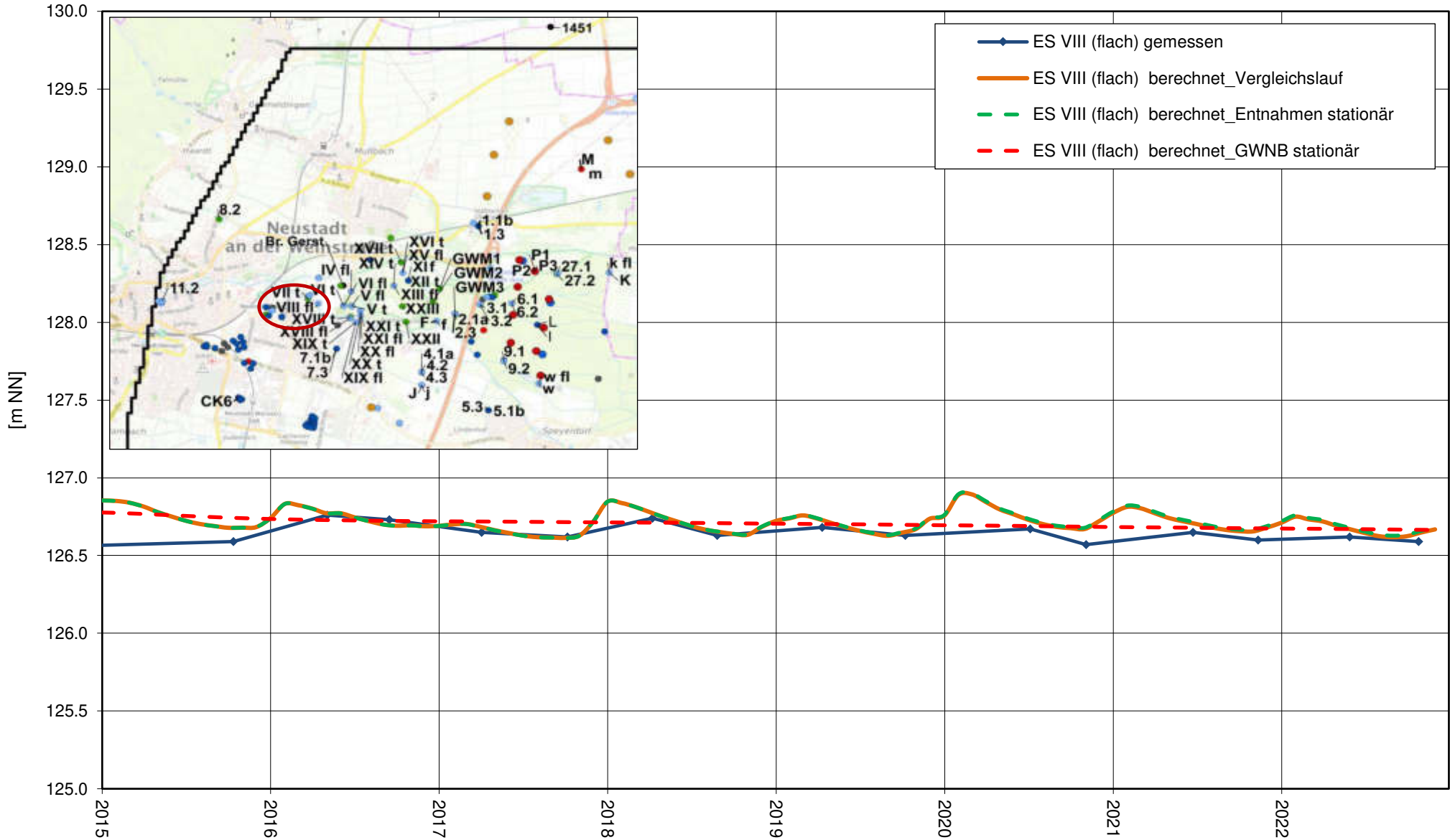




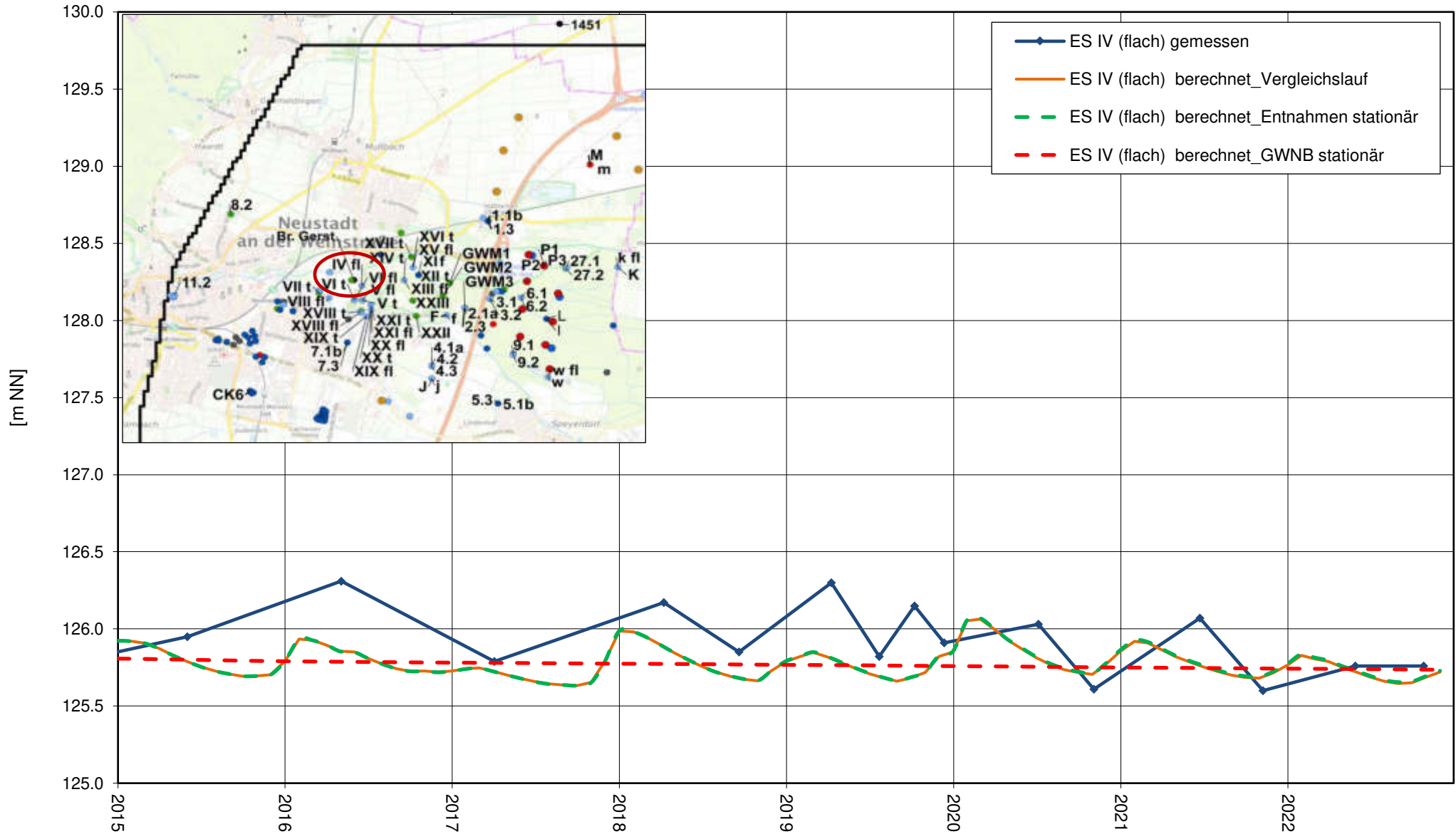
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



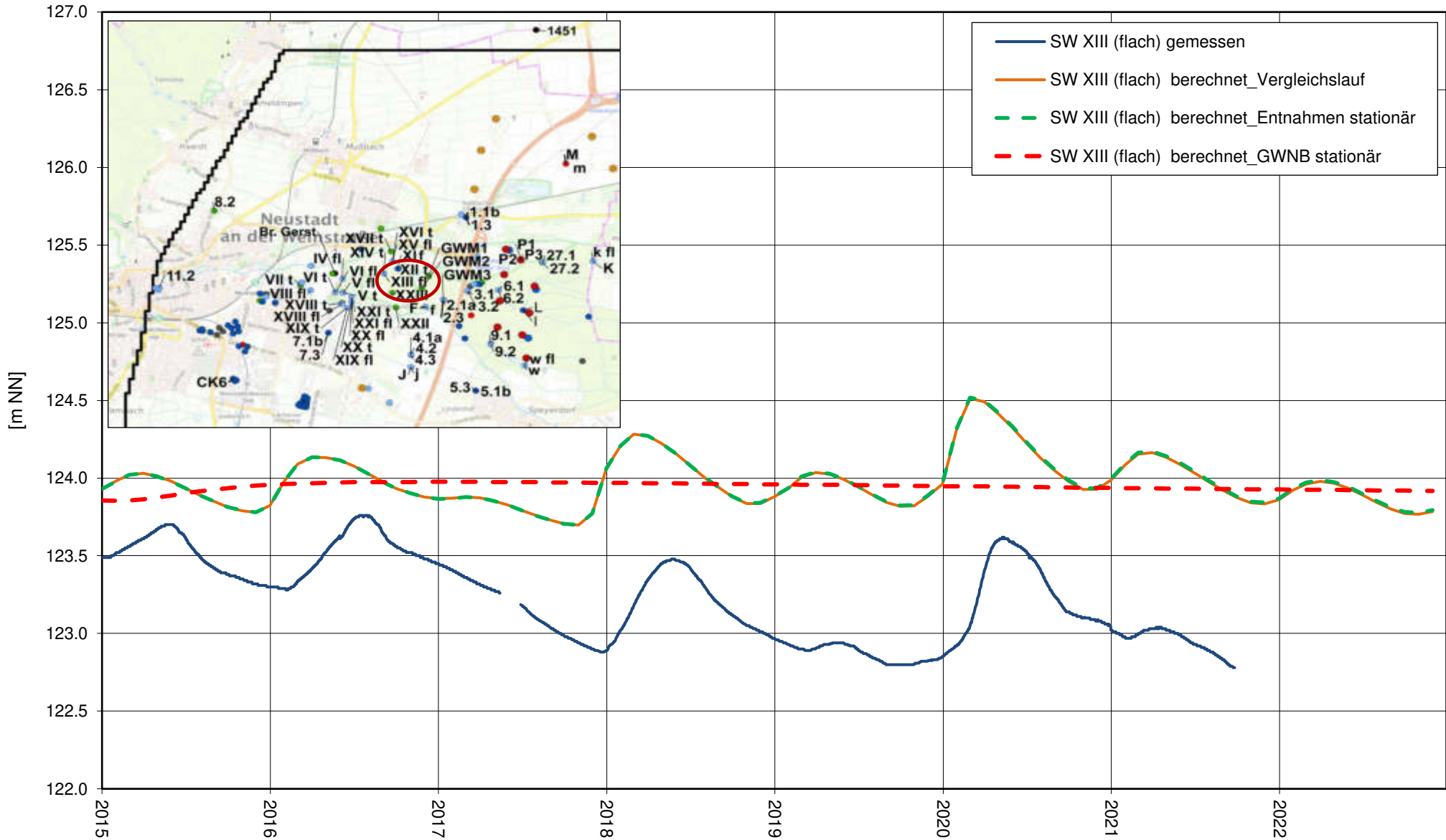
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



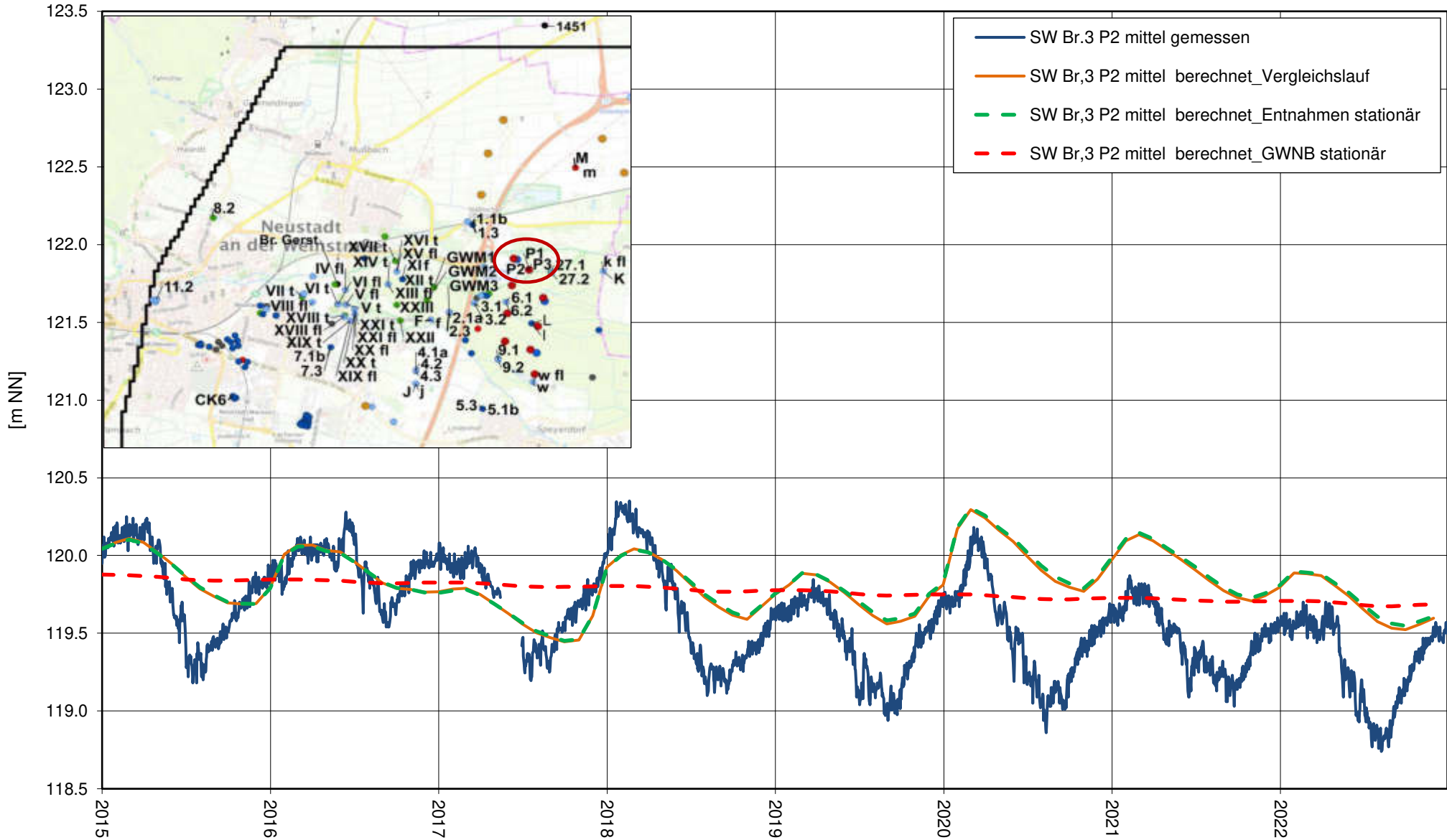
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



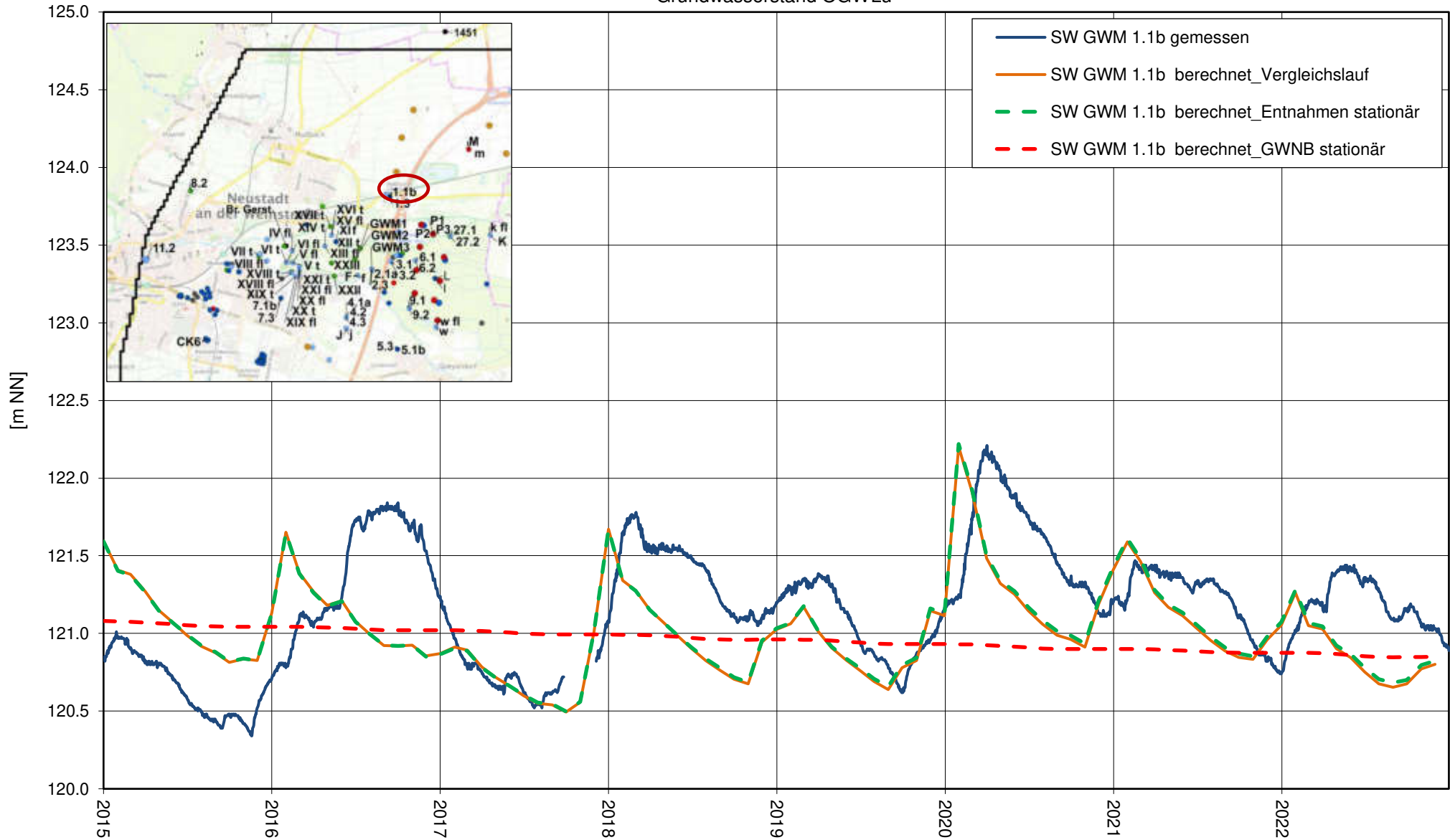
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>o</sub>



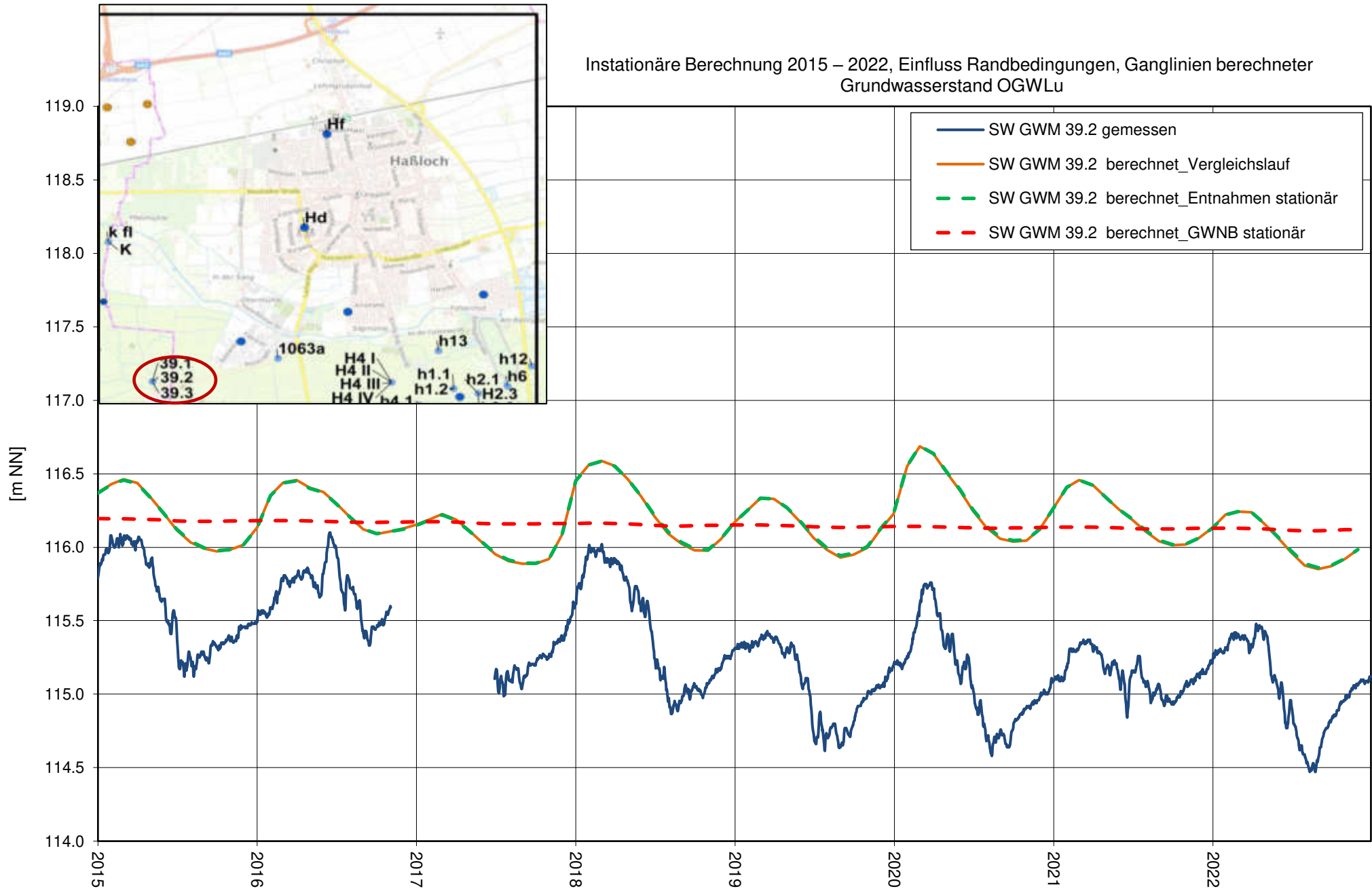
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



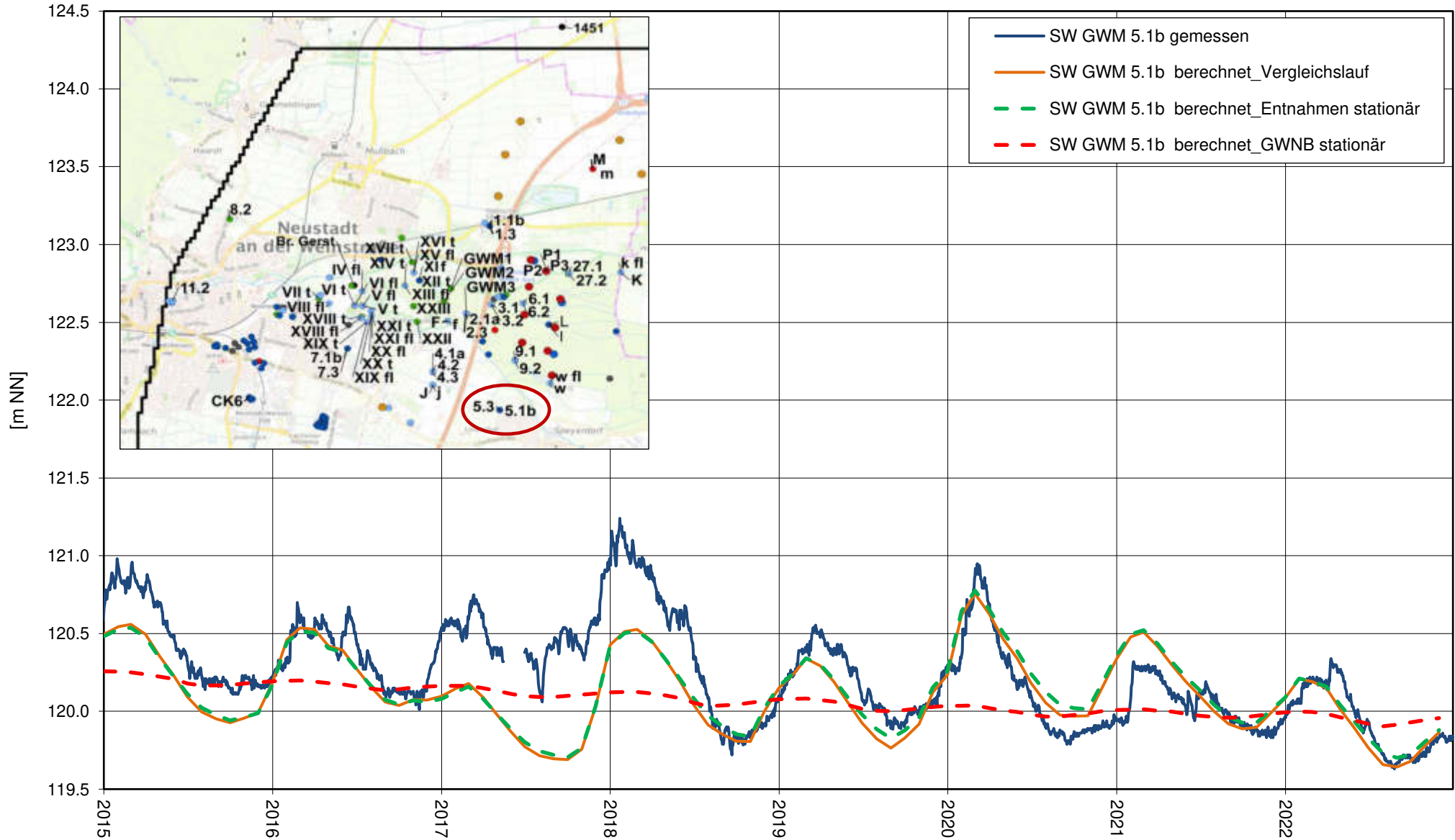
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



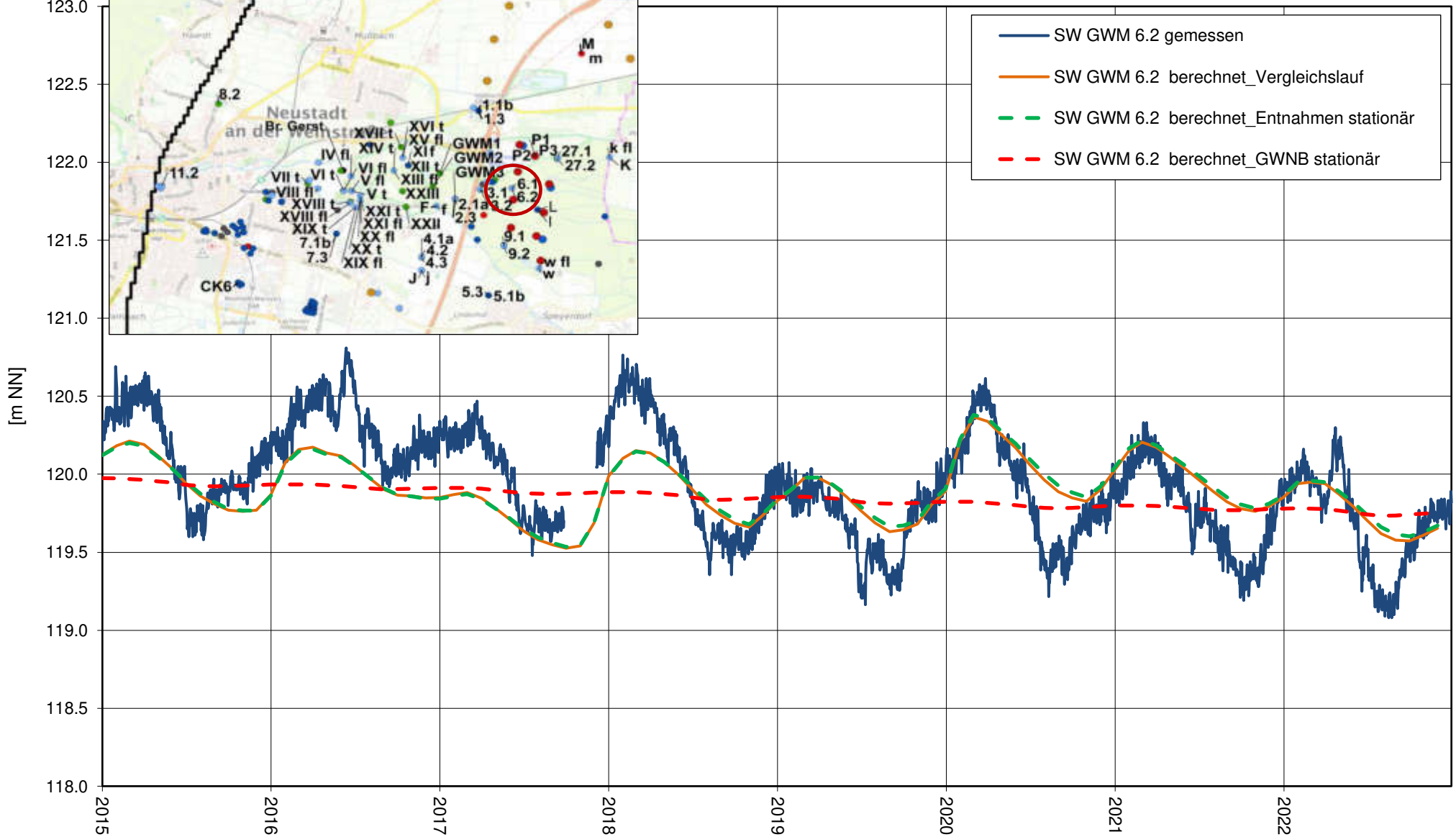
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



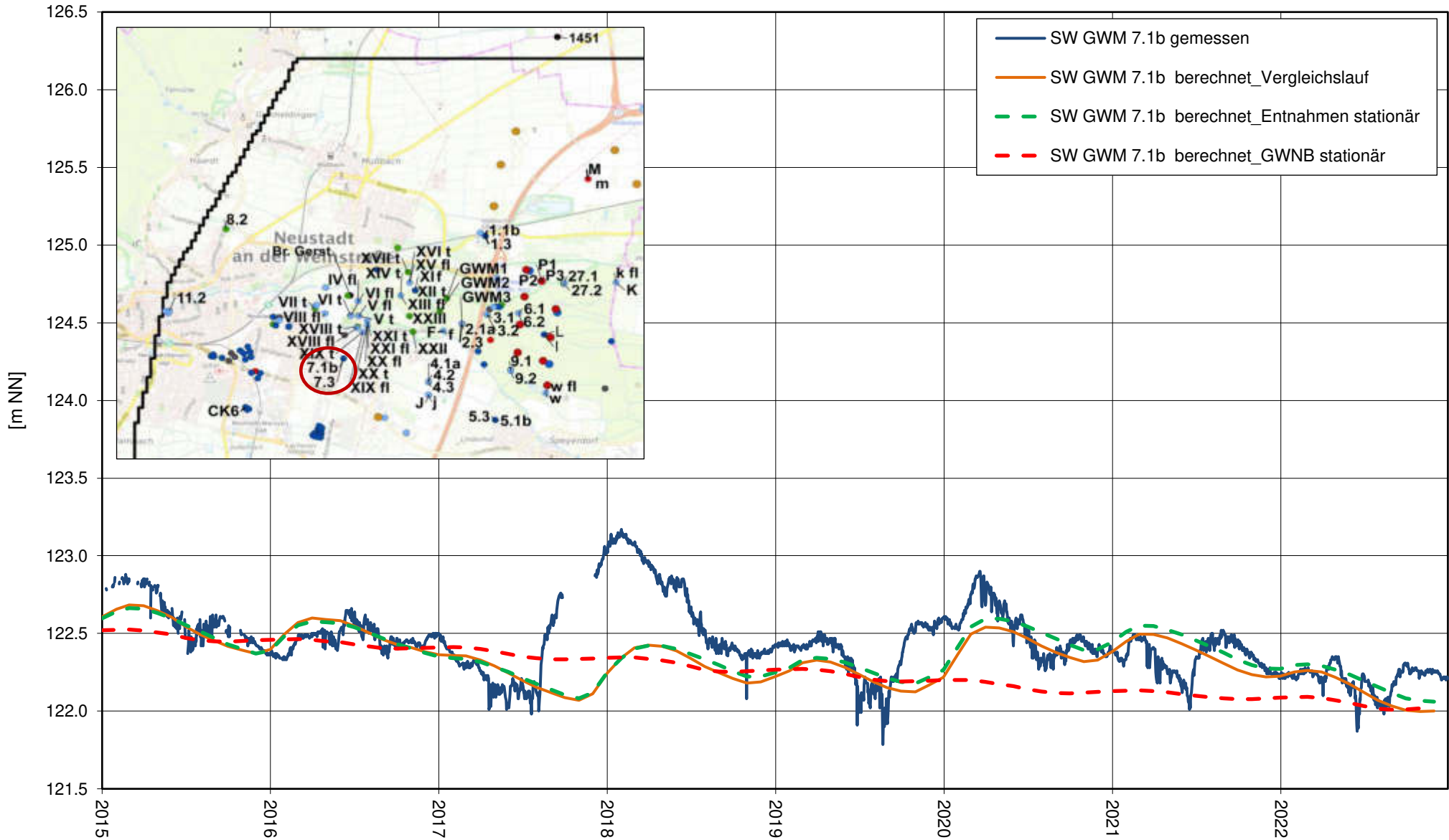


Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

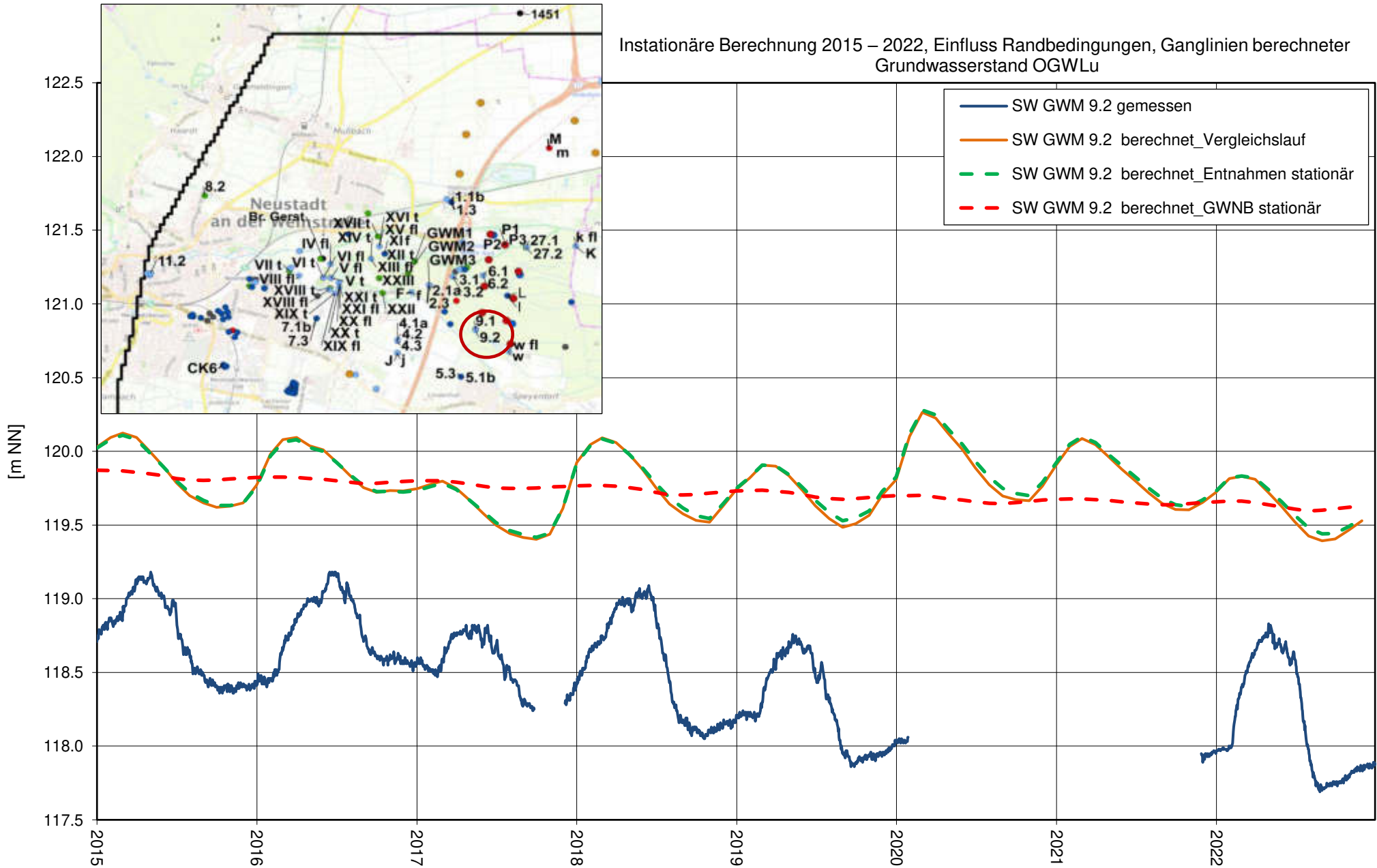
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



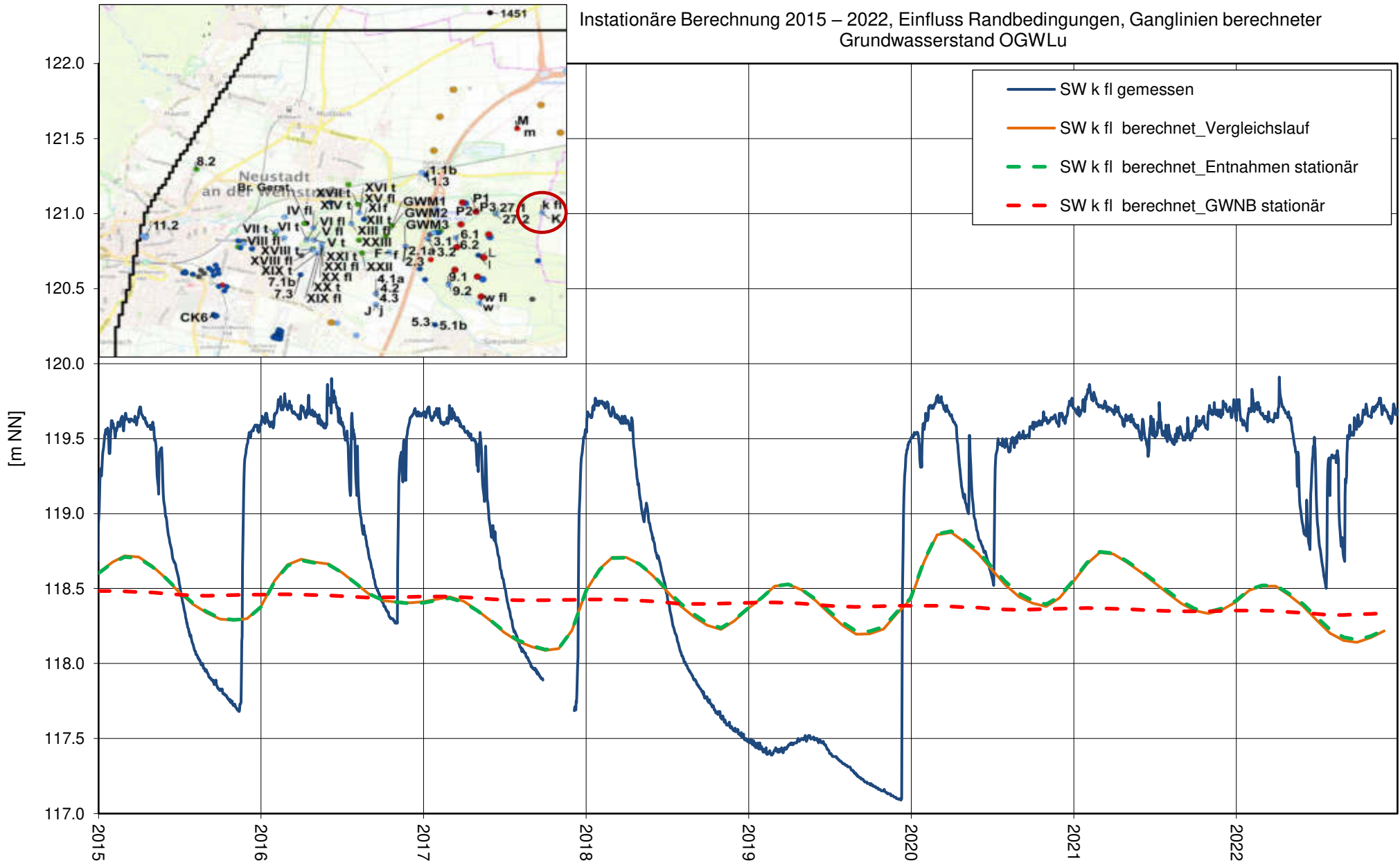
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



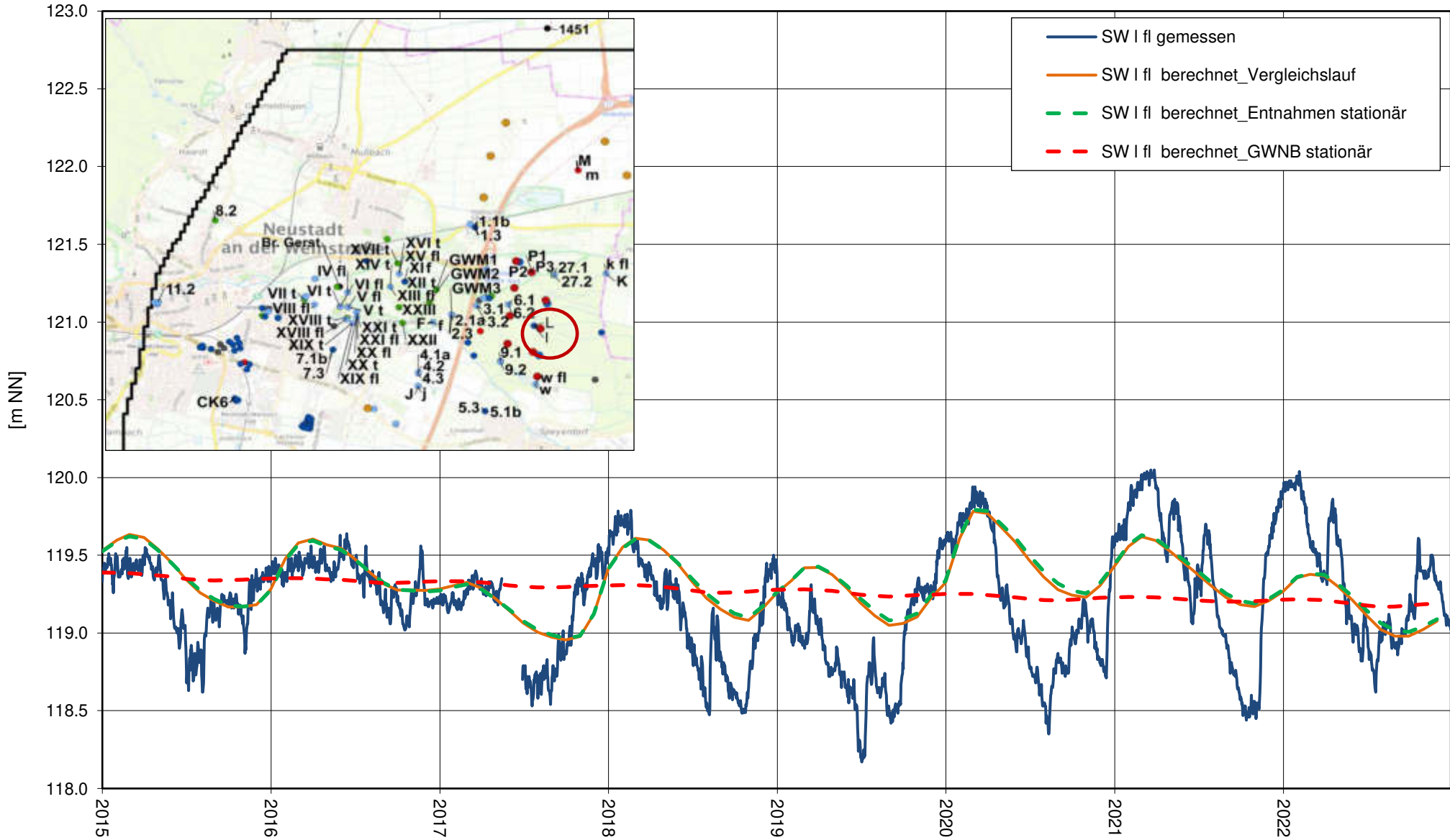
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLu



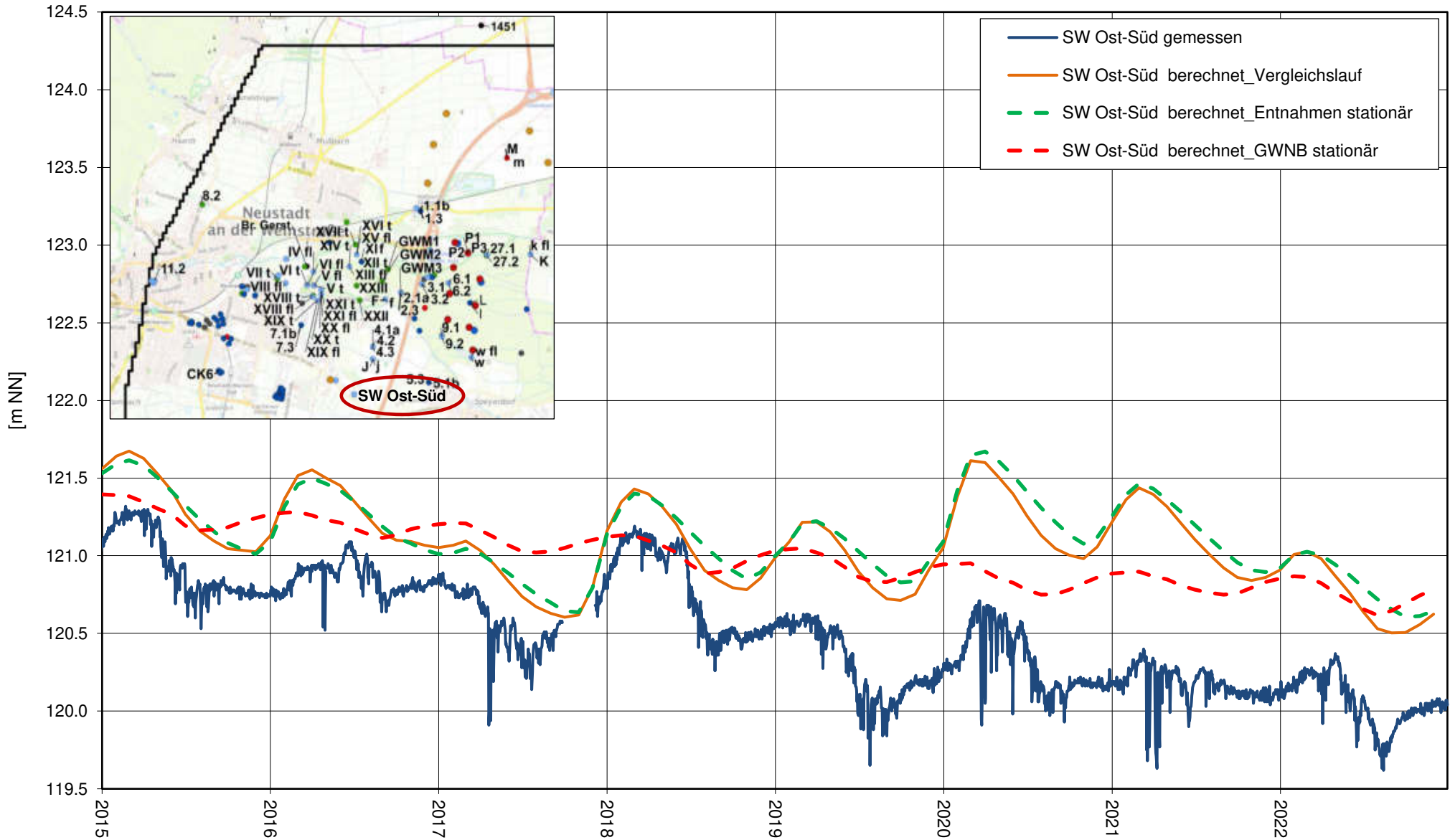
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



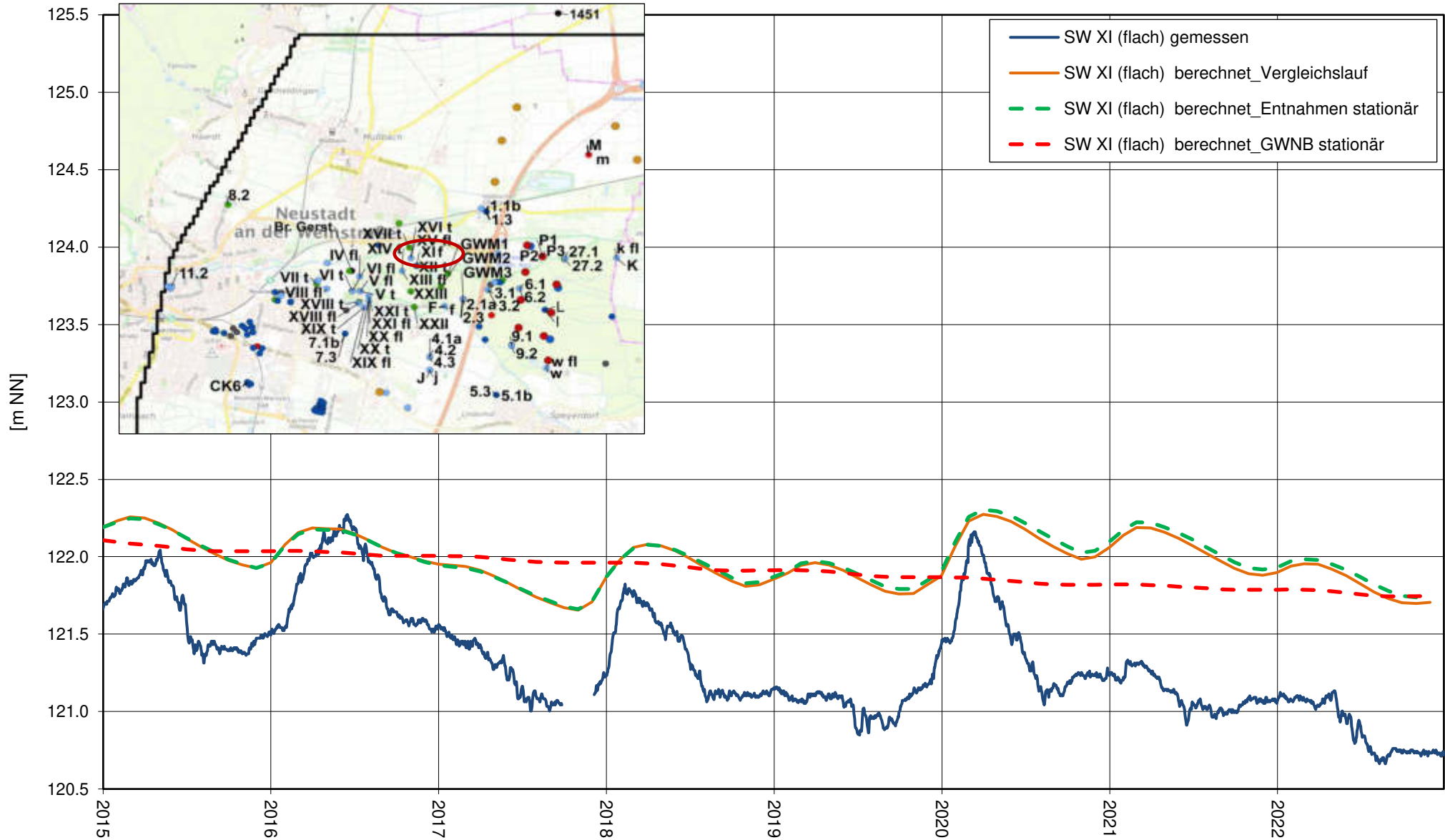
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLu



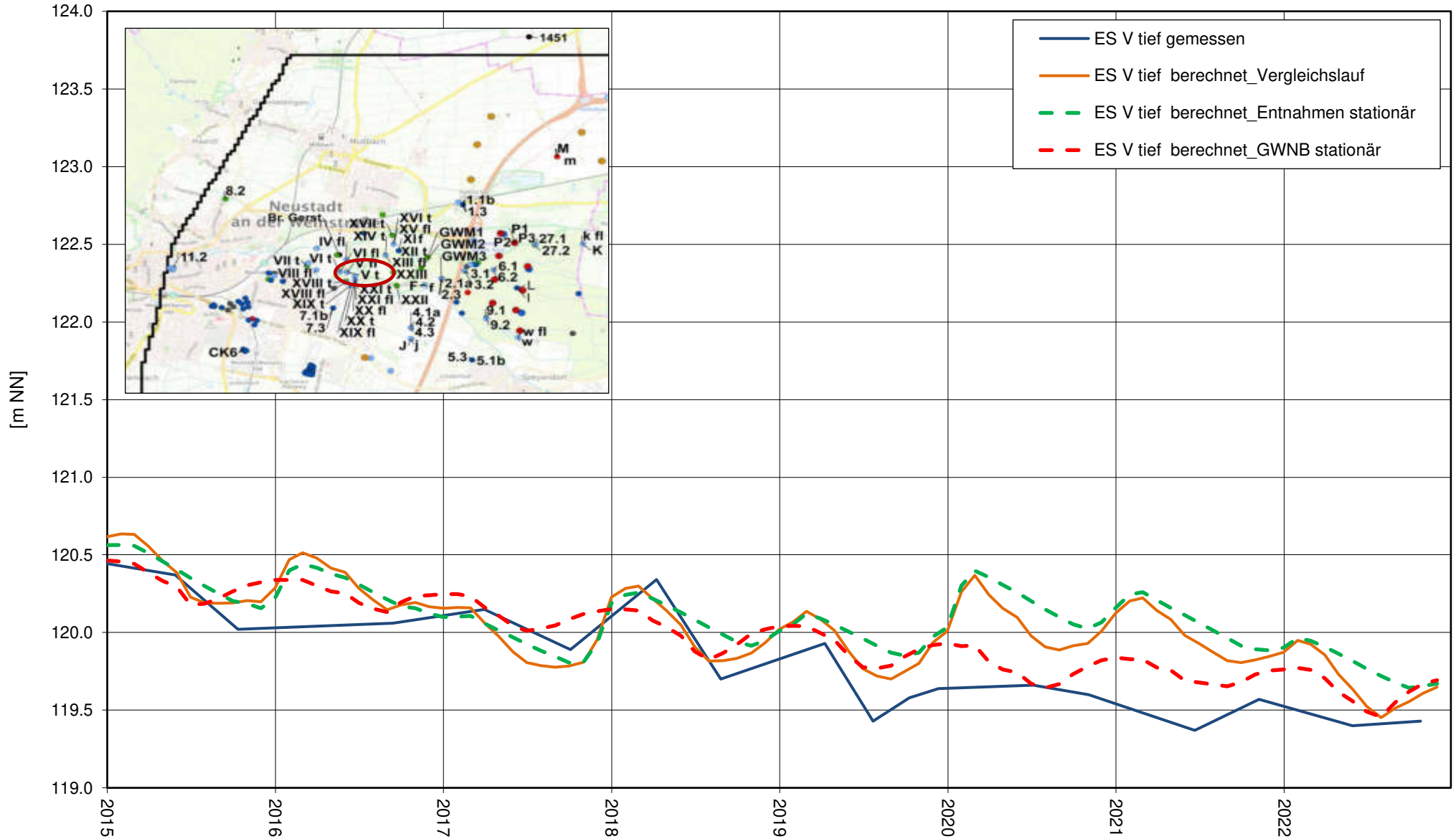
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLu

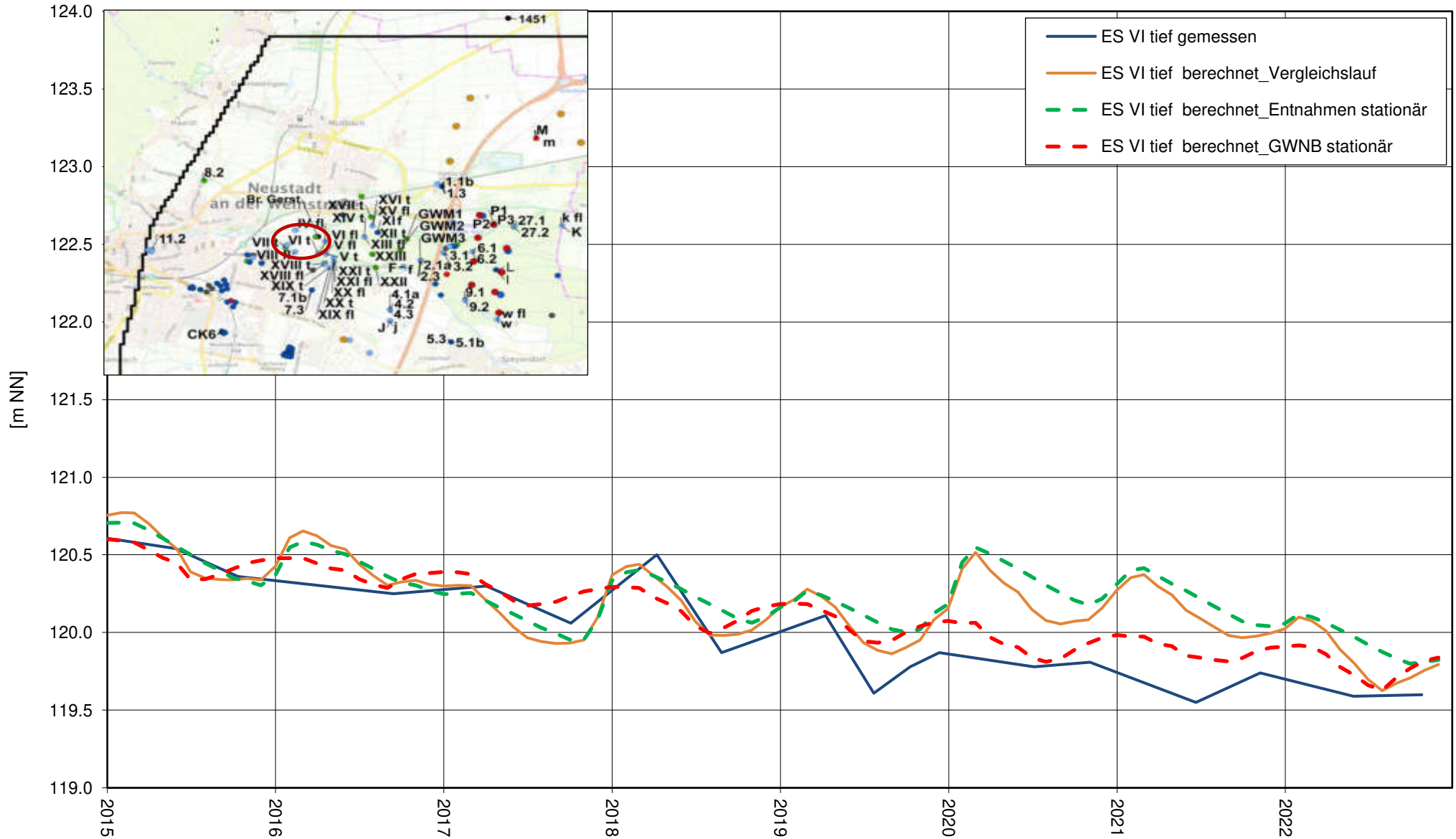


Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL

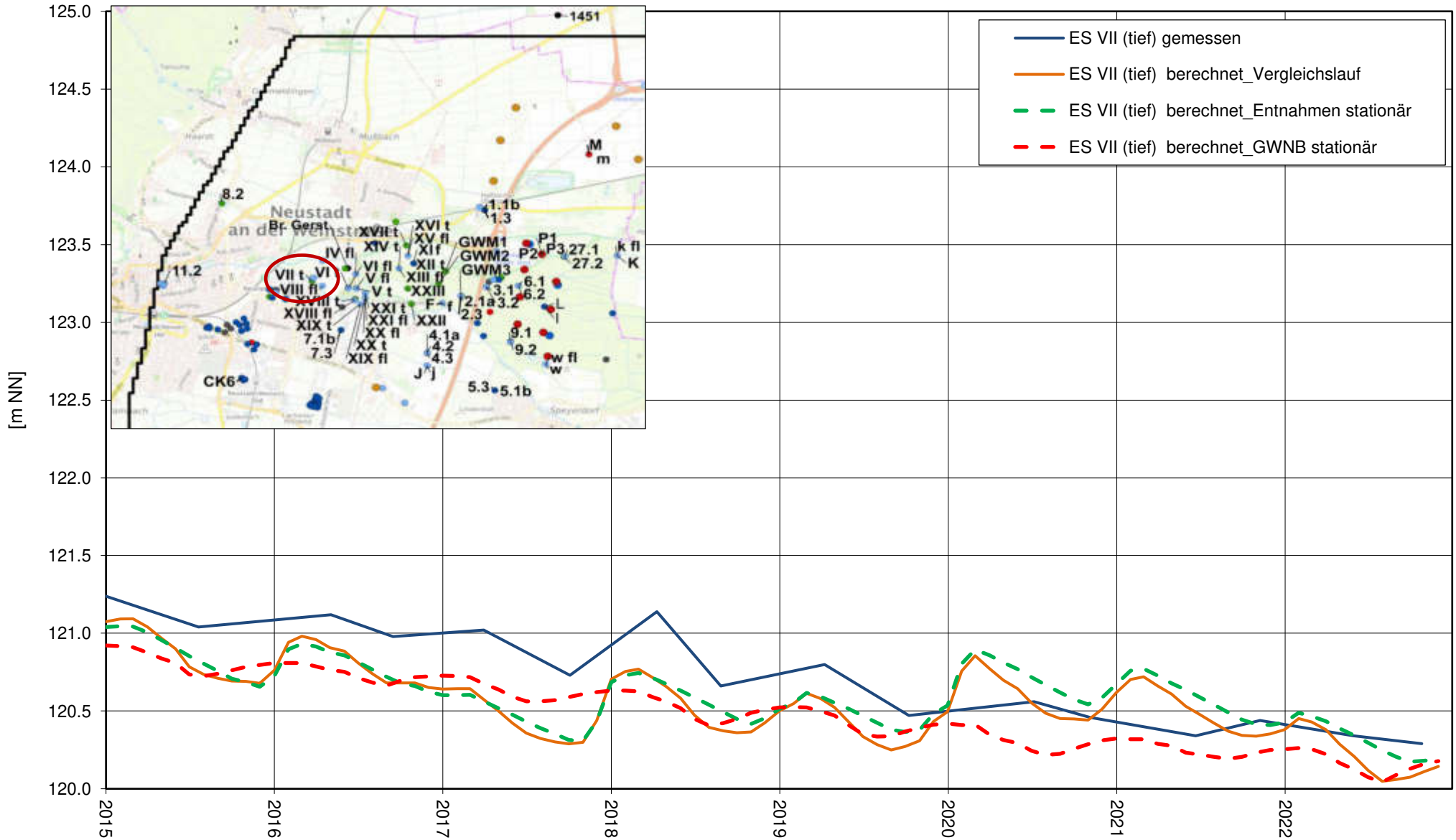




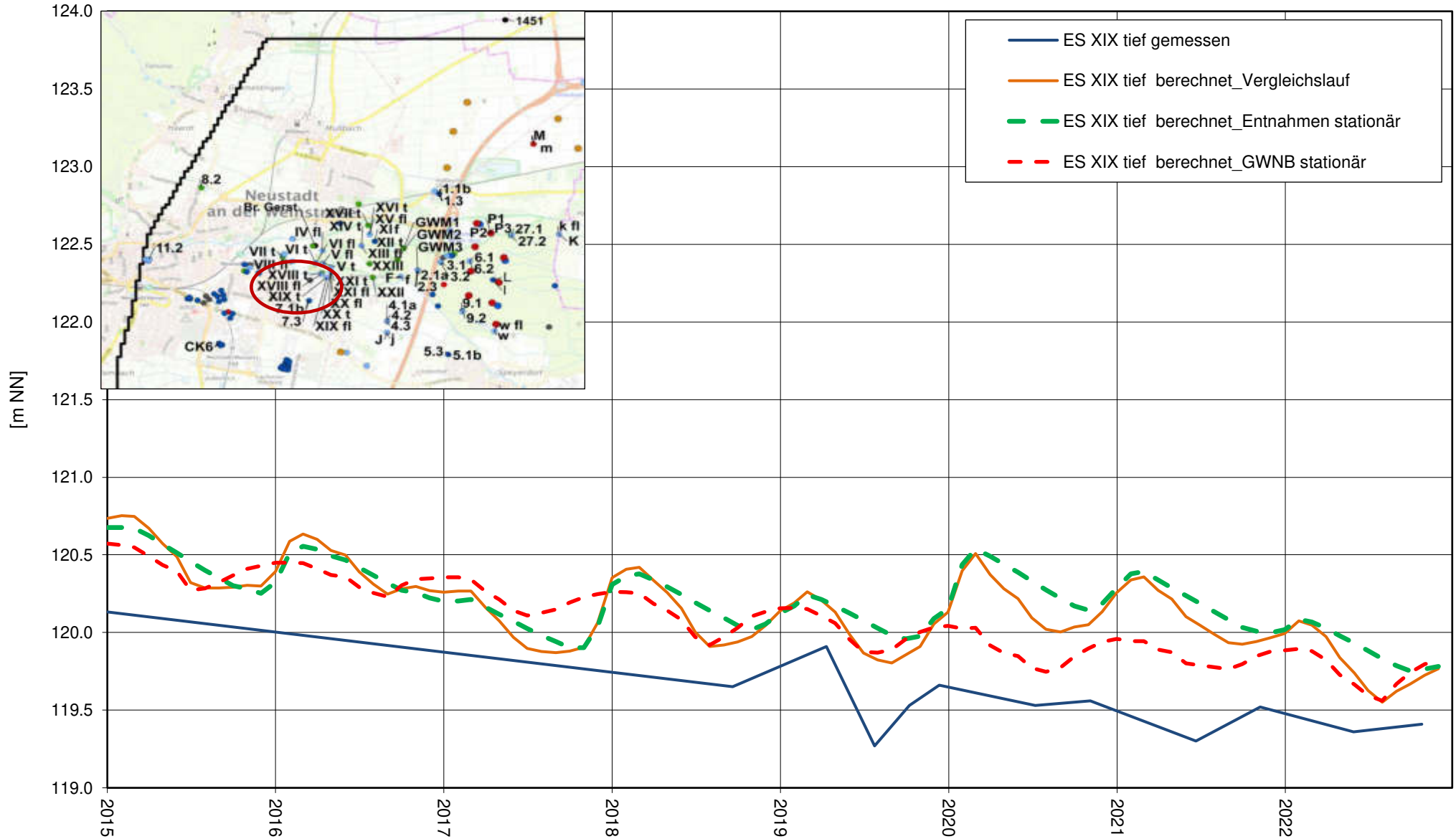
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



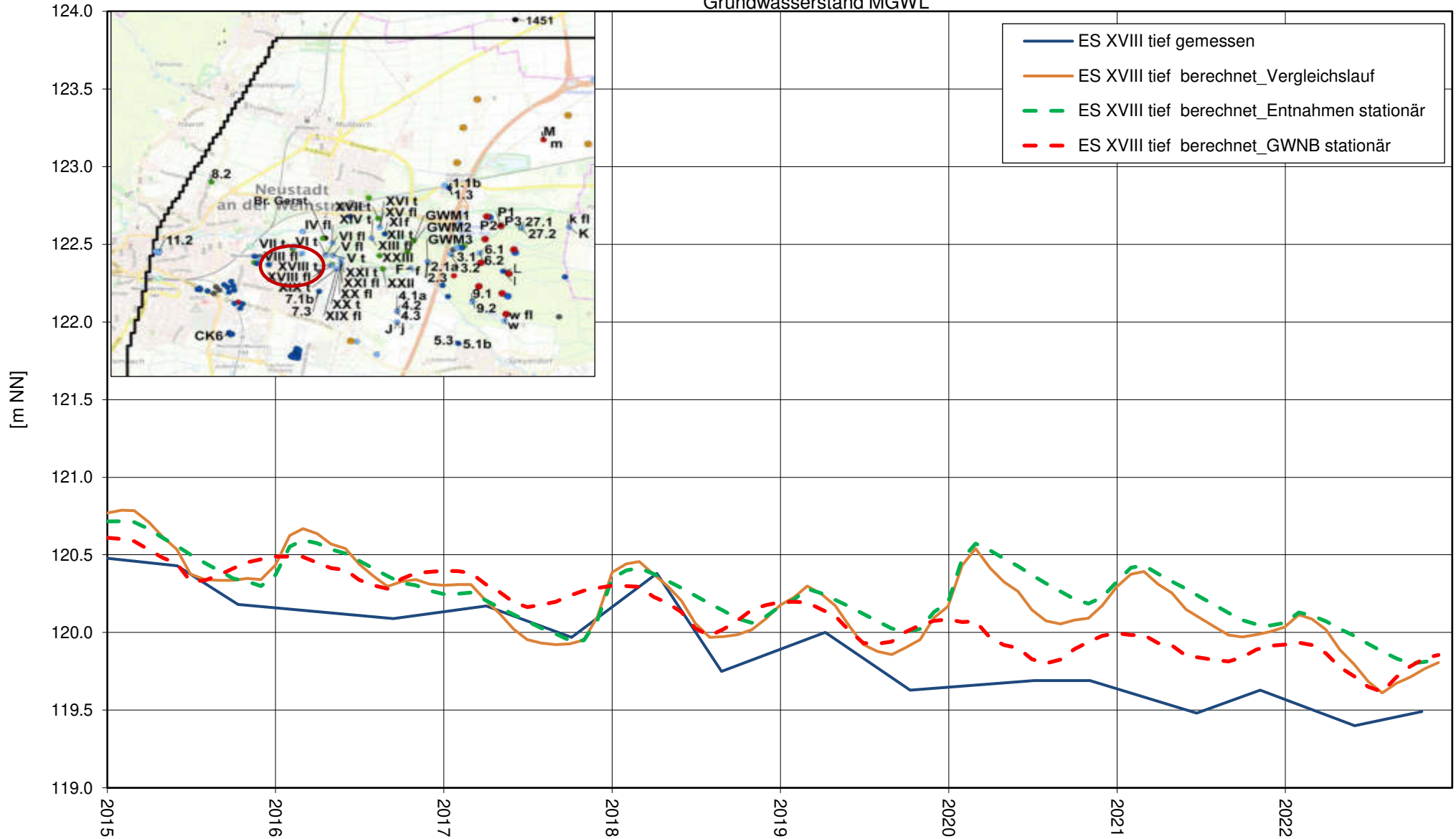
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



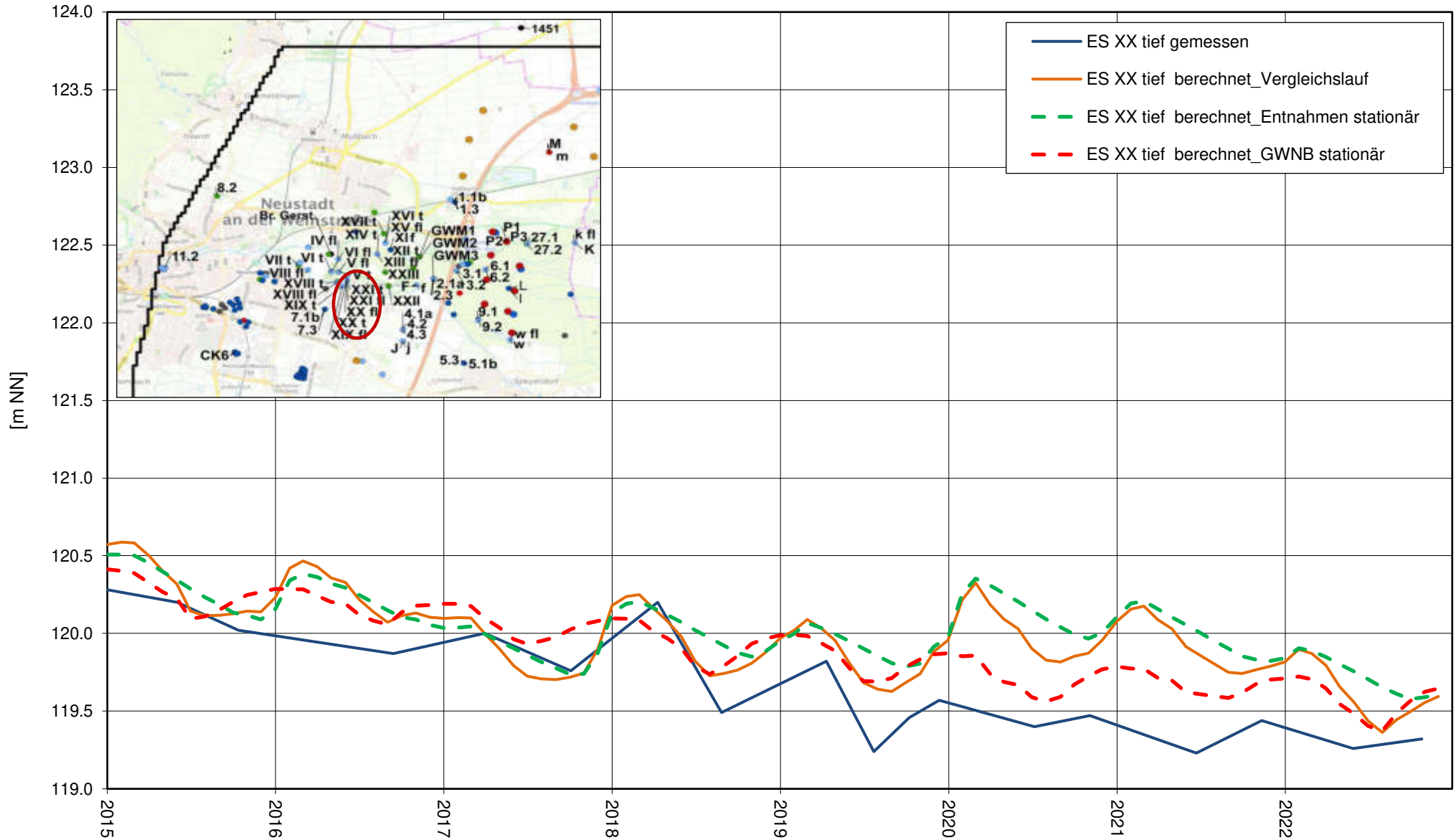
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



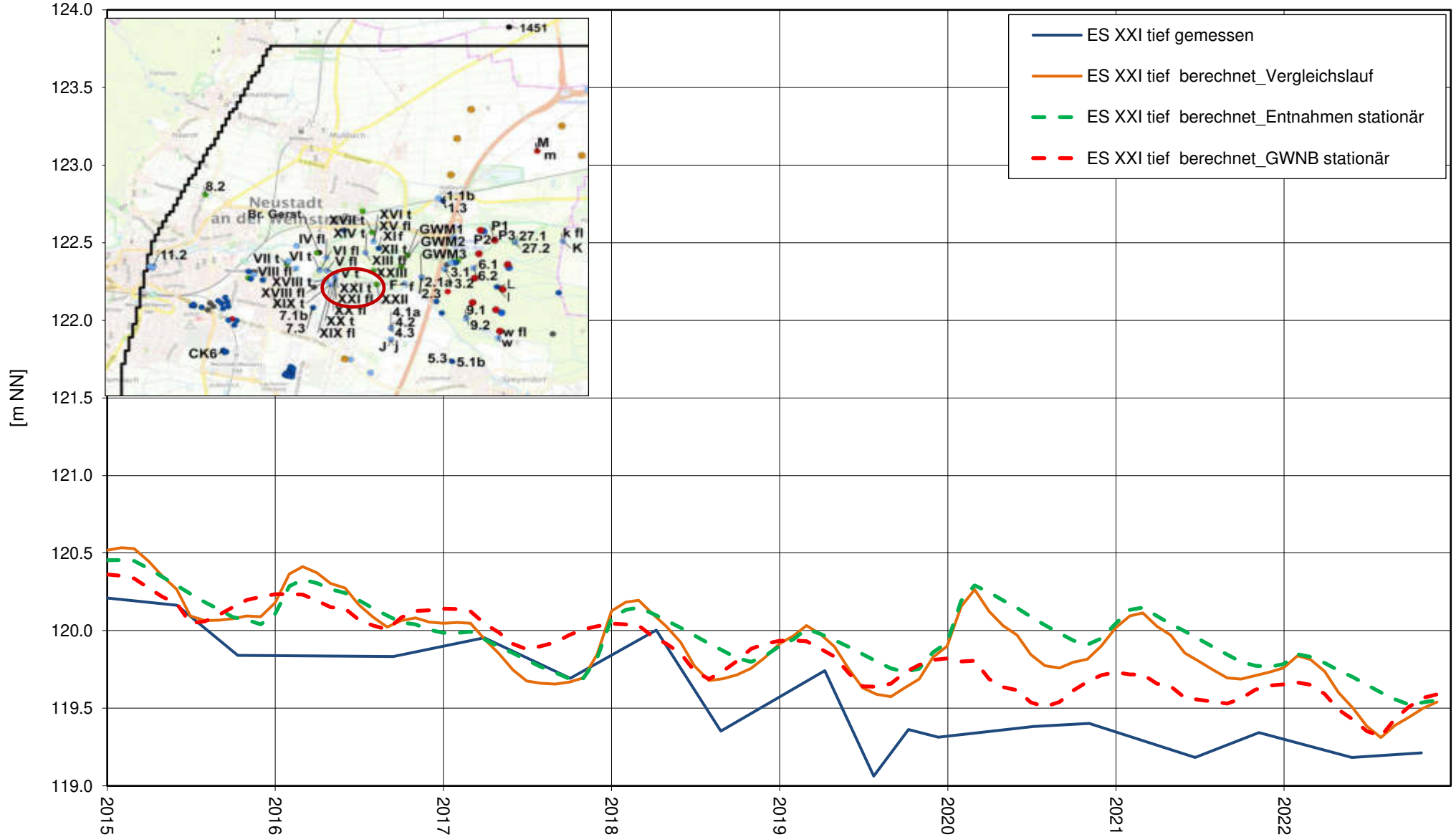
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



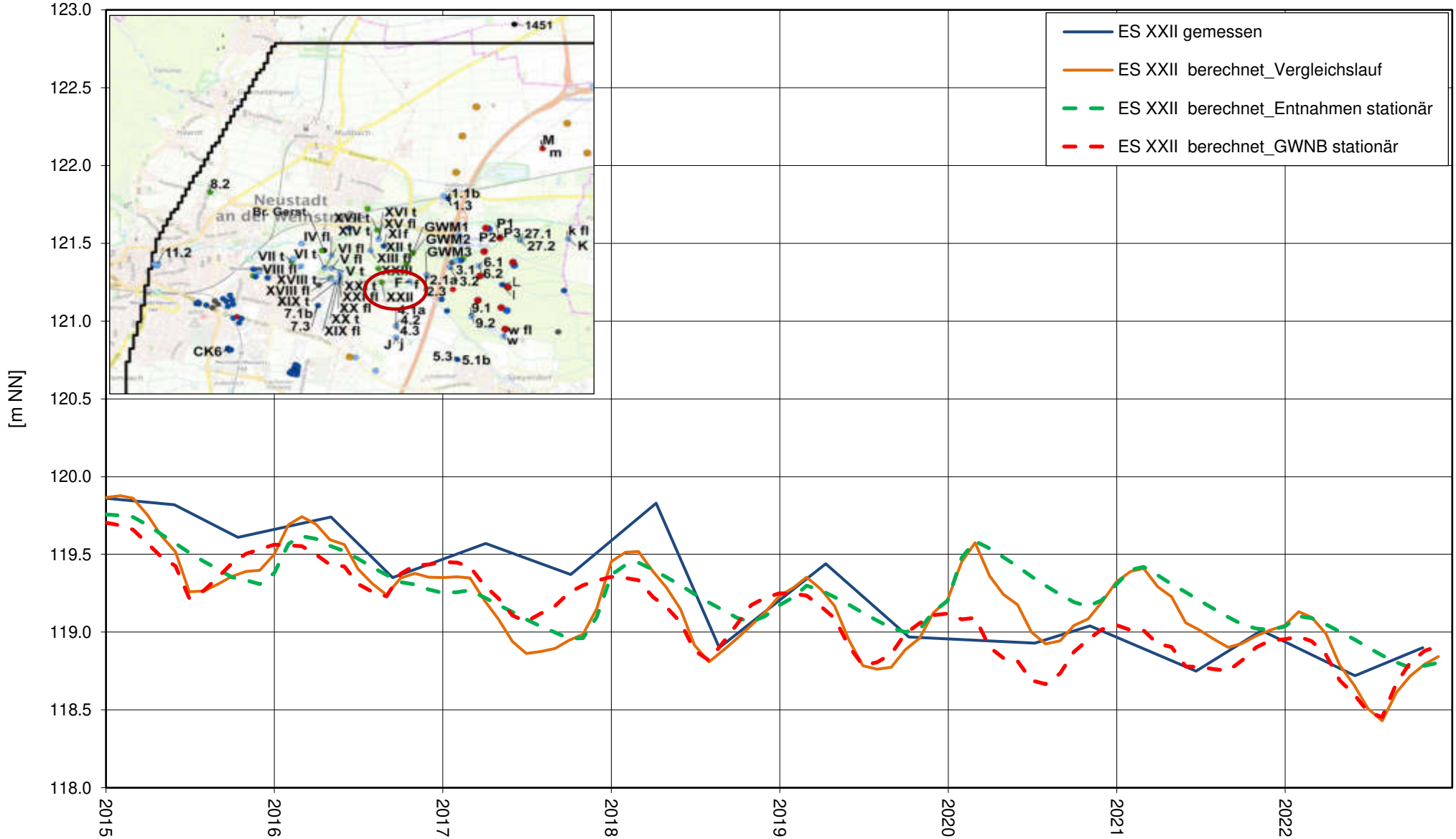
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



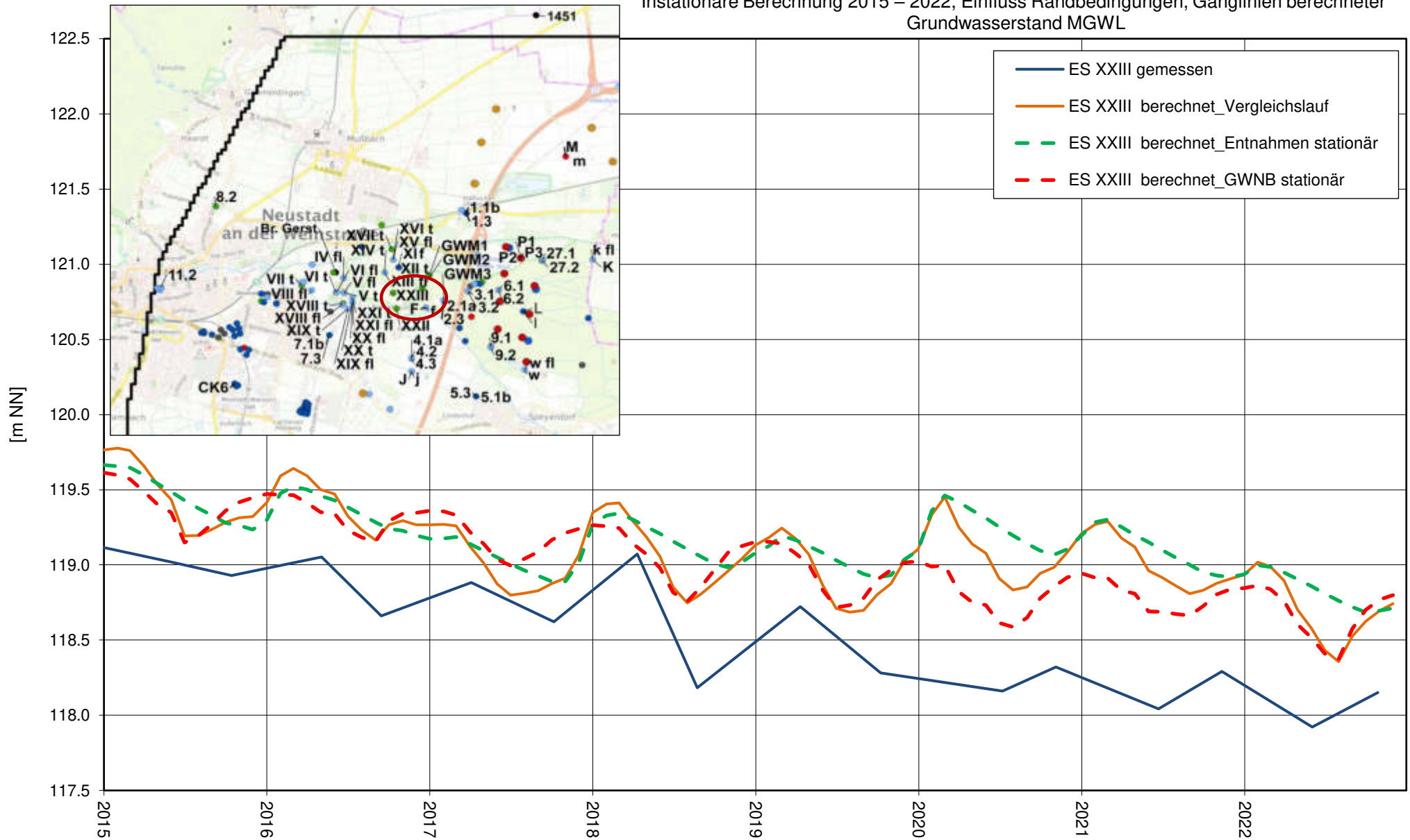
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



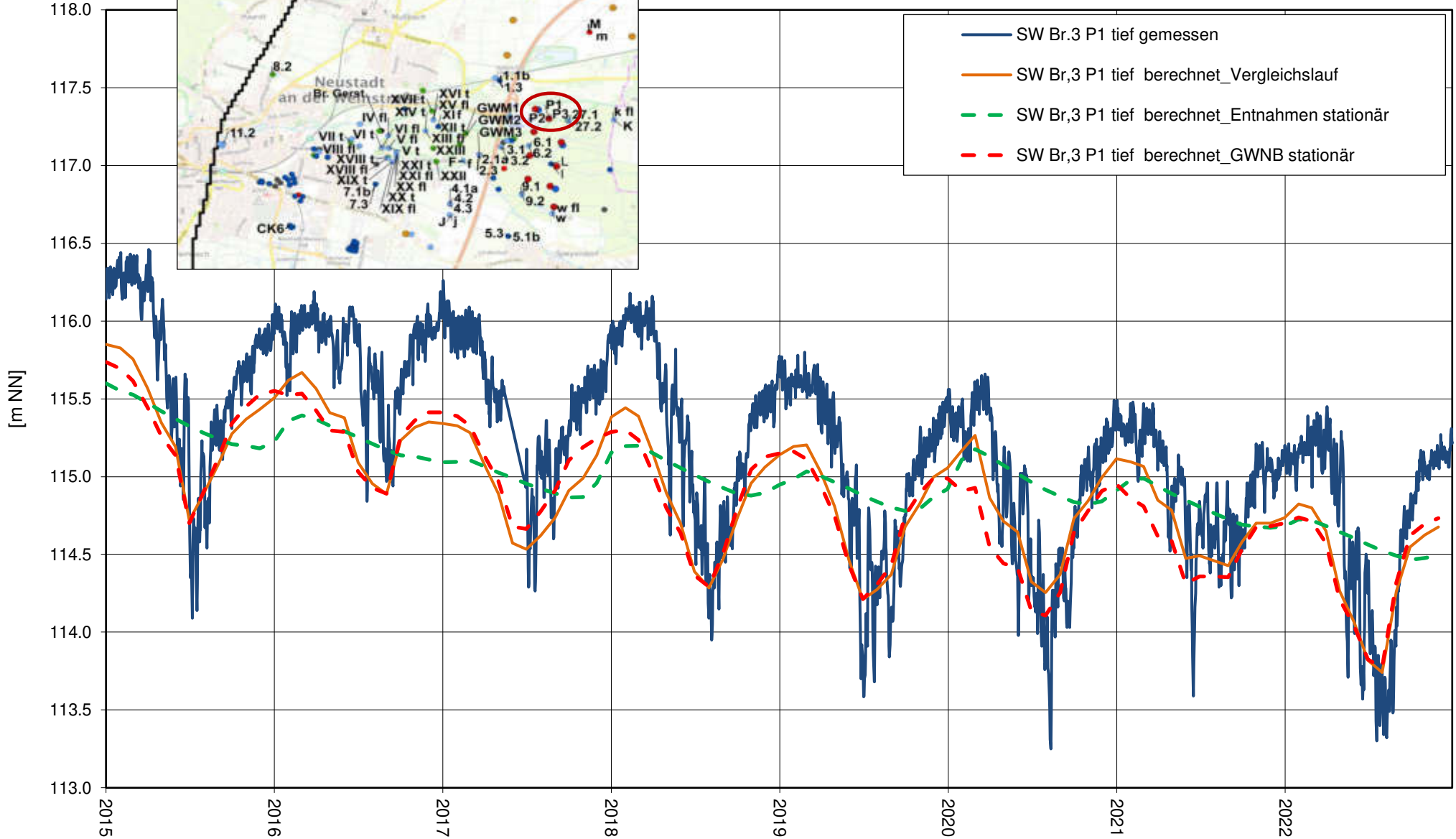
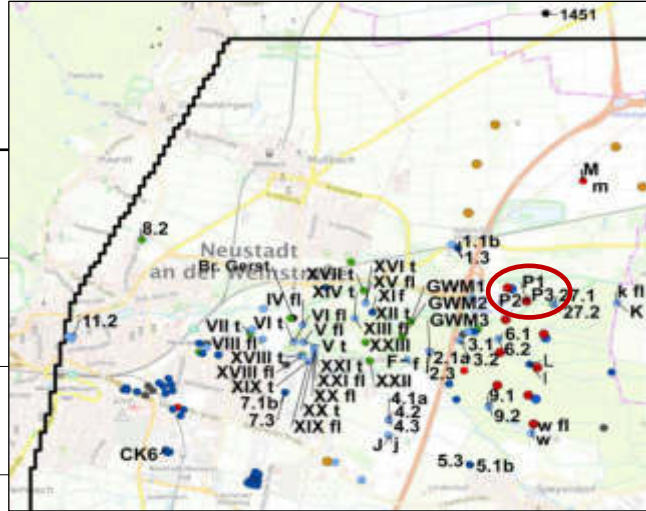
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL





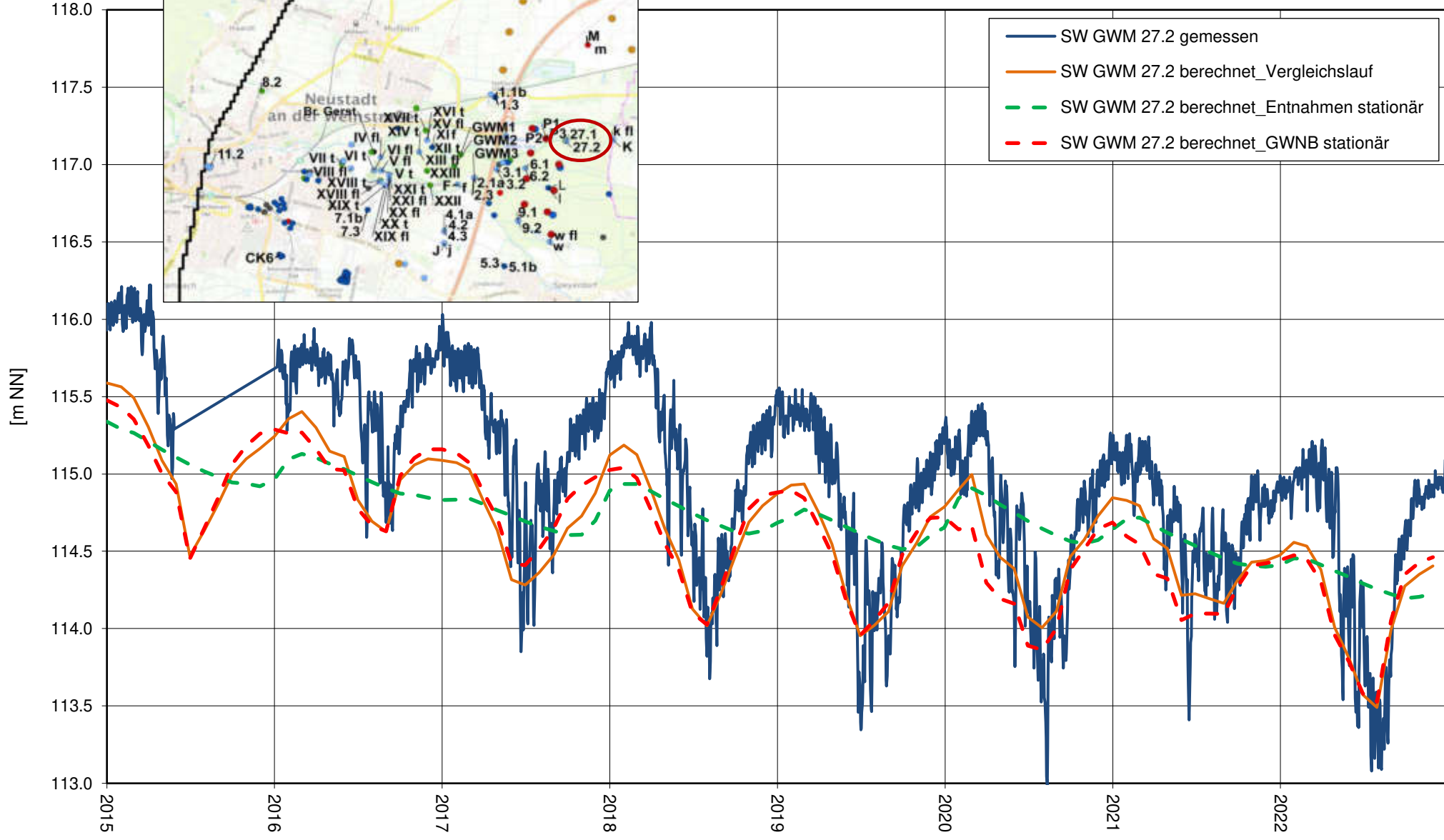
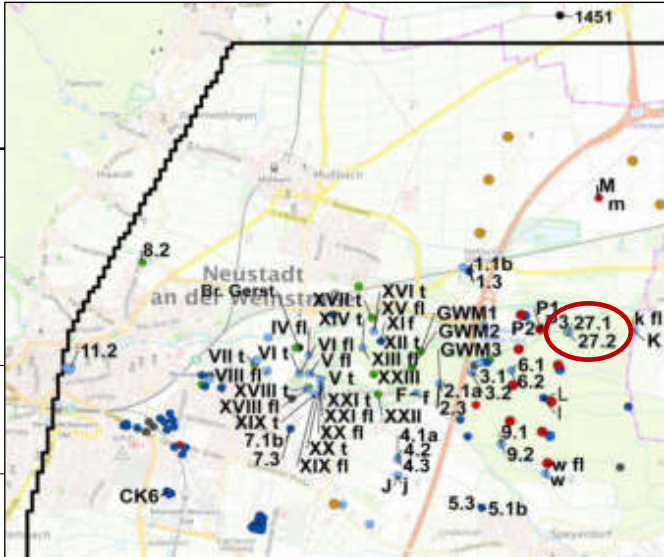
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



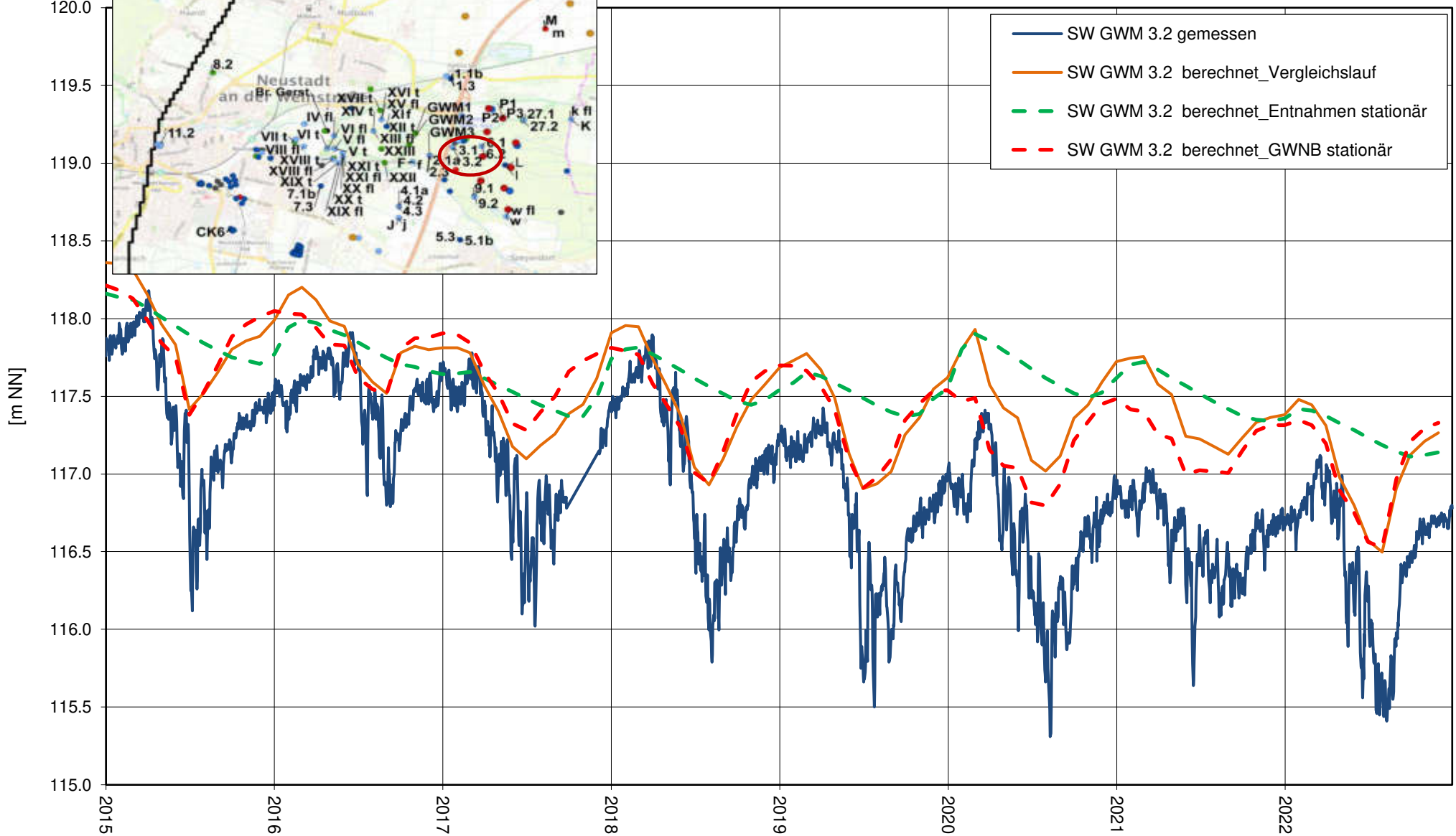
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL

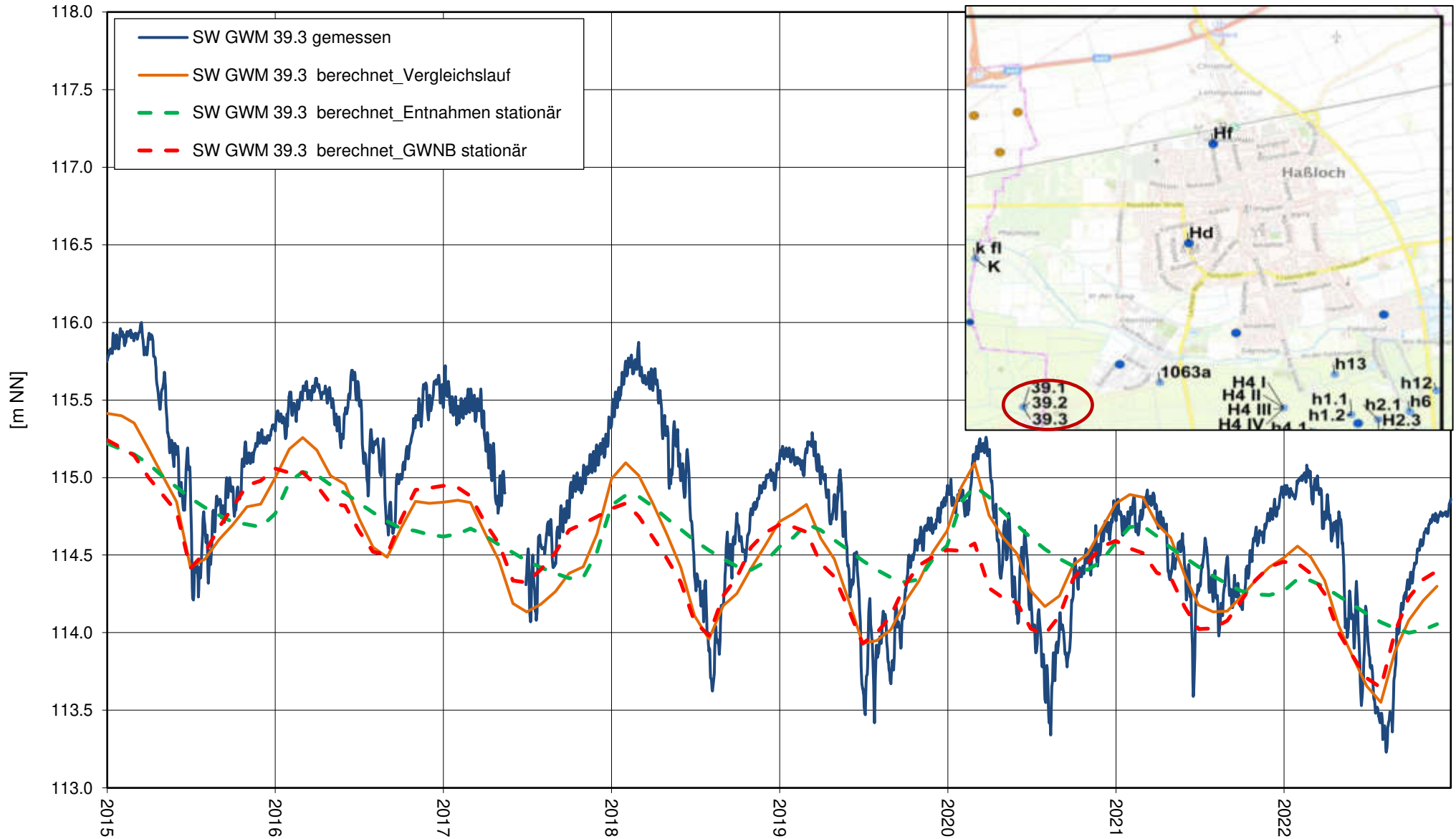


Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

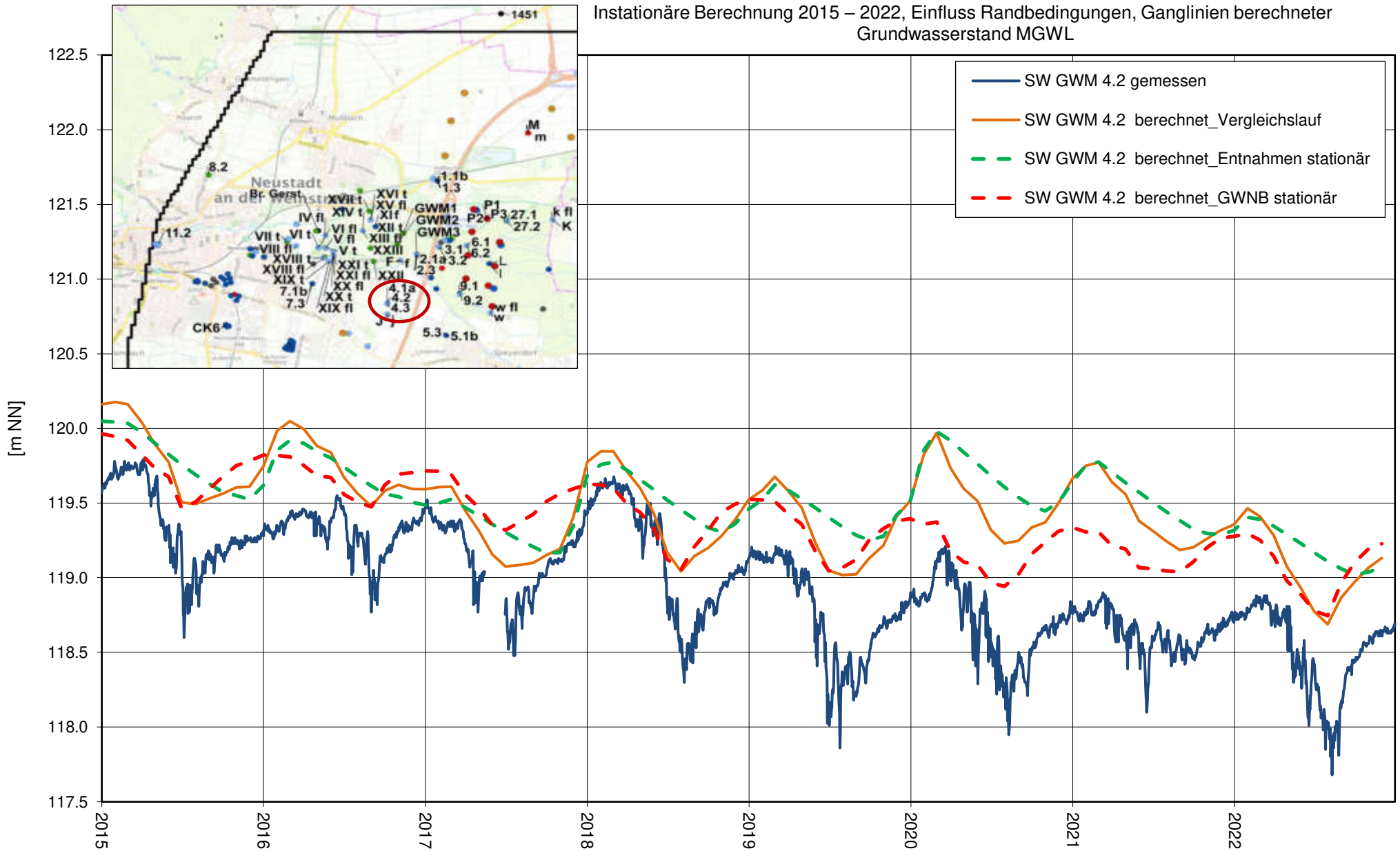
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand MGWL

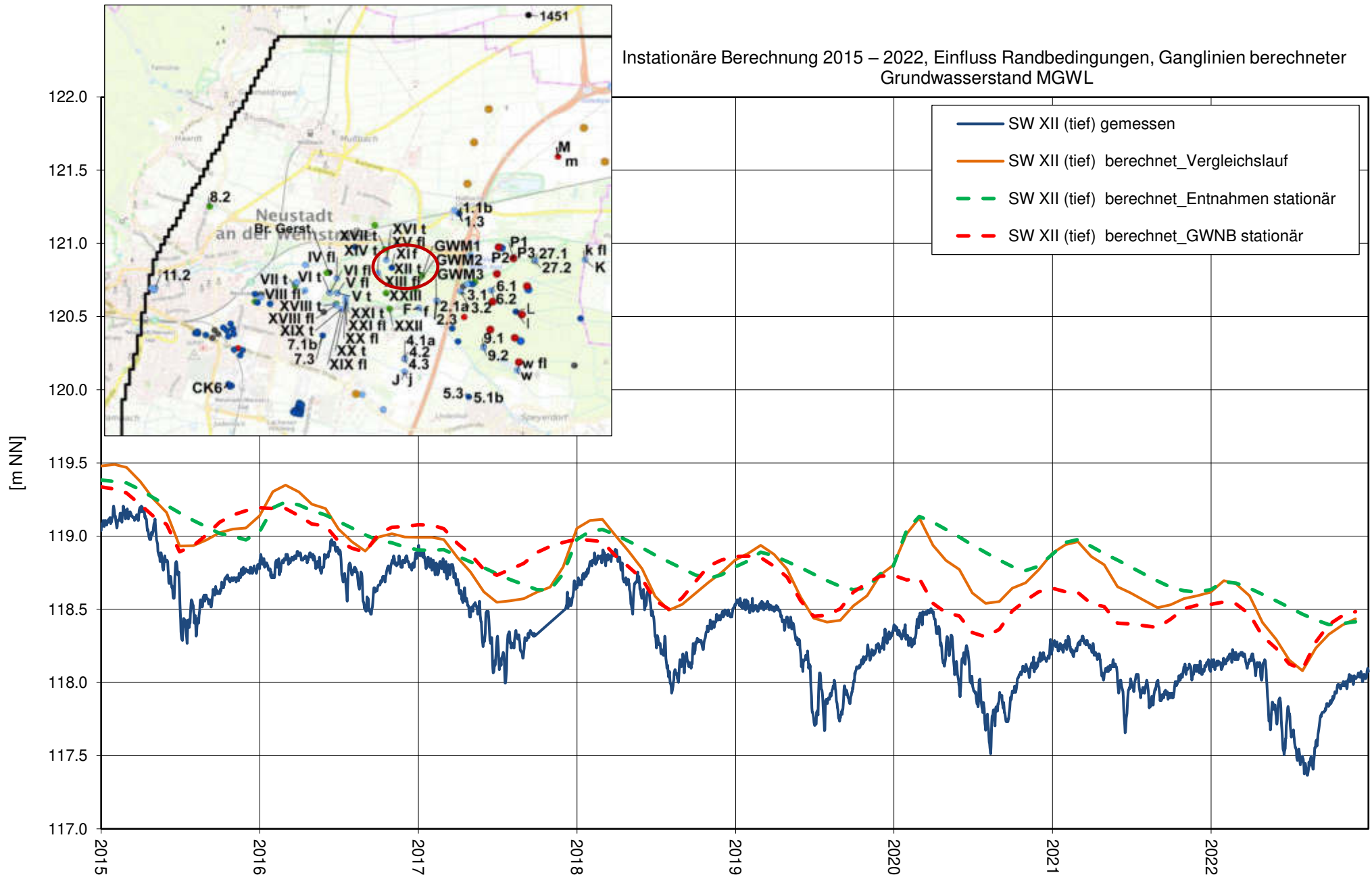


Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL

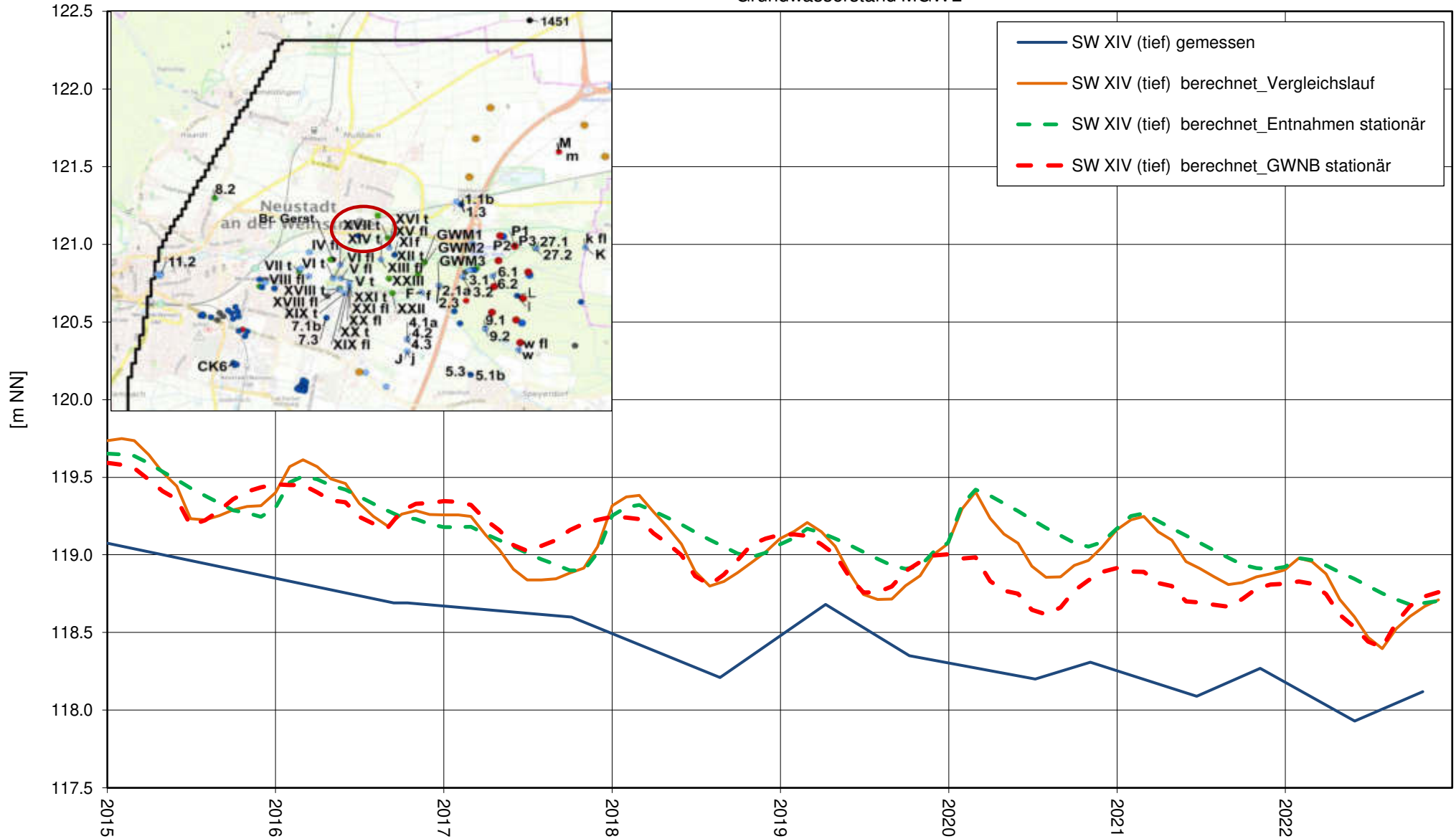


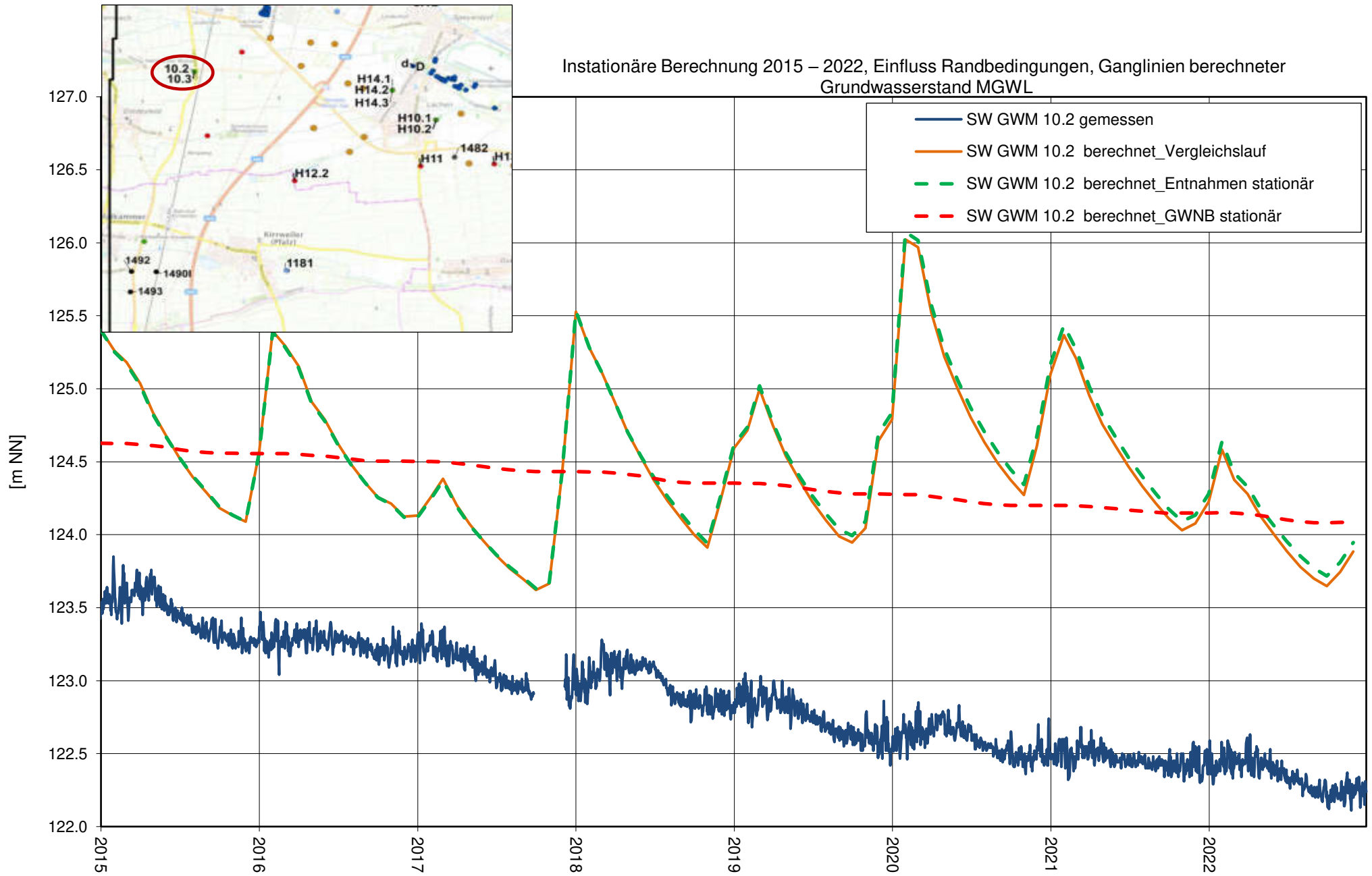
Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



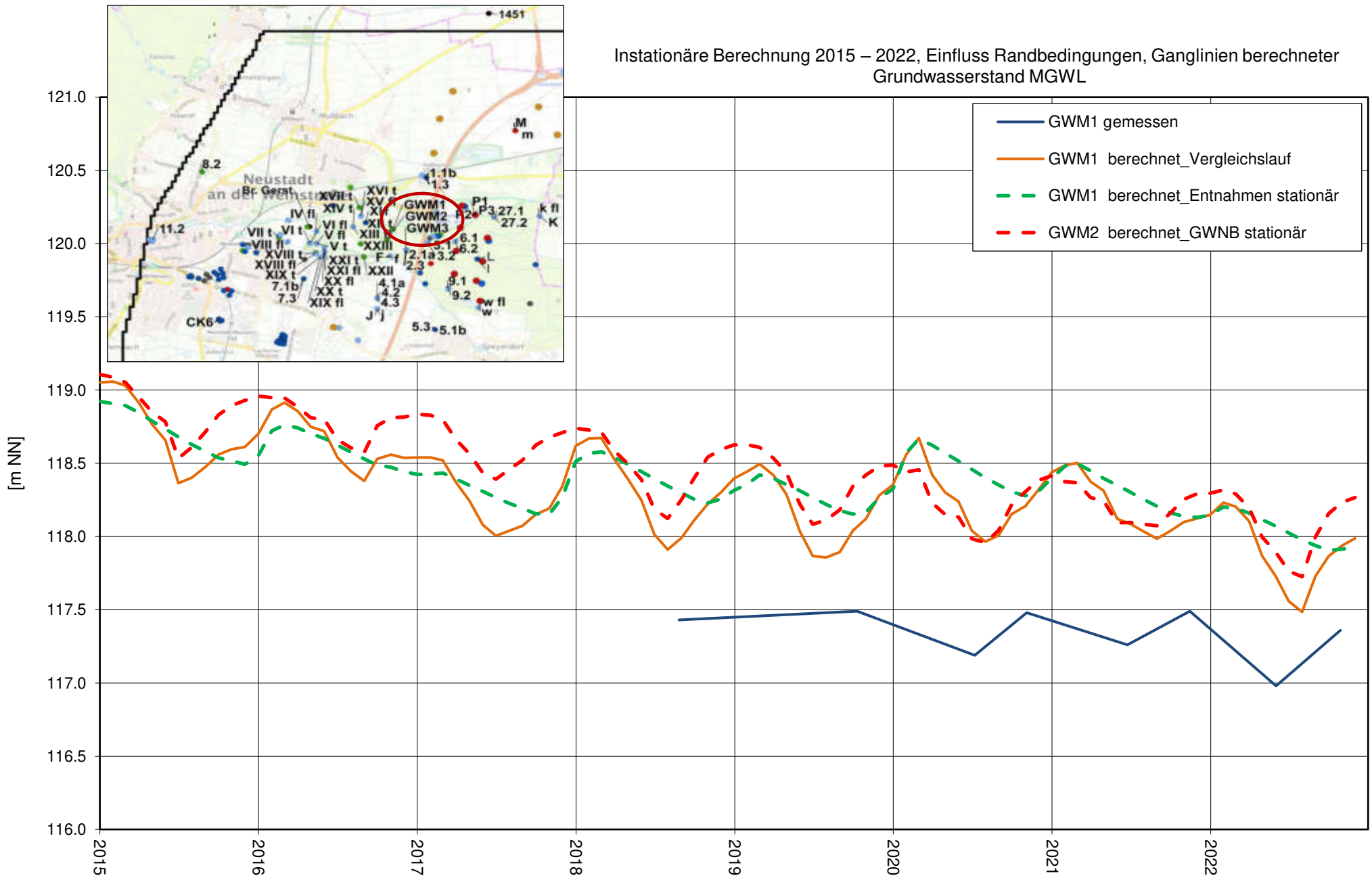
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



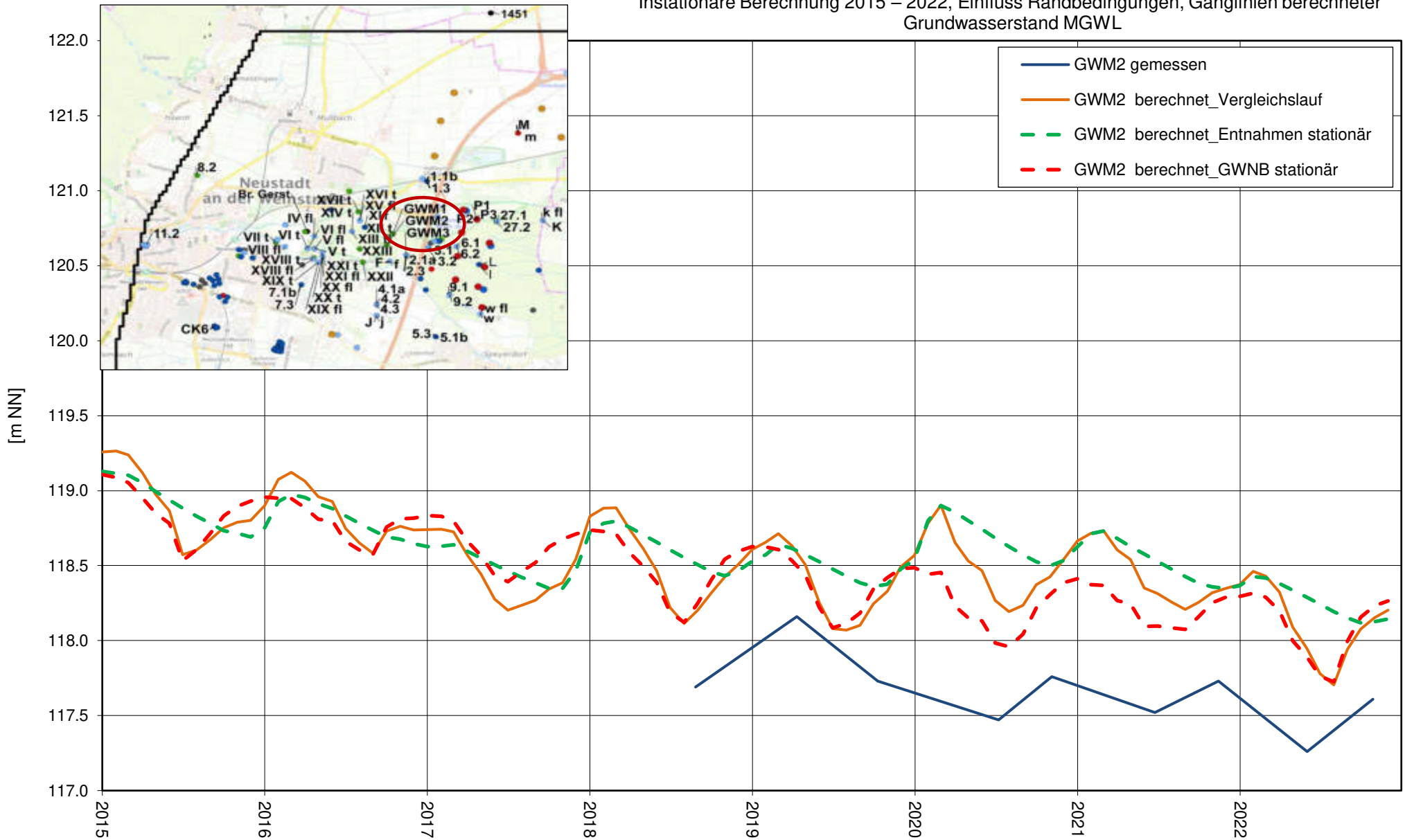




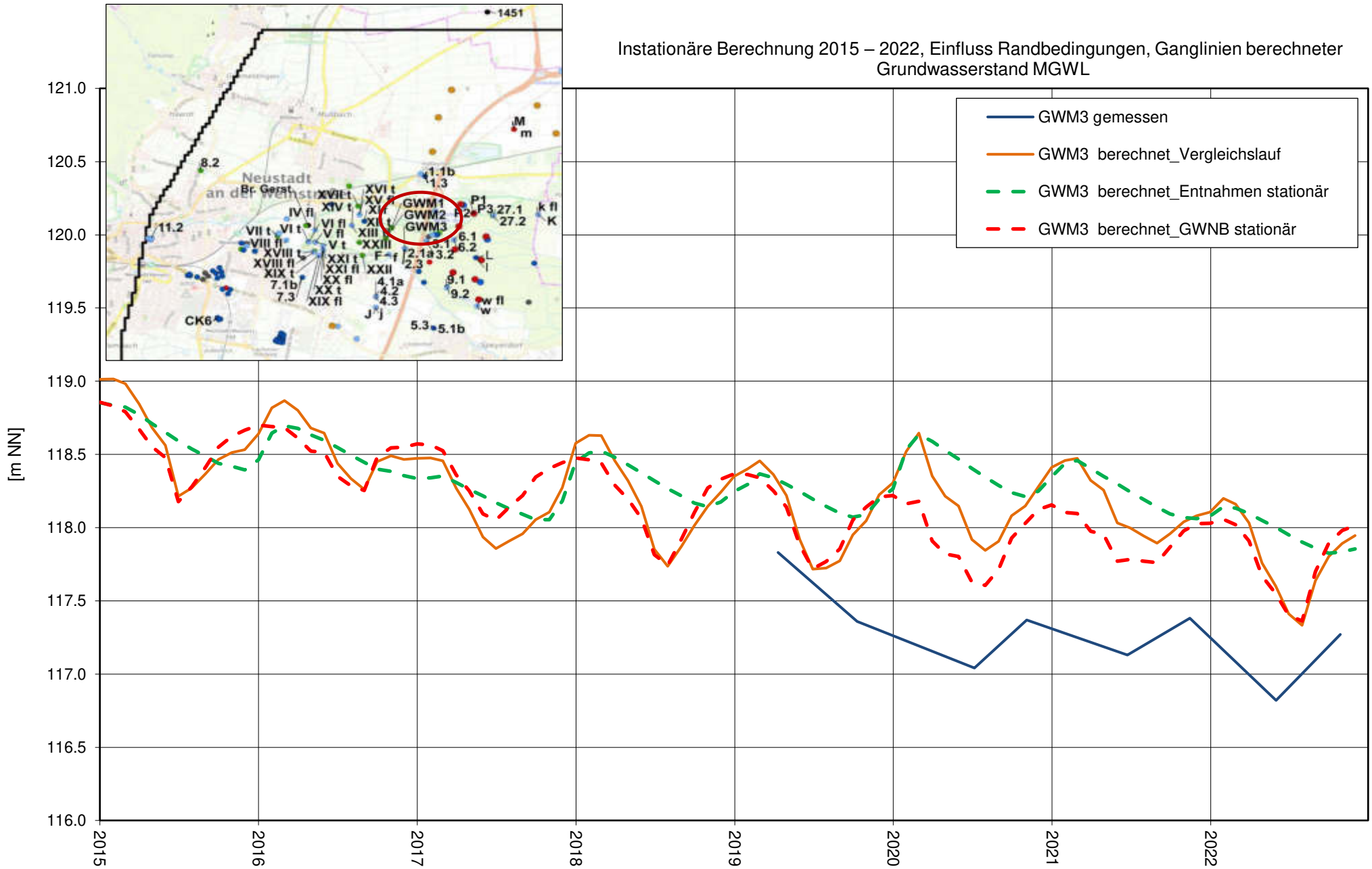
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



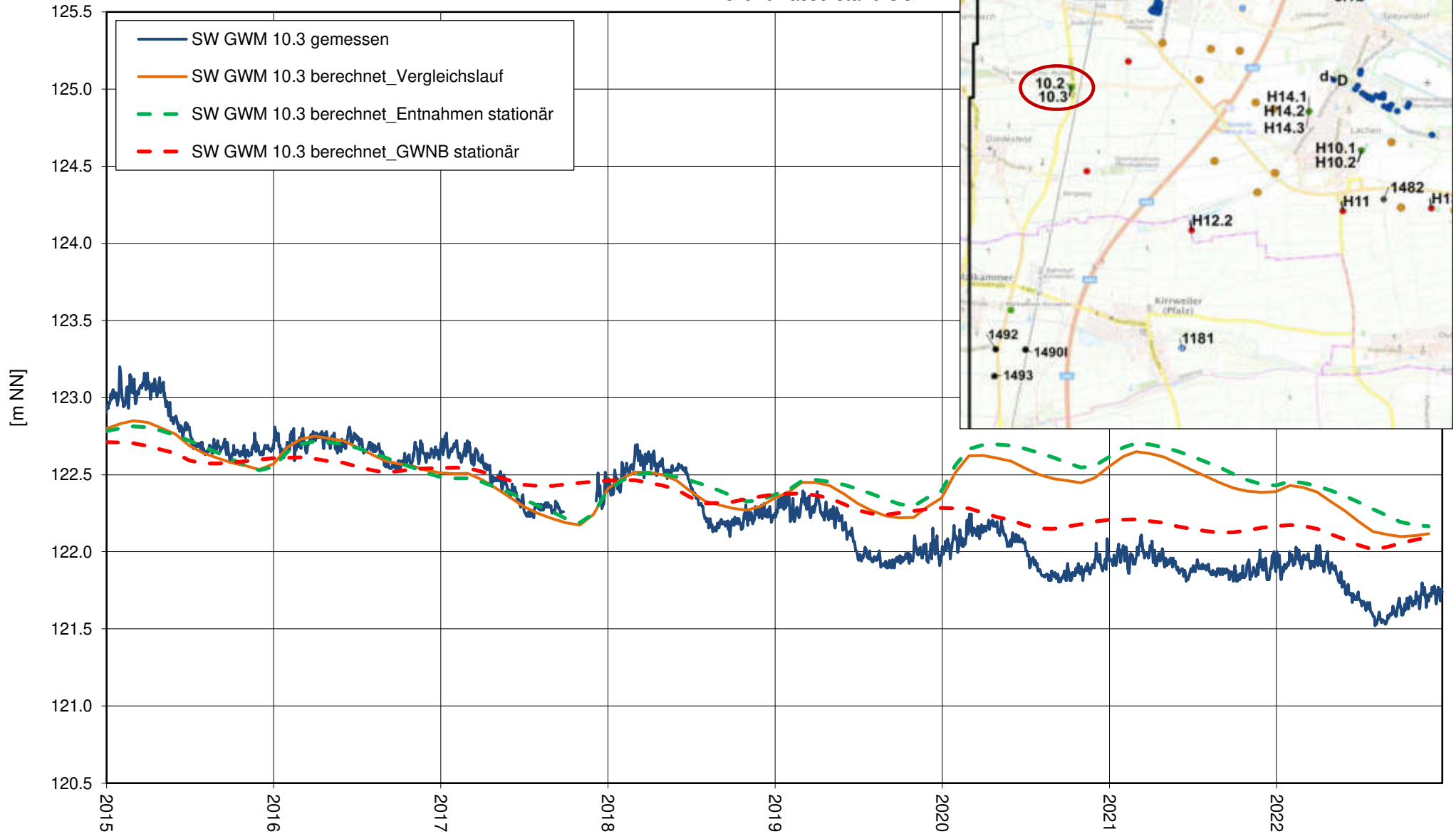
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand MGWL



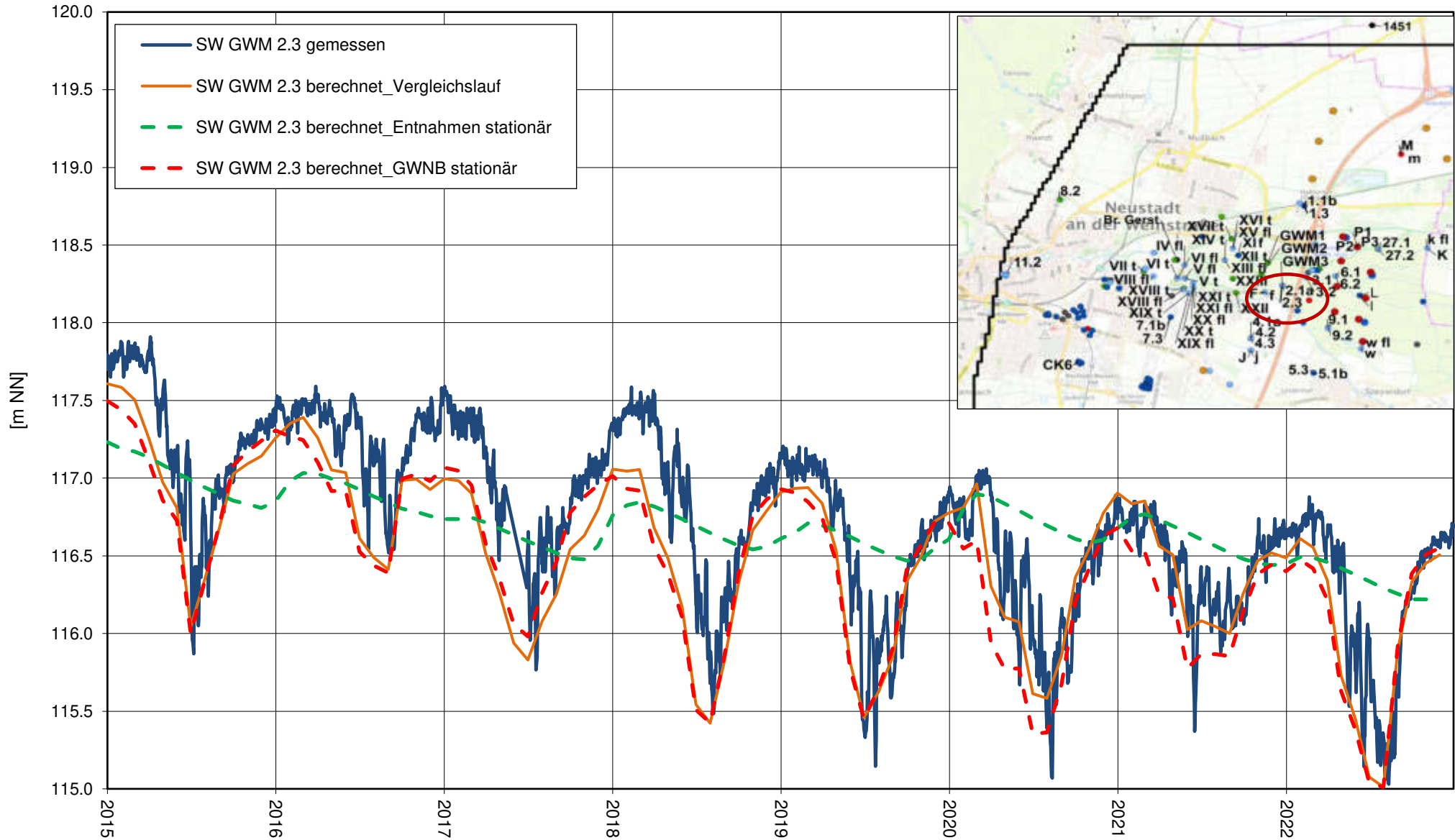
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



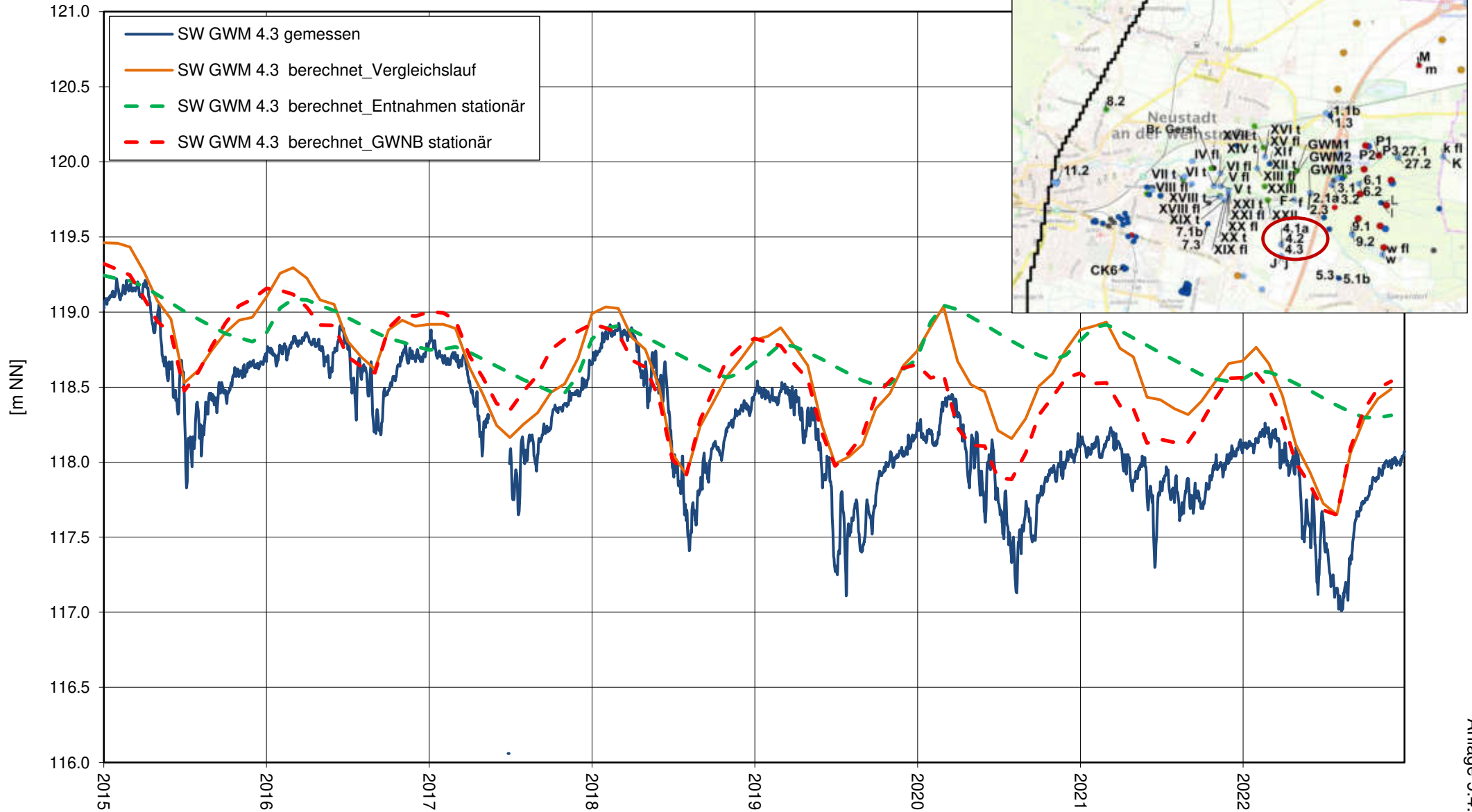
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand UGWL



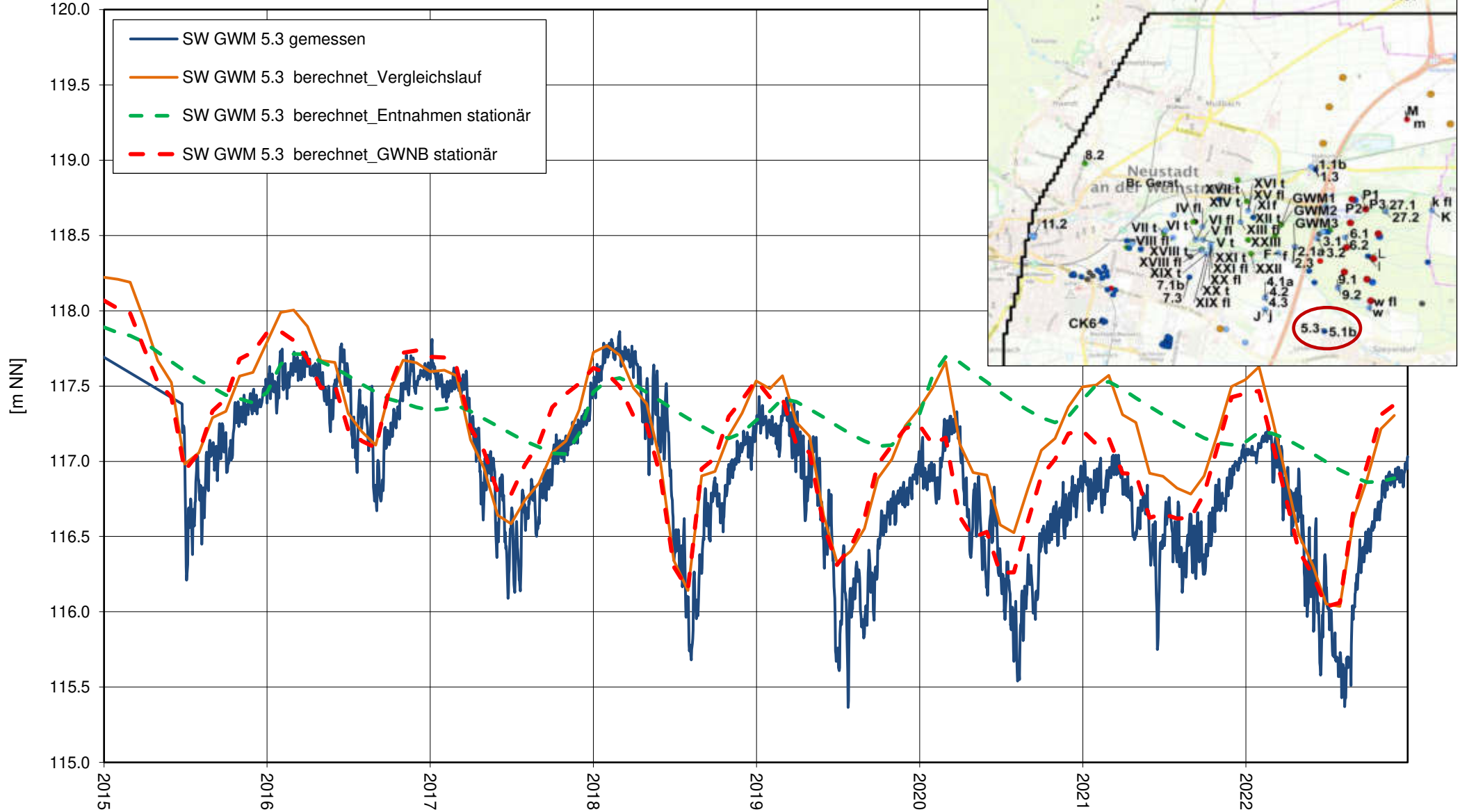
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand UGWL



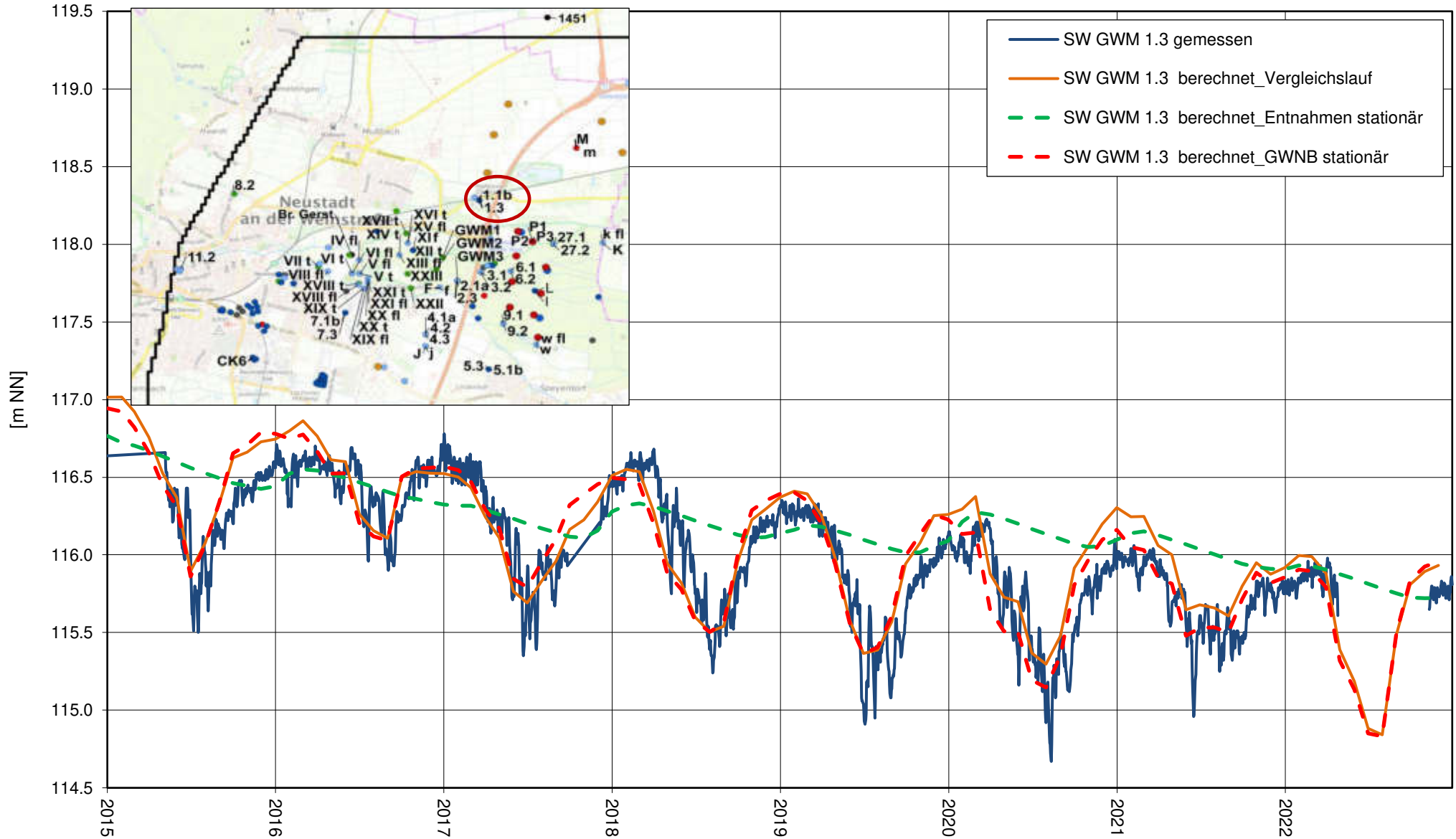
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand UGWL



Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand UGWL

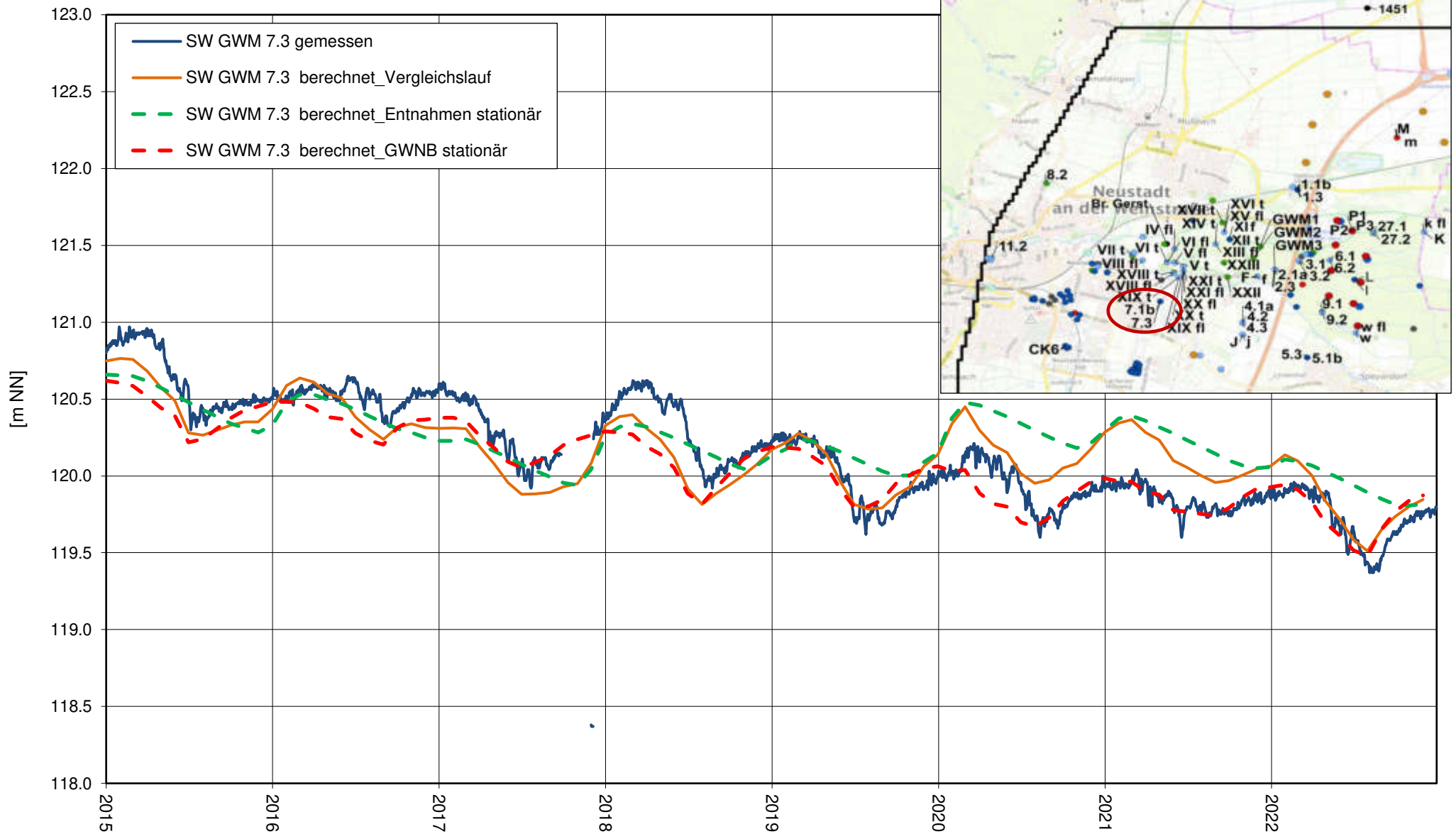


Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand UGWL

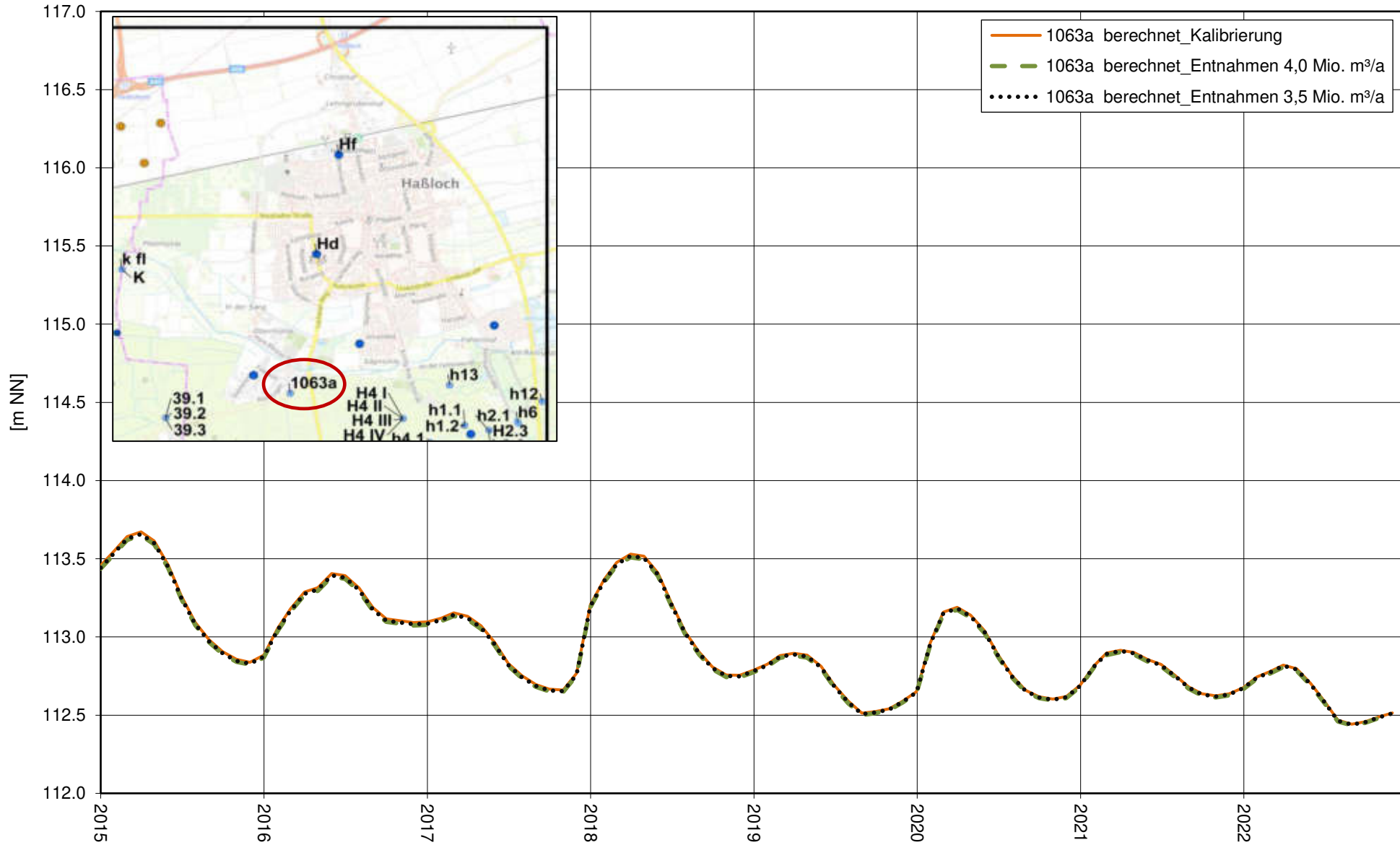




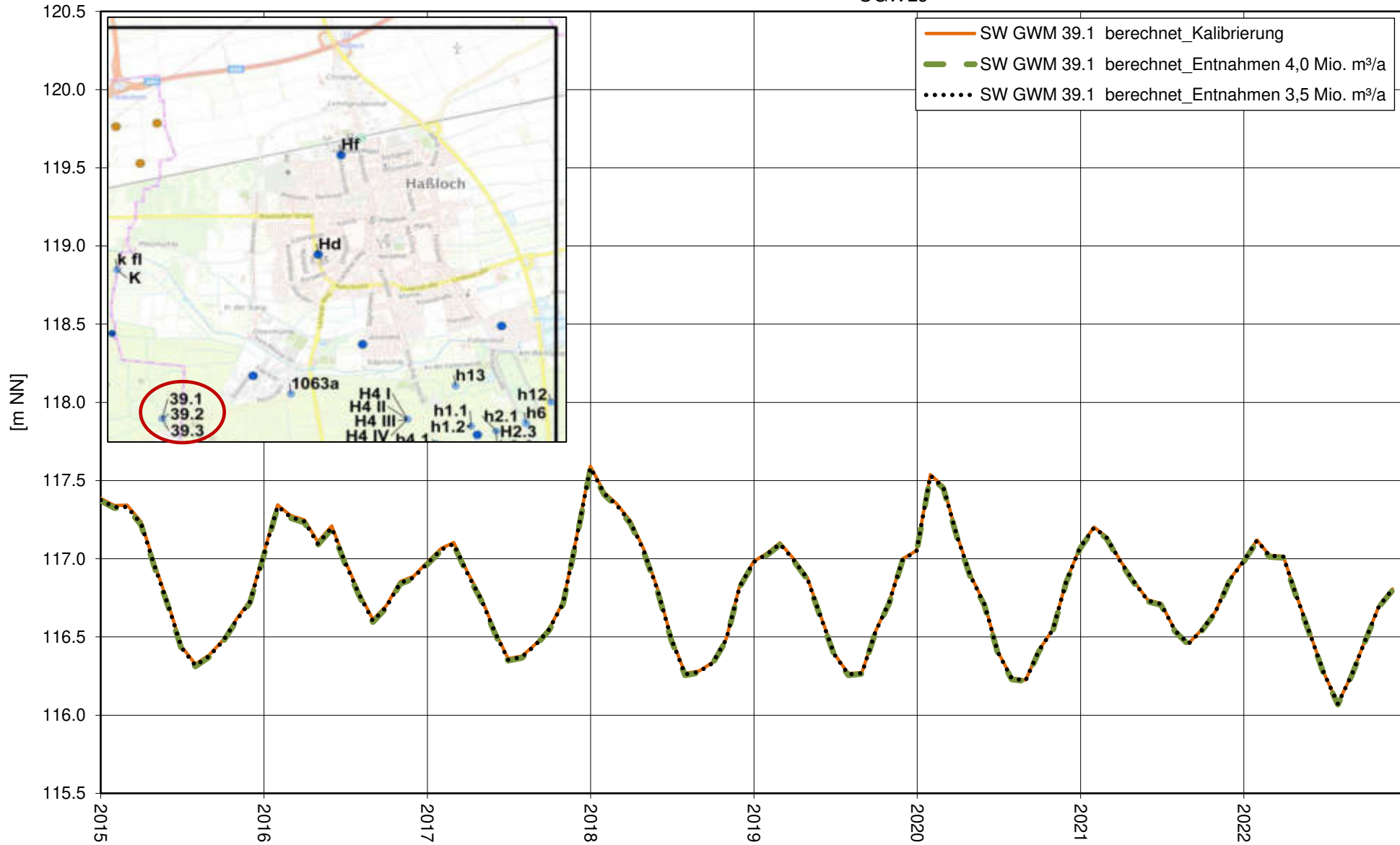
Instationäre Berechnung 2015 – 2022, Einfluss Randbedingungen, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand UGWL

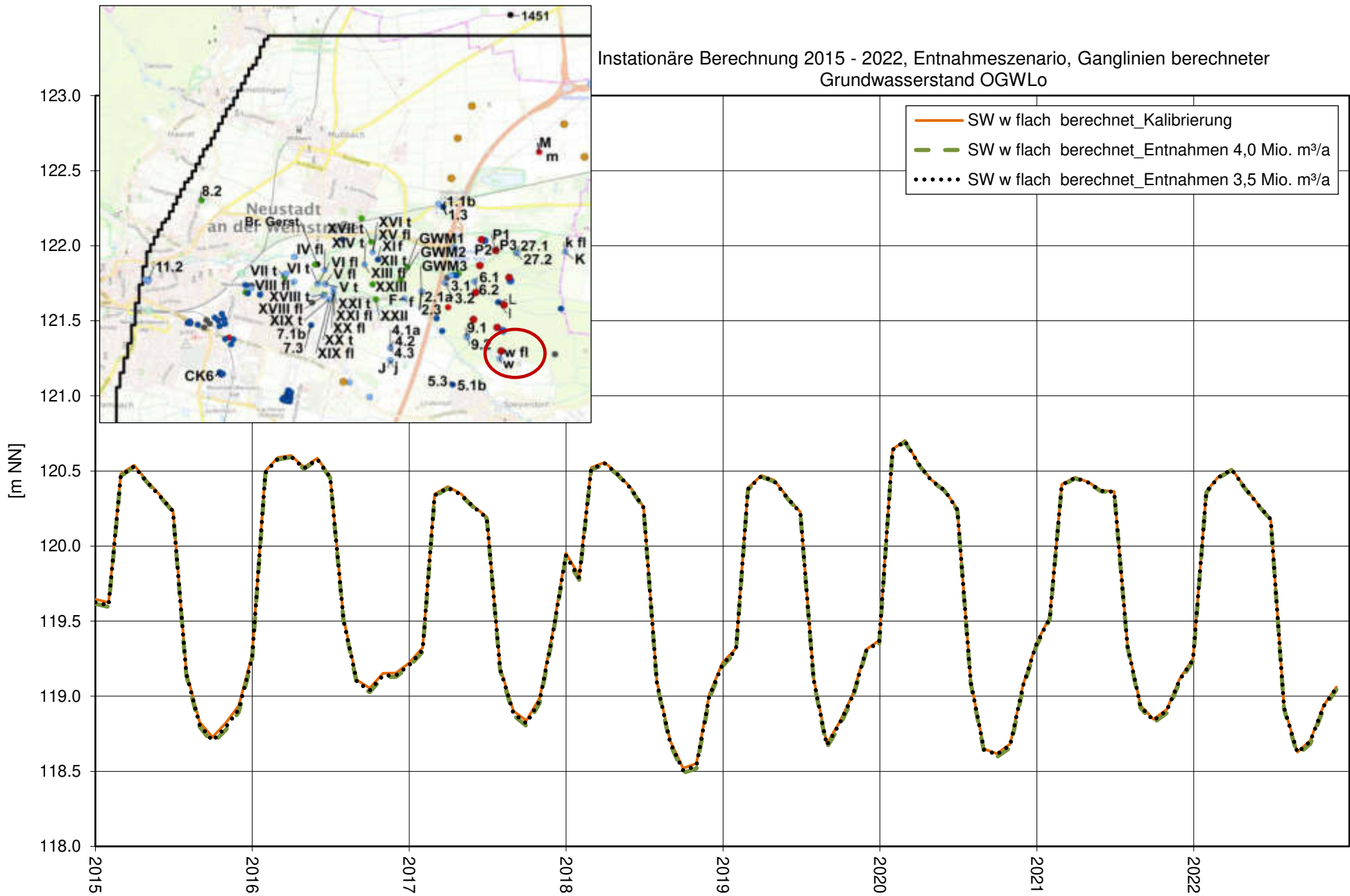


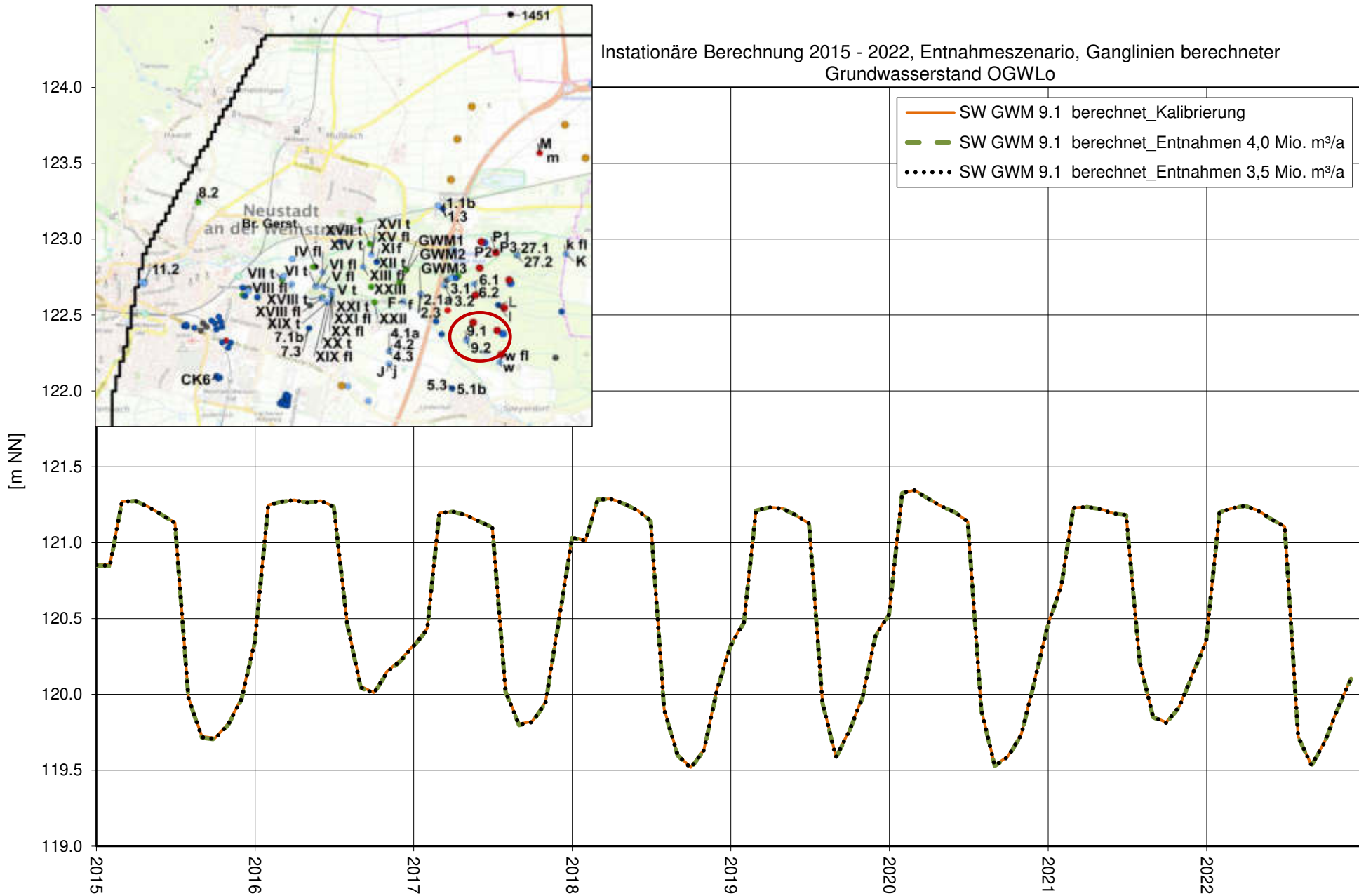
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



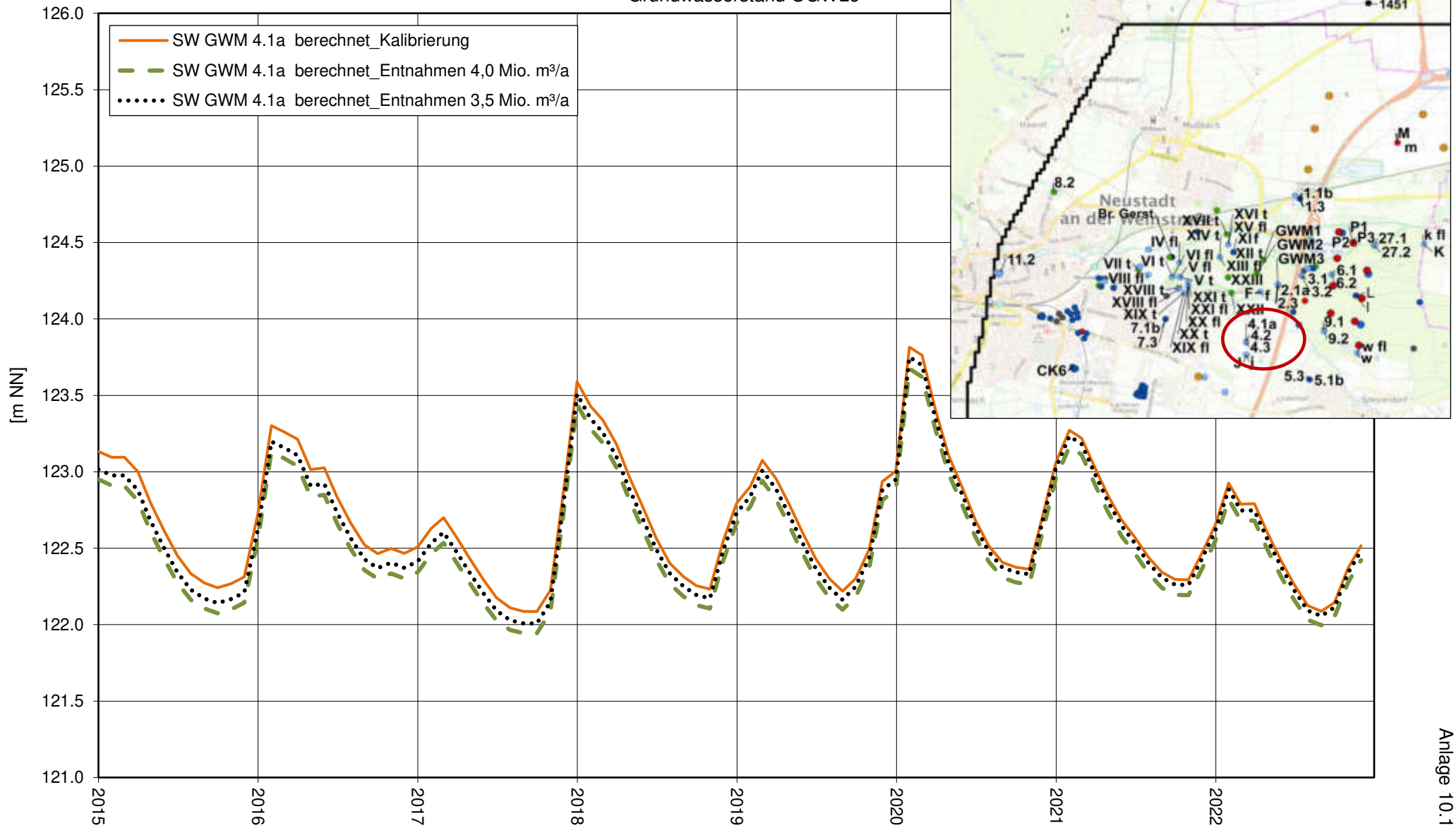
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



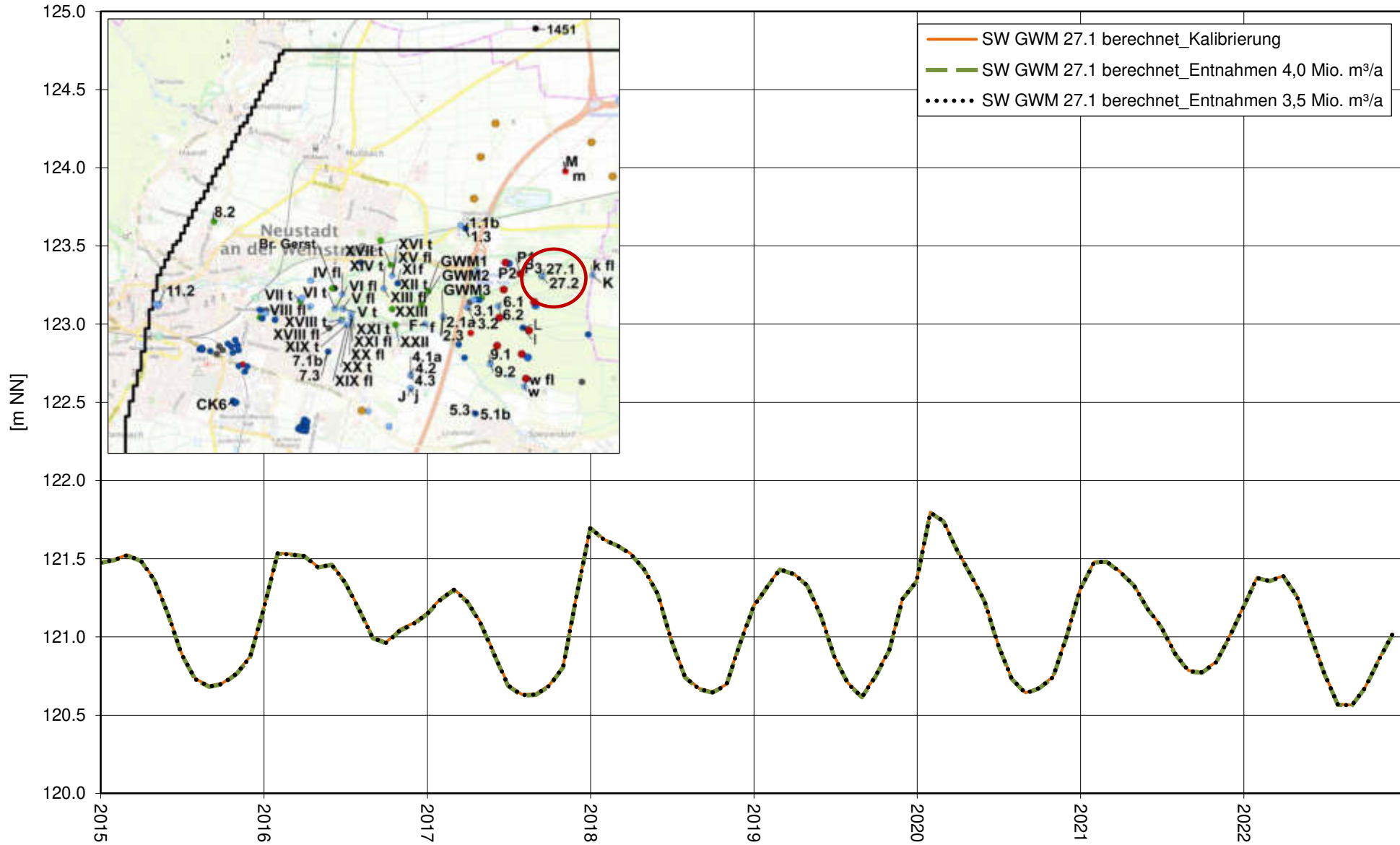




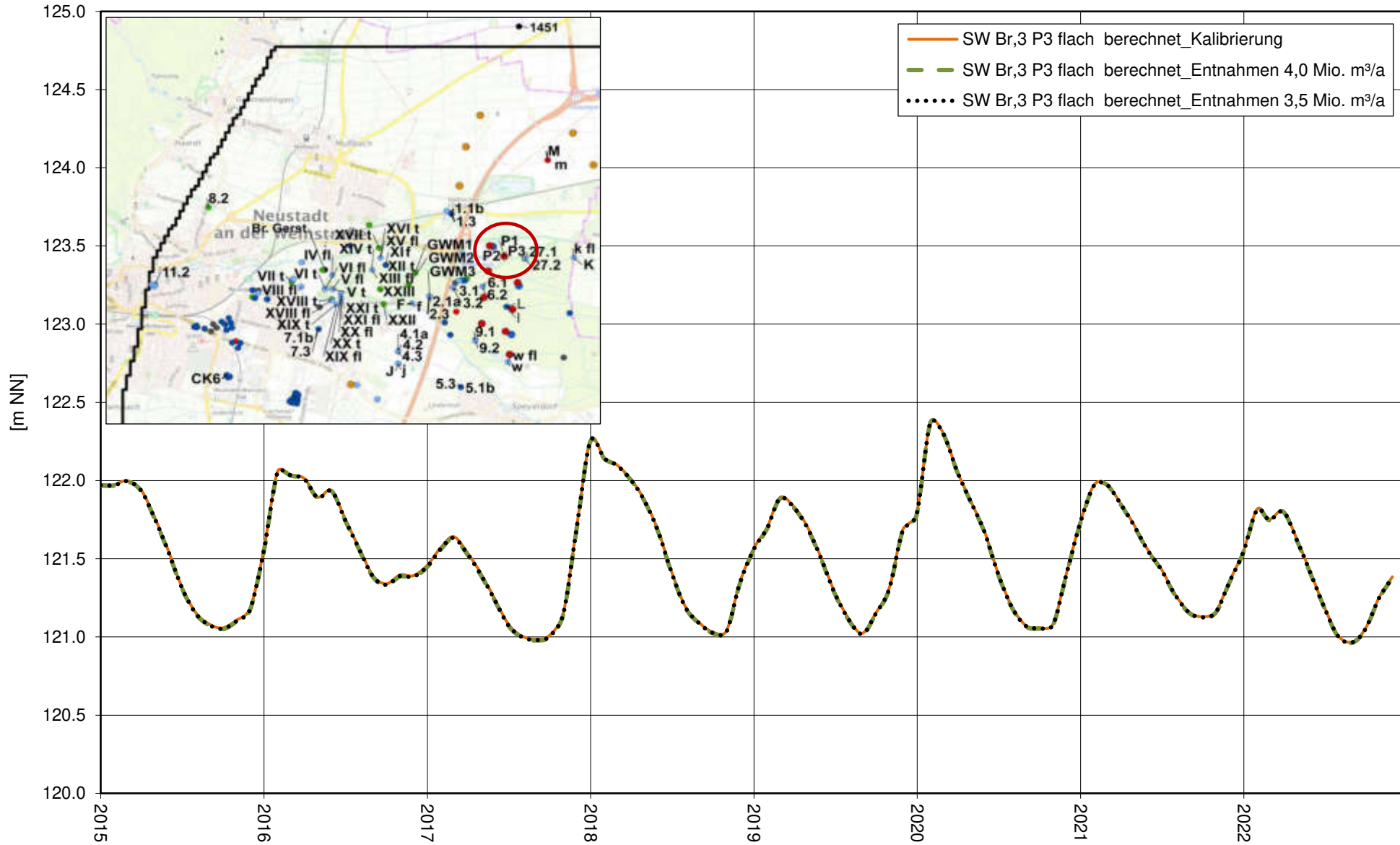
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>0</sub>



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLo

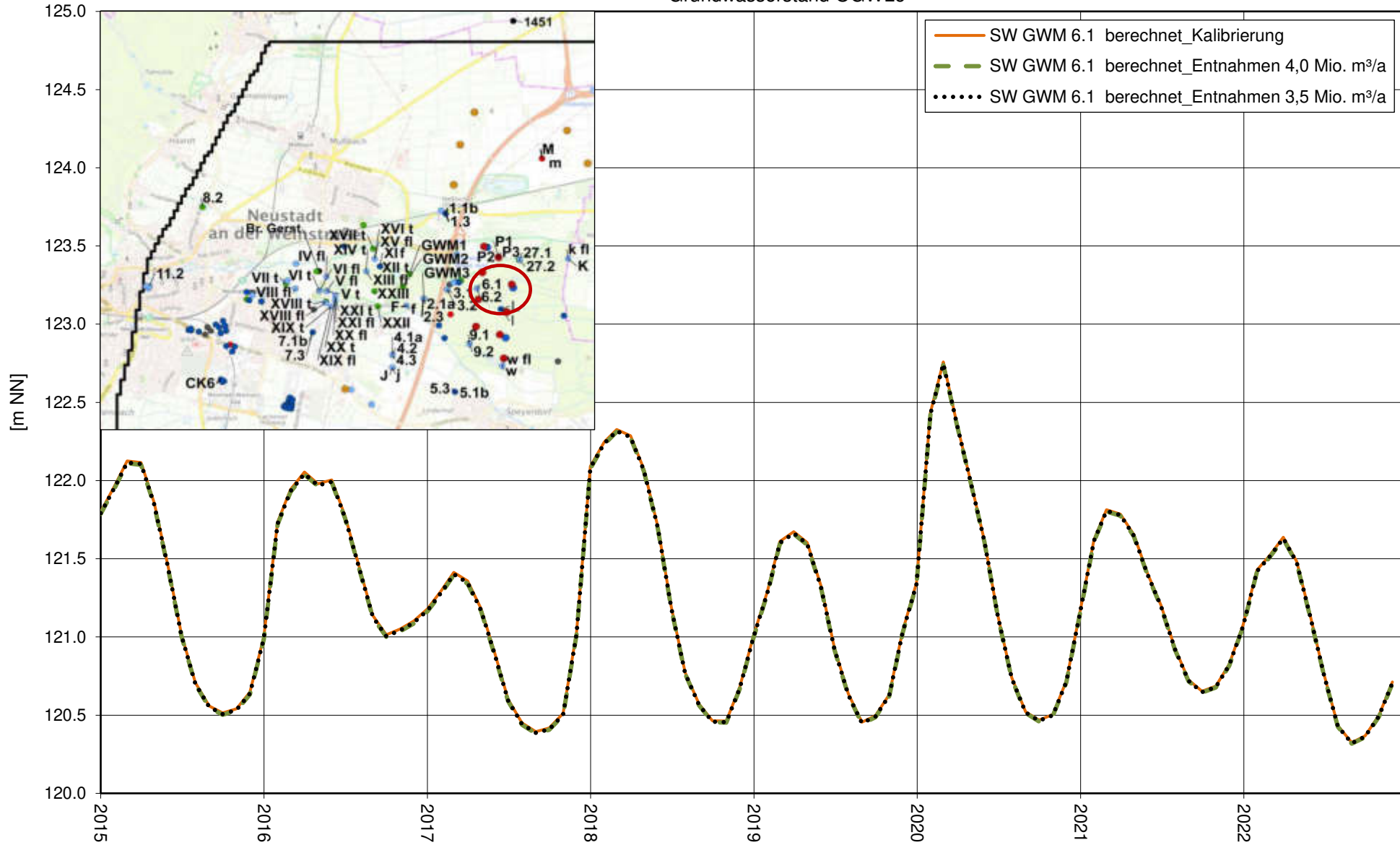


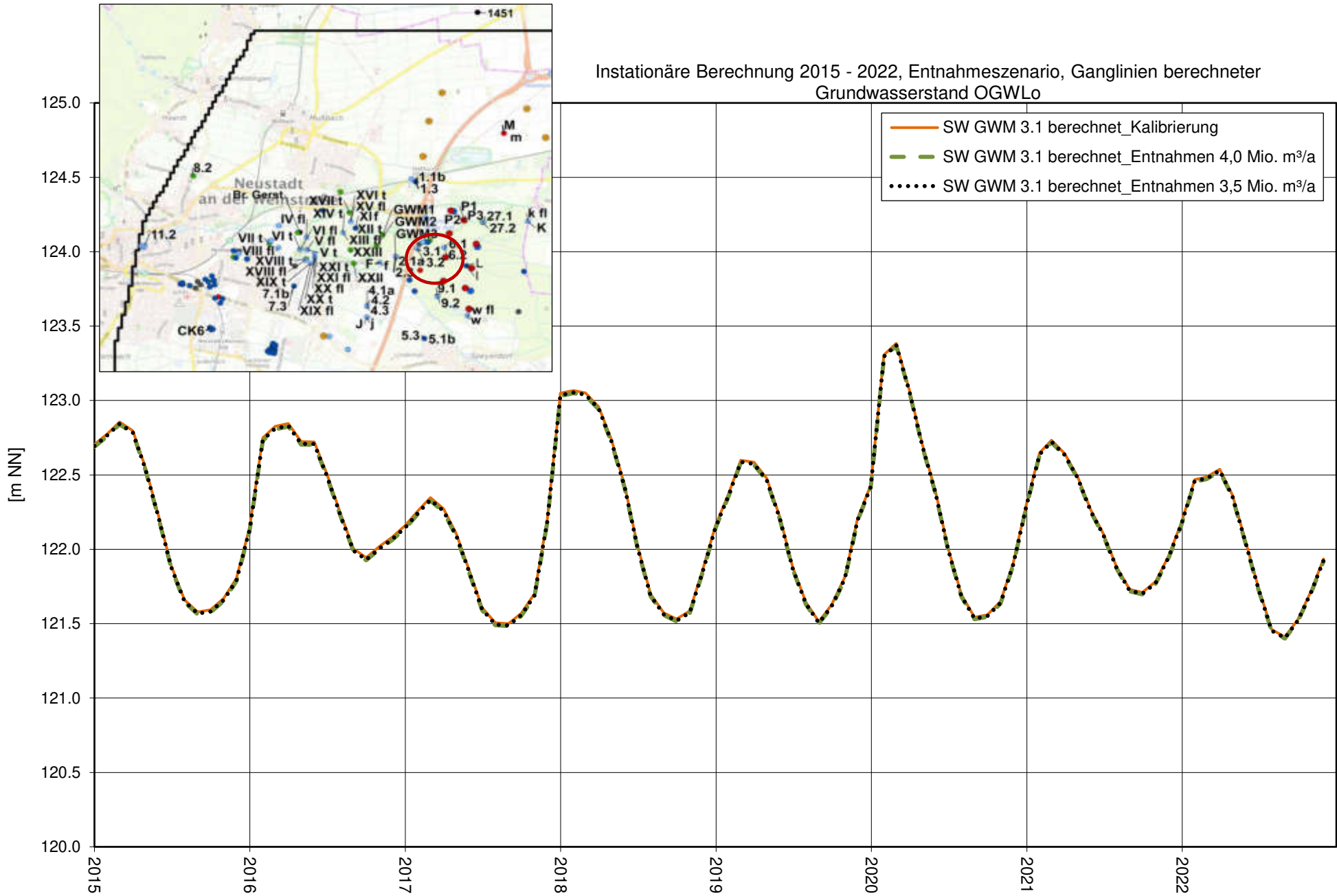
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>0</sub>



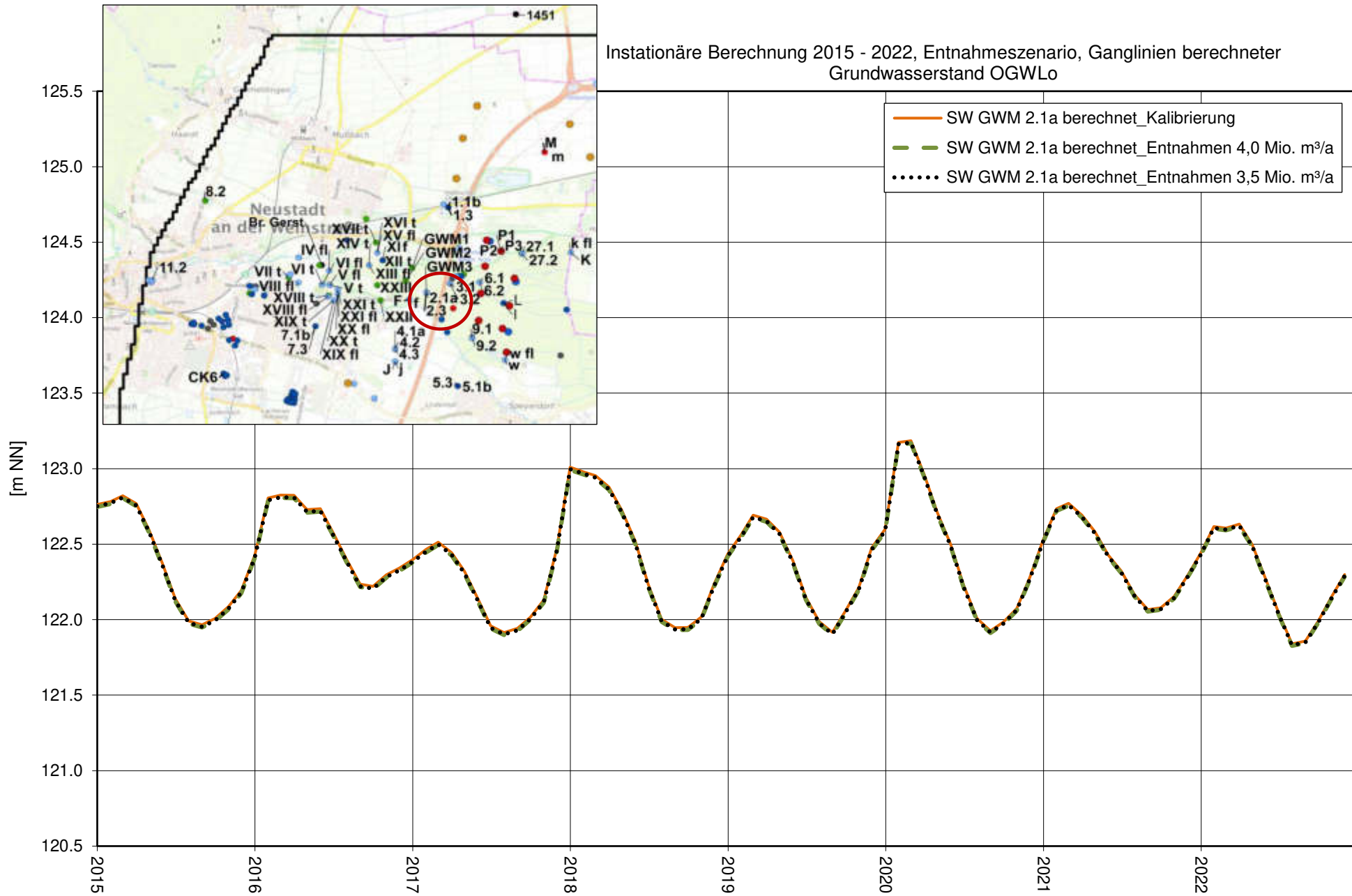


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo

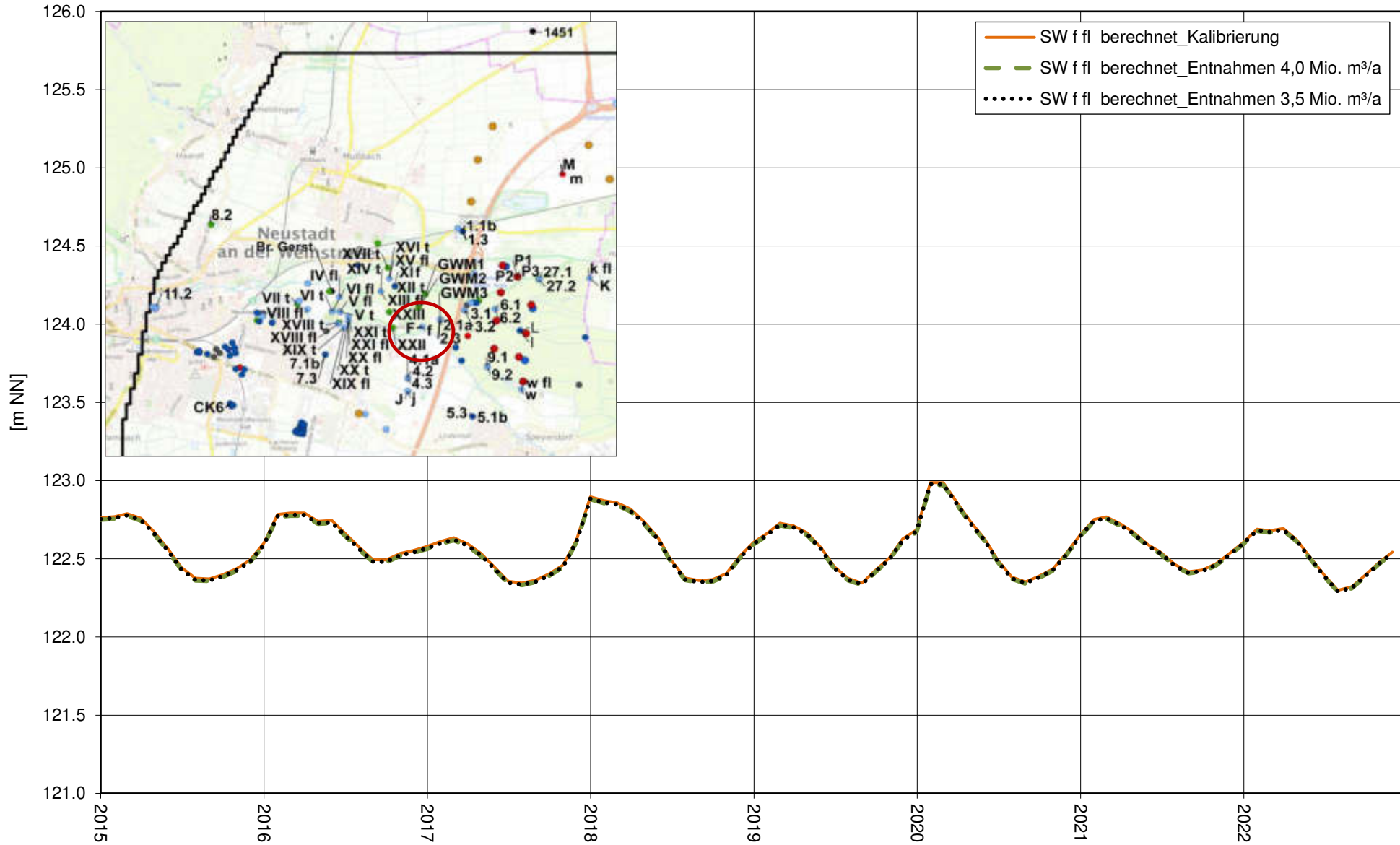




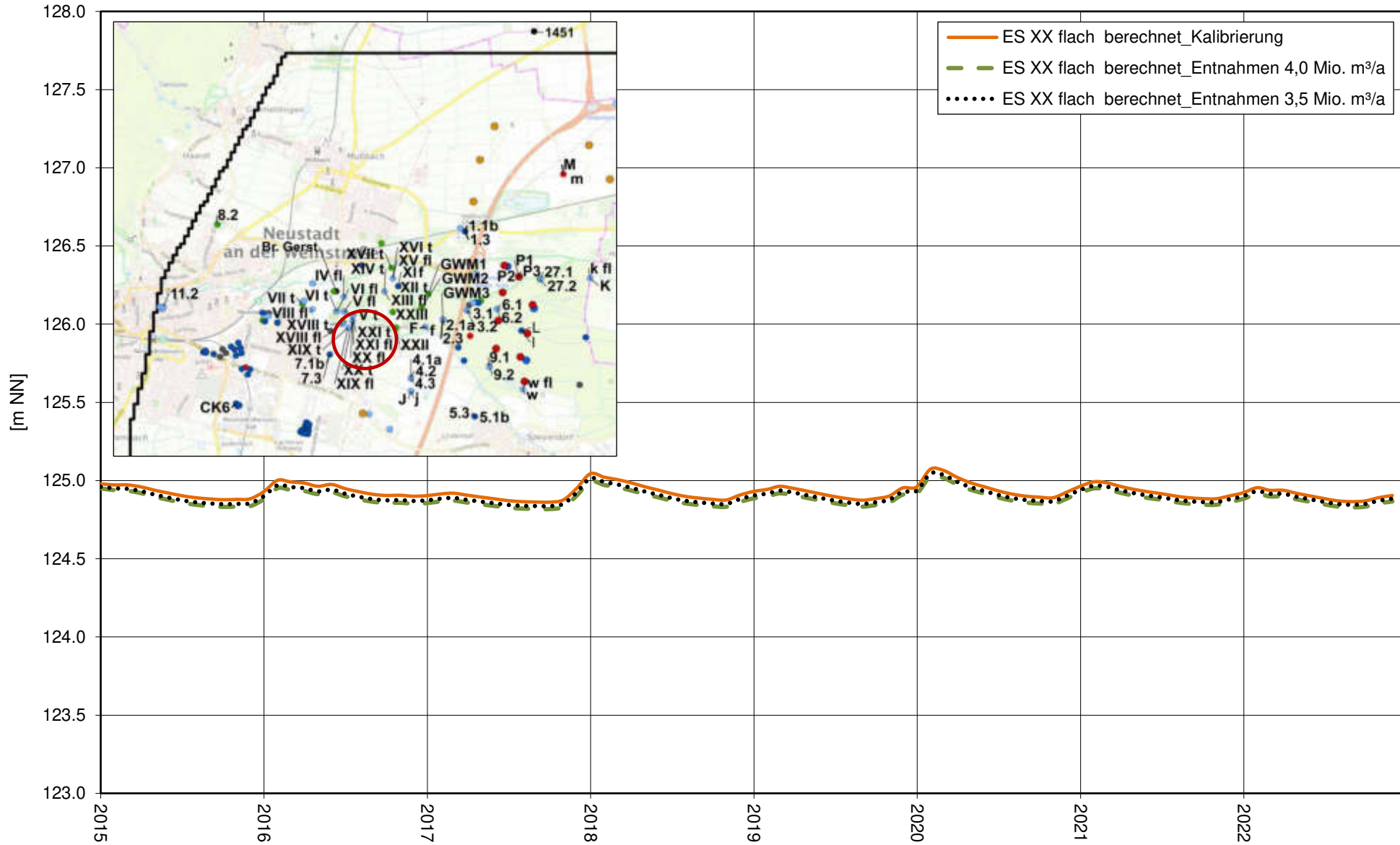
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



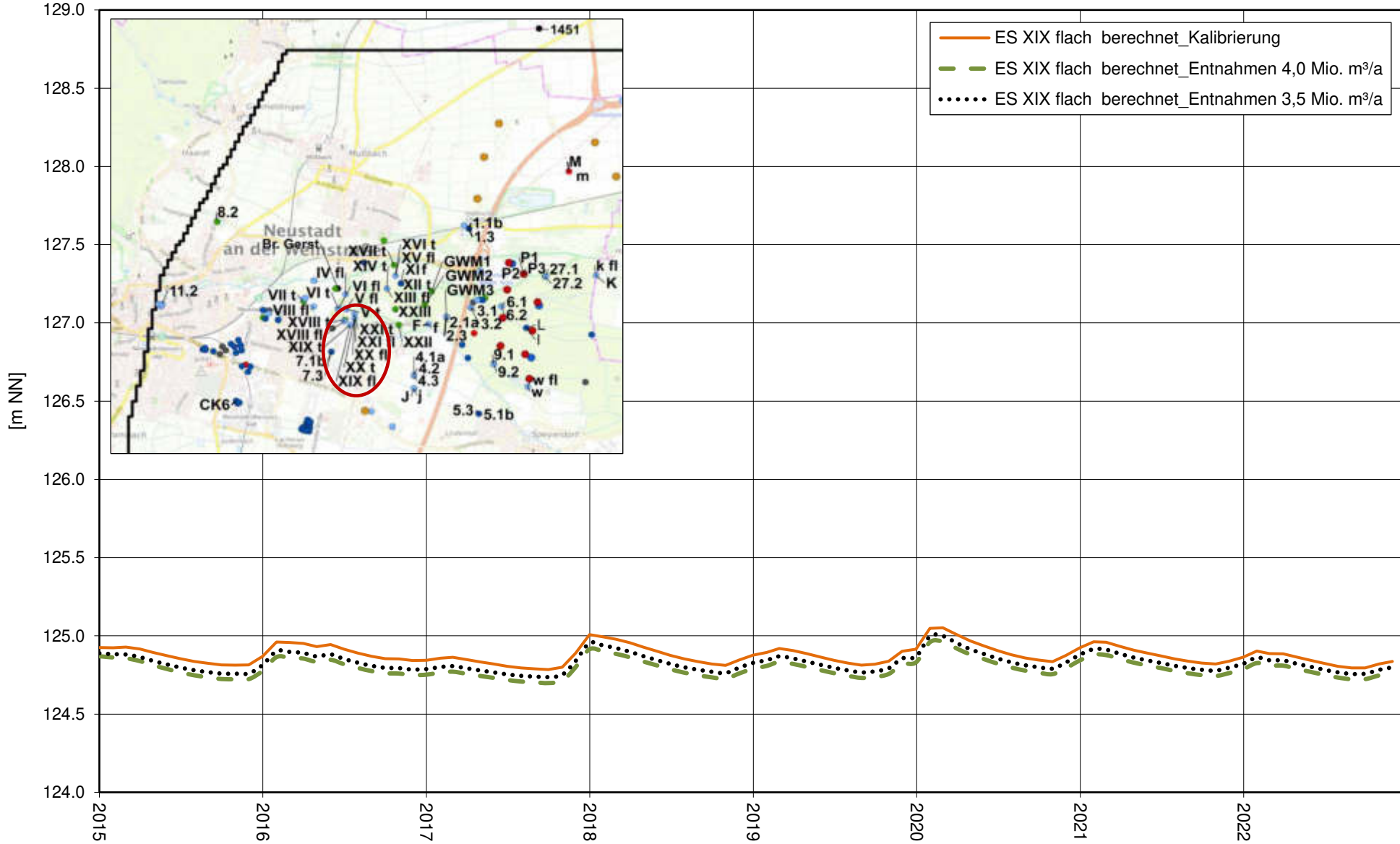
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



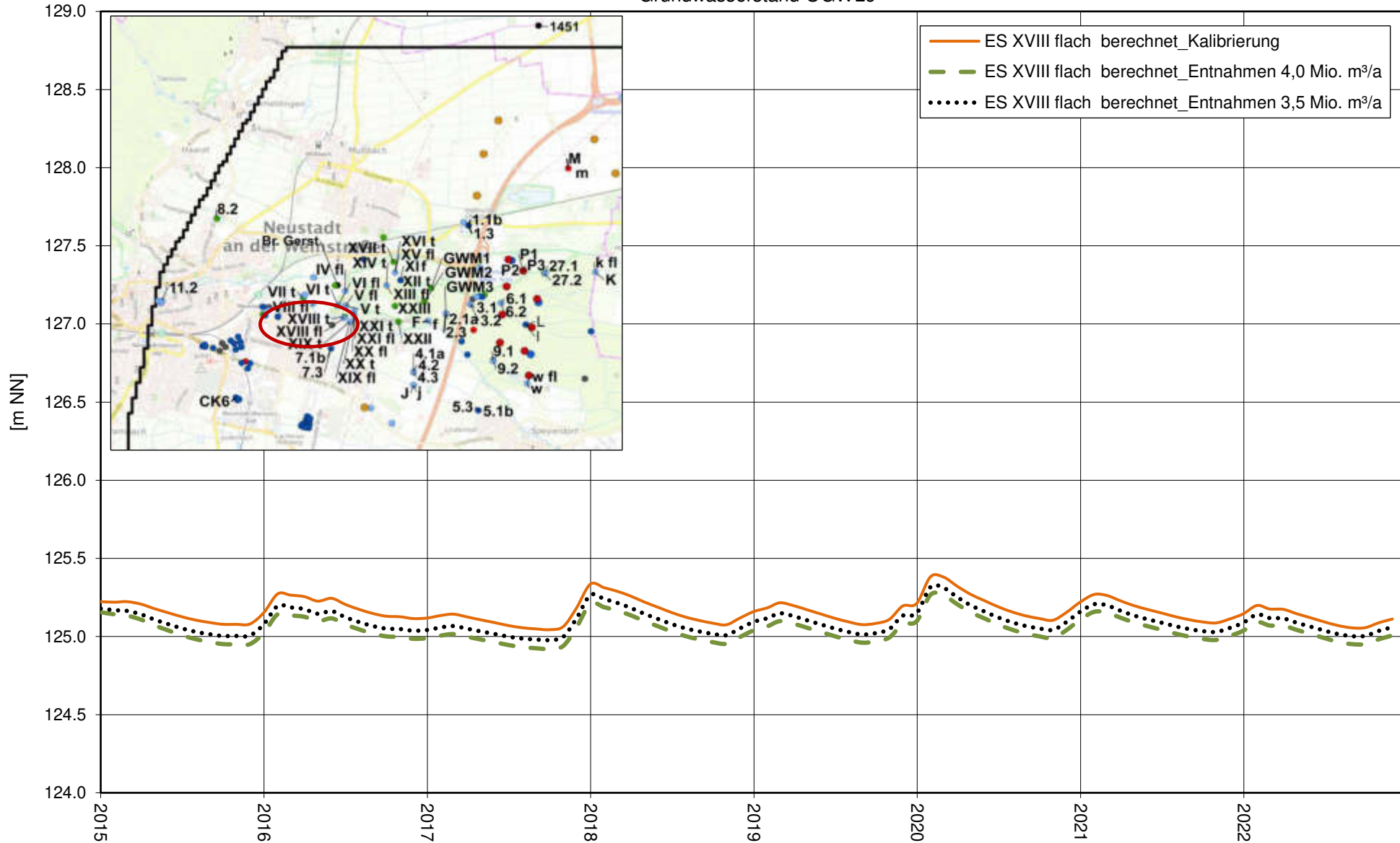
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>0</sub>



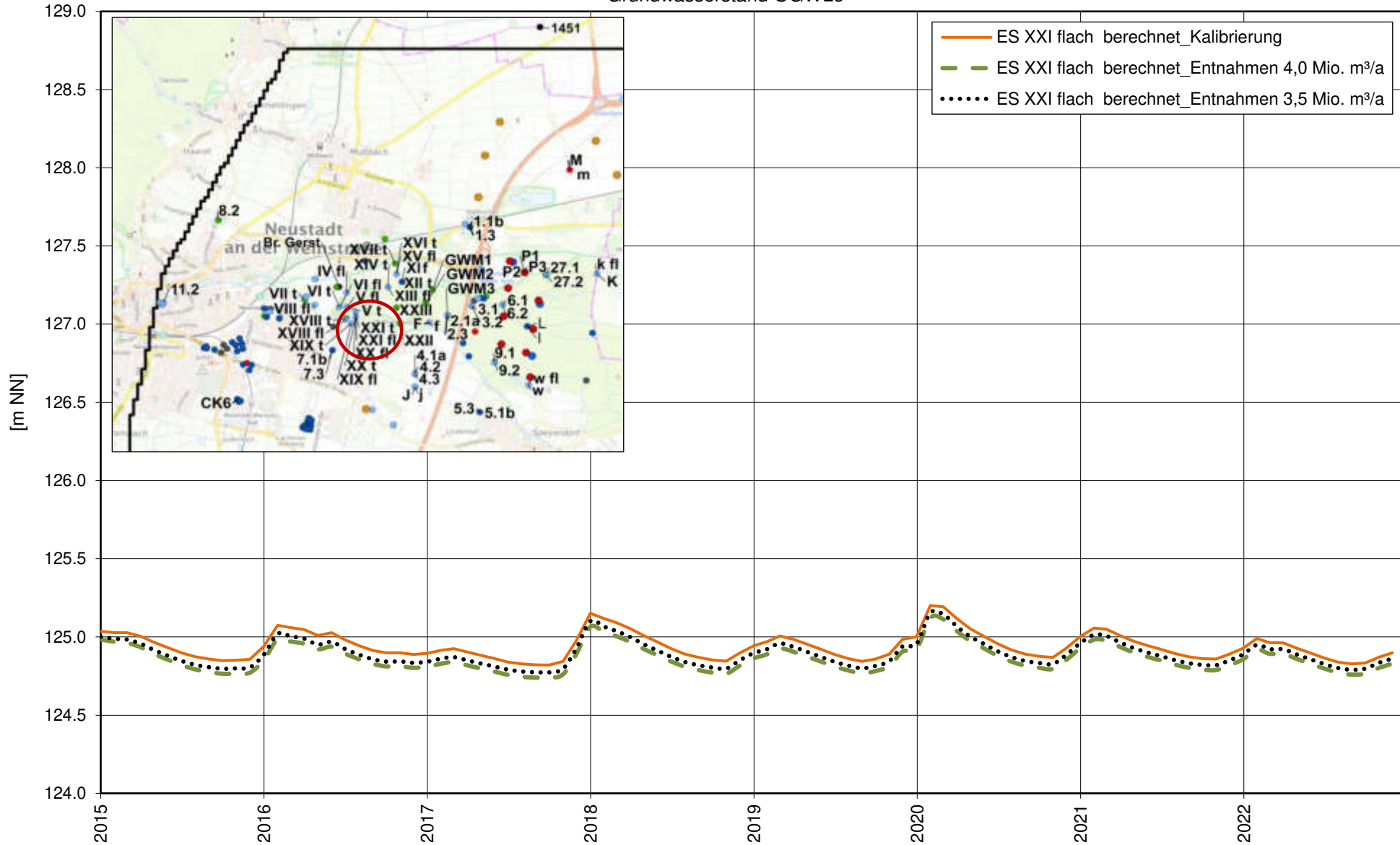
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWL<sub>o</sub>



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo

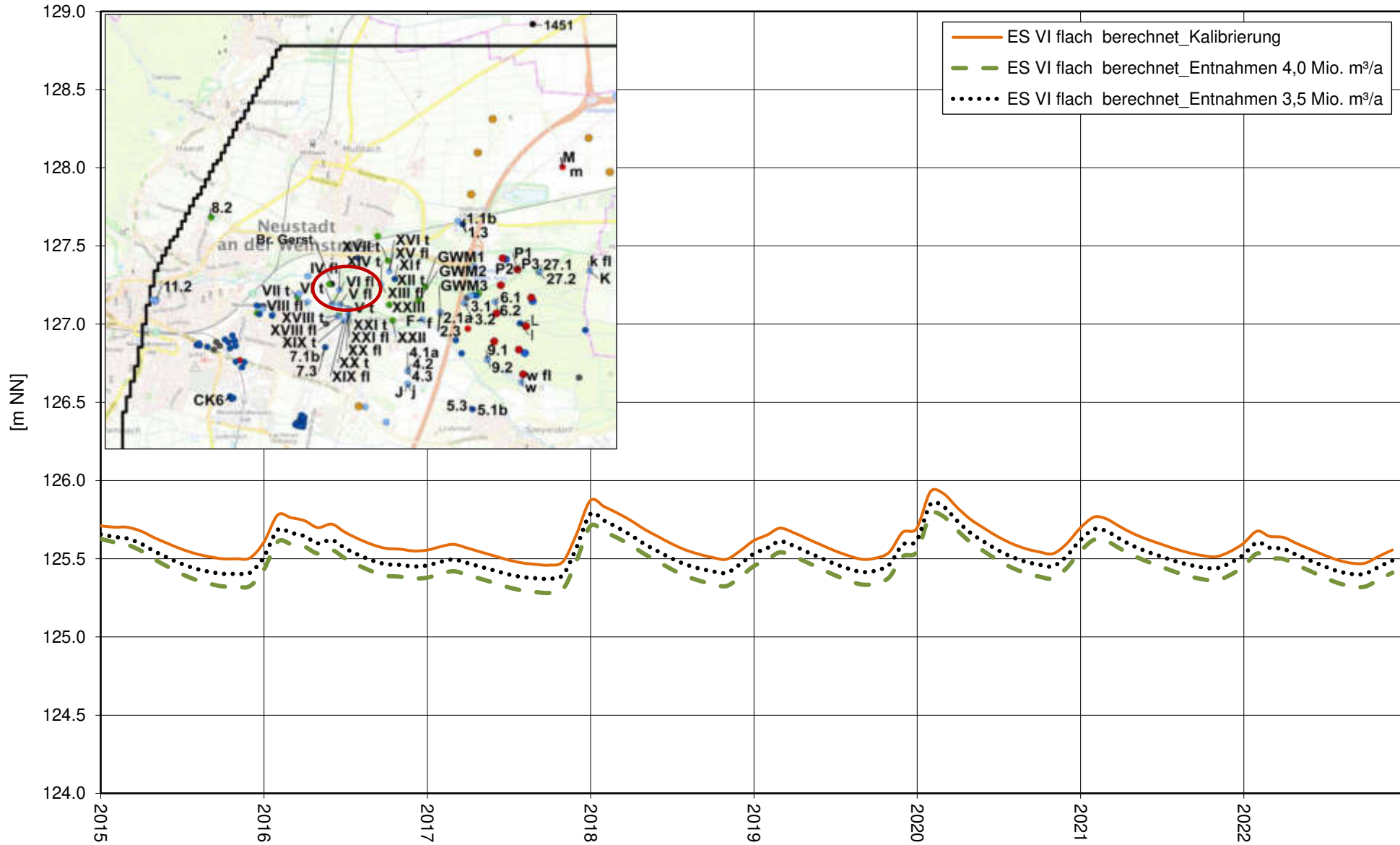


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo

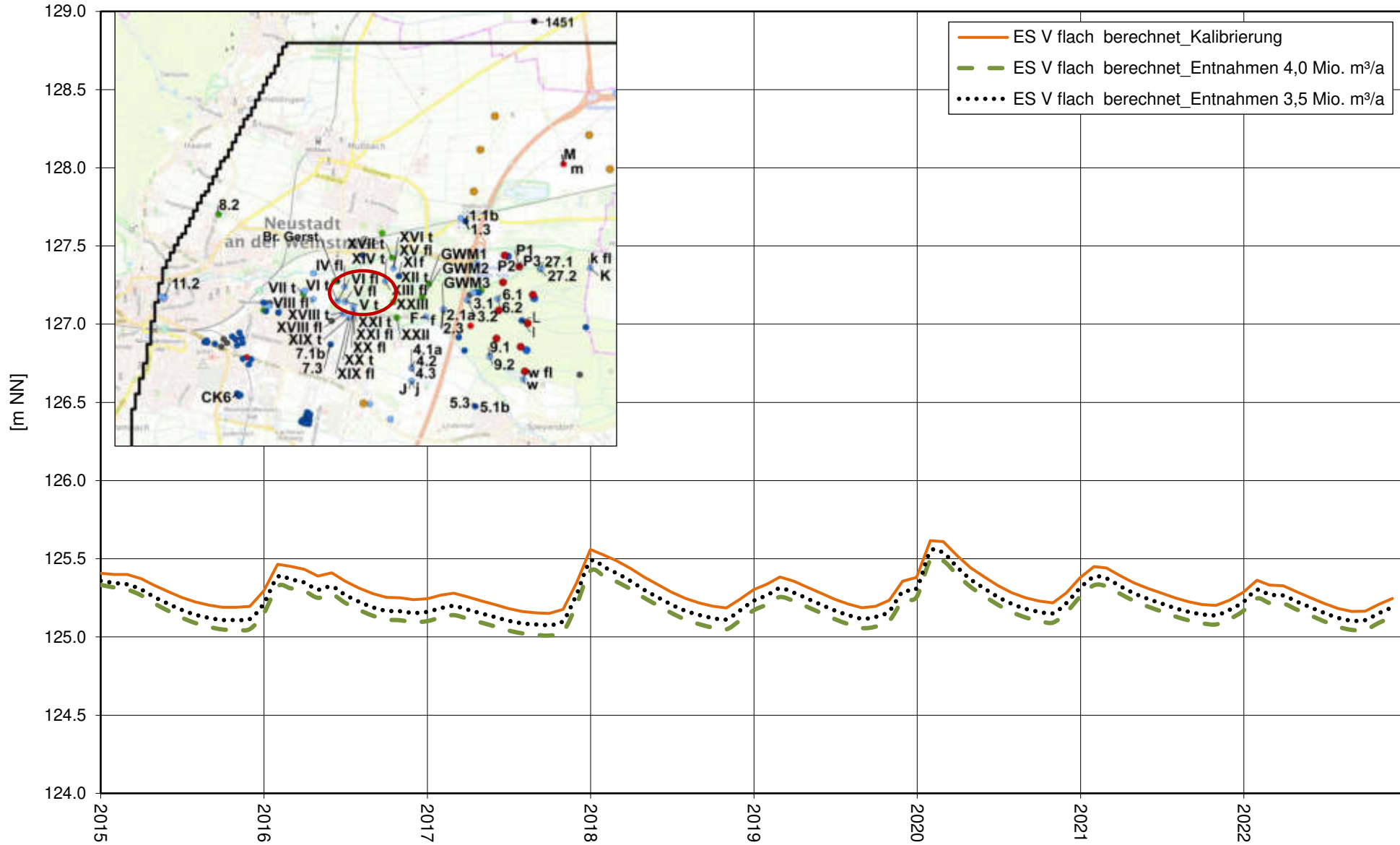




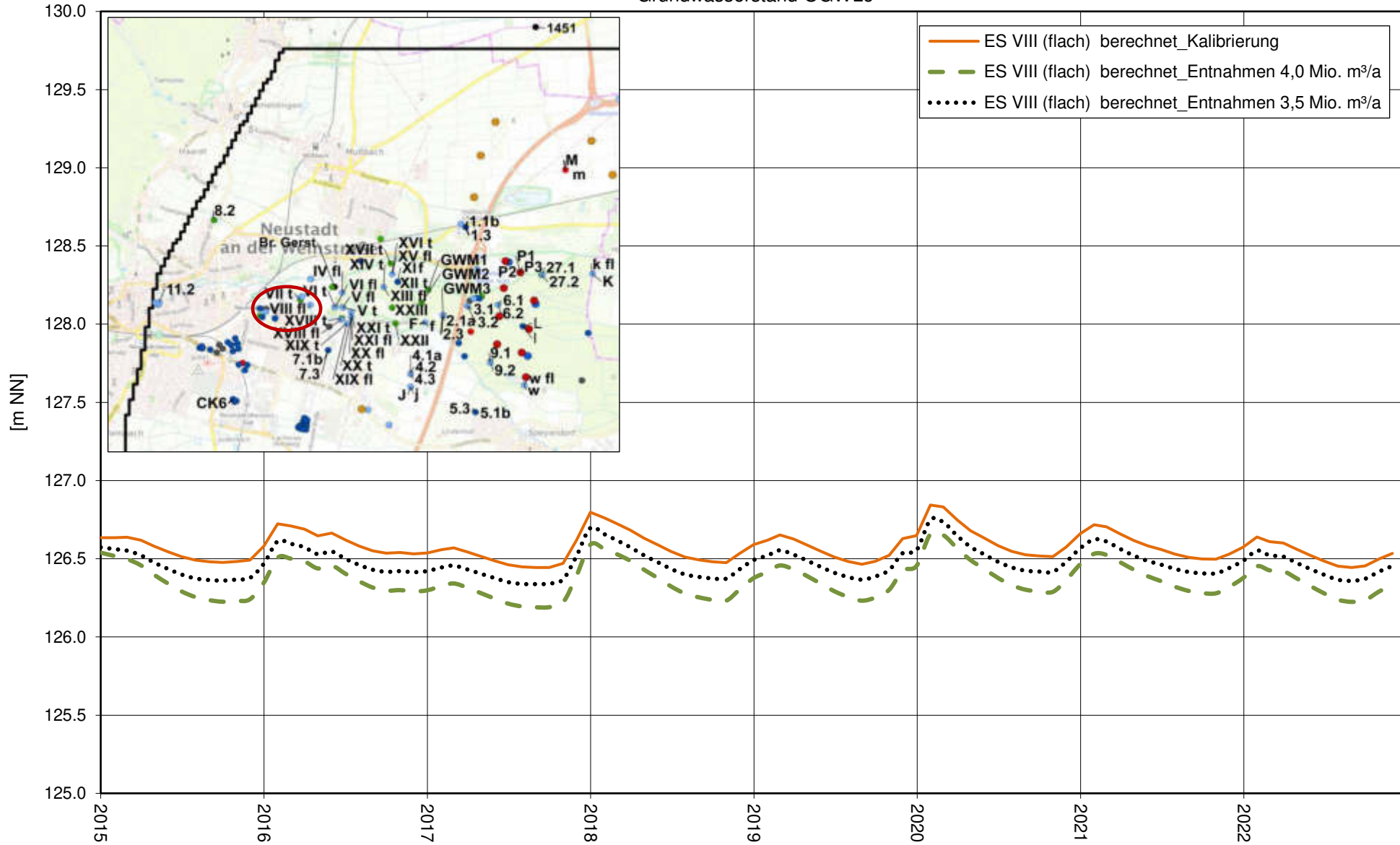
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



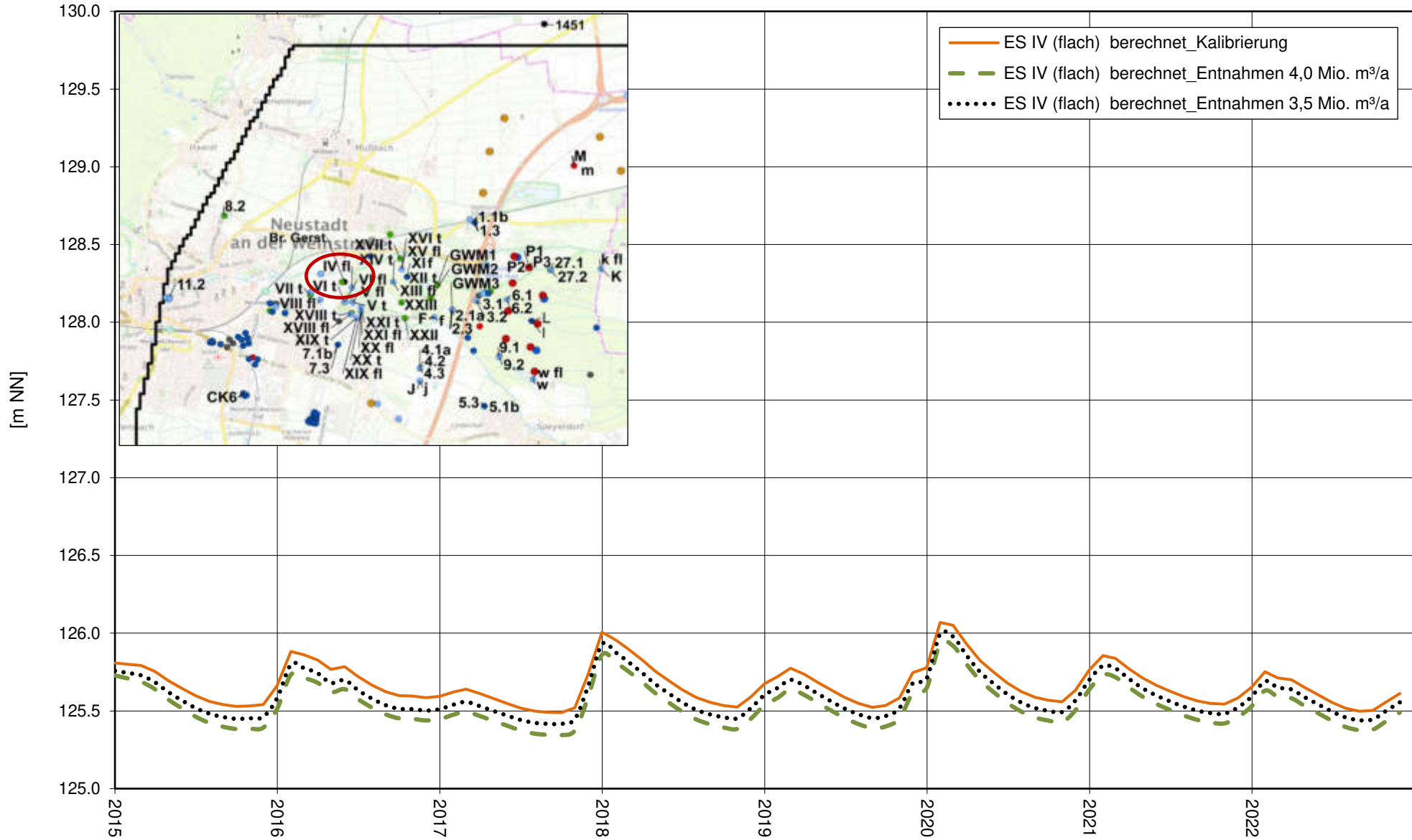
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



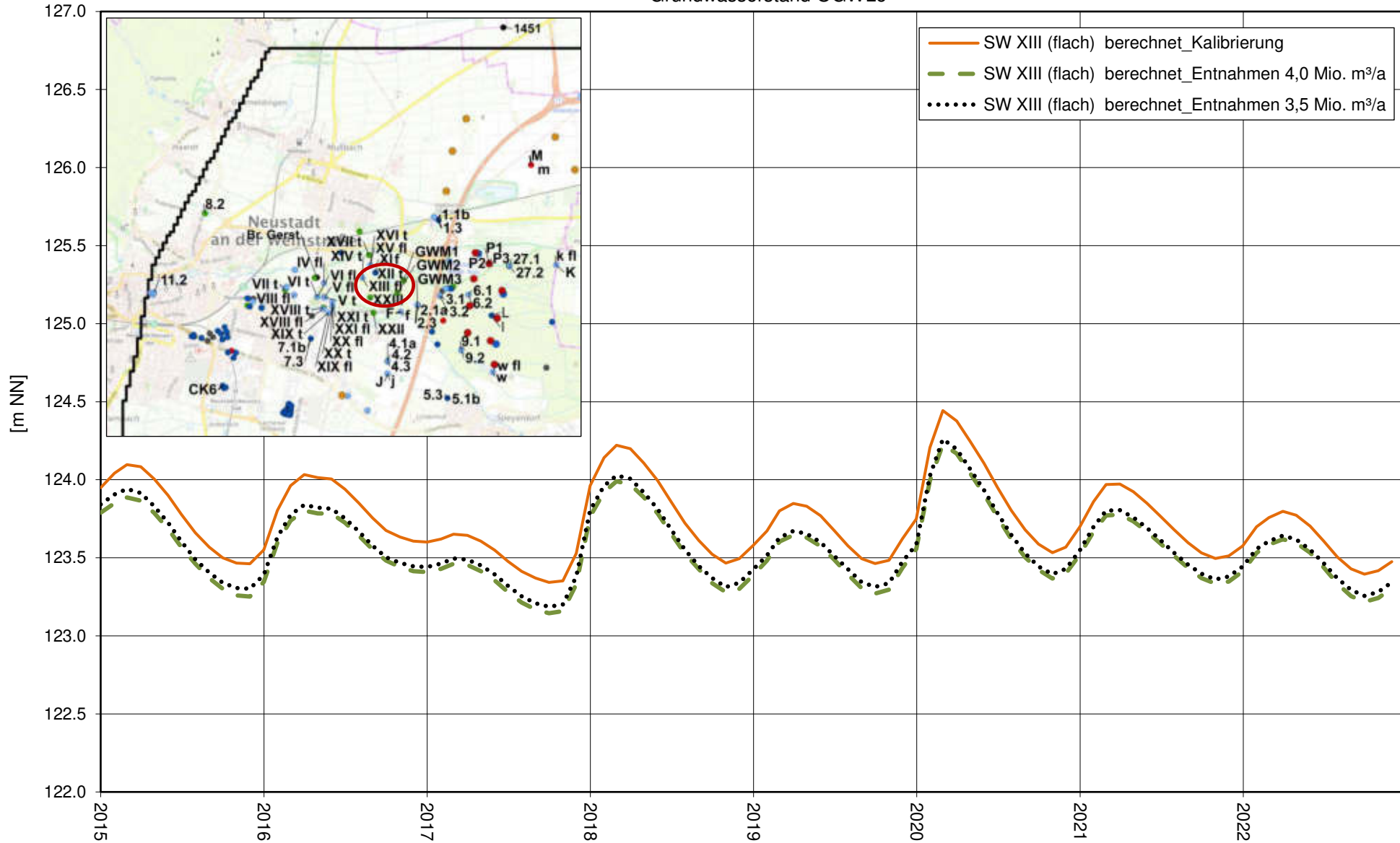
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWL0



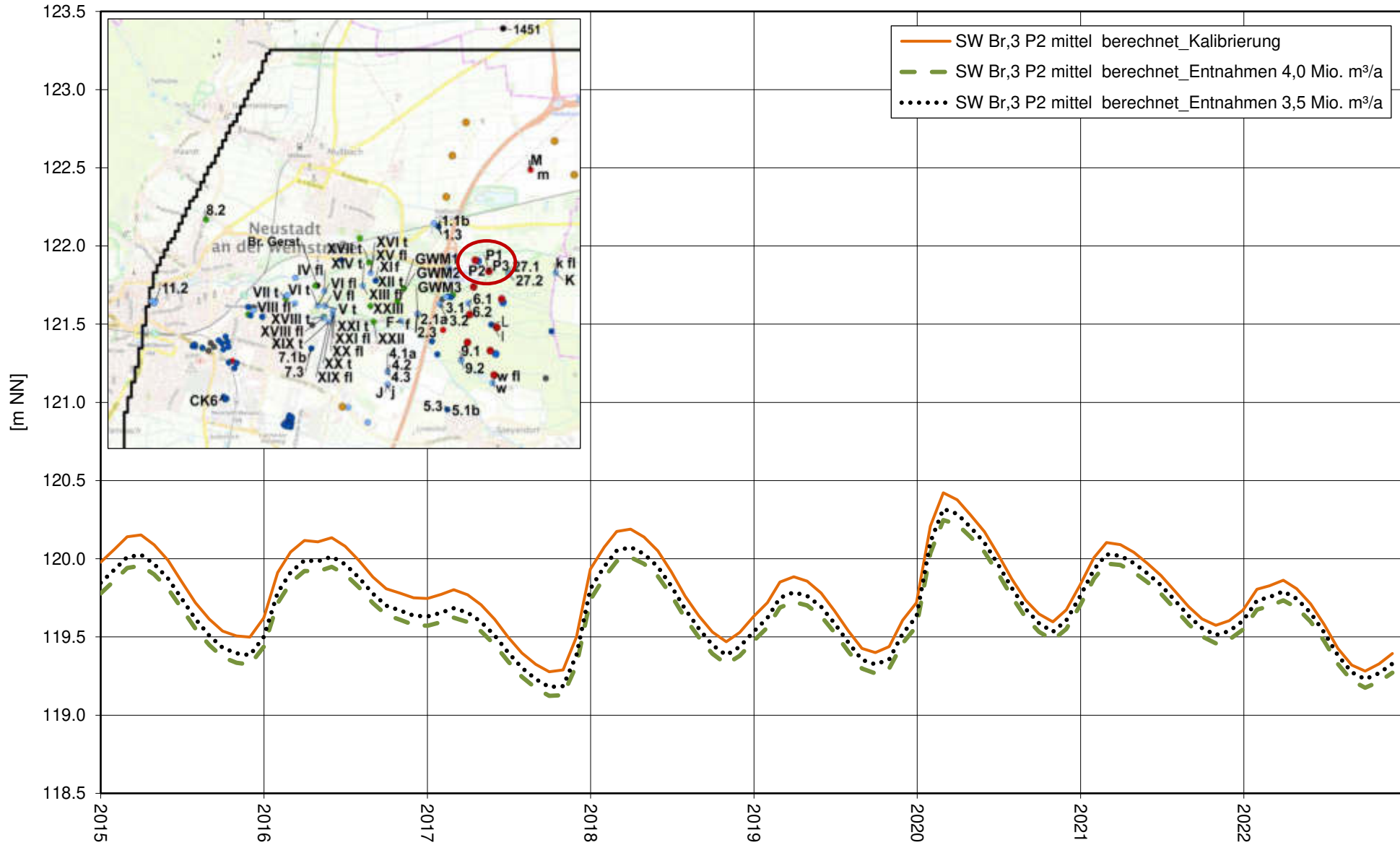
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLo



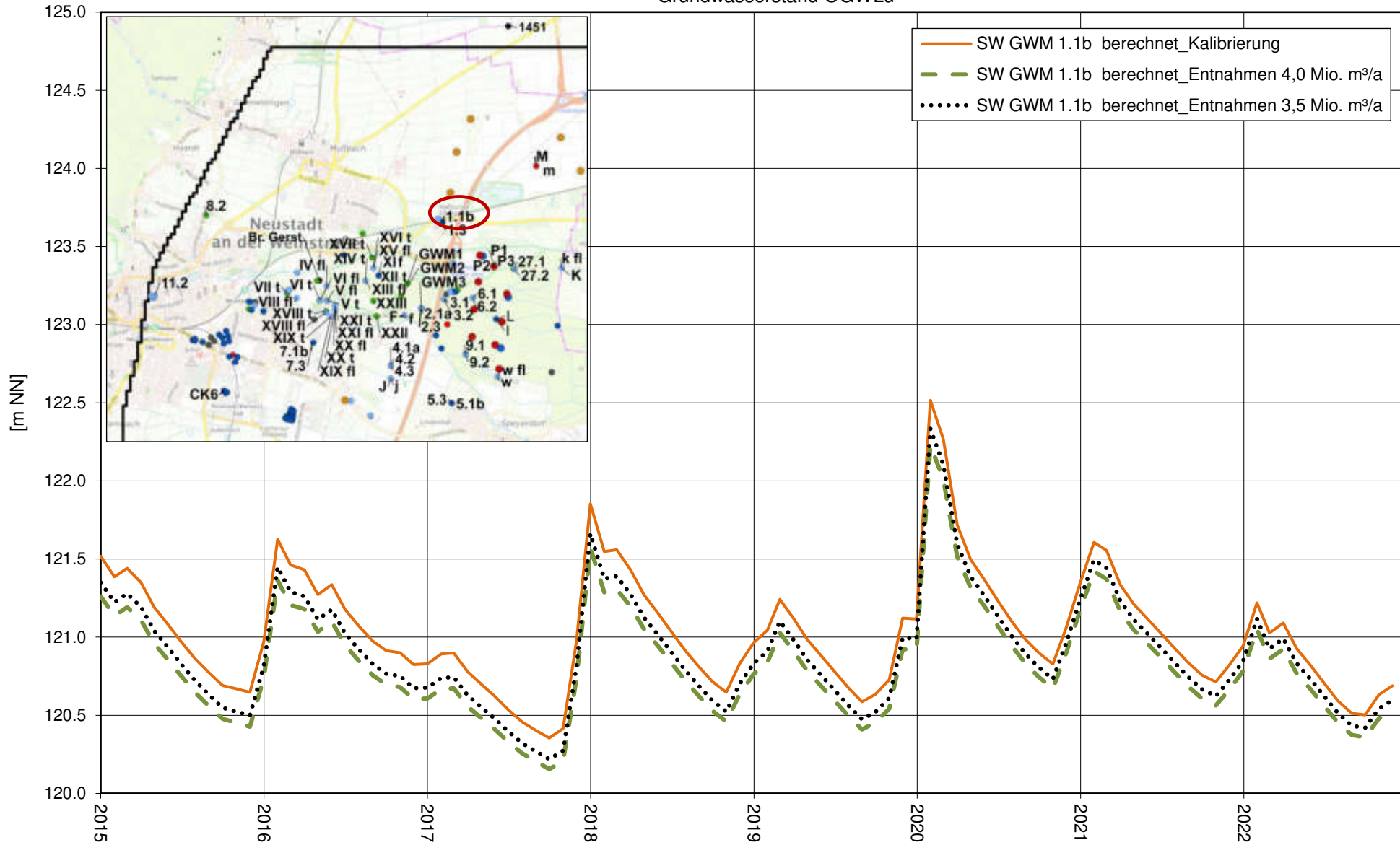
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWL<sub>0</sub>



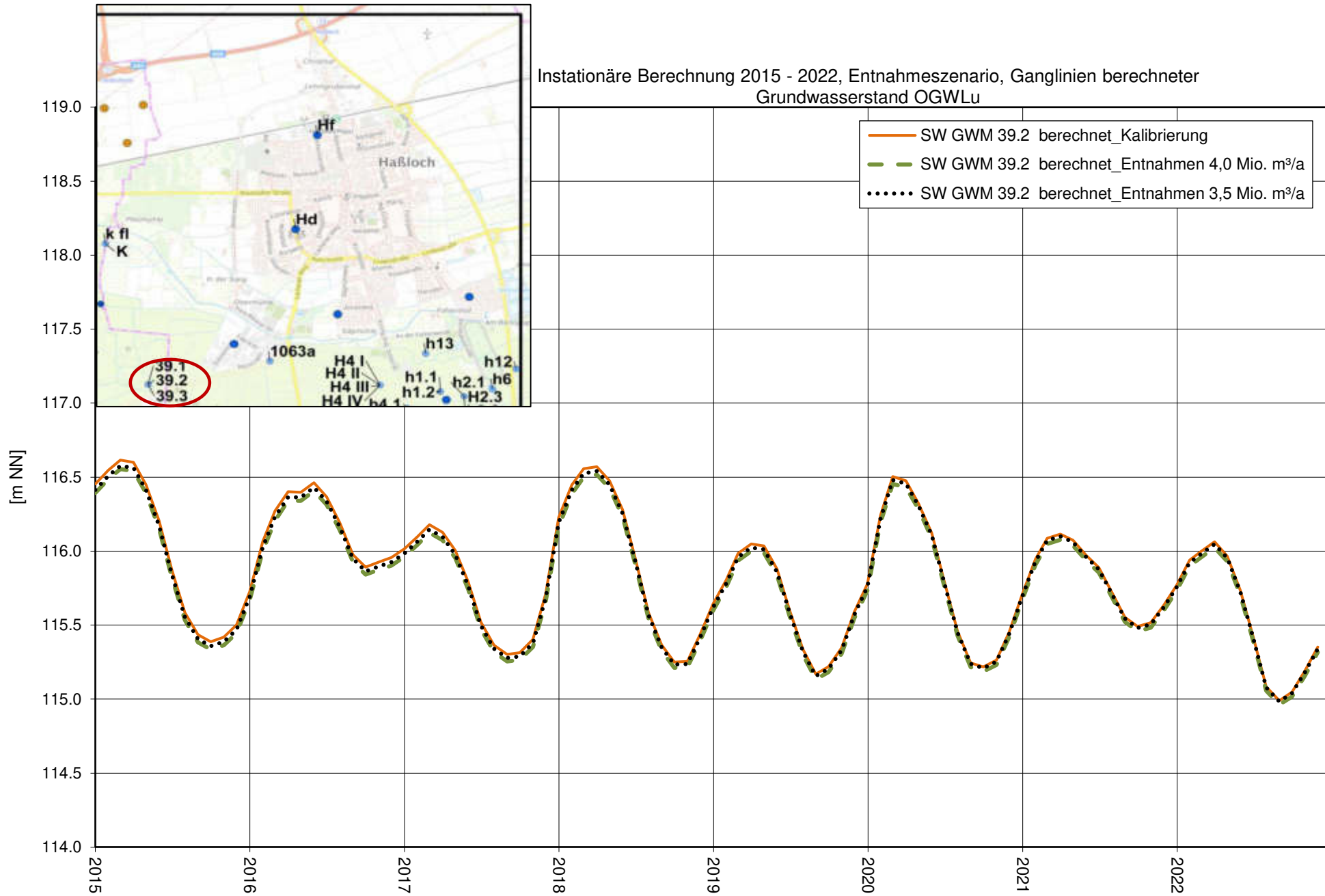
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLu

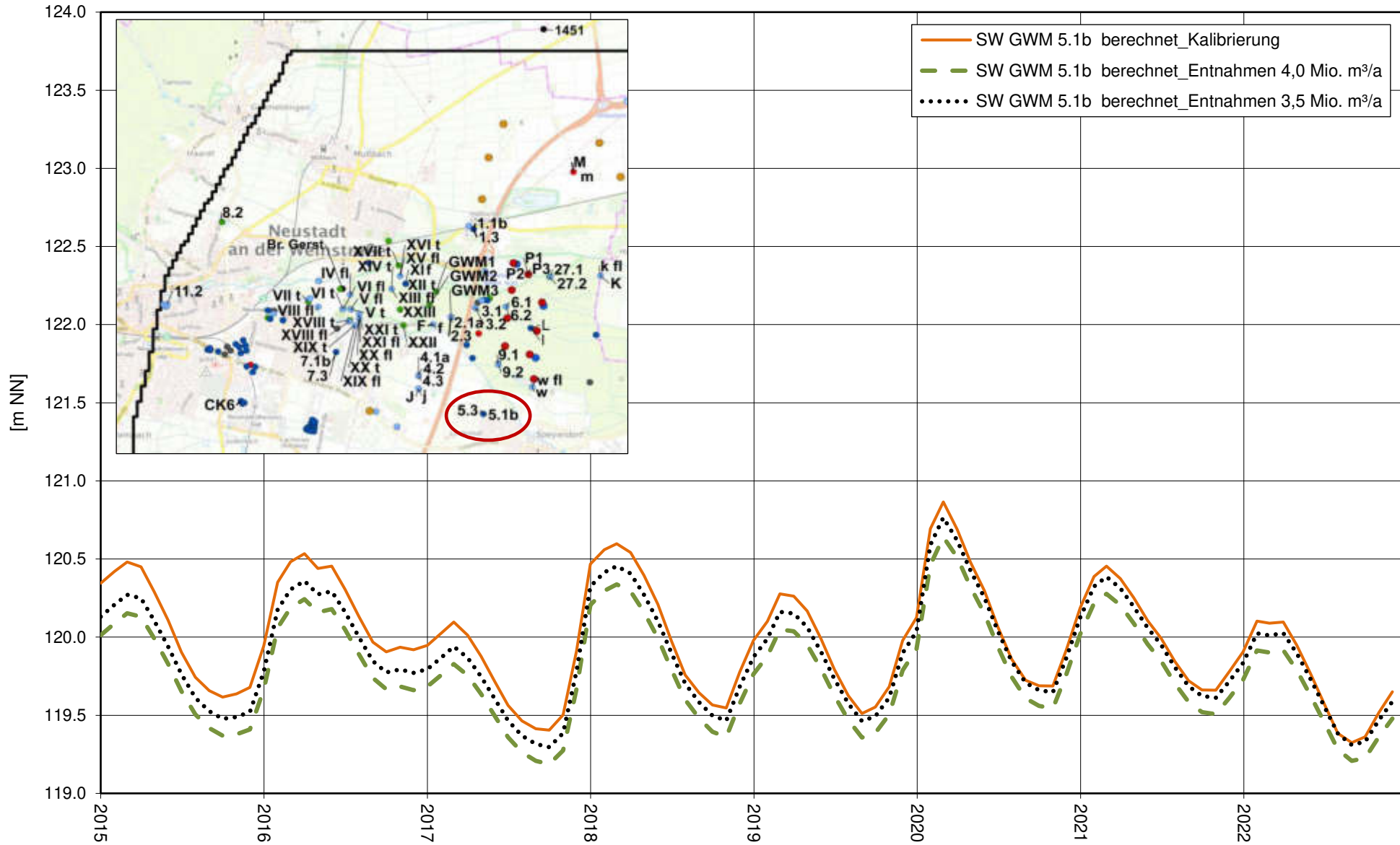


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu

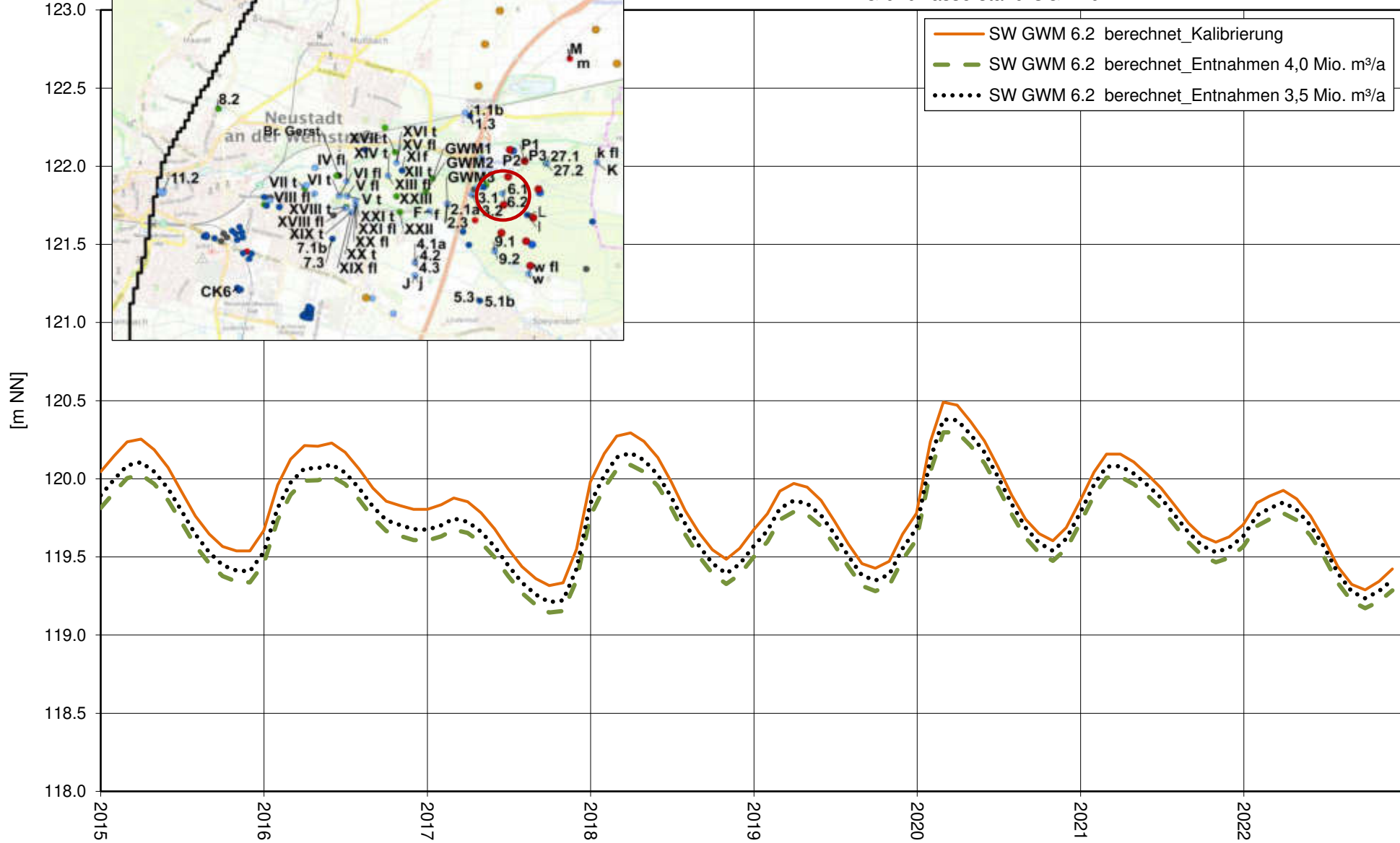




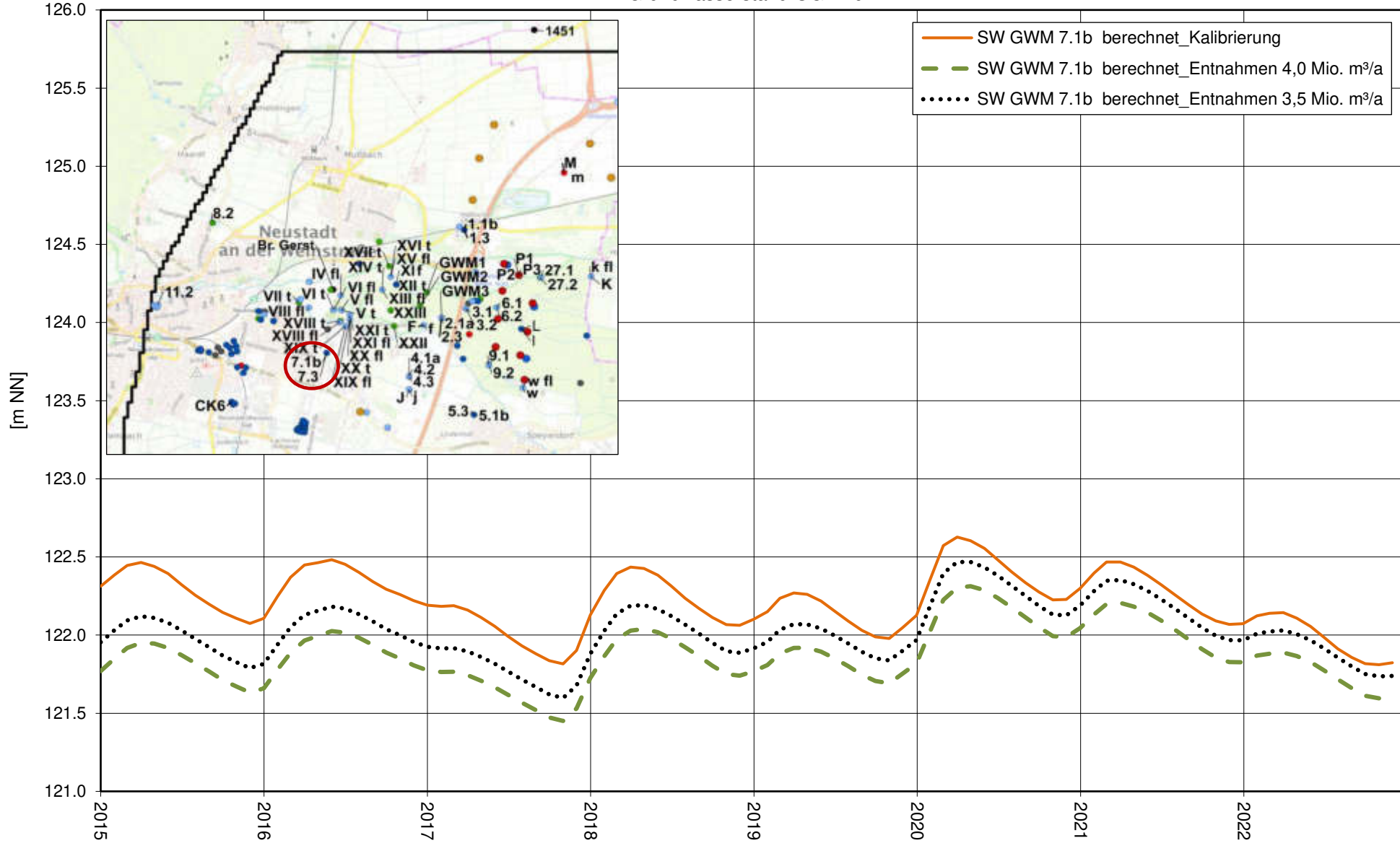
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



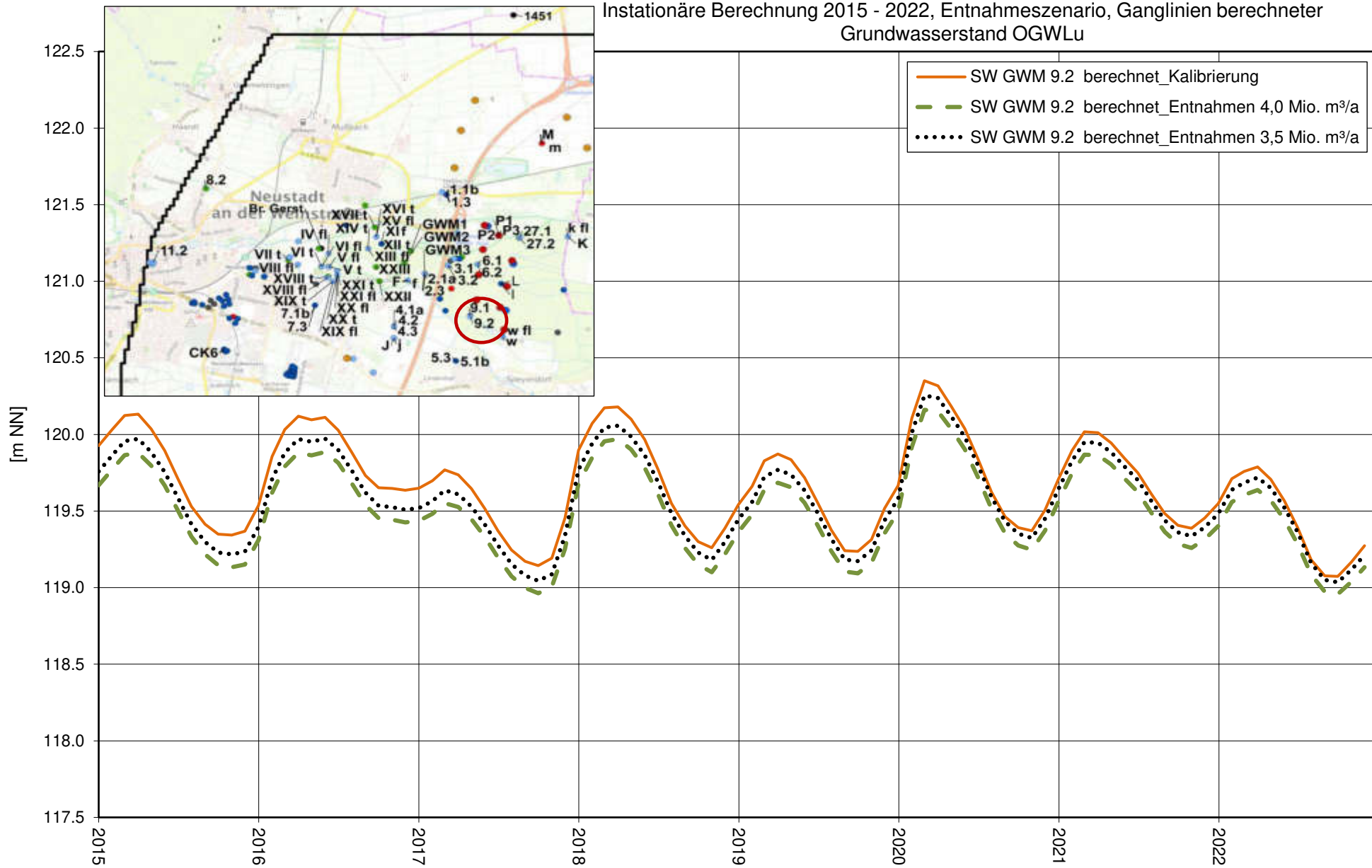
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLu



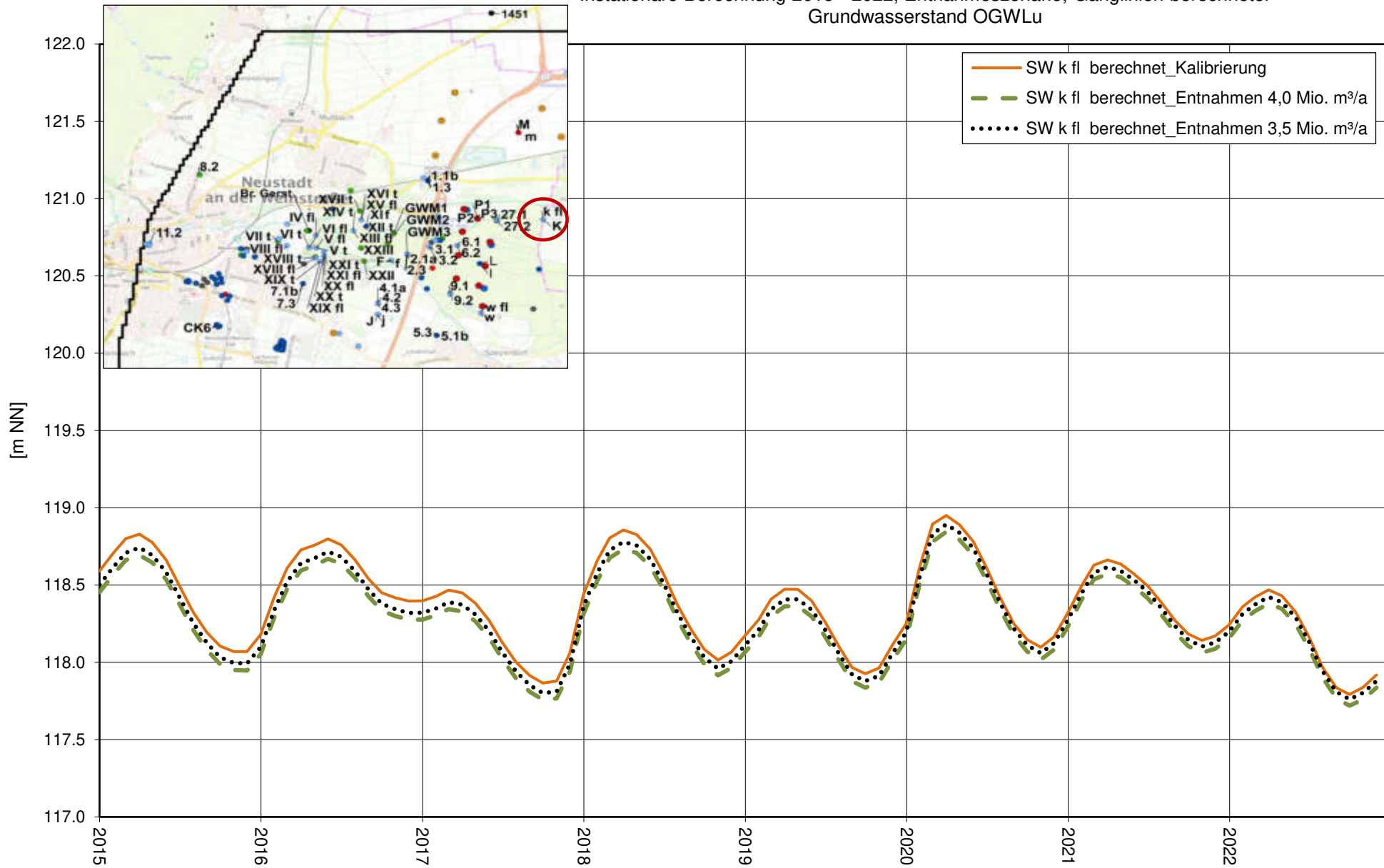
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



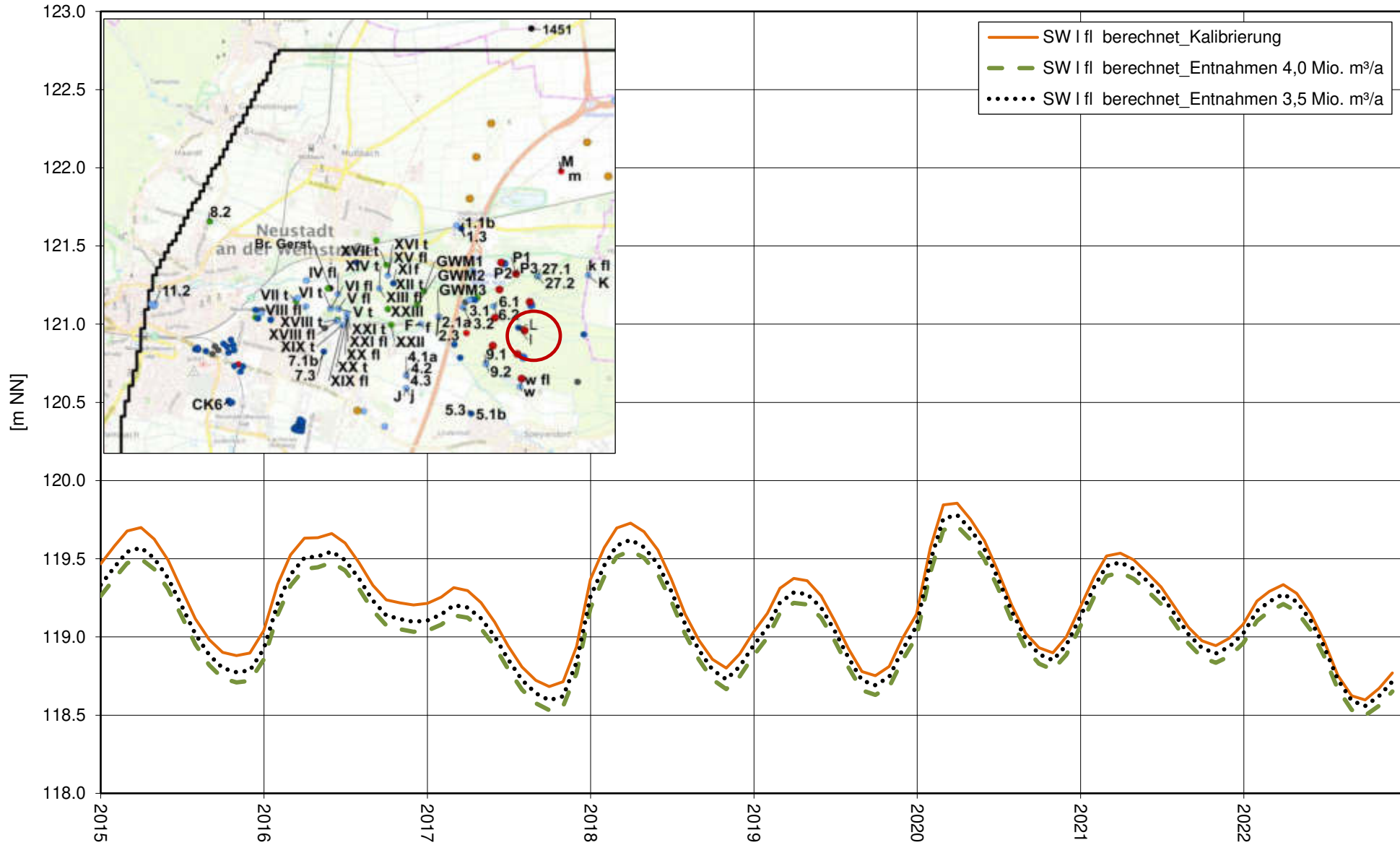
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLu



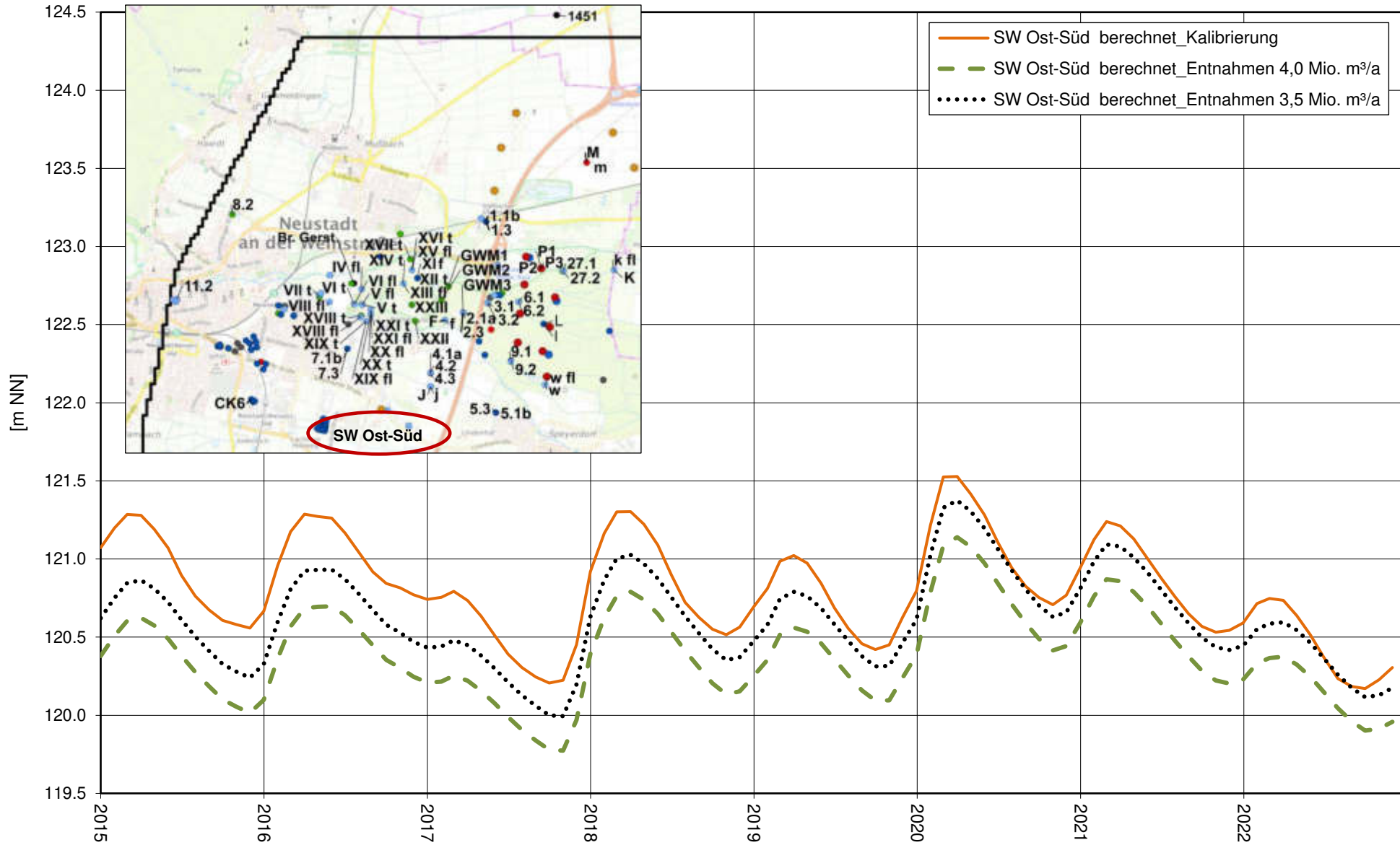
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



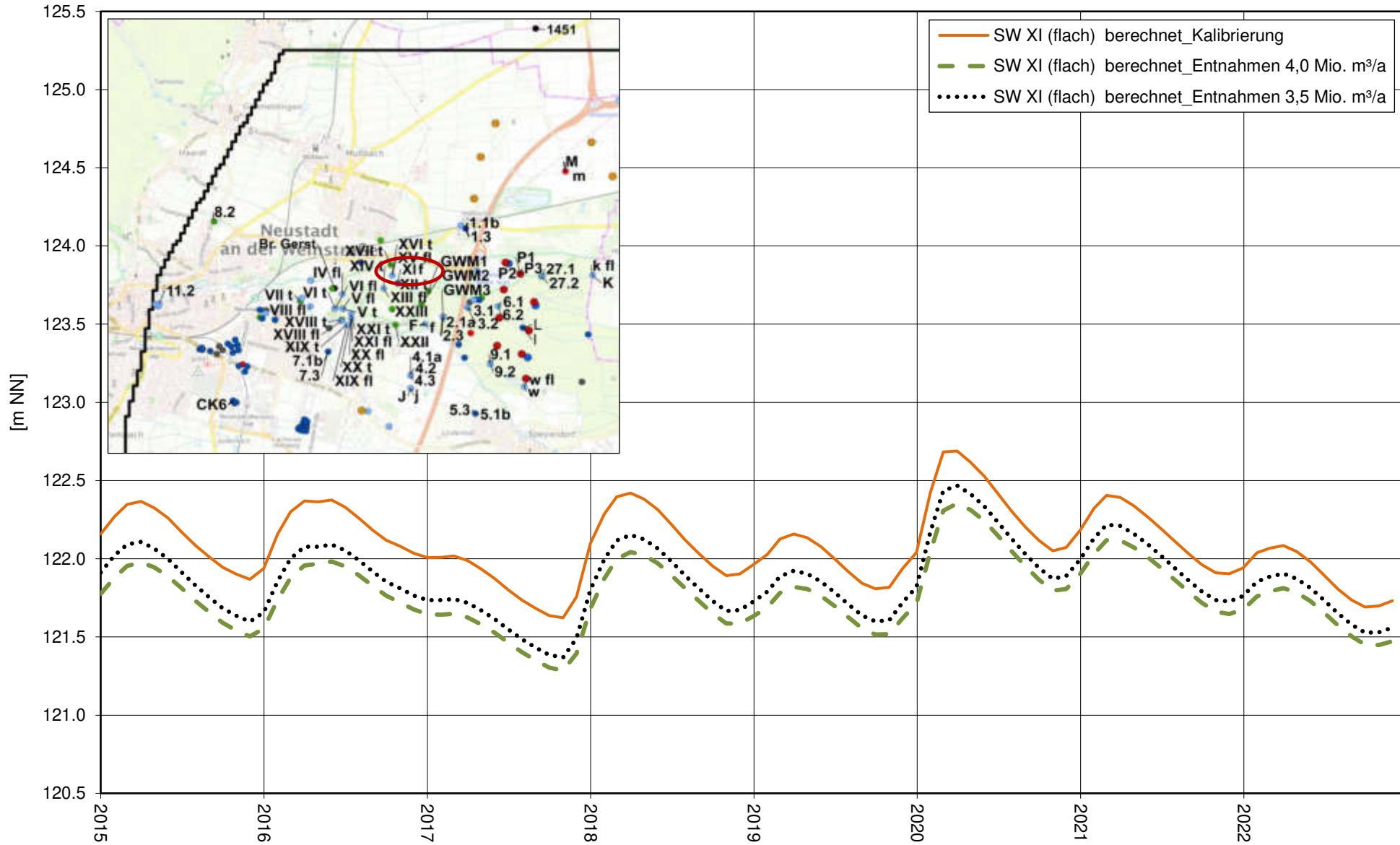
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLu



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



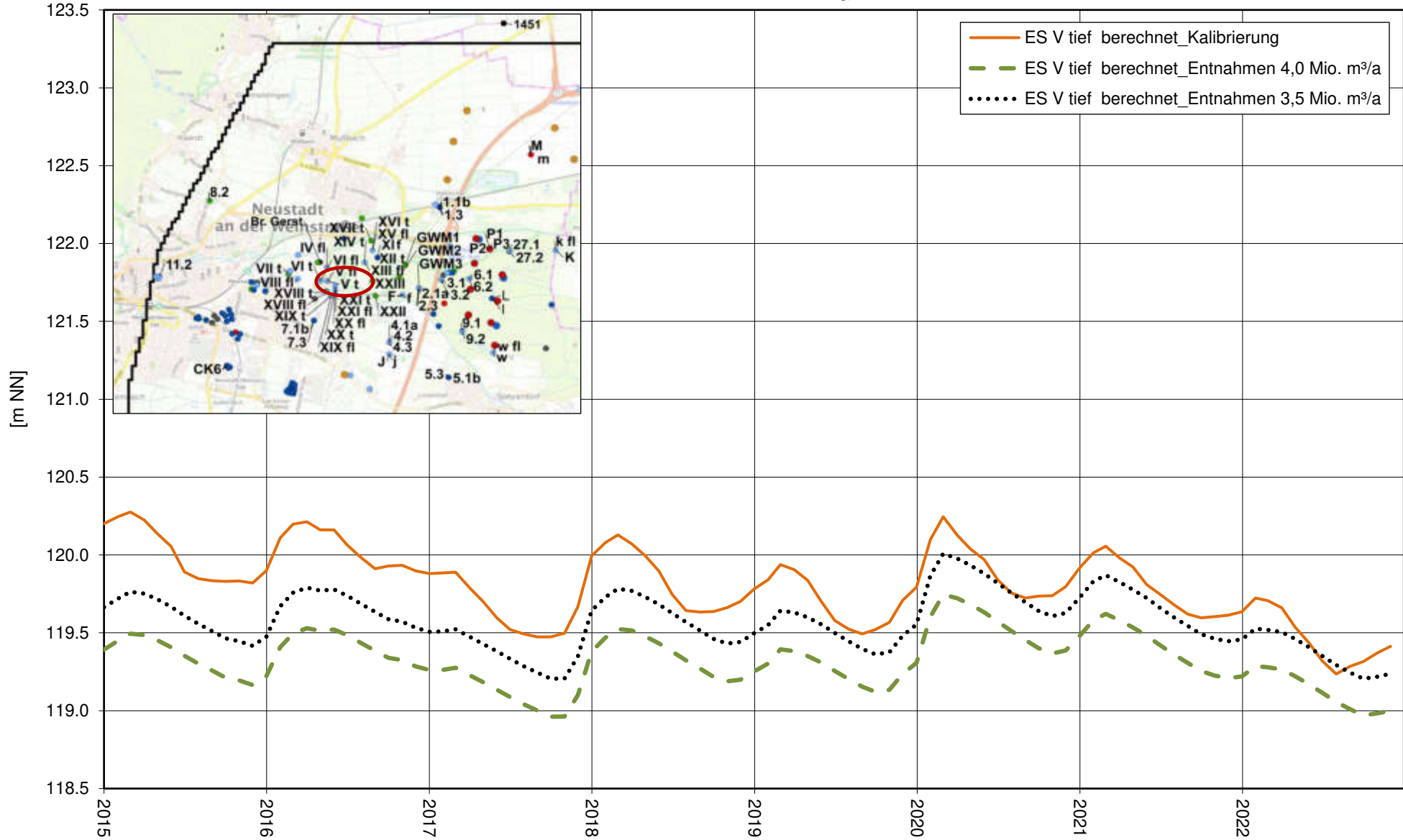
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
Grundwasserstand OGWLu





**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

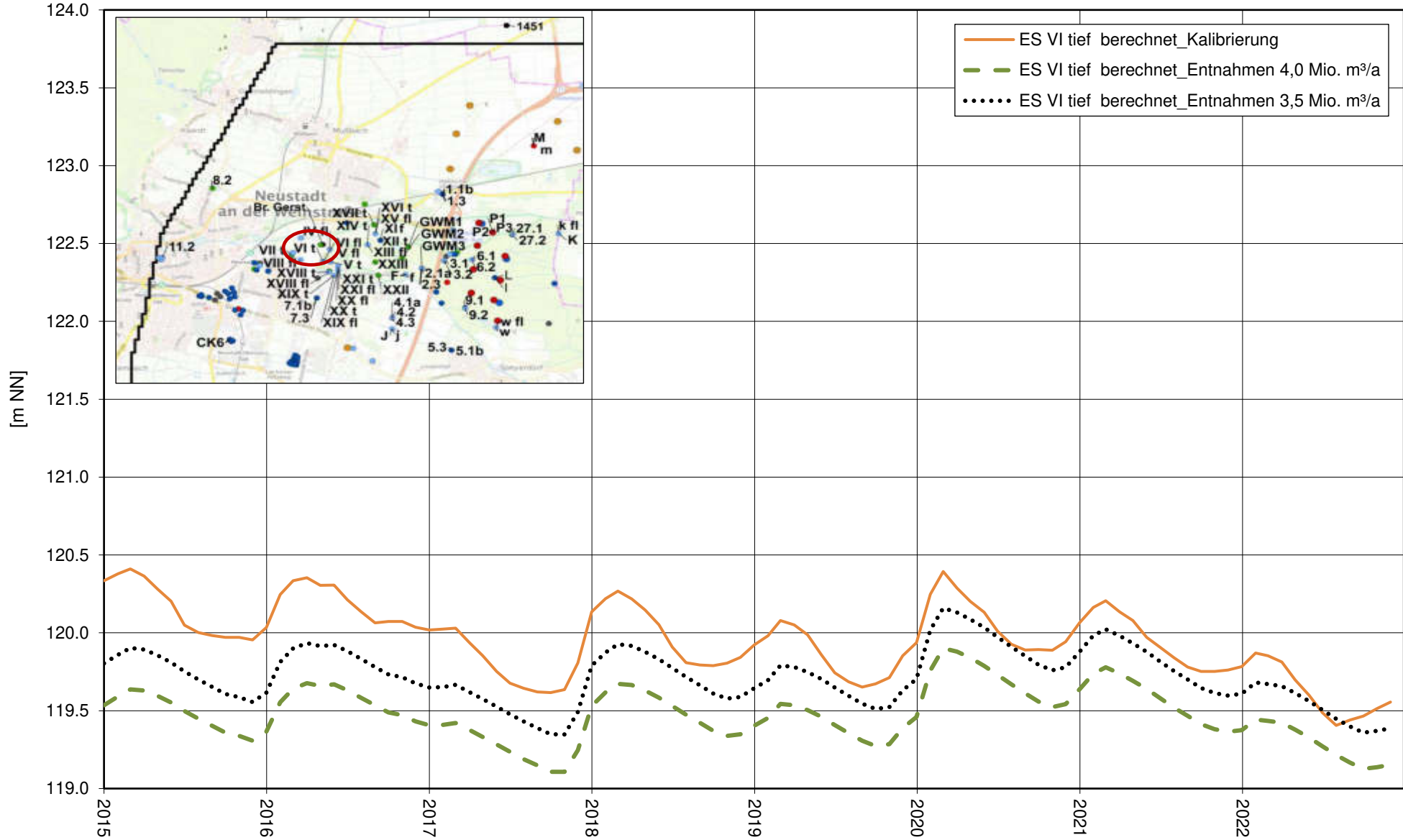
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



Anlage 10.3.1

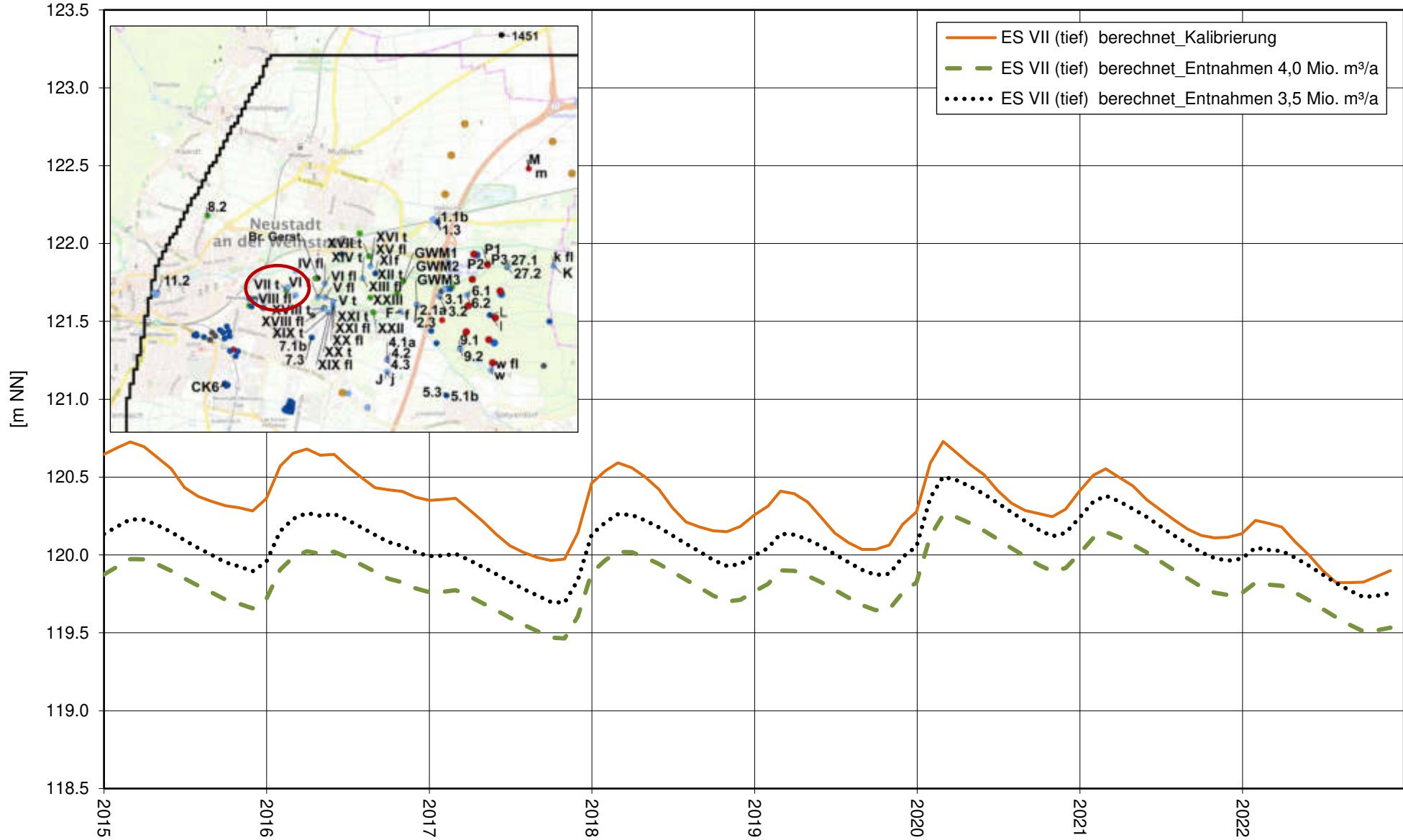
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



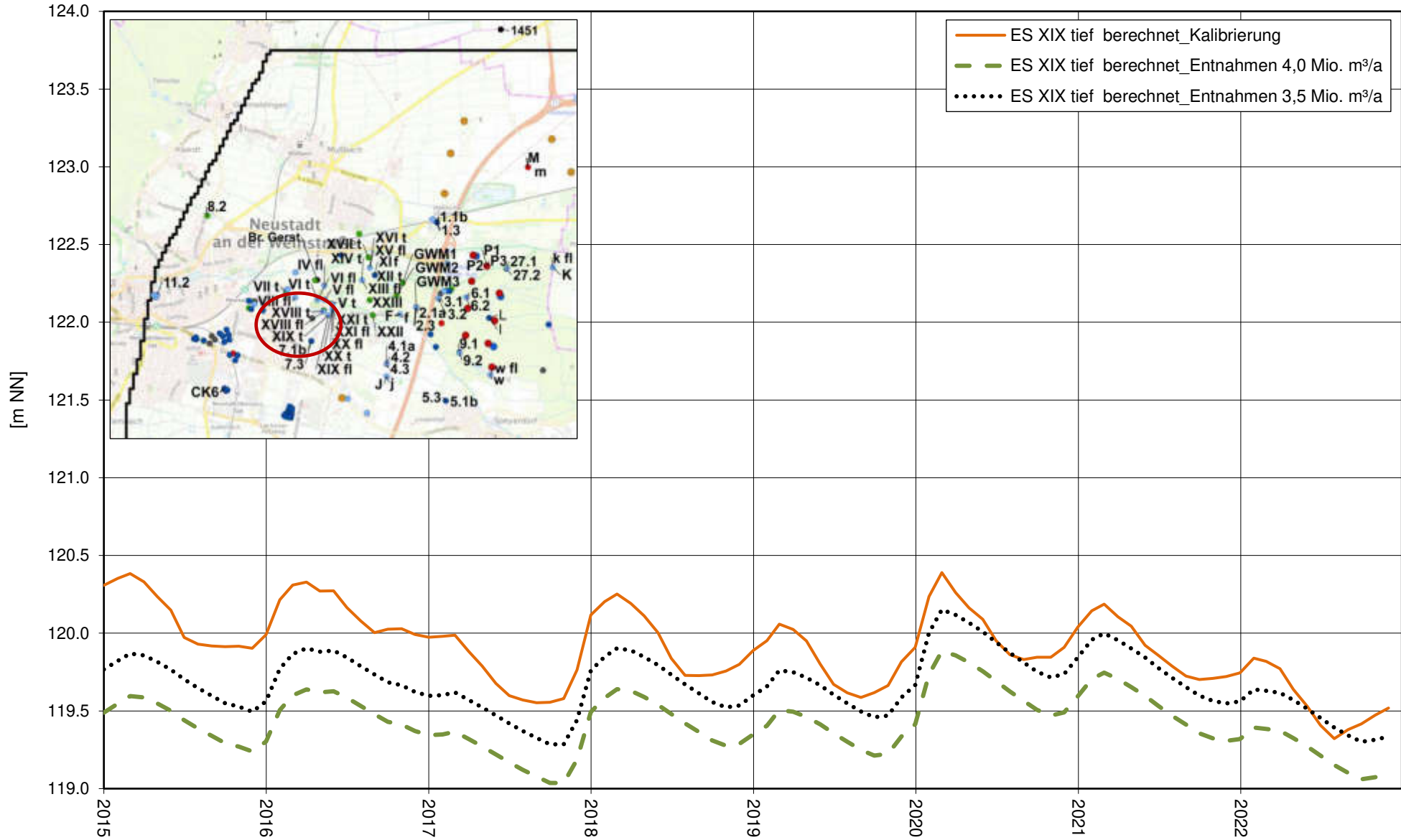
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



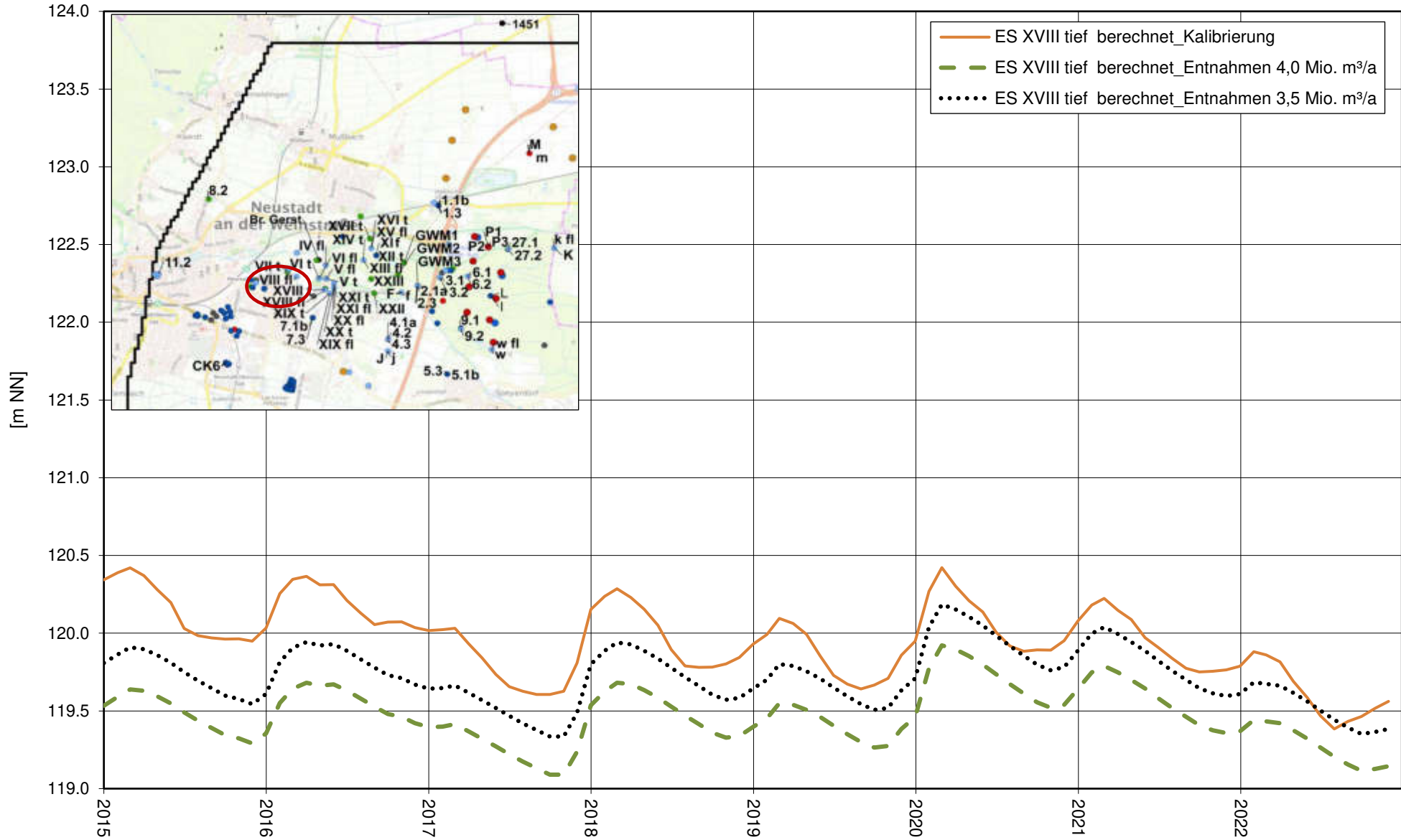
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



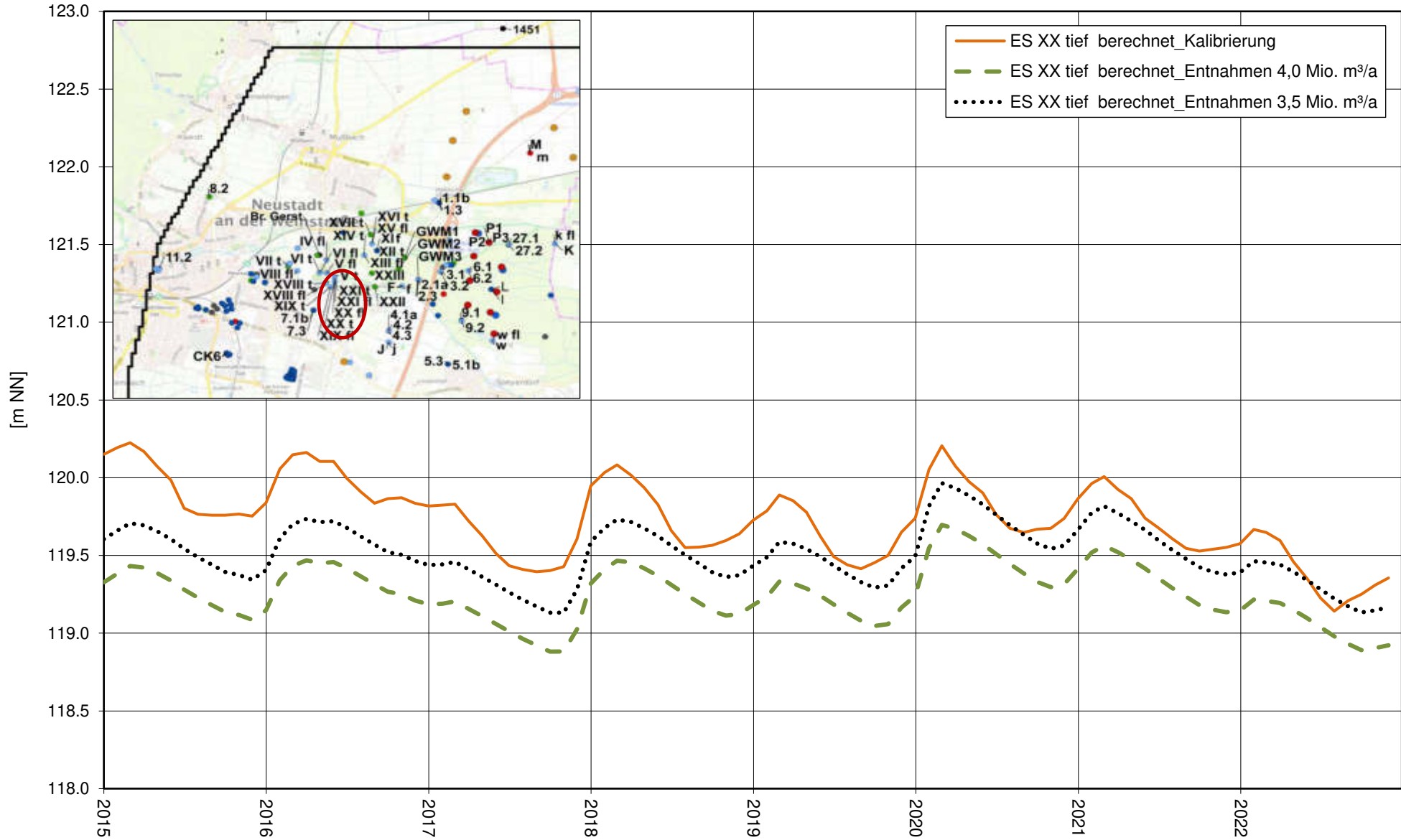
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



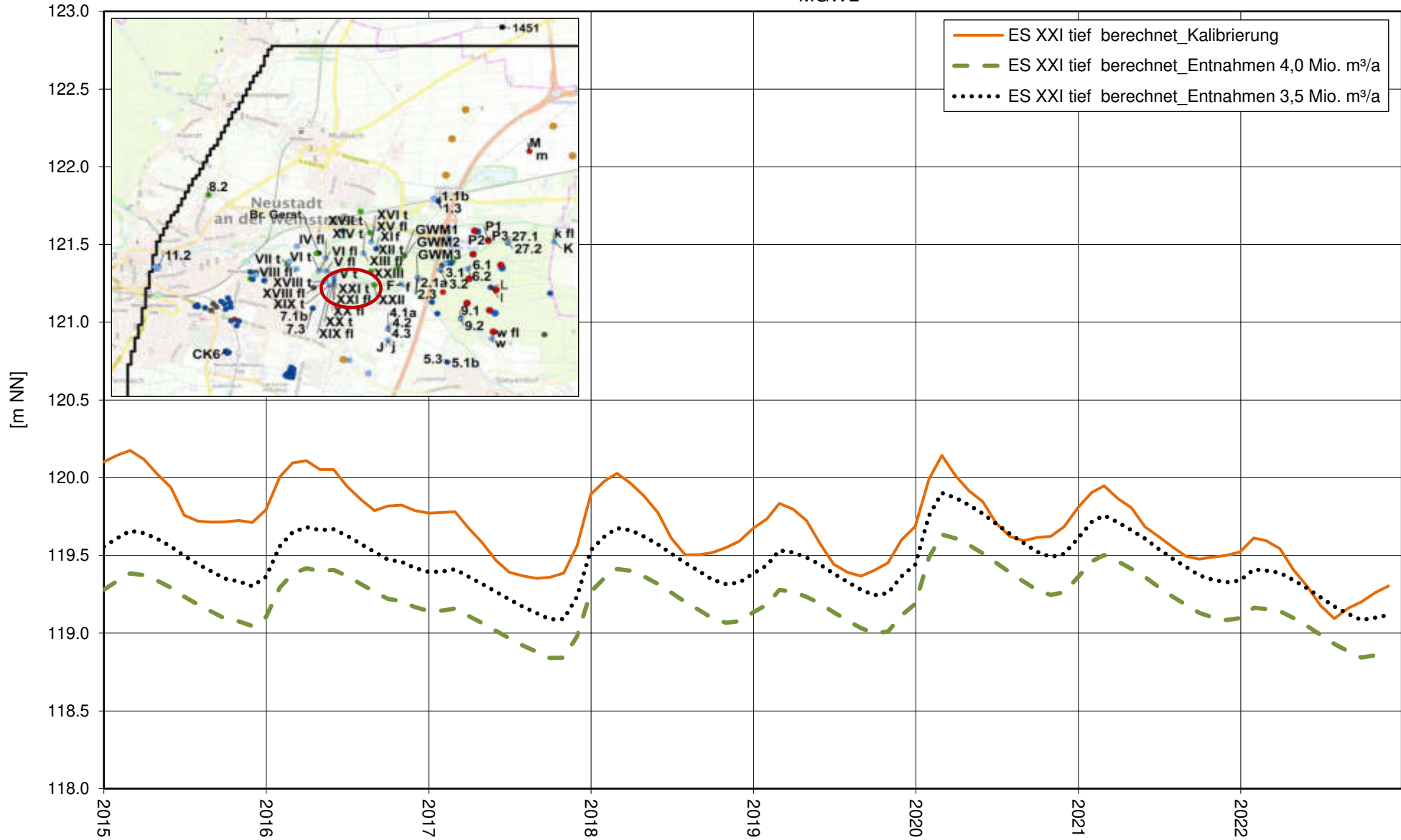
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



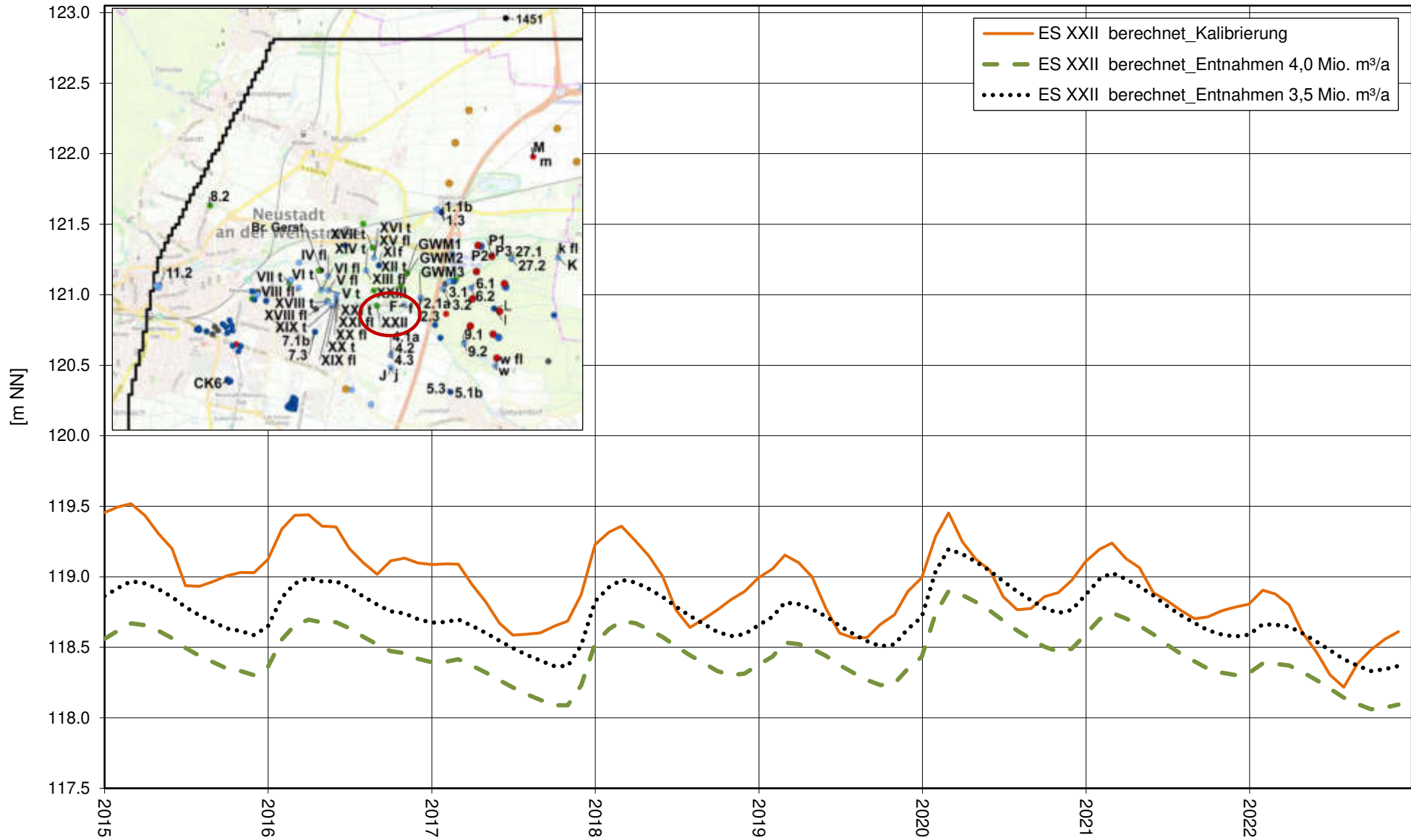
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

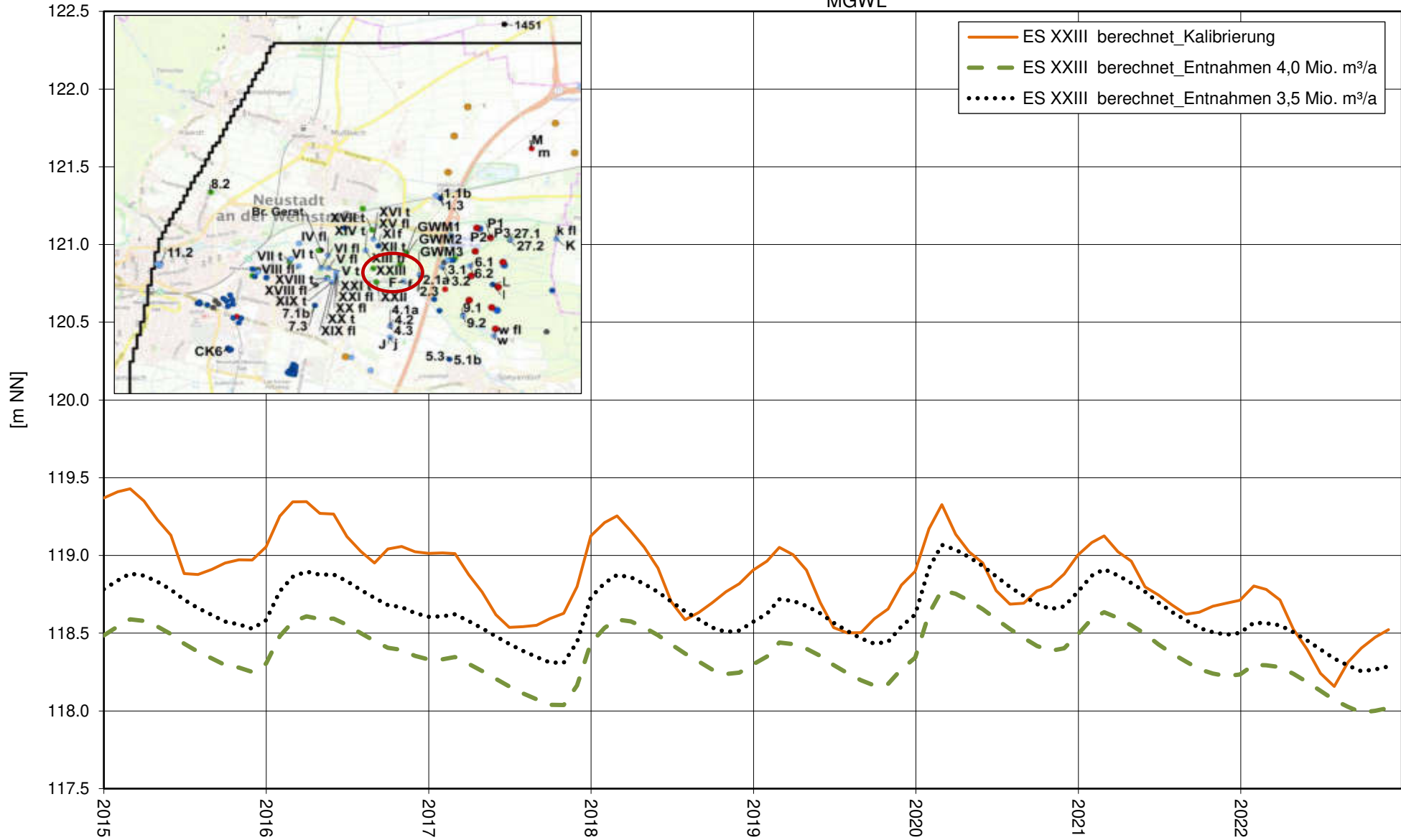
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL





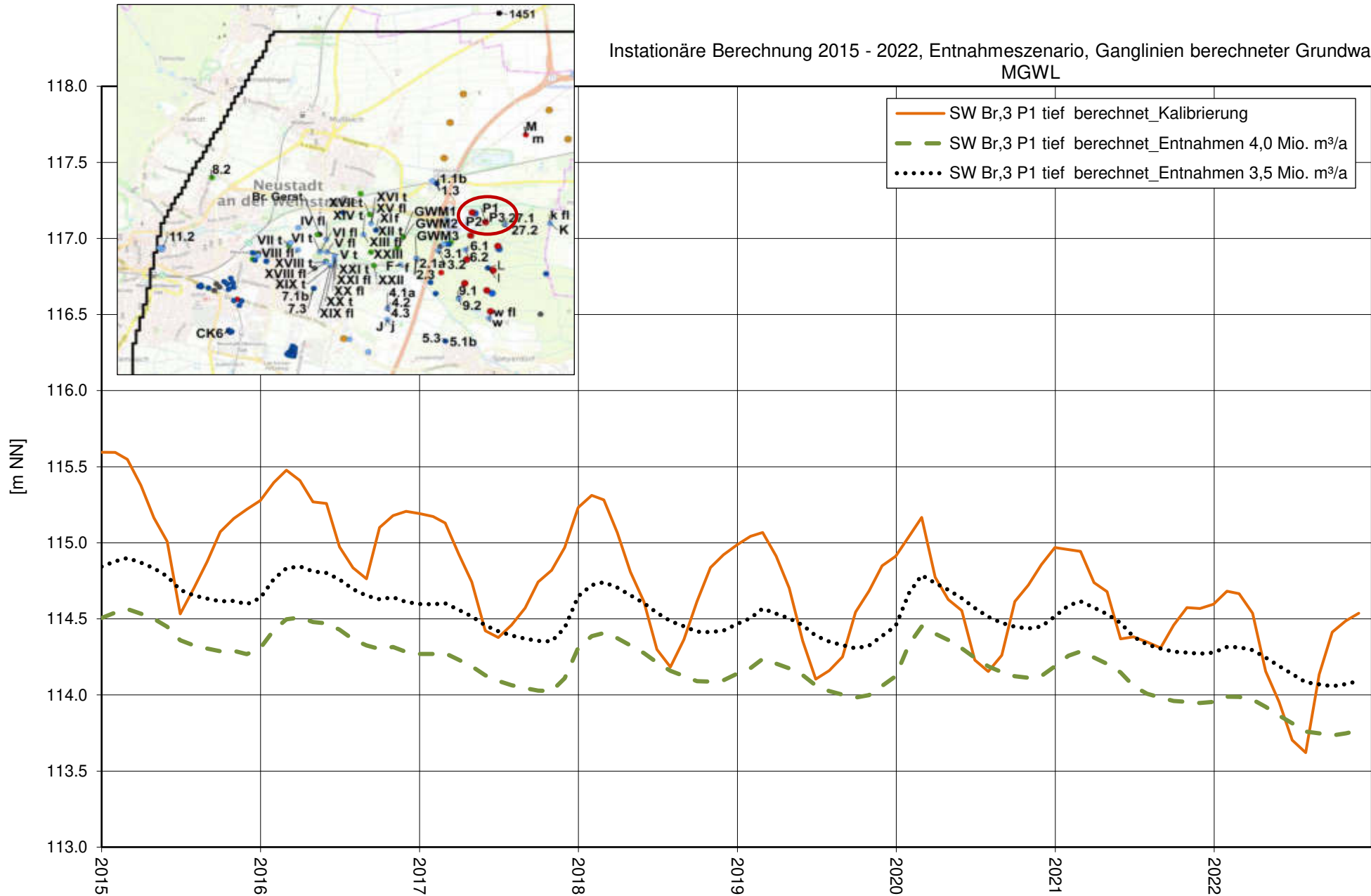
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

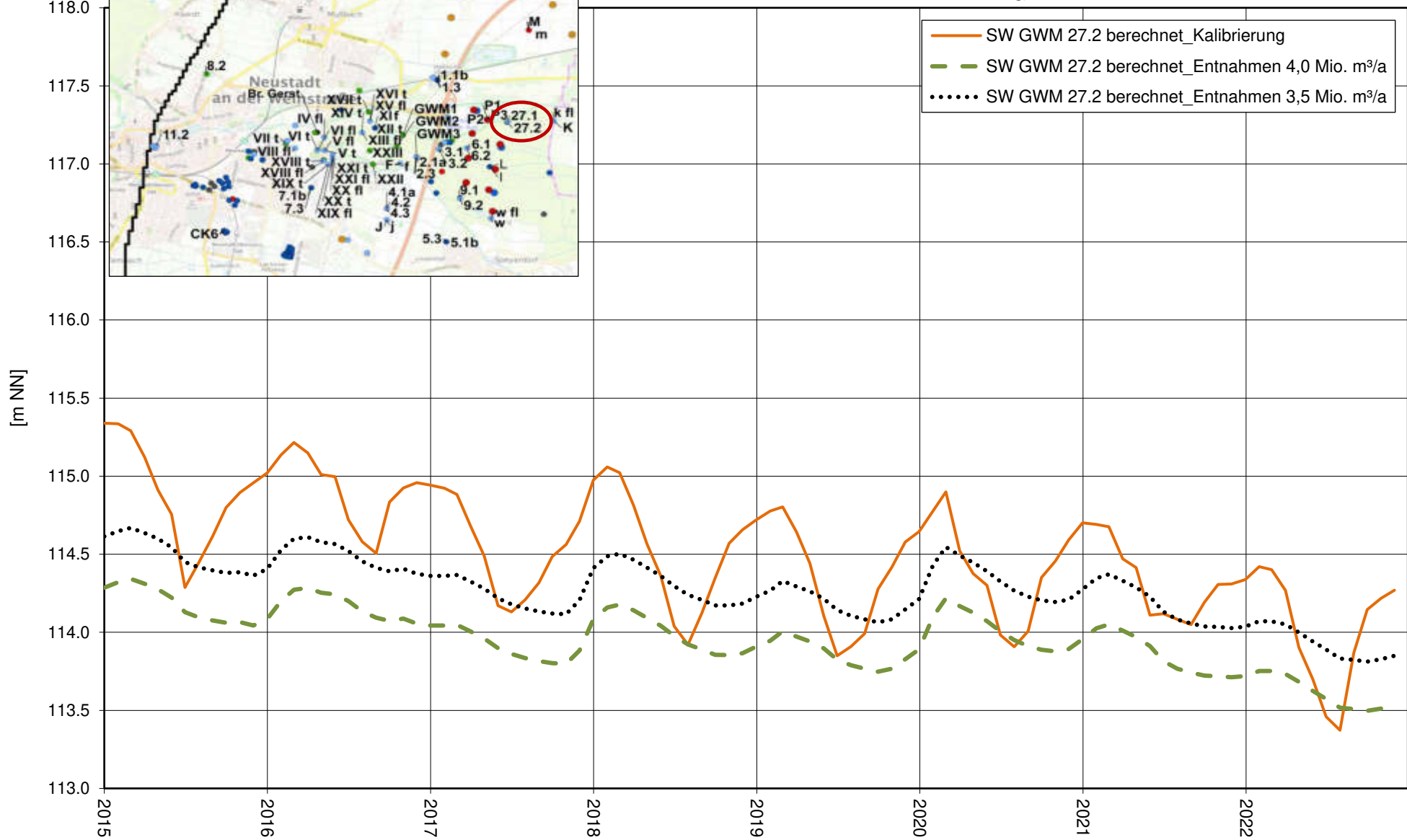
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



# Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße

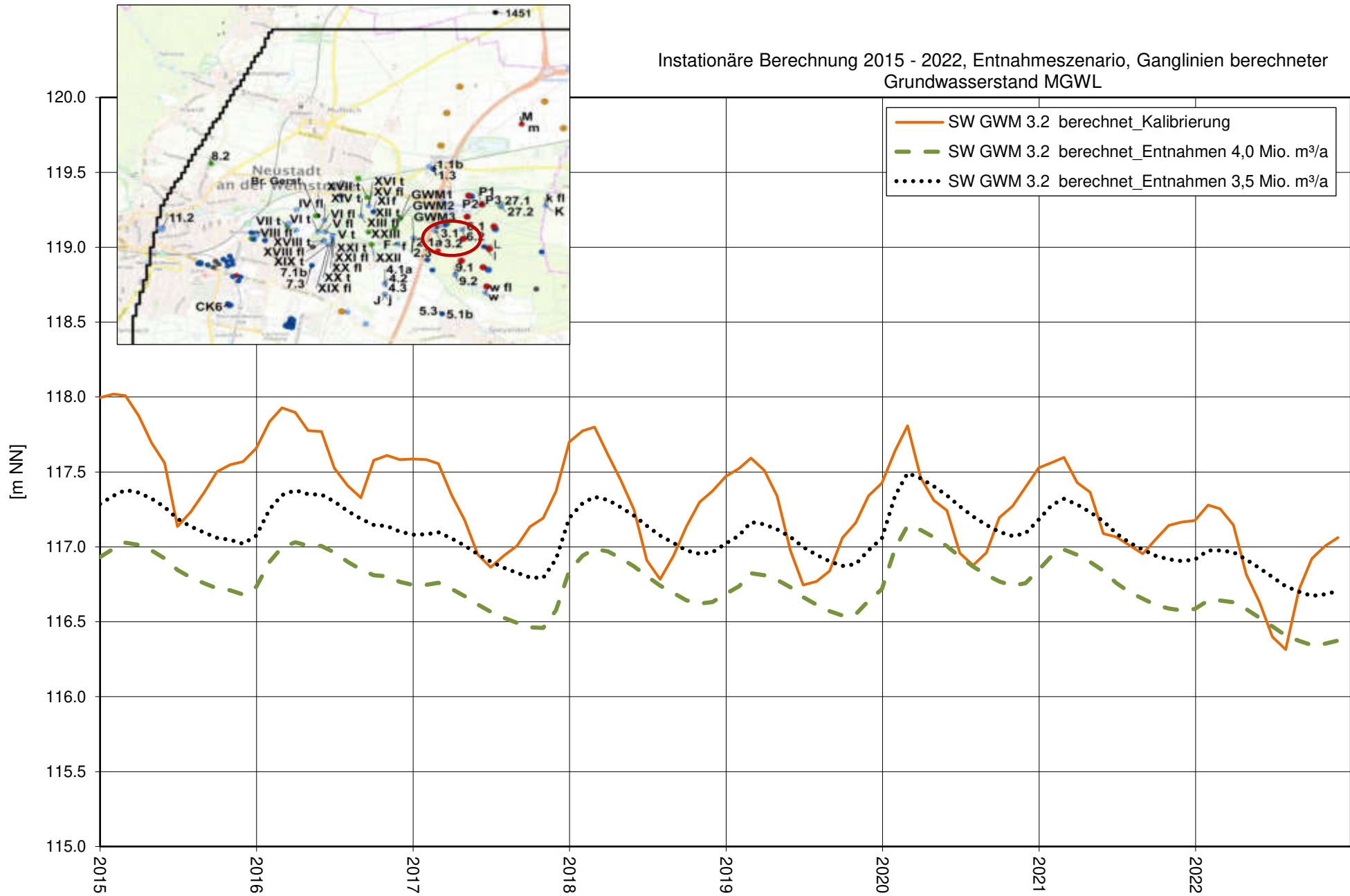
Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



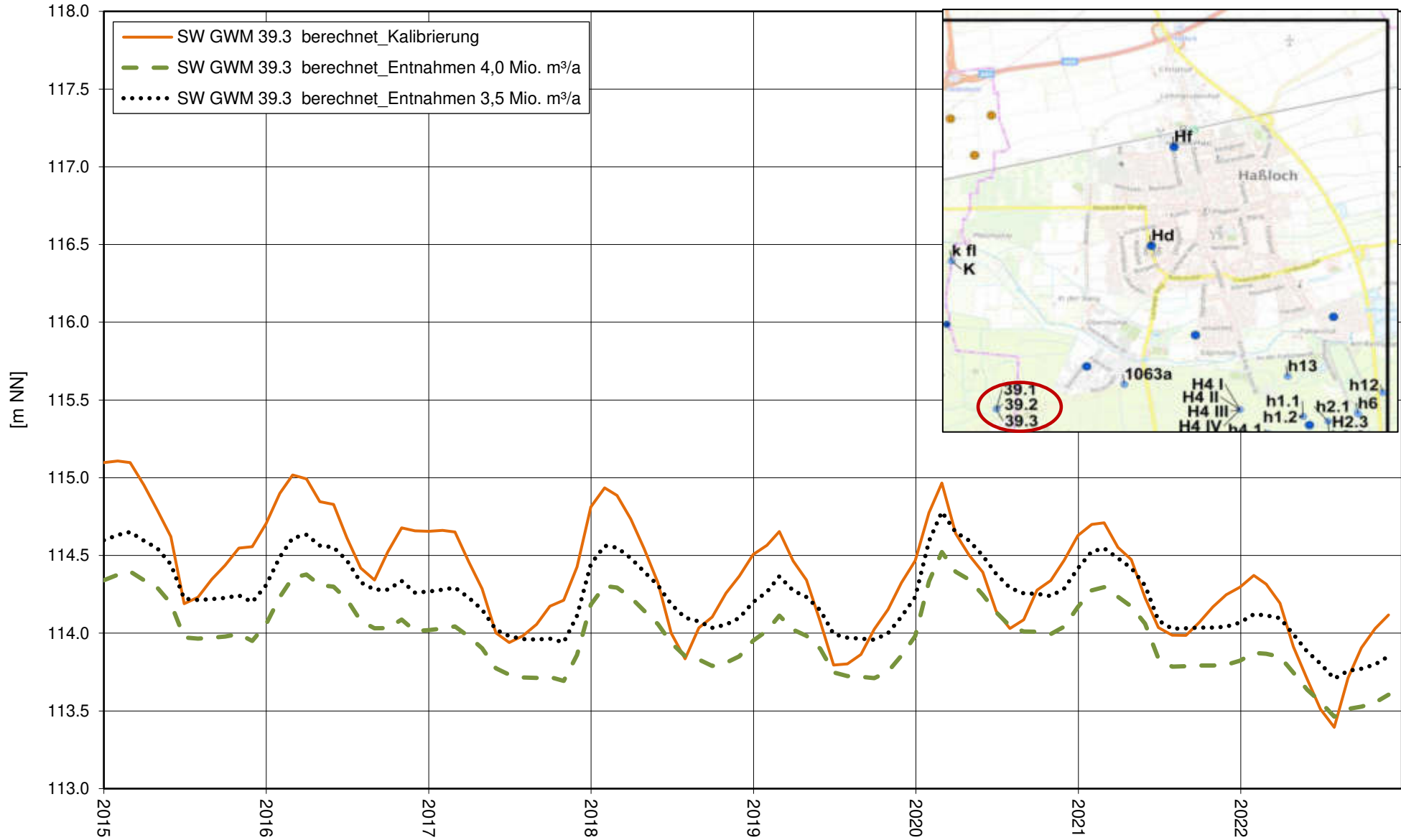
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



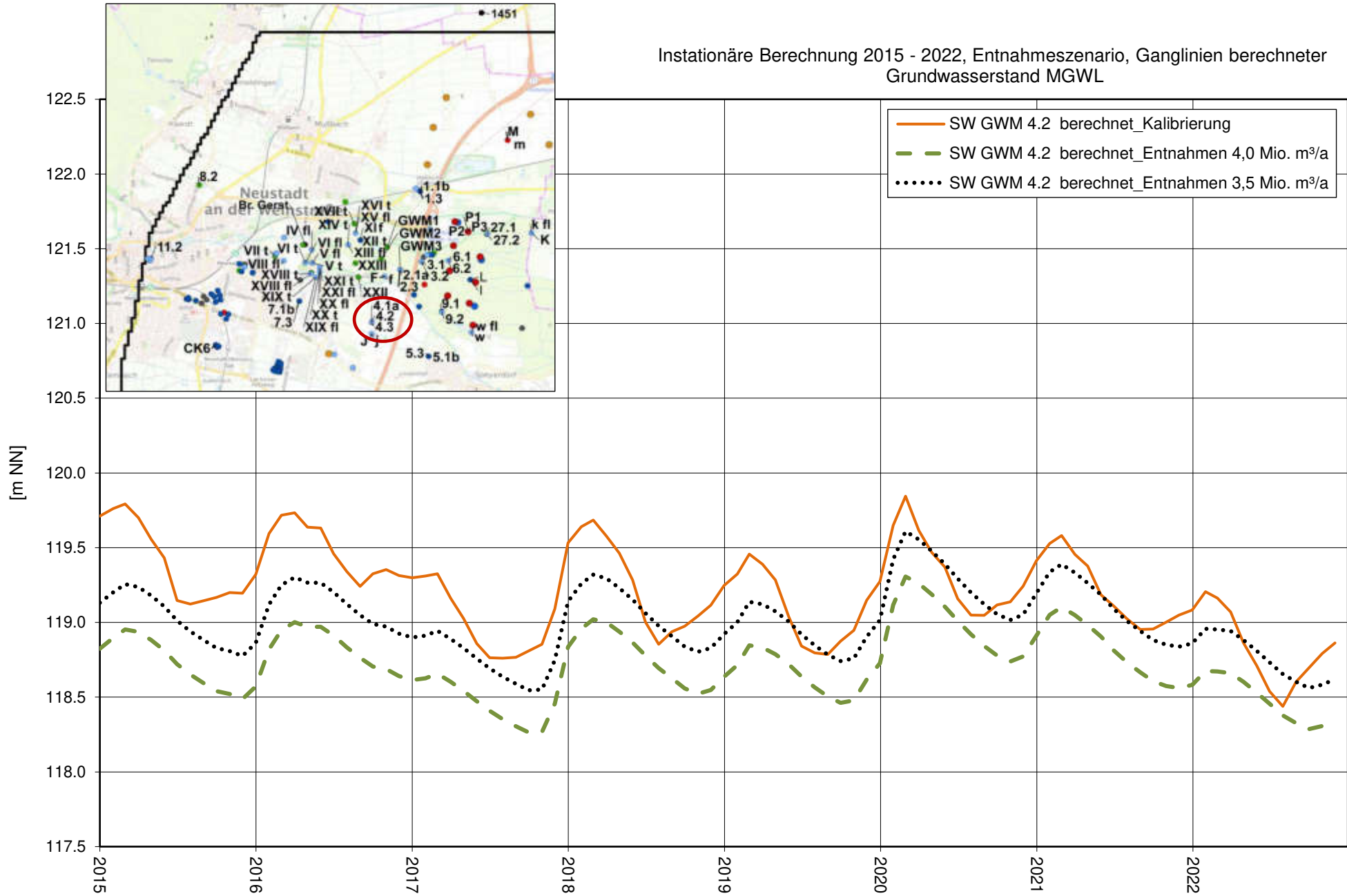
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



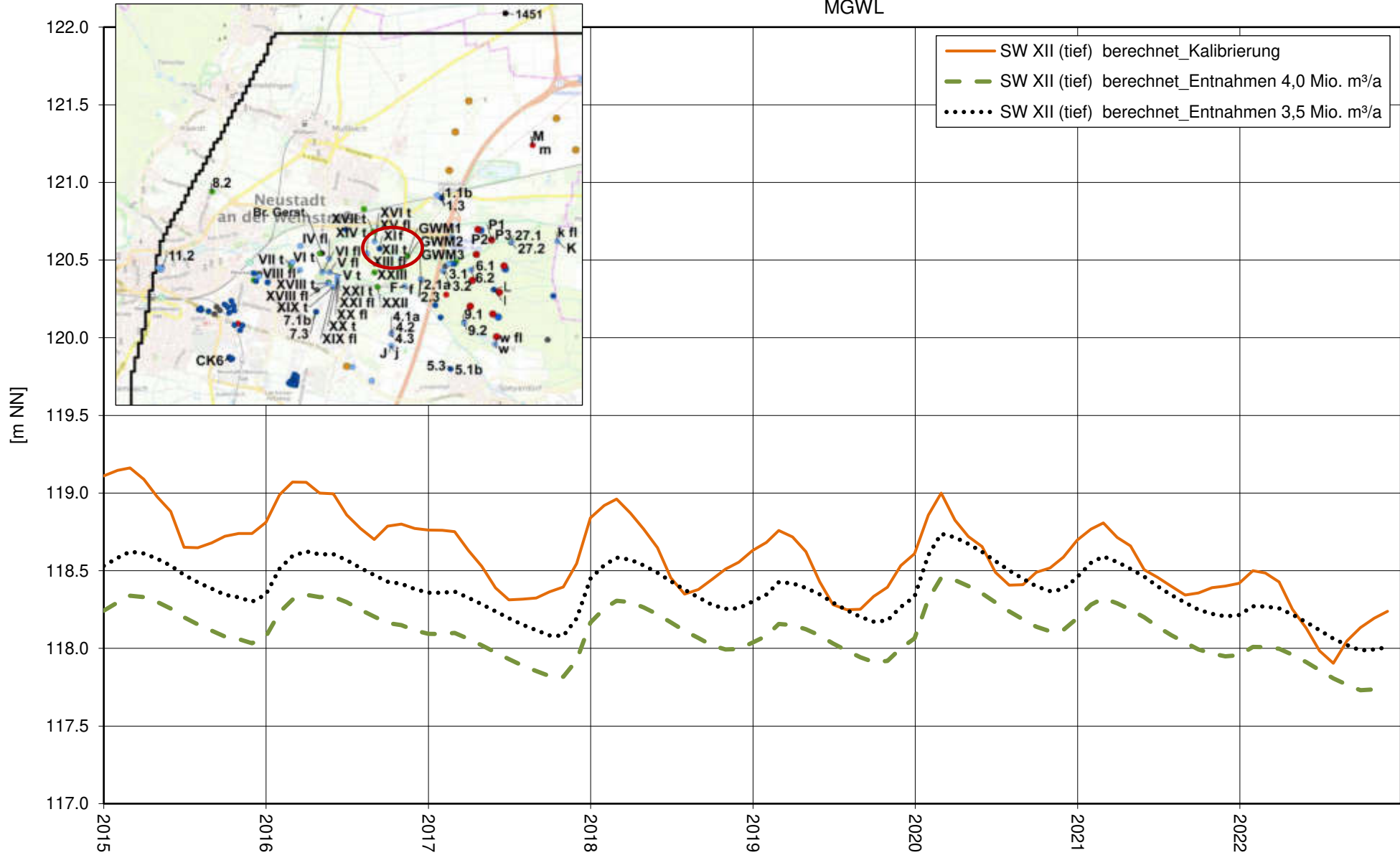
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



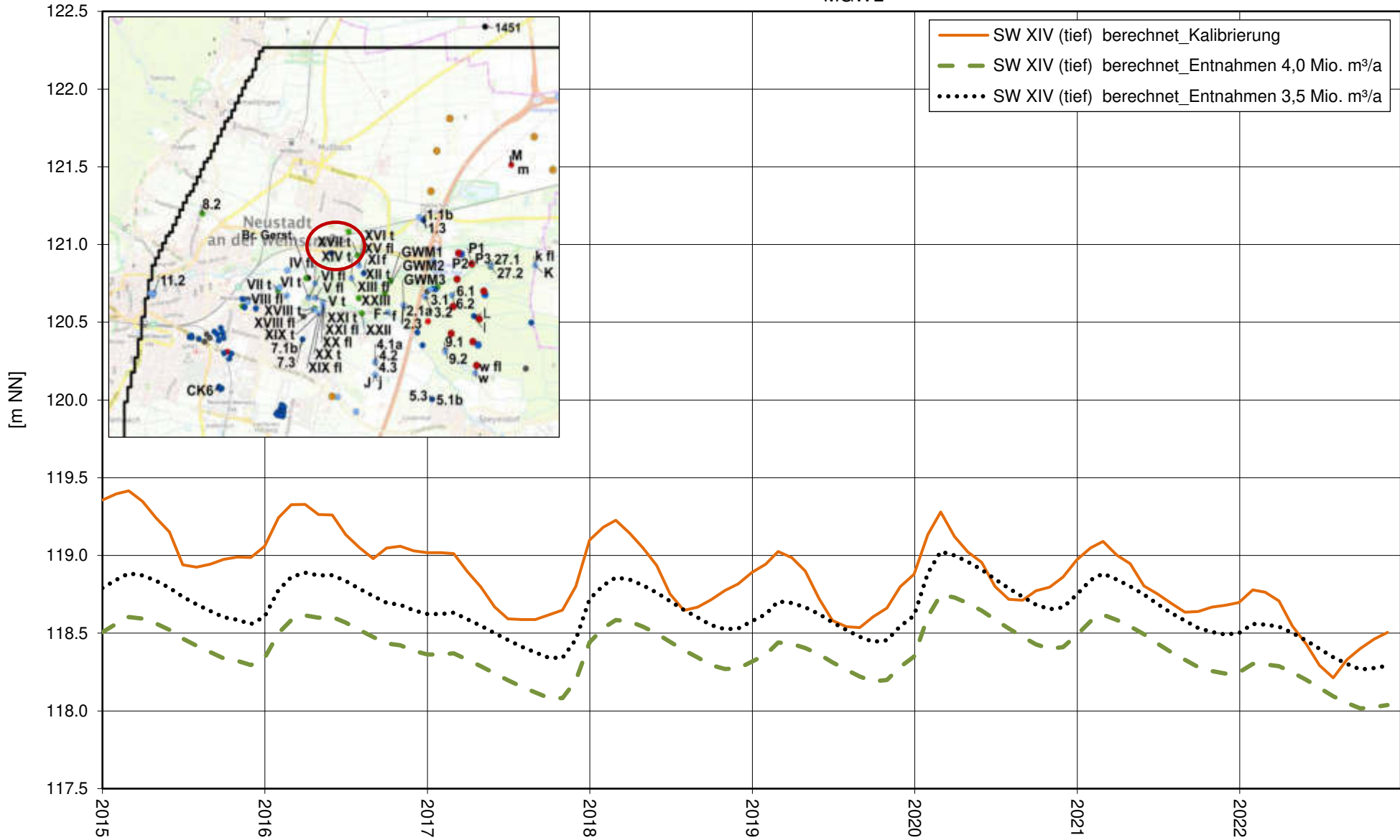
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

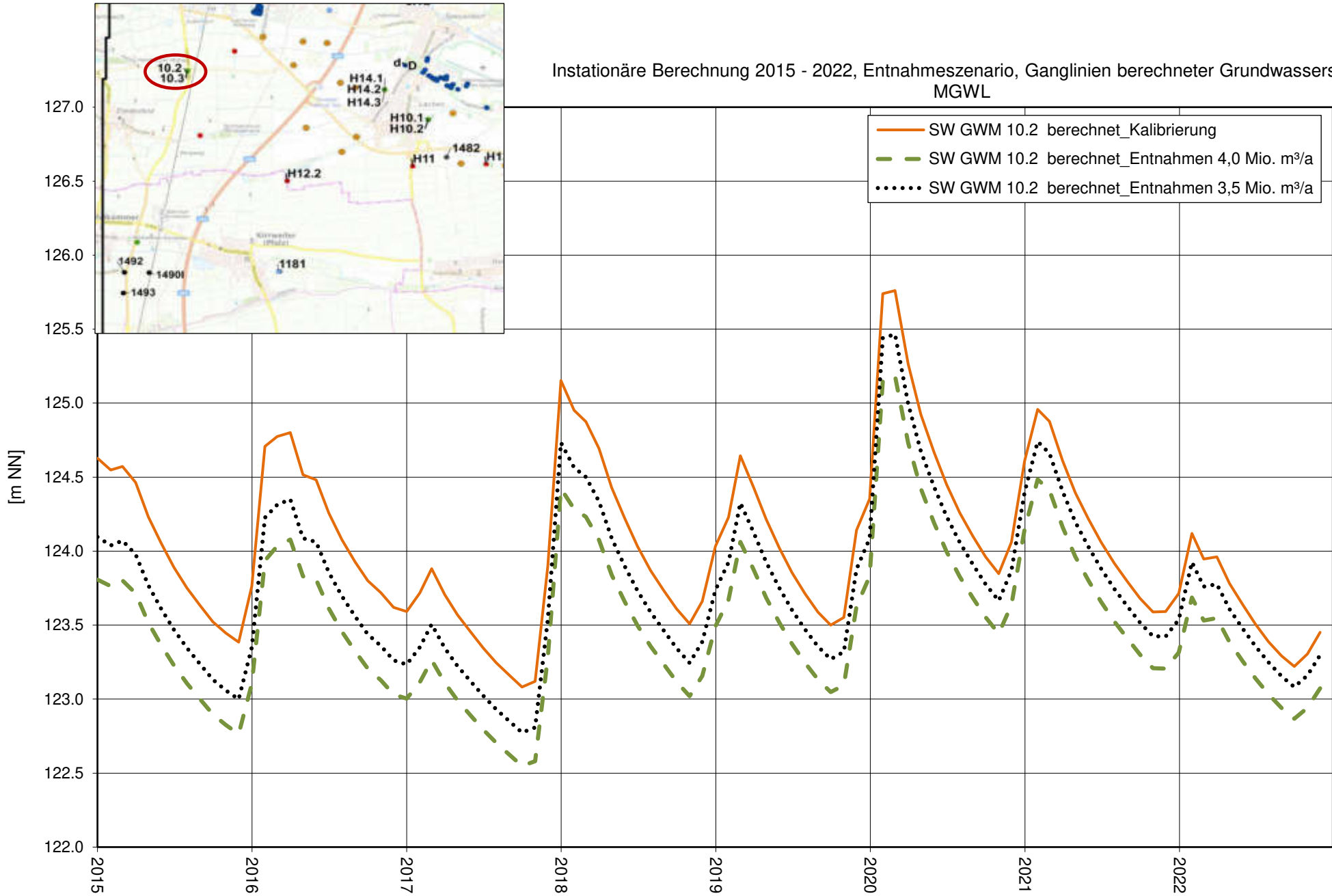




# Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße

Instationäres Grundwassermodell

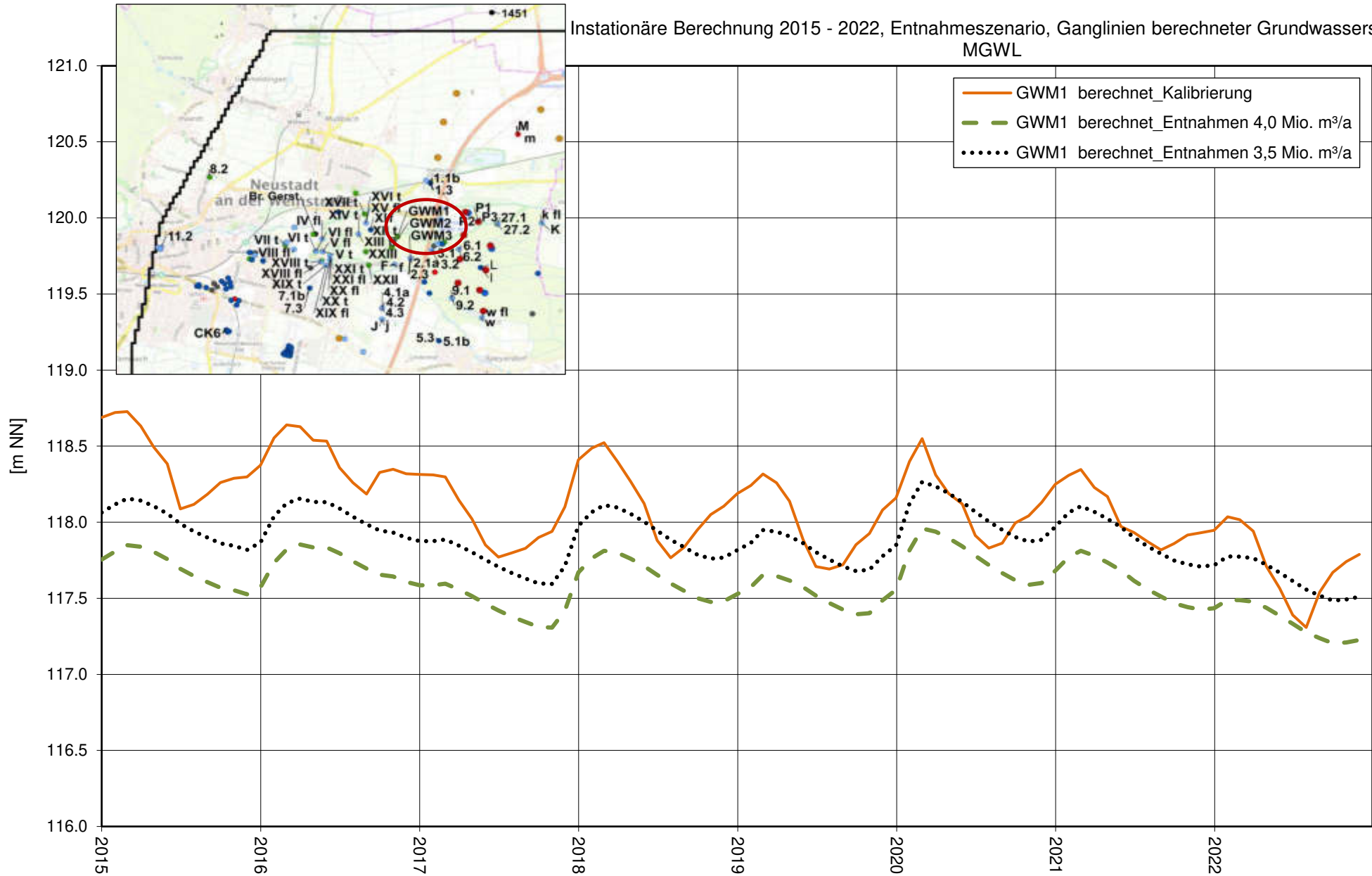
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



Anlage 10.3.17

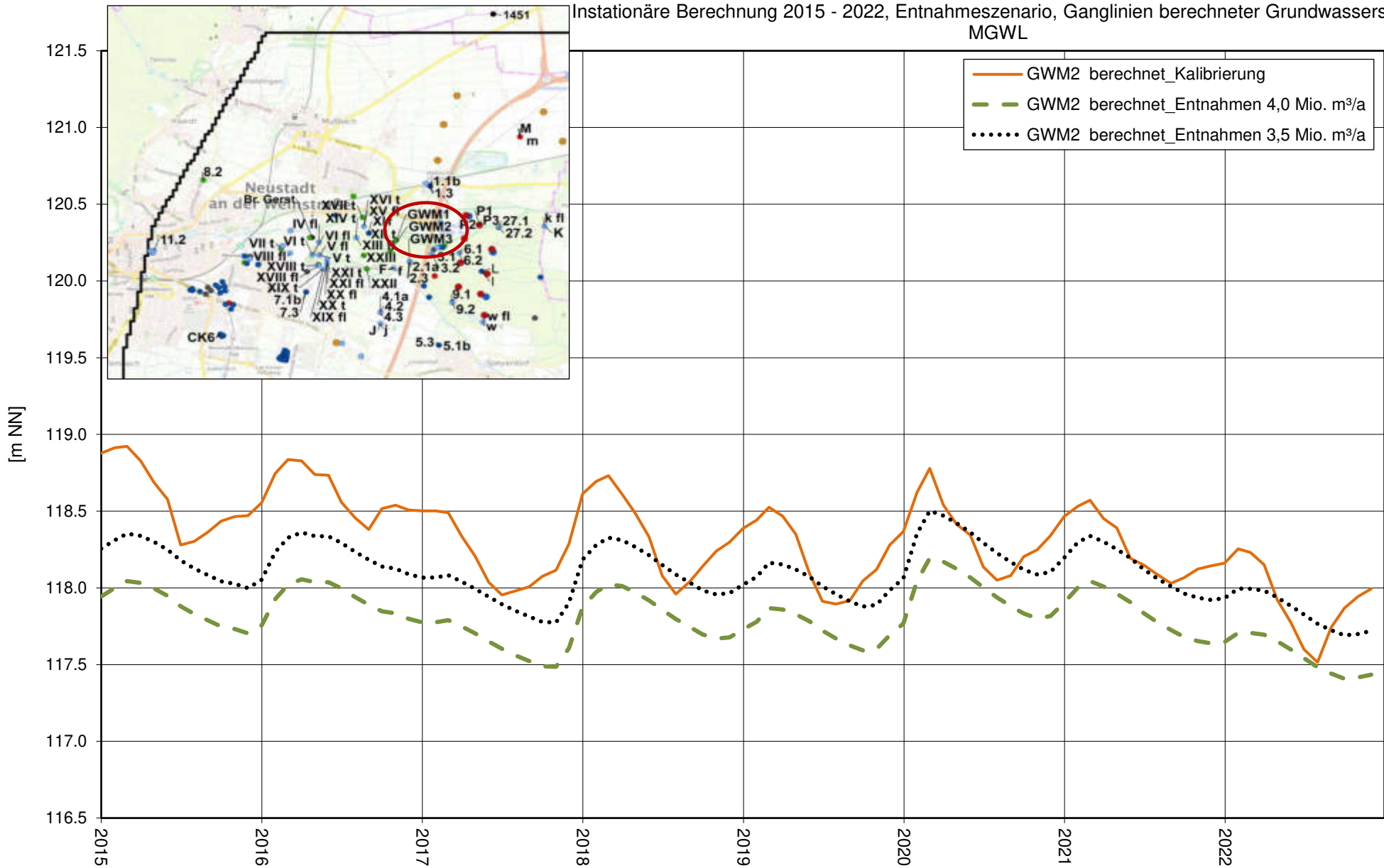
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



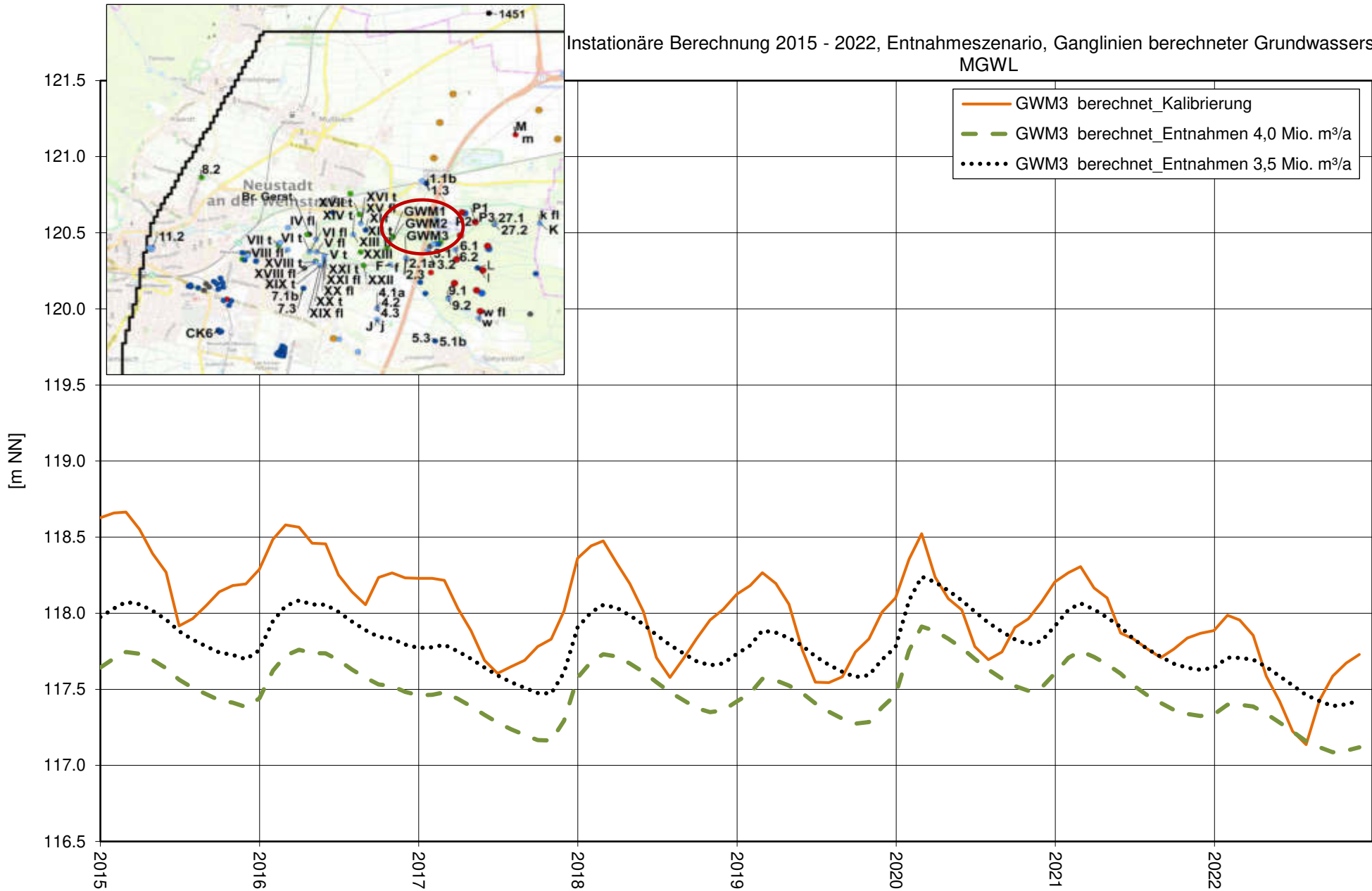
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



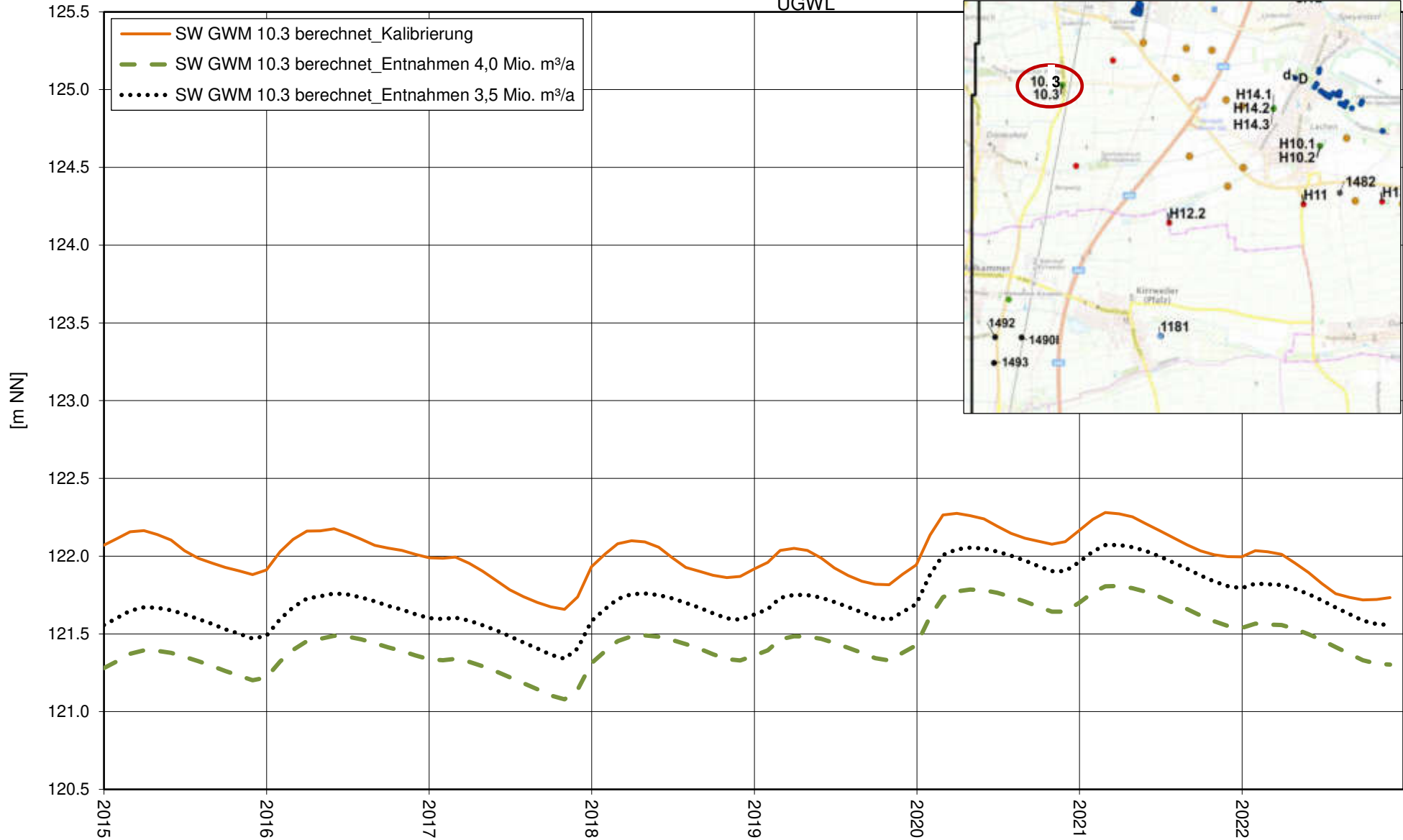
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



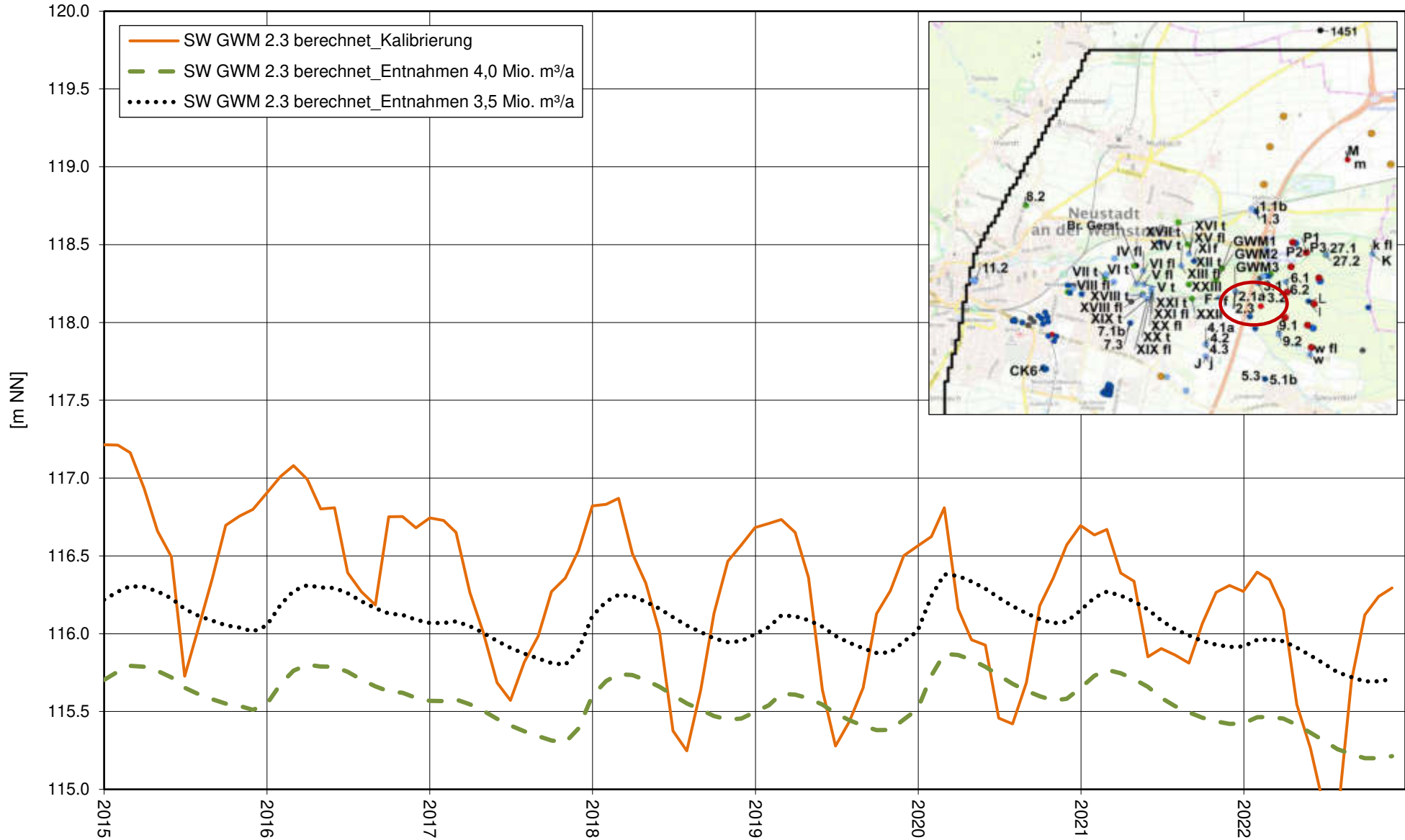
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL

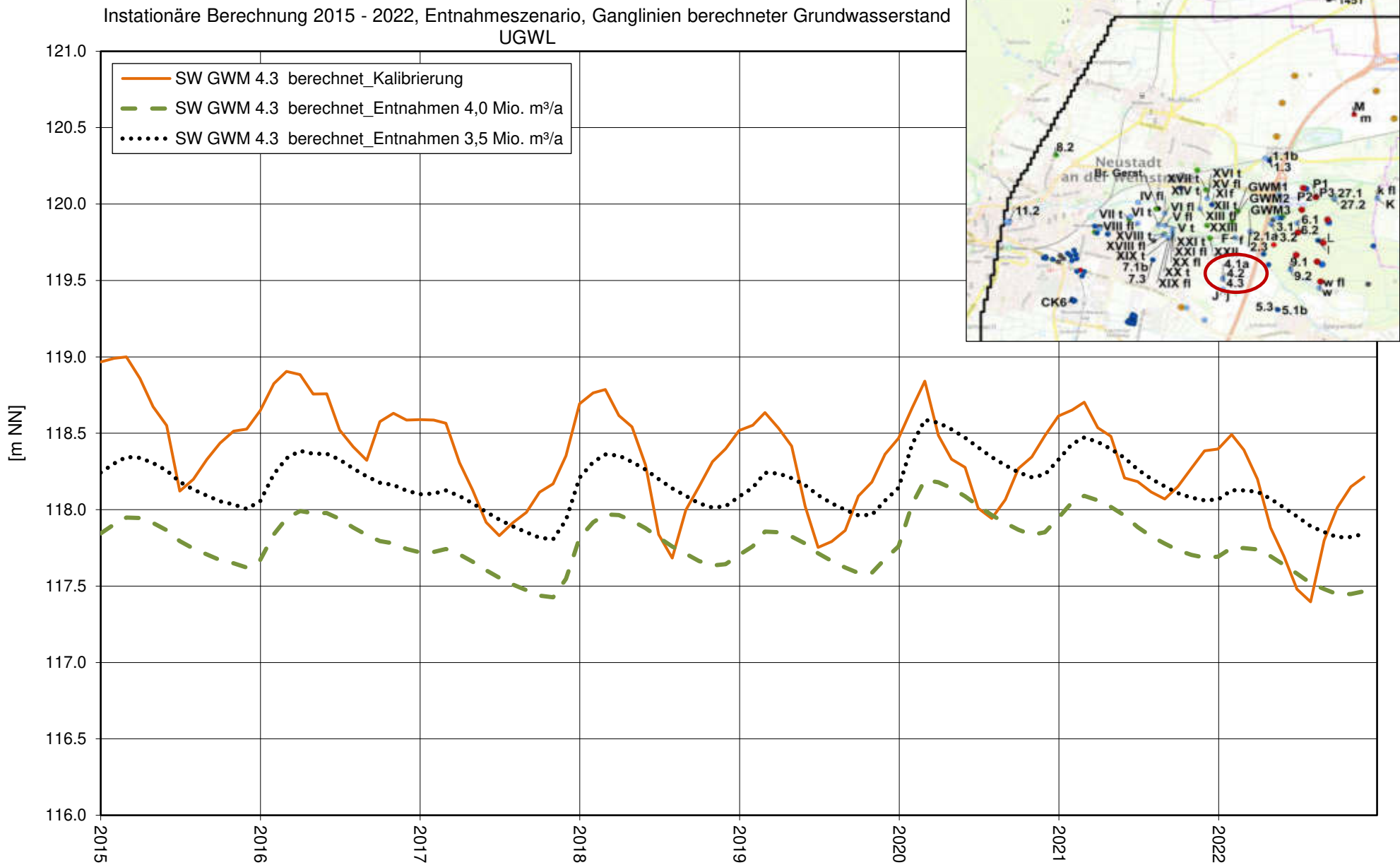


**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL

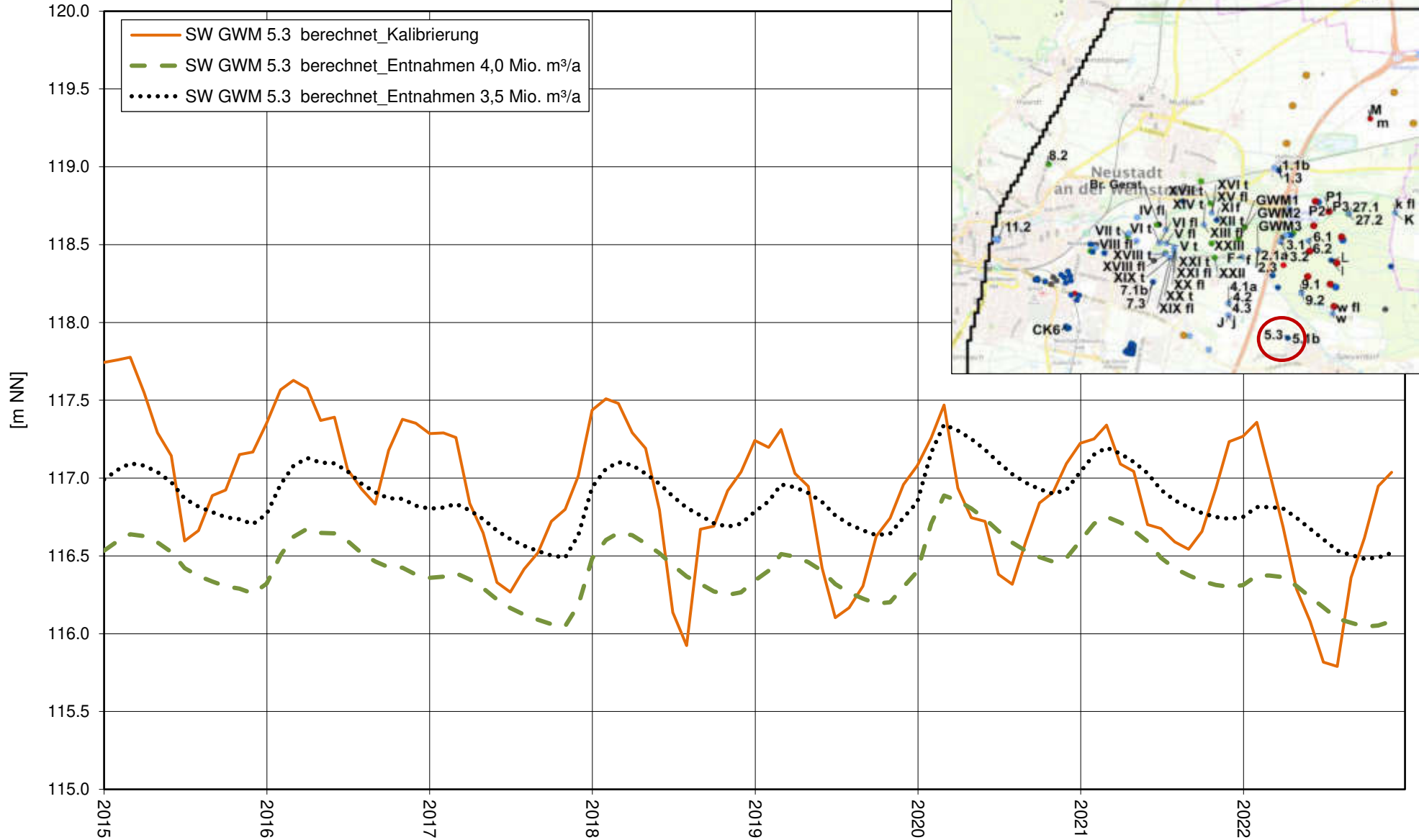


**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell



**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

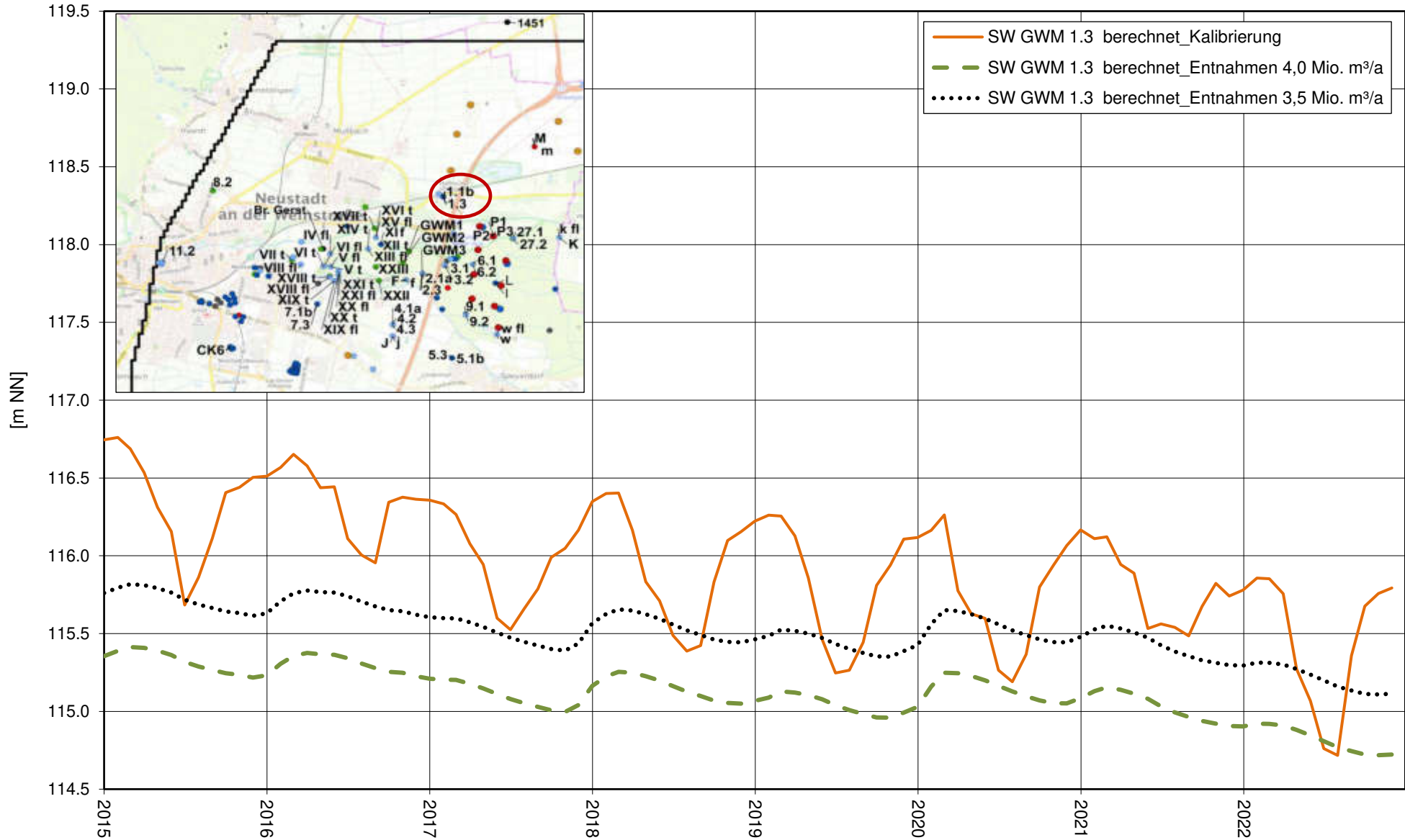
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL





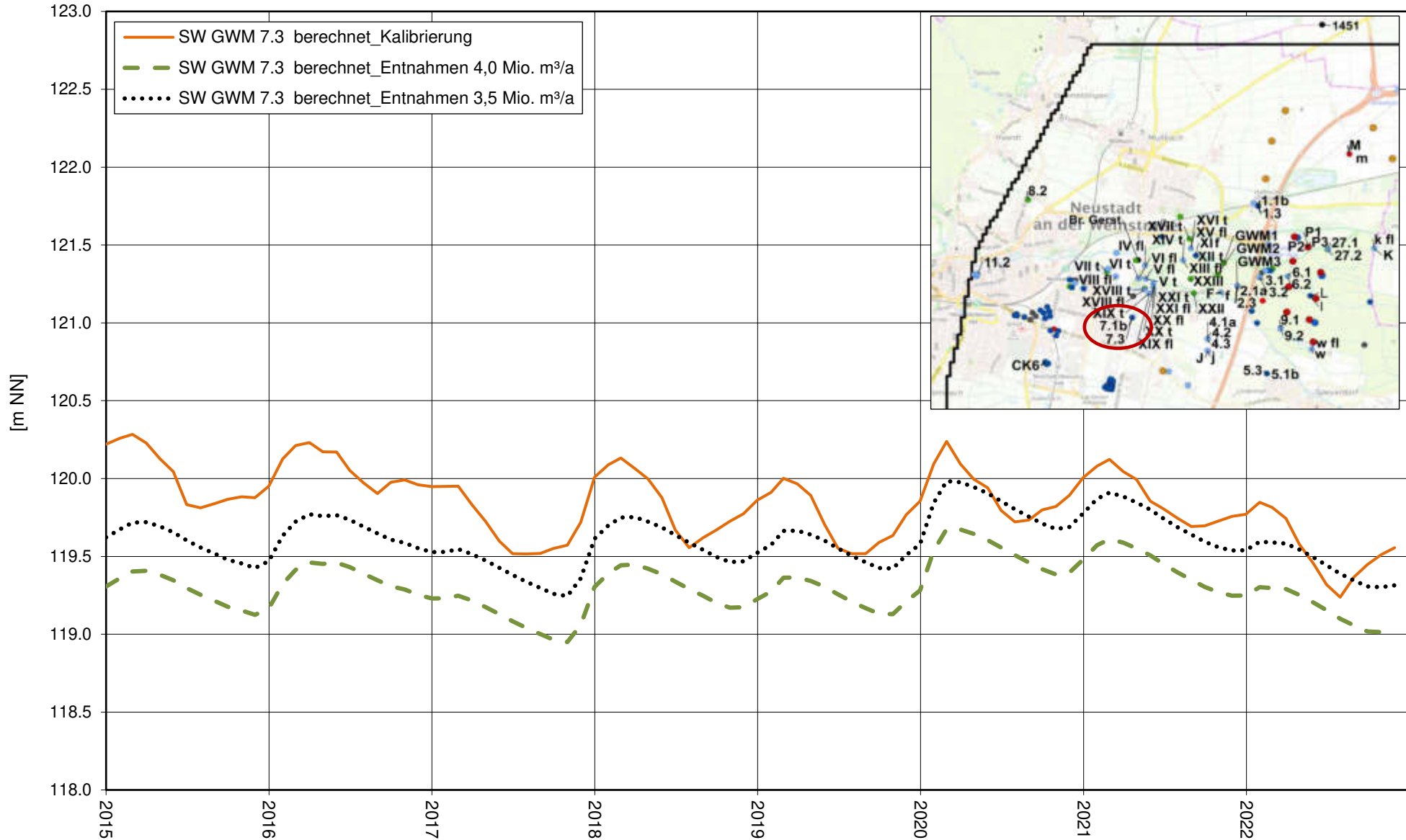
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL



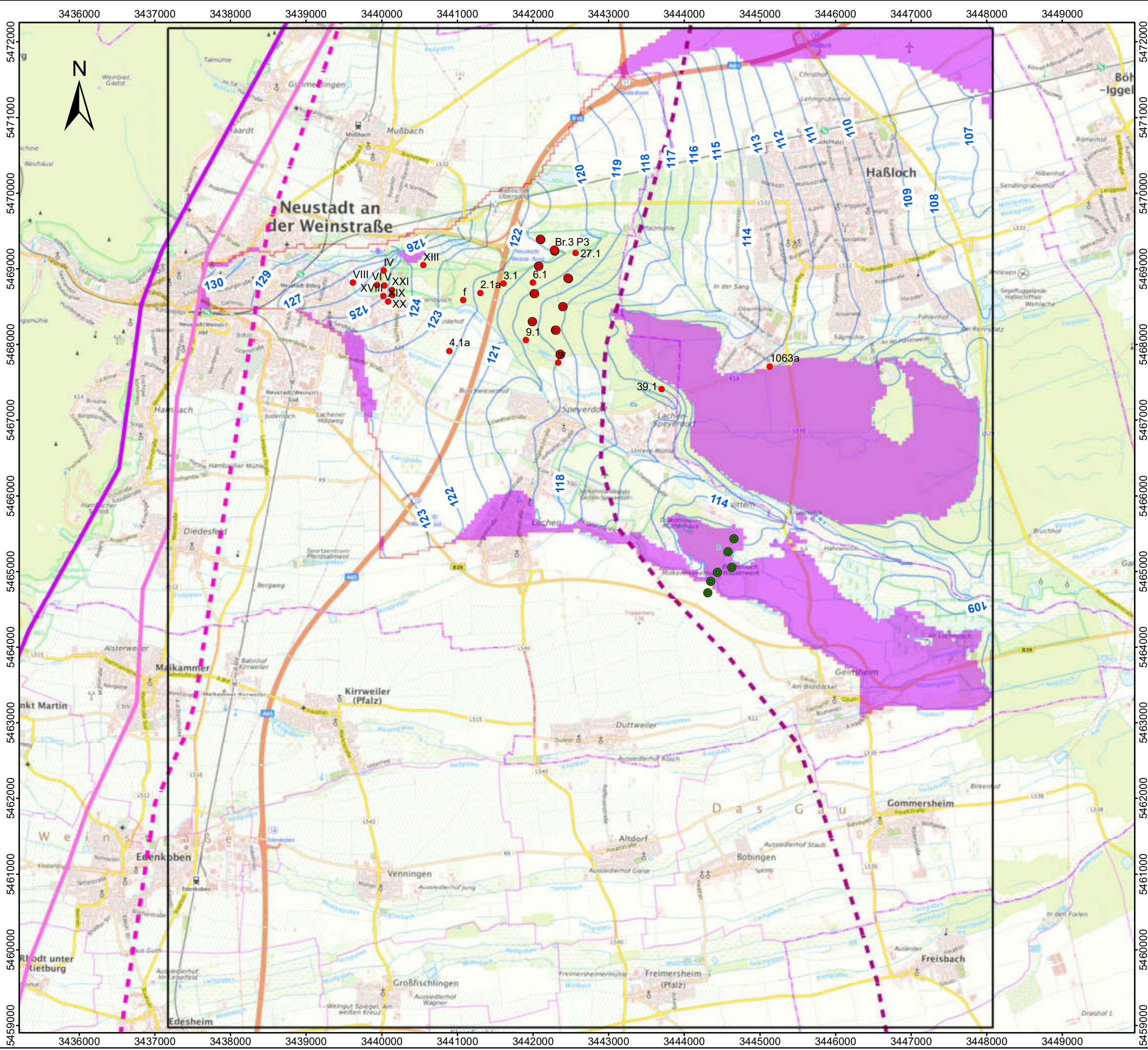
**Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße**  
 Instationäres Grundwassermodell

Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL

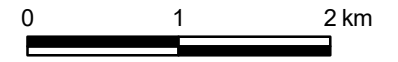


Anlage 10.4.6

27.10.2023 09:49:21 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
J:\0500543\03\_P\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_11.1\_BerechneteGrundwasserströmungKalibrierungslauf.mxd, 38,0cm x 25,7cm



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Modellraum OGWL0
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
- Grundwassermessstelle
  - Hauptrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
  - Trocken berechnet
  - Berechnete Grundwassergleichen, trockene Verhältnisse, Kalibrierungslauf in OGWL0 [m NN]



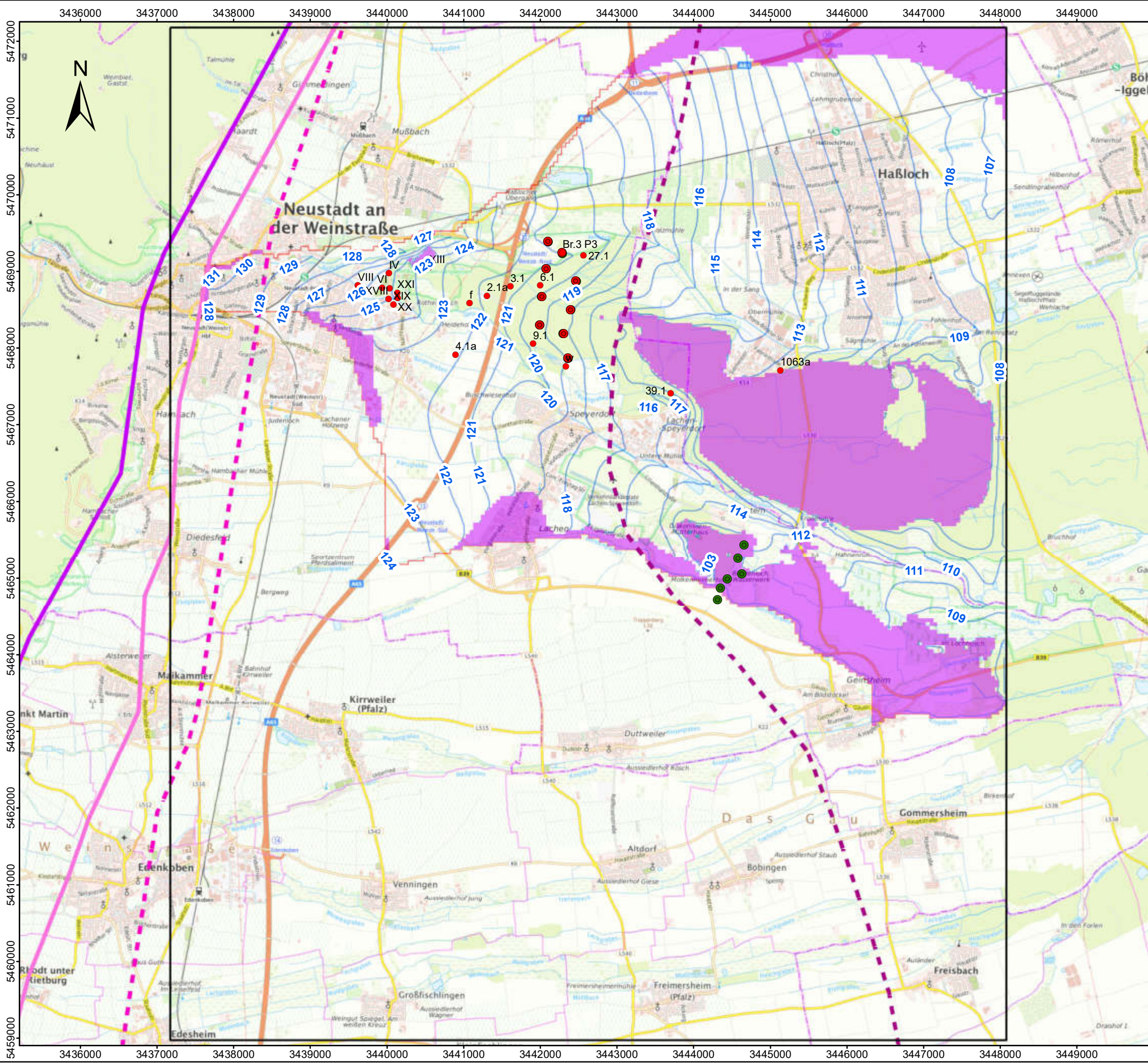
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 trockene Verhältnisse August 2022,  
 OGWL0, Berechnete  
 Grundwasserströmung,  
 Kalibrierungslauf

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

26.10.2023 16:42:51 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
 J:\0500543\03\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_11.2\_BerechneteGrundwasserströmungRechenlaufC\_NeuerStand\_Okt2023.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

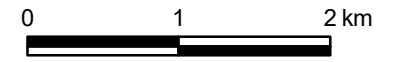
- Modellraum
- Modellraum OGWL0

**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle
- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Trocken berechnet

Berechnete Grundwassergleichen in OGWL0, Ordenswald Entnahmen 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a, trockene Verhältnisse [m NN]



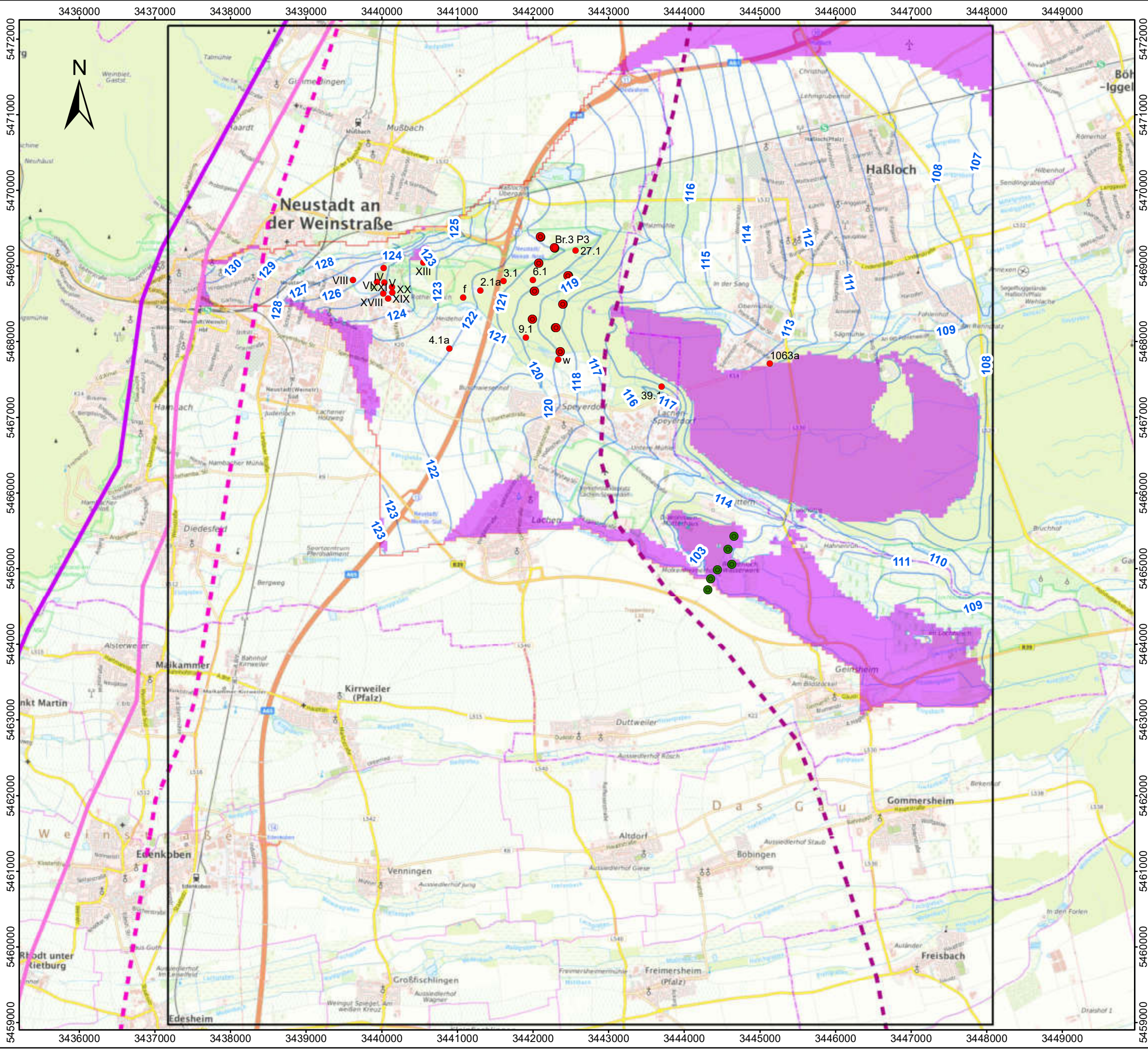
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 trockene Verhältnisse August 2022,  
 OGWL0, Berechnete  
 Grundwasserströmung, Rechenlauf C -  
 Brunnen Ordenswald 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 10:01:08 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
 J:\0500543\03\_P\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_11.3\_BerechneteGrundwasserströmungRechenlaufD\_Neuerstand\_Okt2023.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum OGWL0

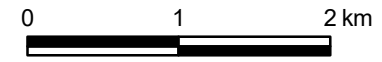
**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle

- Haupttrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Trocken berechnet

Berechnete Grundwassergleichen in  
 OGWL0, Ordenswald Entnahmen 4,0 Mio.  
 m³/a, trockene Verhältnisse [m NN]



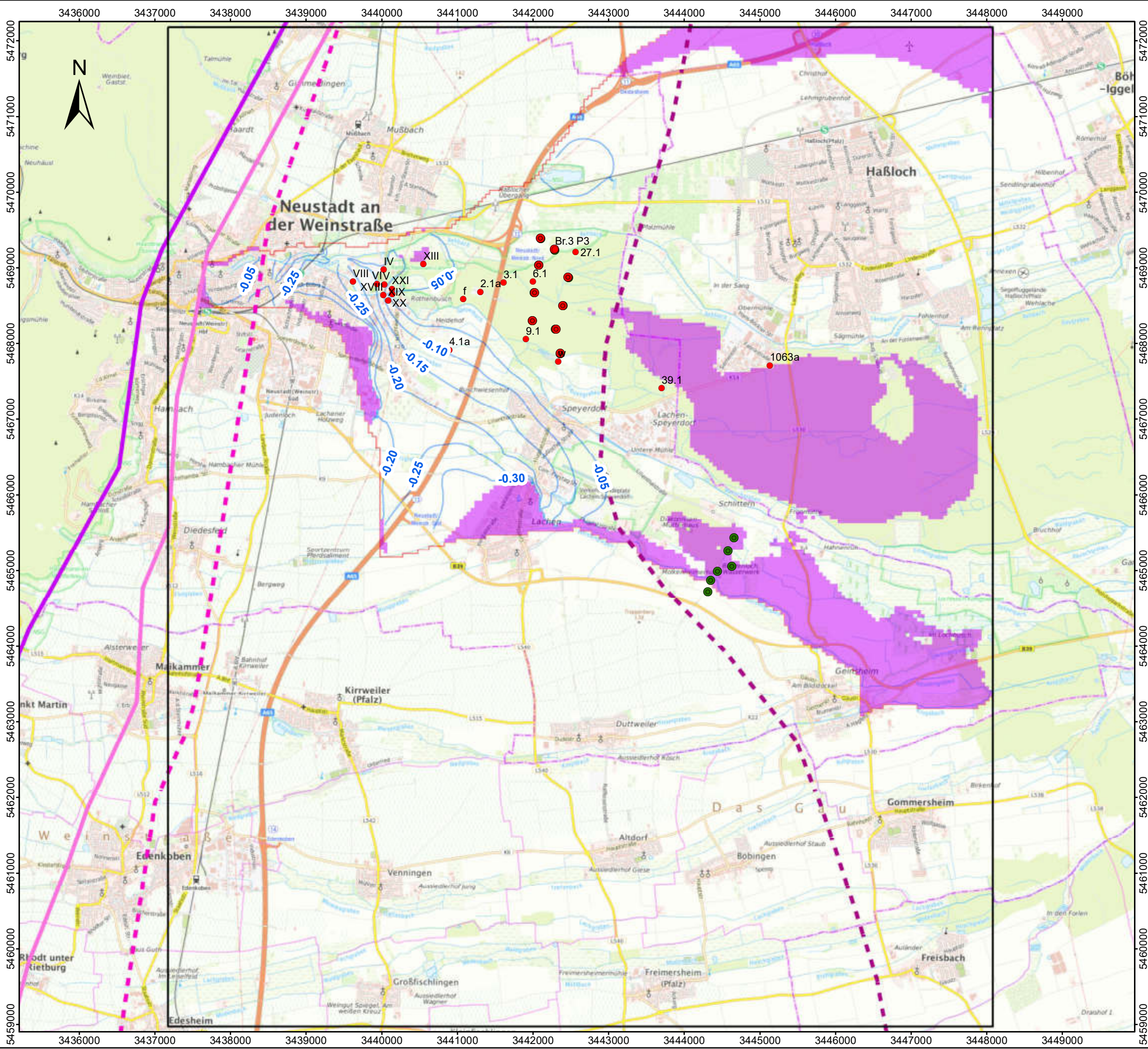
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 trockene Verhältnisse August 2022,  
 OGWL0, Berechnete  
 Grundwasserströmung, Rechenlauf D -  
 Brunnen Ordenswald 4,0 Mio. m³/a

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 10:04:34 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_11.4\_BerechneteGrundwasserstands differenzen\RechenlaufID\_Kalibrierungslauf\_Okt2023\_.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum OGWLo

**Brunnen**

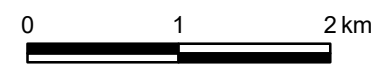
- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle

- Haupttrandrverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

- Trocken berechnet

Berechnete Grundwasserstands differenzen, Rechenlauf D – Kalibrierungslauf, OGWLo, trockene Verhältnisse [m]



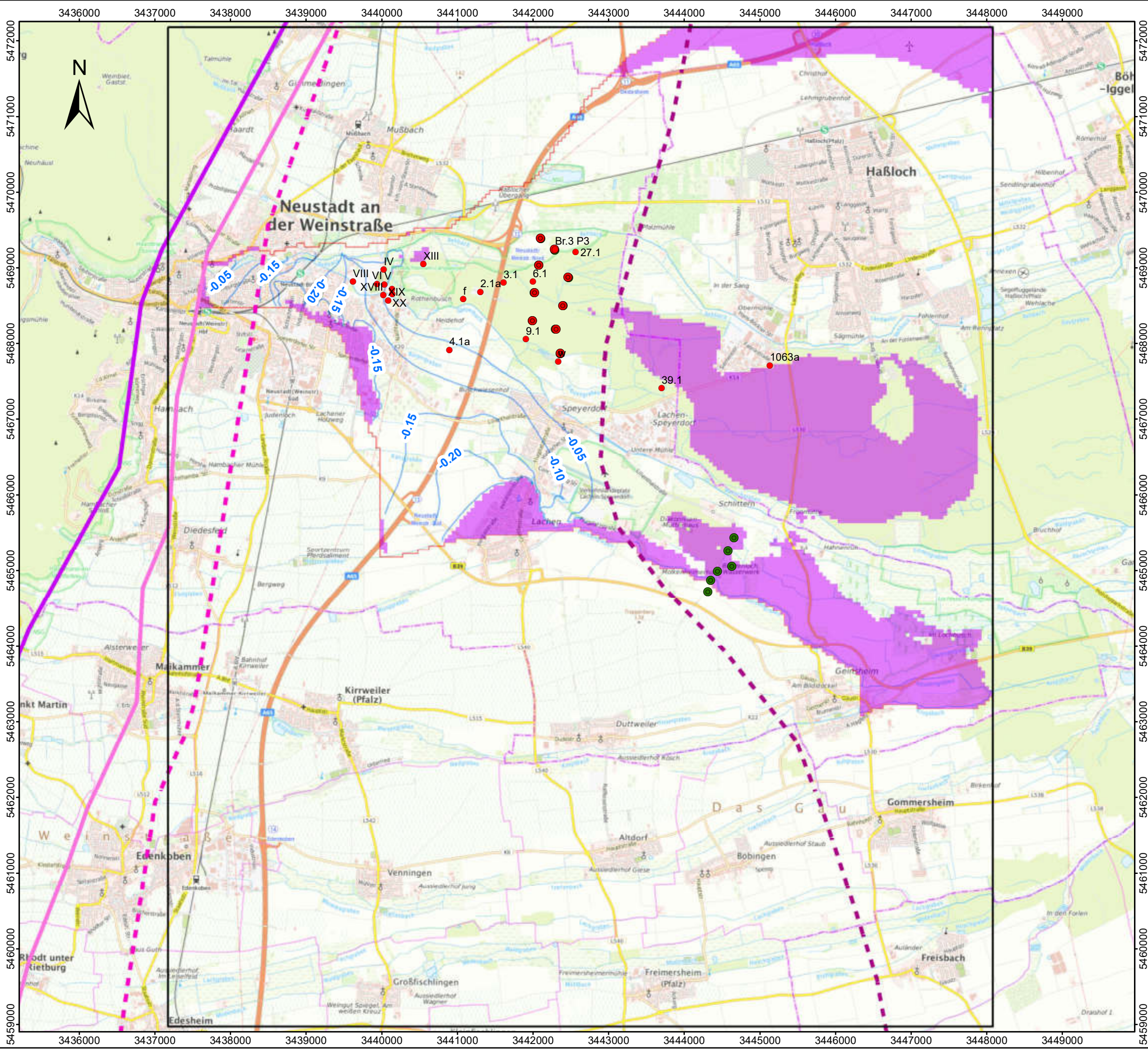
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



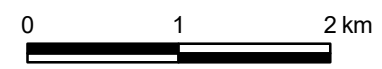
Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 trockene Verhältnisse August 2022,  
 OGWLo, Berechnete  
 Grundwasserstands differenzen,  
 Rechenlauf D - Kalibrierungslauf

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 10:05:59 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_11.5\_Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf D - Rechenlauf C\_Okt2023.mxd, 38,0cm x 25,7cm



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Modellraum OGWLo
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
- Grundwassermessstelle
- Haupttrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
- Trocken berechnet
- Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf D – Rechenlauf C, OGWLo, Trockene Verhältnisse [m]

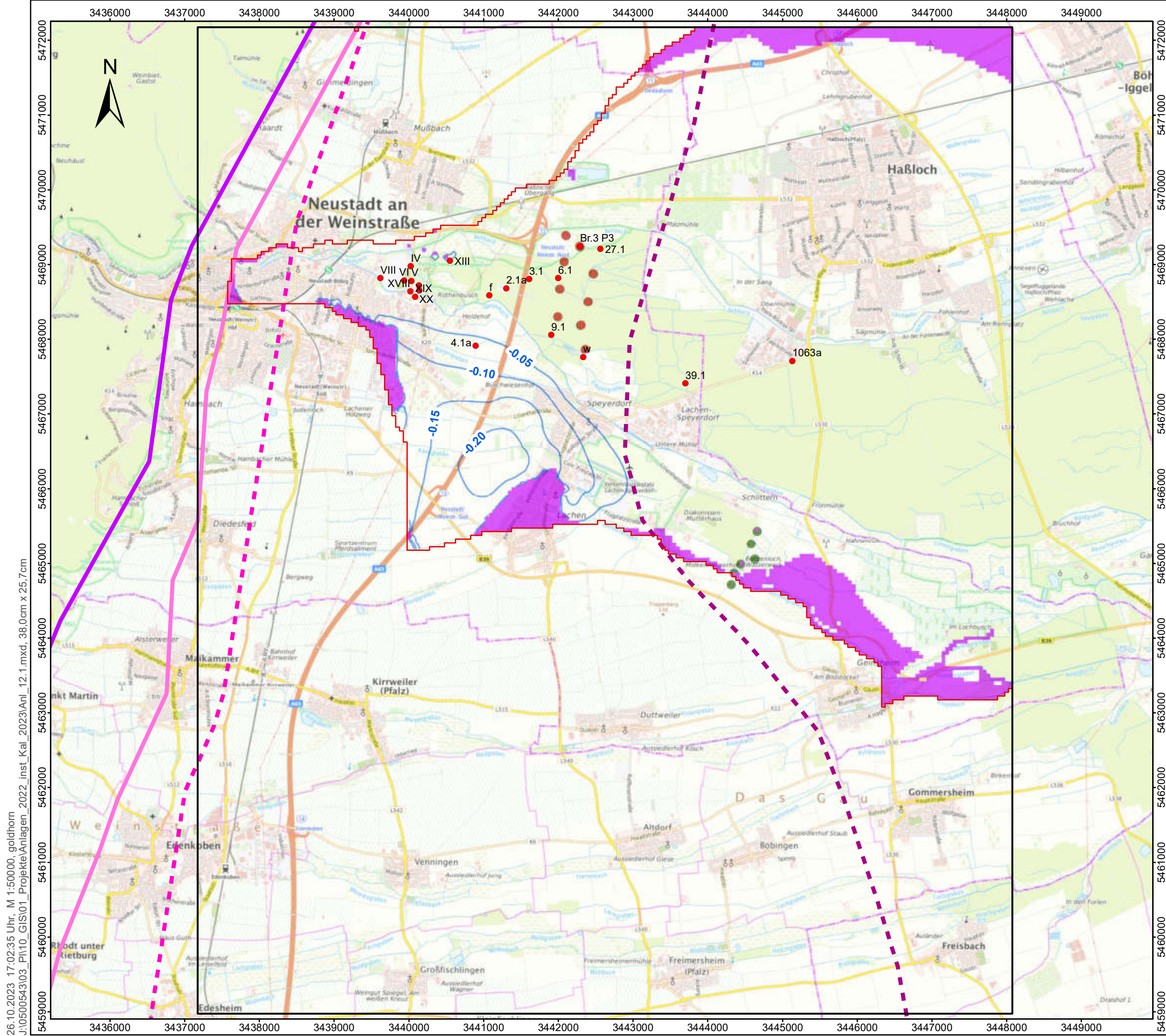


Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

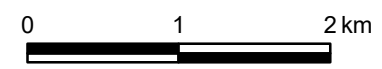


Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 trockene Verhältnisse August 2022,  
 OGWLo, Berechnete  
 Grundwasserstandsdifferenzen,  
 Rechenlauf D - Rechenlauf C

M.: 1:50,000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Modellraum OGWL0
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
- Grundwassermessstelle
- Haupttrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
- Trocken berechnet
- berechnete Grundwasserstands-differenzen  
 Rechenlauf F - Rechenlauf E ,Stationäre  
 Berechnung, OGWL0 [m]



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

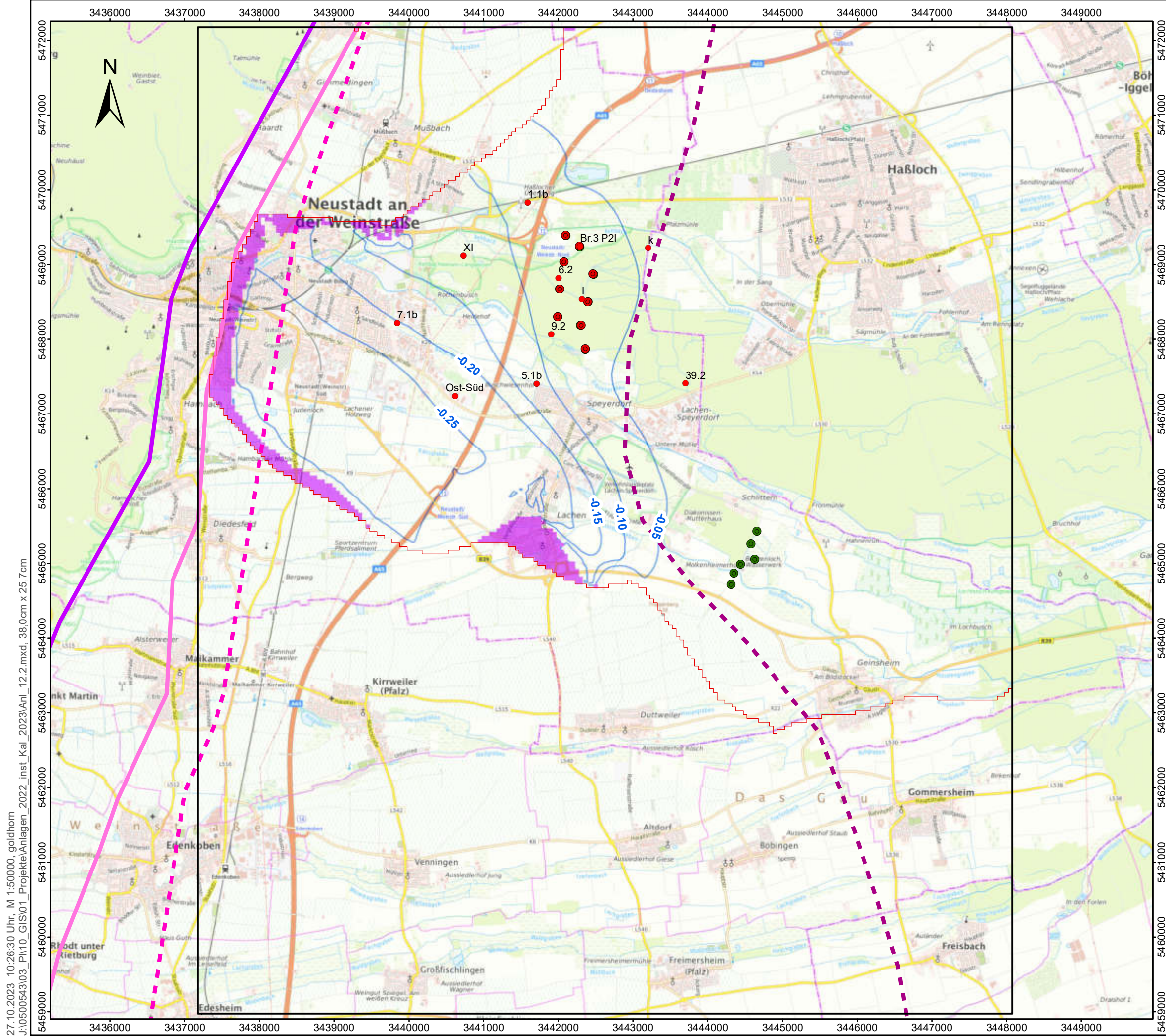


Stationäre Berechnung mittlere hydrologische Verhältnisse,  
 Berechnete Grundwasserstands-differenzen, Rechenlauf F - Rechenlauf E  
 OGWL0

M.: 1:50,000	Okt. 2023	05005.43
--------------	-----------	----------

26.10.2023 17:02:35 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
 J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_12.1.mxd, 38,0cm x 25,7cm





**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum OGWLu

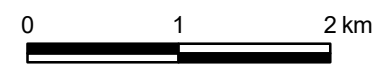
**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle

- Haupttrandrverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch
- Trockenberechnet

Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen  
 Rechenlauf F - Rechenlauf E, Stationäre  
 Berechnung, OGWLu [m]



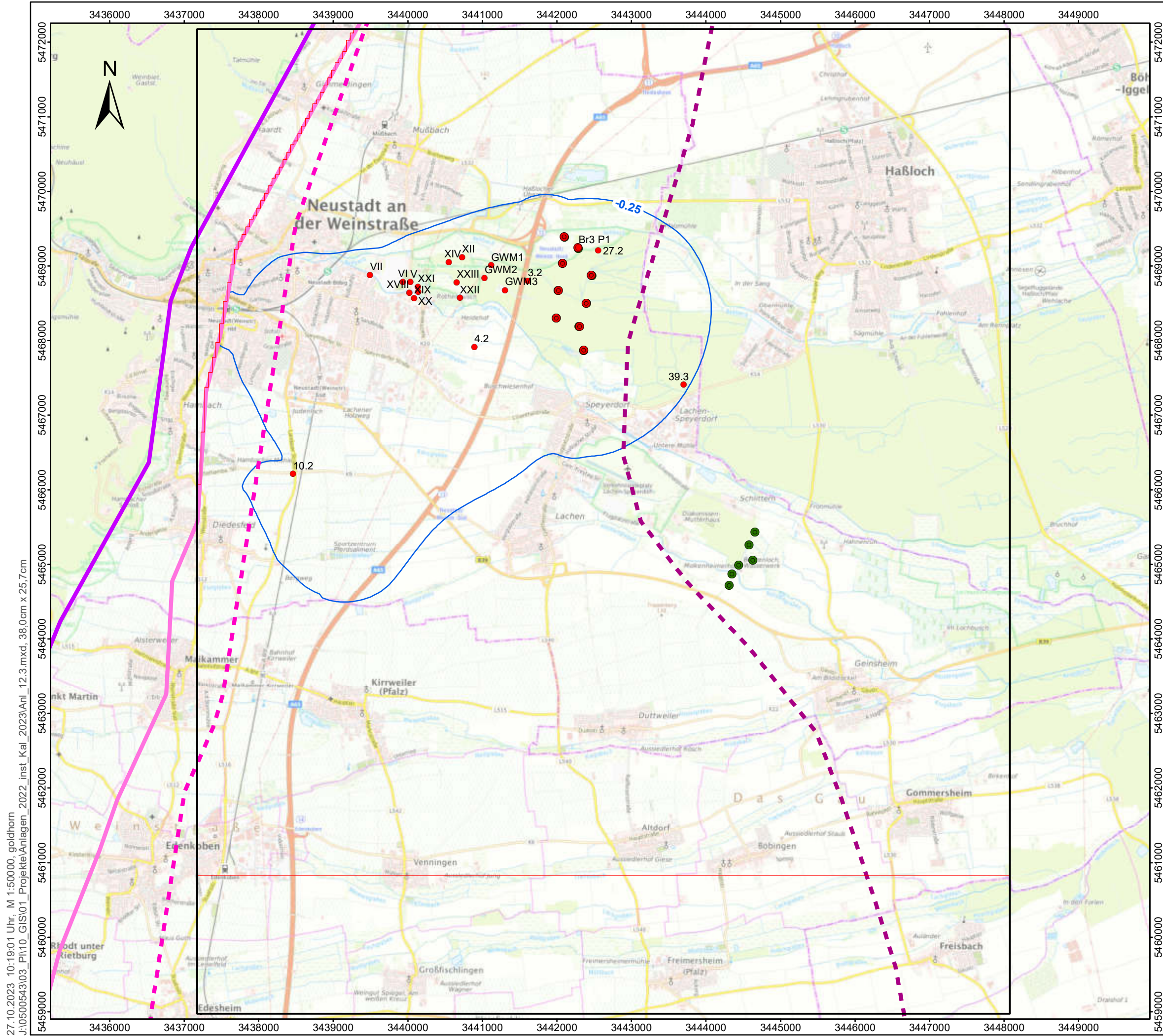
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



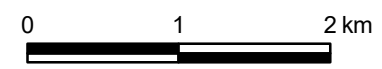
Stationäre Berechnung mittlere hydrologische Verhältnisse, Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf F - Rechenlauf E OGWLu

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 10:26:30 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
 J:\0500543103\_P110\_GIS01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_12.2.mxd, 38,0cm x 25,7cm



- Zeichenerklärung**
- Modellraum
  - Modellraum MGWL
- Brunnen**
- Brunnen Ordenswald
  - Brunnen Benzenloch
- Grundwassermessstelle
- Haupttrandverwerfung
  - Randscholleverwerfung
  - Zwischenschollenverwerfung
  - Grabenstaffelbruch
- Berechnete Grundwasserstands-differenzen  
 Rechenlauf F - Rechenlauf E, Stationäre  
 Berechnung, MGWL [m]



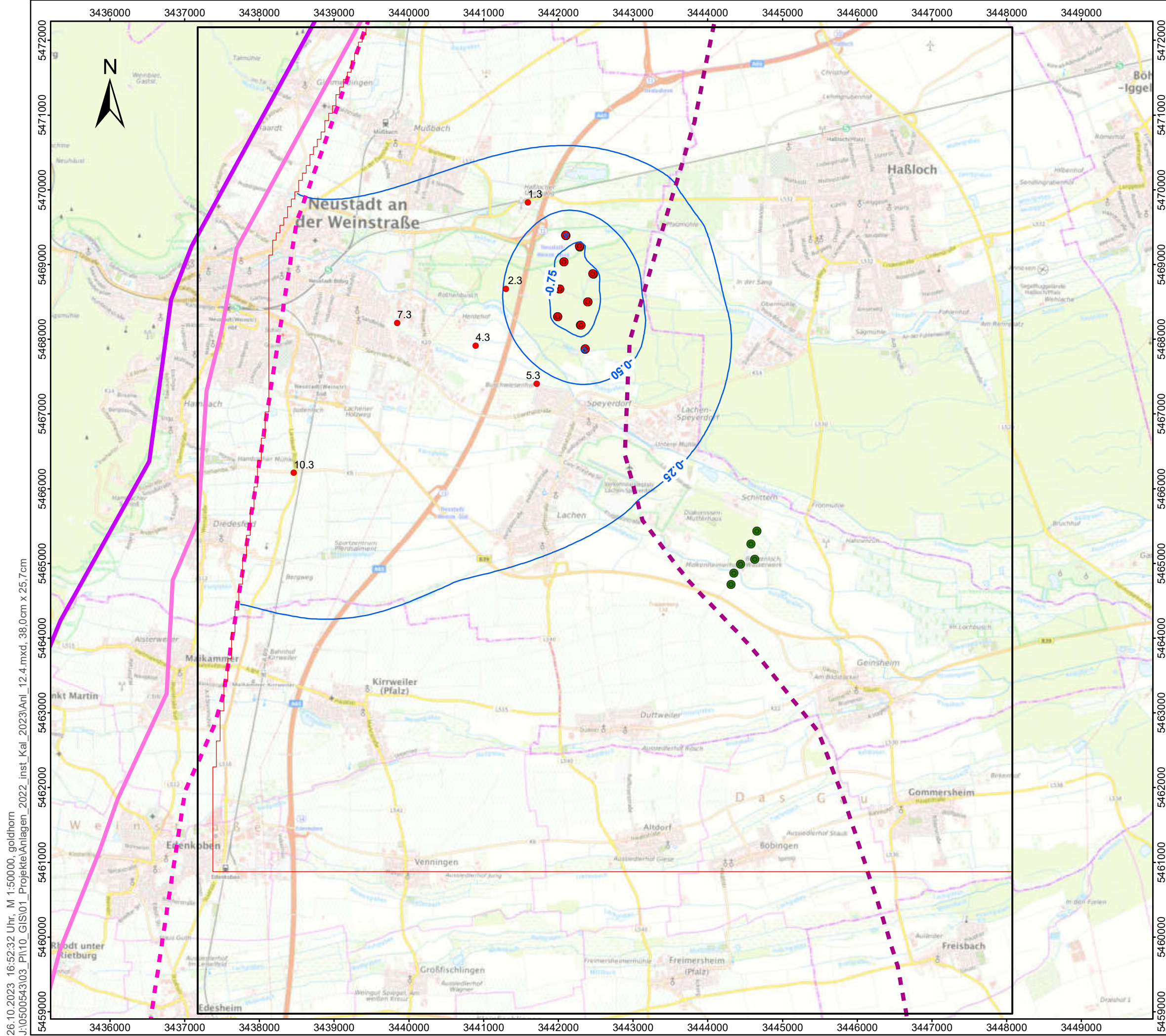
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Stationäre Berechnung mittlere hydrologische Verhältnisse, berechnete Grundwasserstands-differenzen, Rechenlauf F - Rechenlauf E MGWL

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

27.10.2023 10:19:01 Uhr, M 1:50000, goldthorn  
 J:\0500543\03\_P\110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_12.3.mxd, 38,0cm x 25,7cm



**Zeichenerklärung**

- Modellraum
- Modellraum UGWL

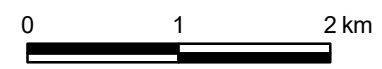
**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle

- Haupttrandrverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen  
 Rechenlauf F - Rechenlauf E, Stationäre  
 berechnung UGWL [m]



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3

Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2022,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)

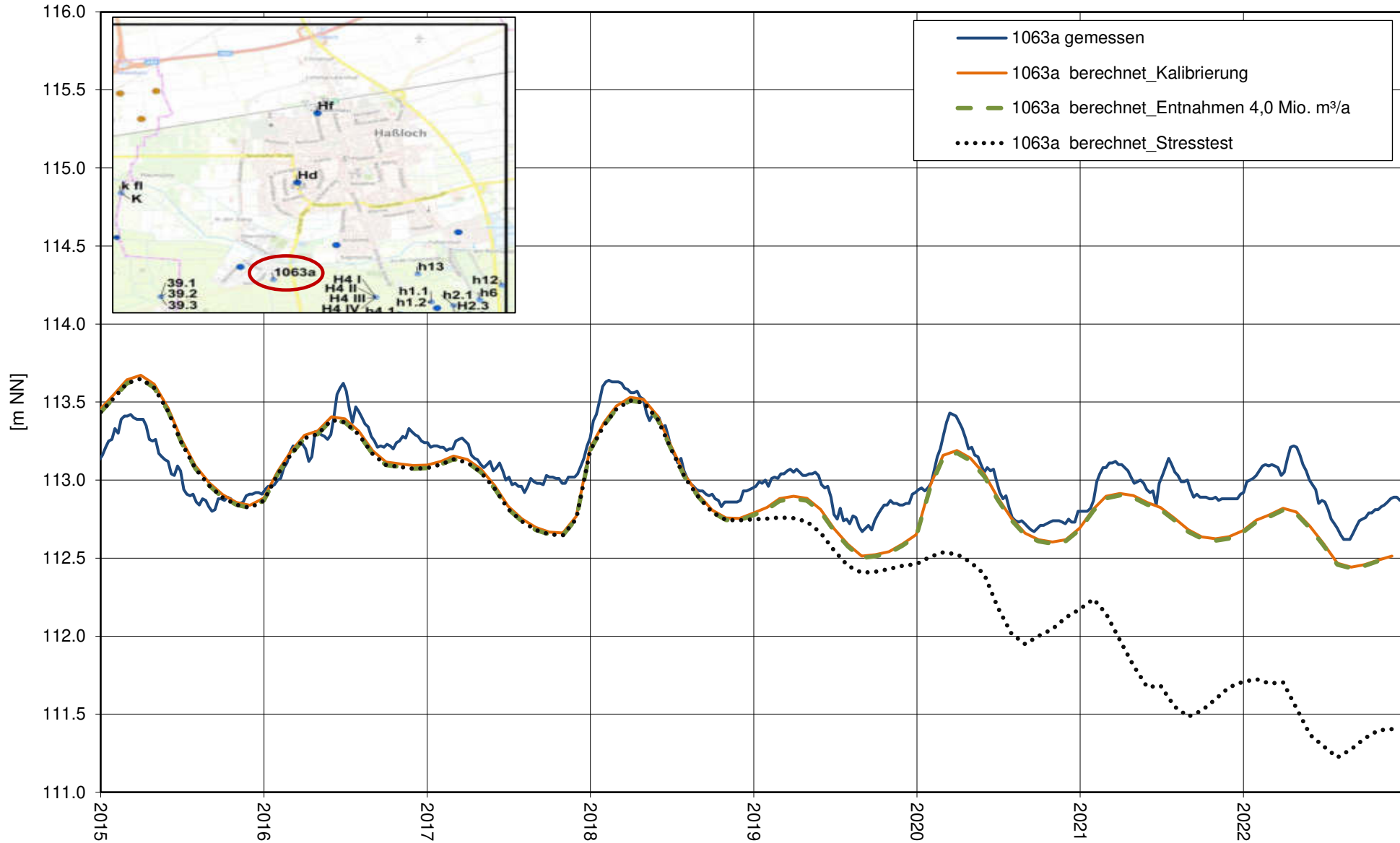


Stationäre Berechnung mittlere hydrologische Verhältnisse, berechnete Grundwasserstandsdifferenzen, Rechenlauf F - Rechenlauf E UGWL

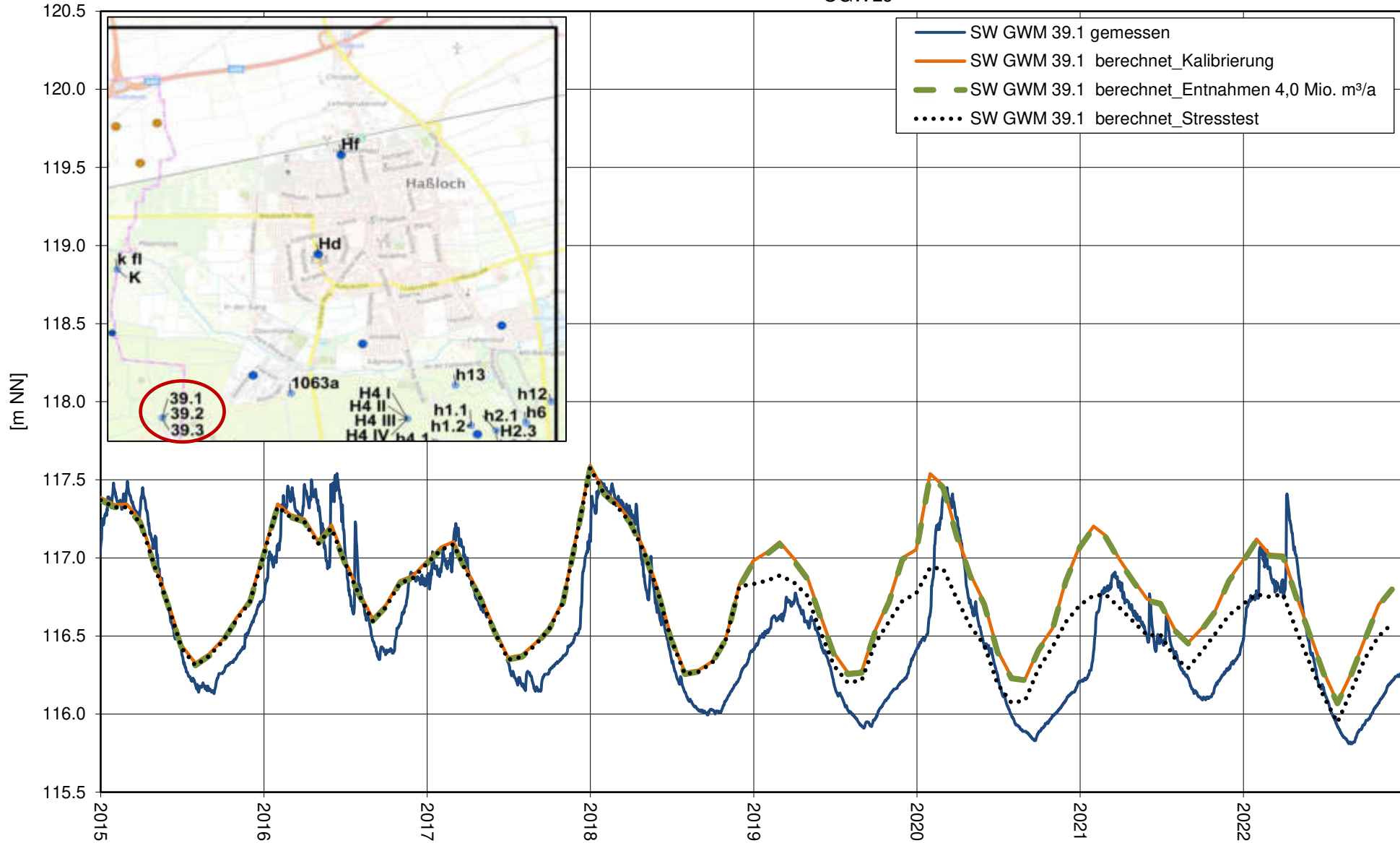
M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

26.10.2023 16:52:32 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543103\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_12.4.mxd, 38,0cm x 25,7cm

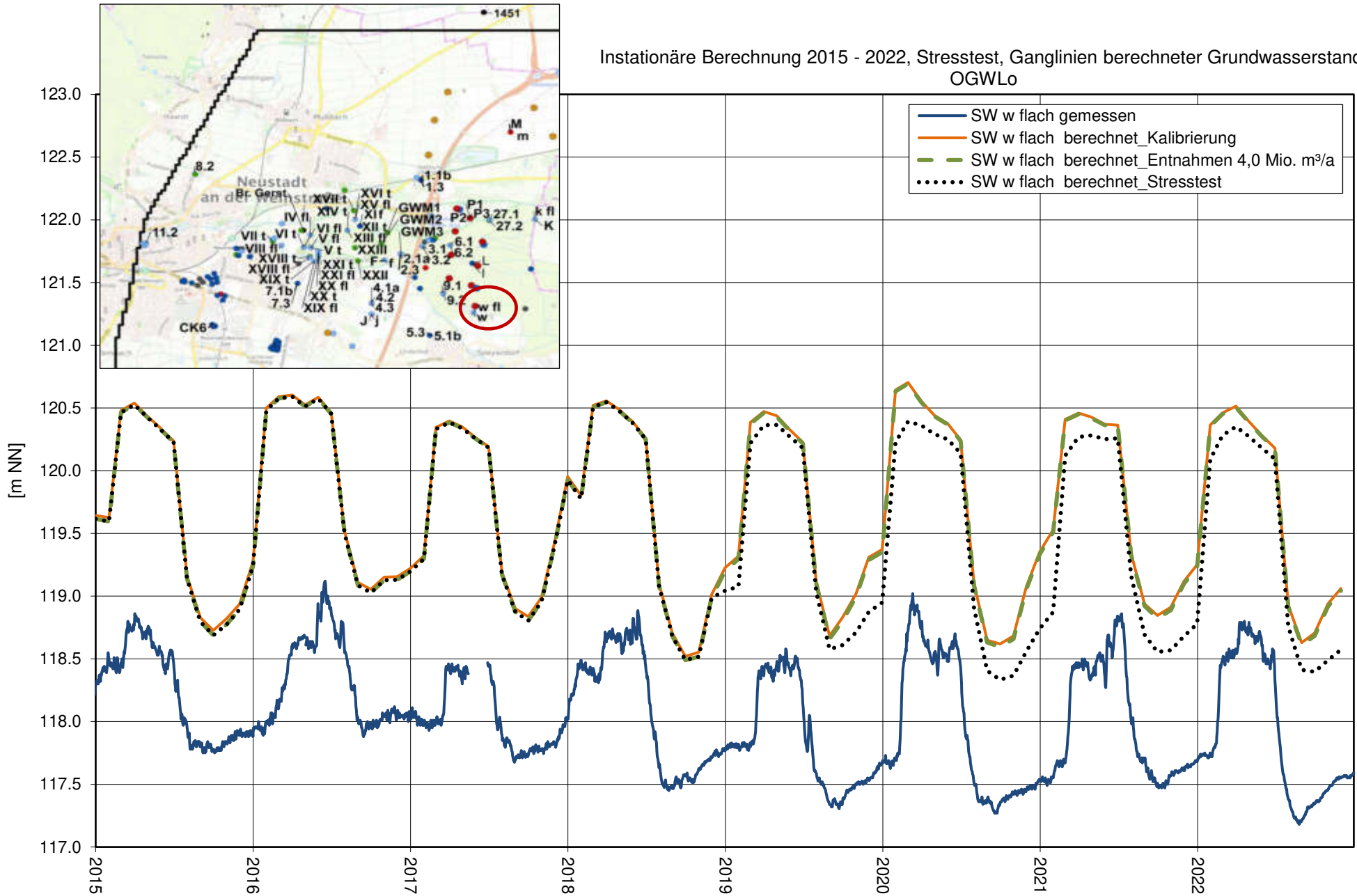
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



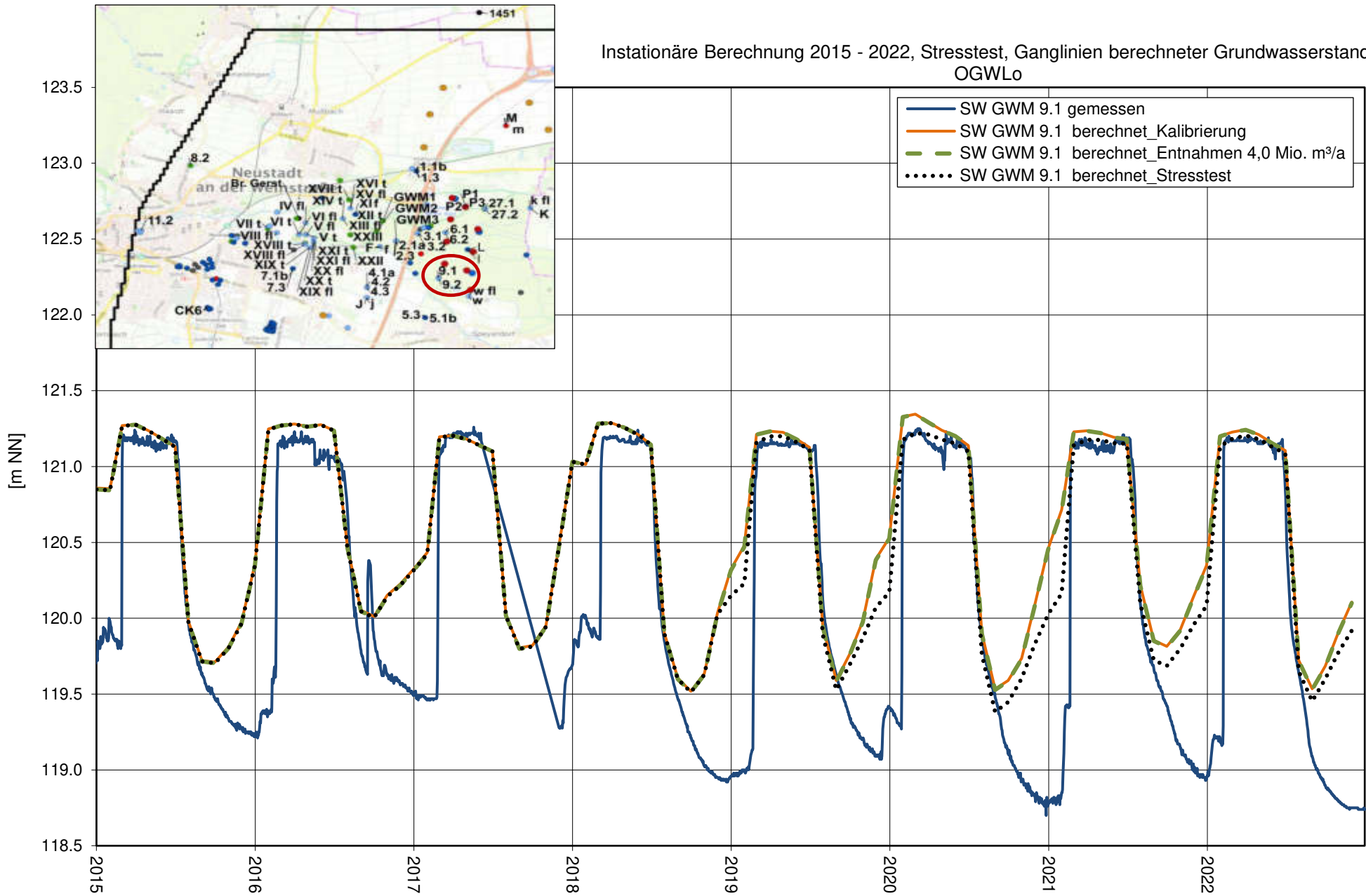
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
OGWLo



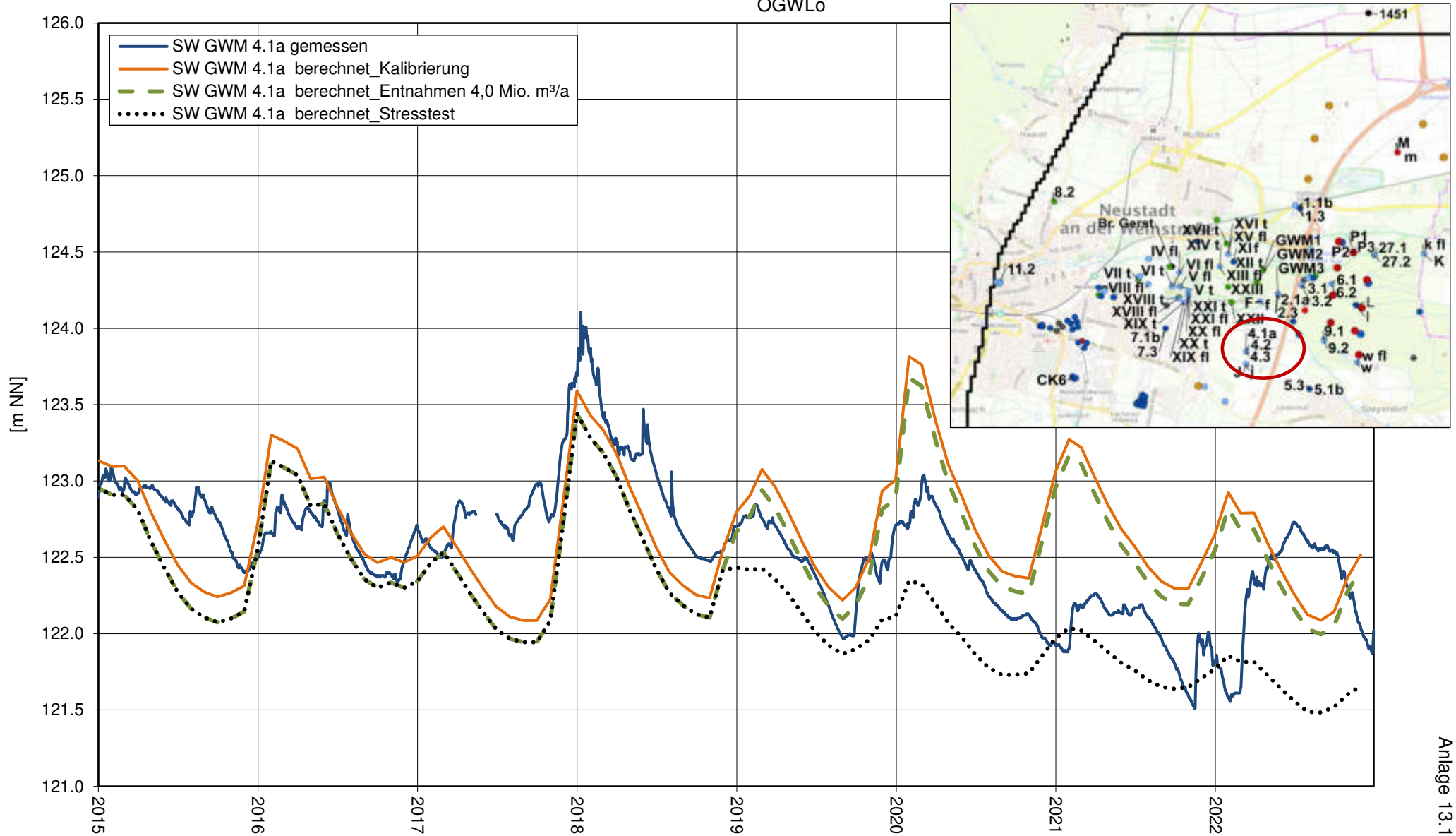
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>

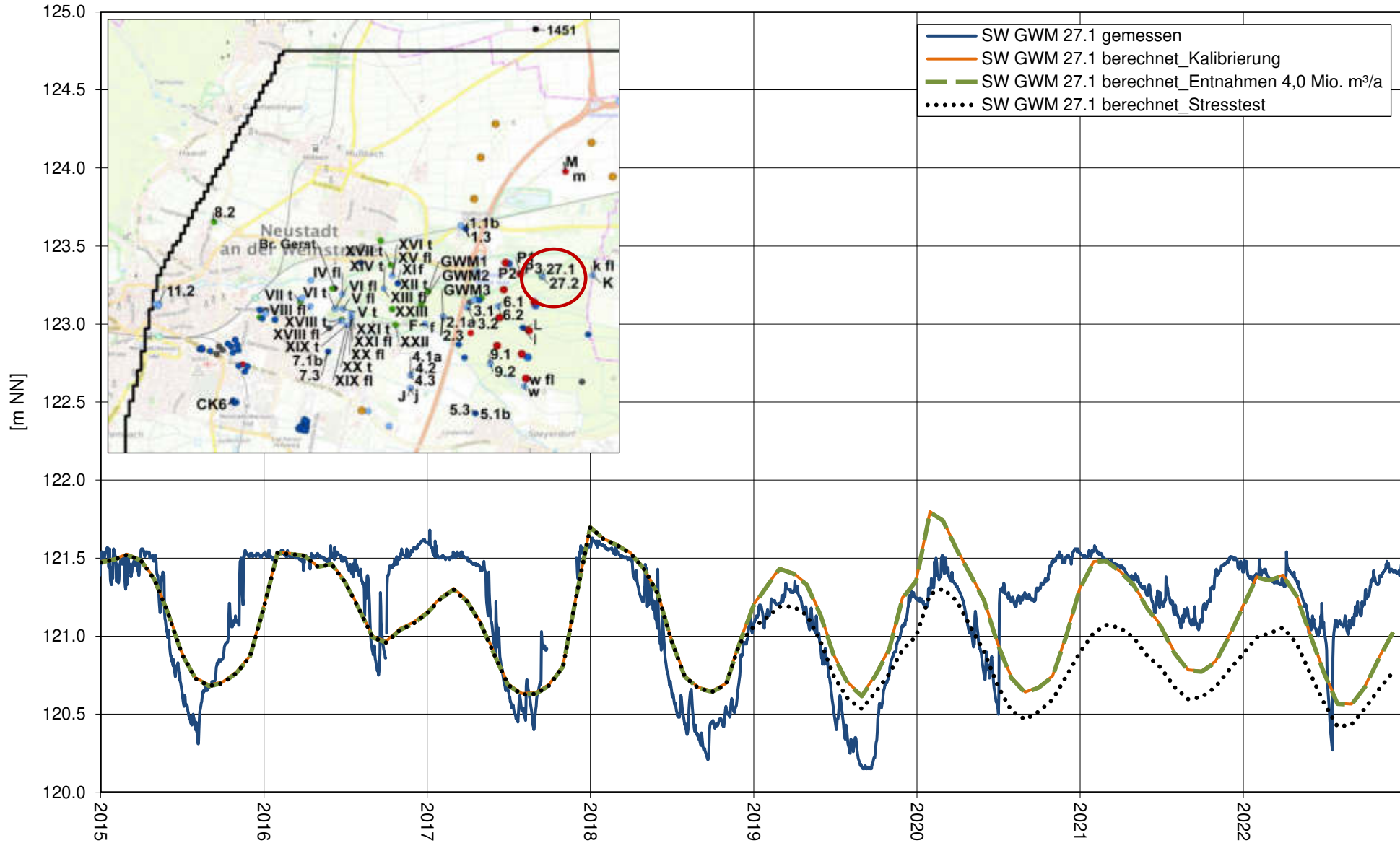


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo

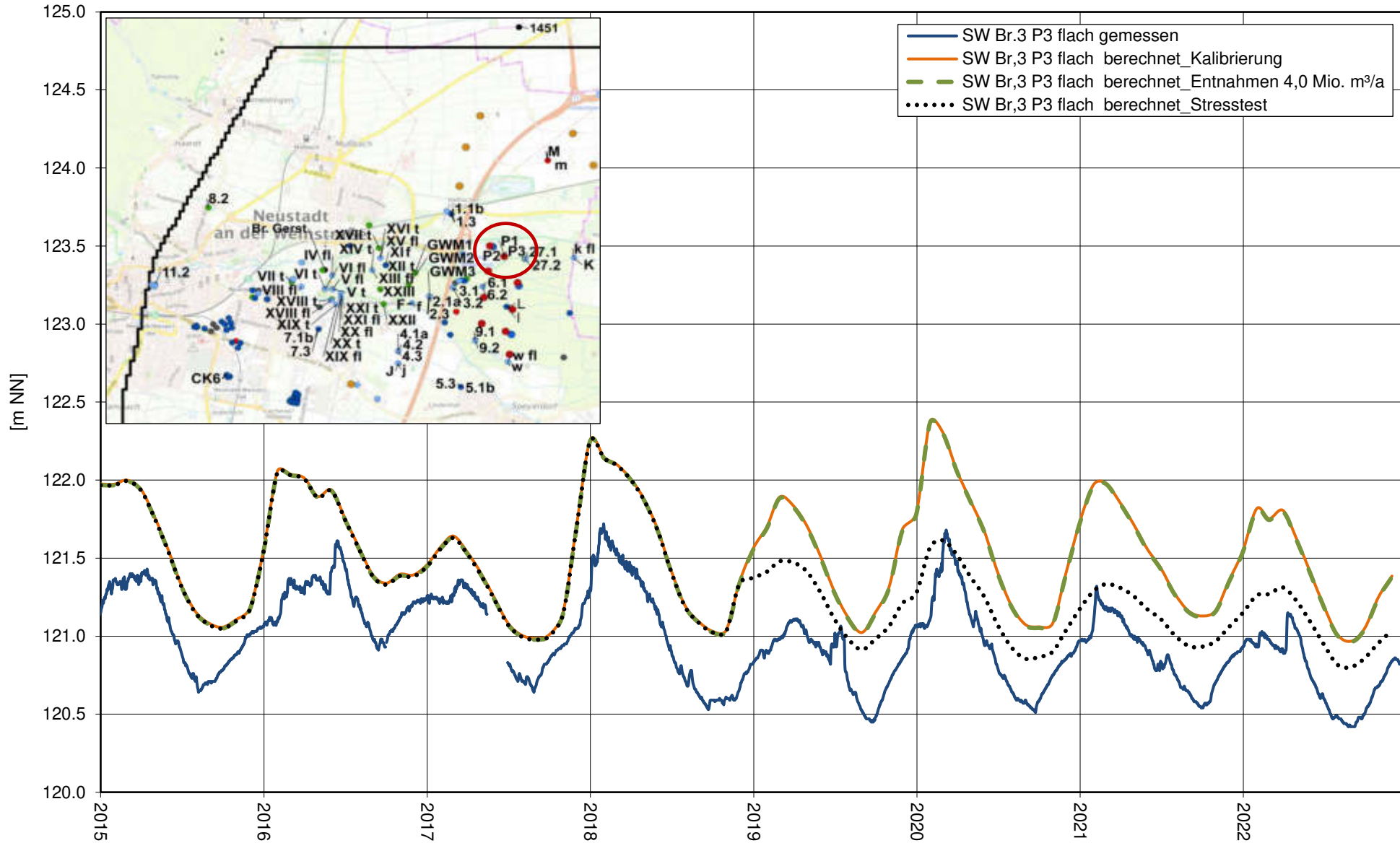




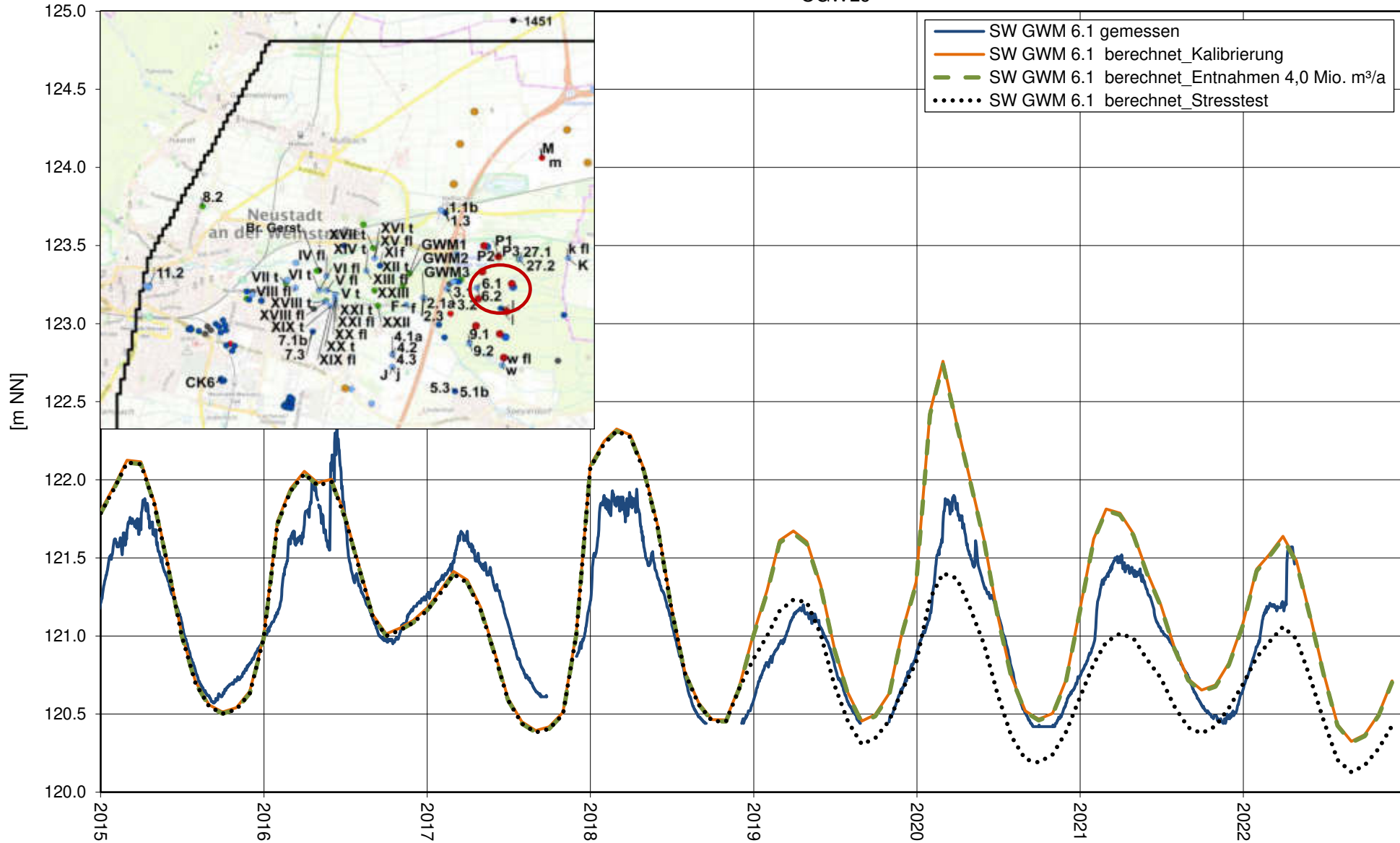
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



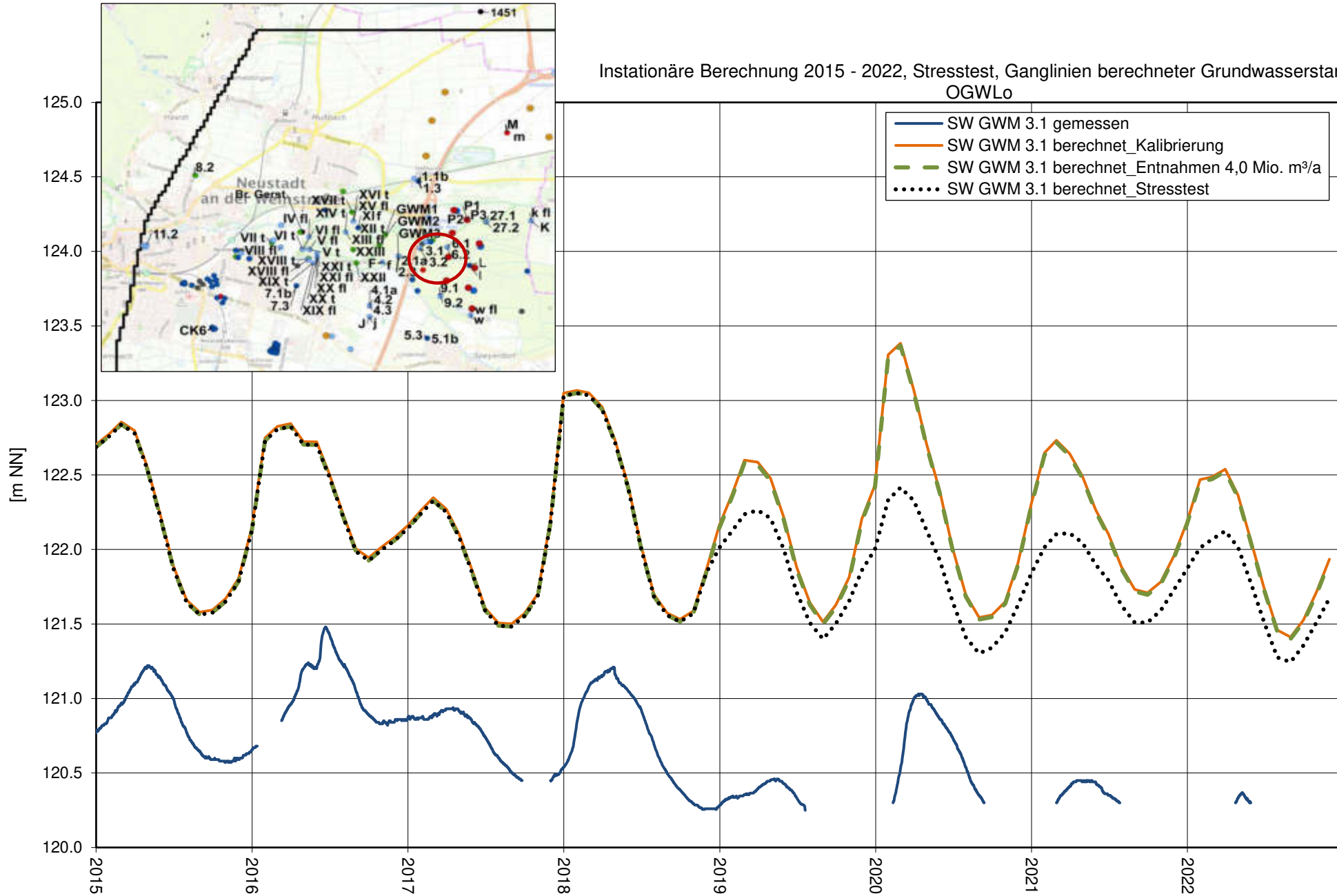
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



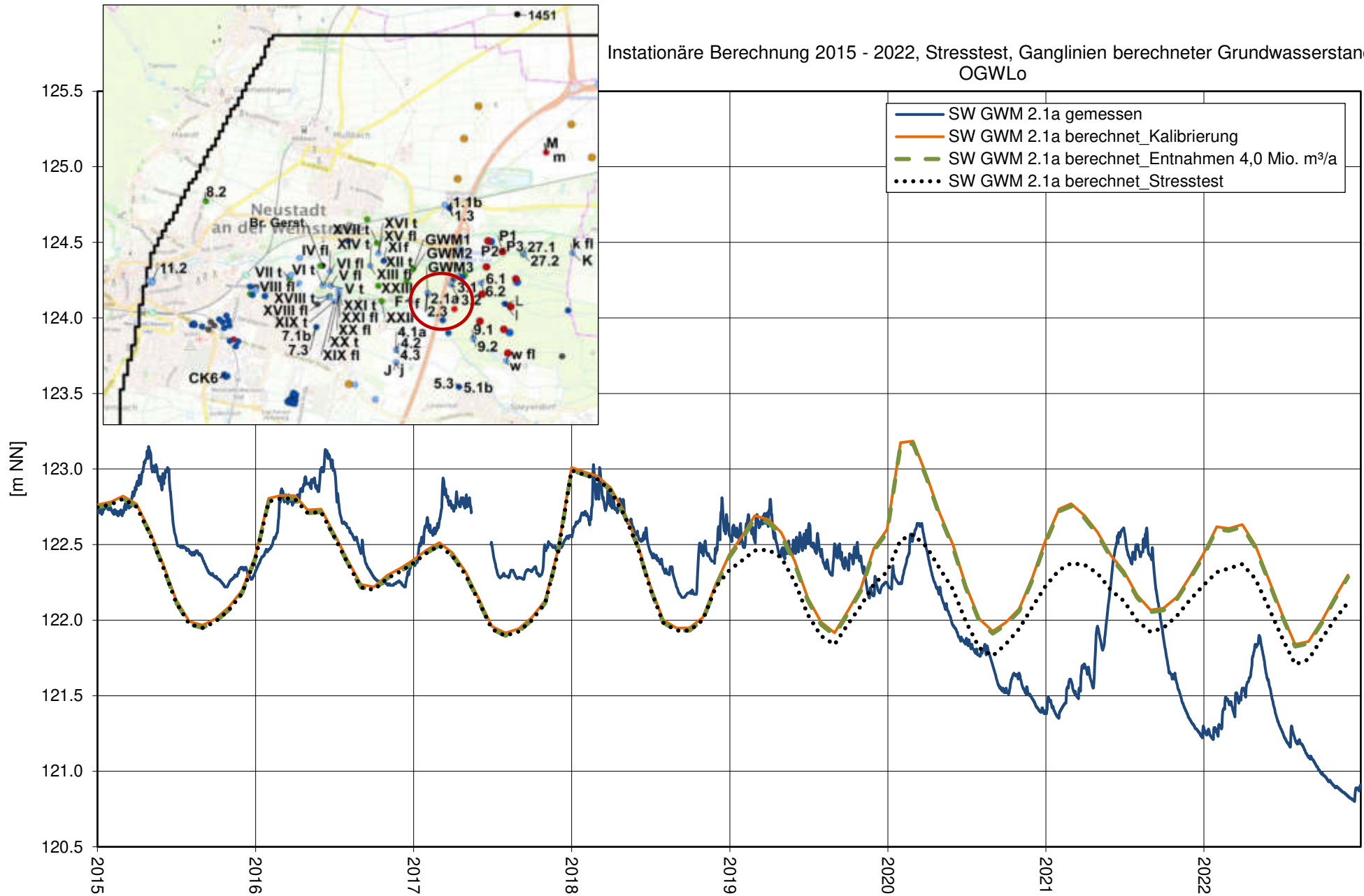
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



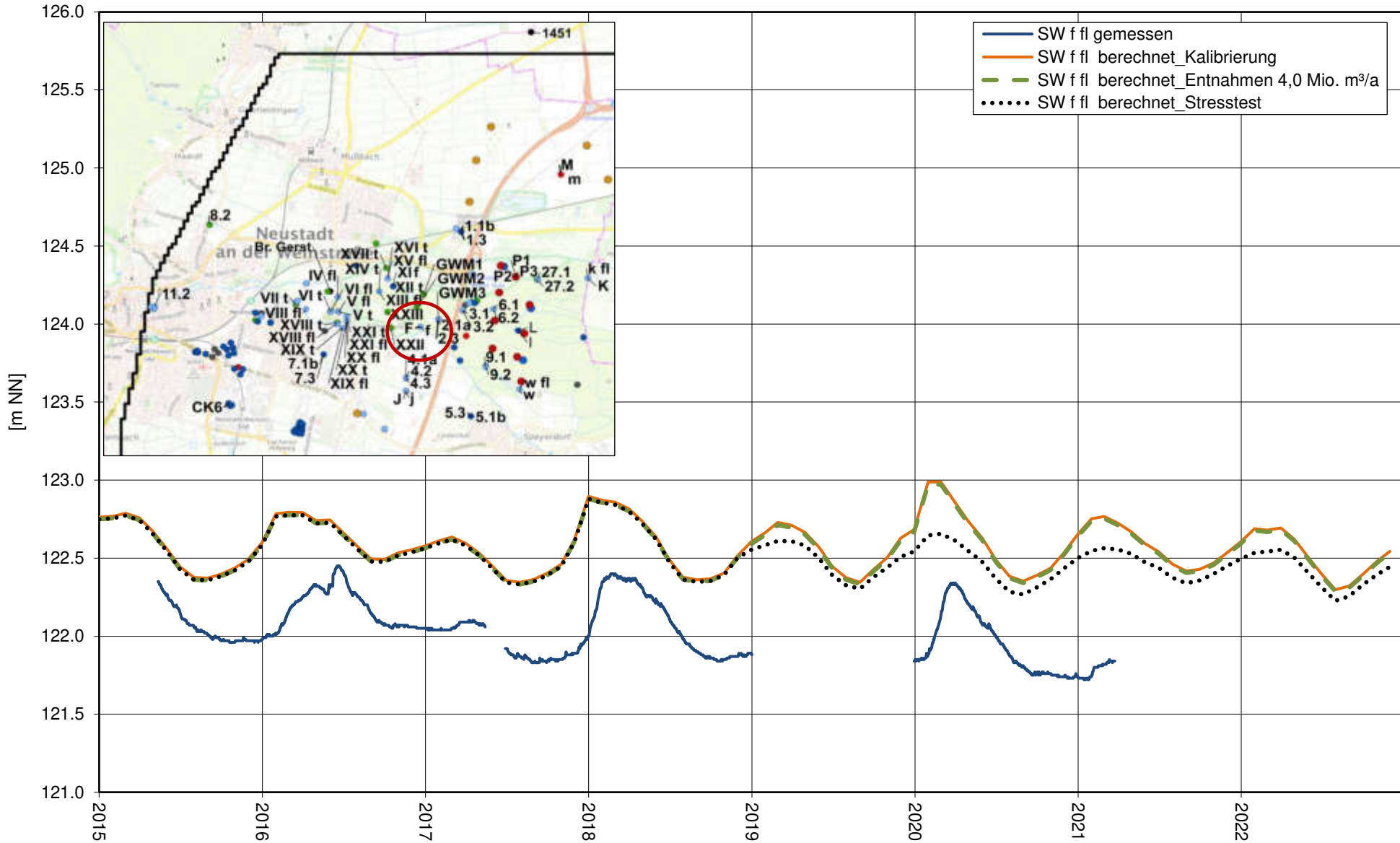
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



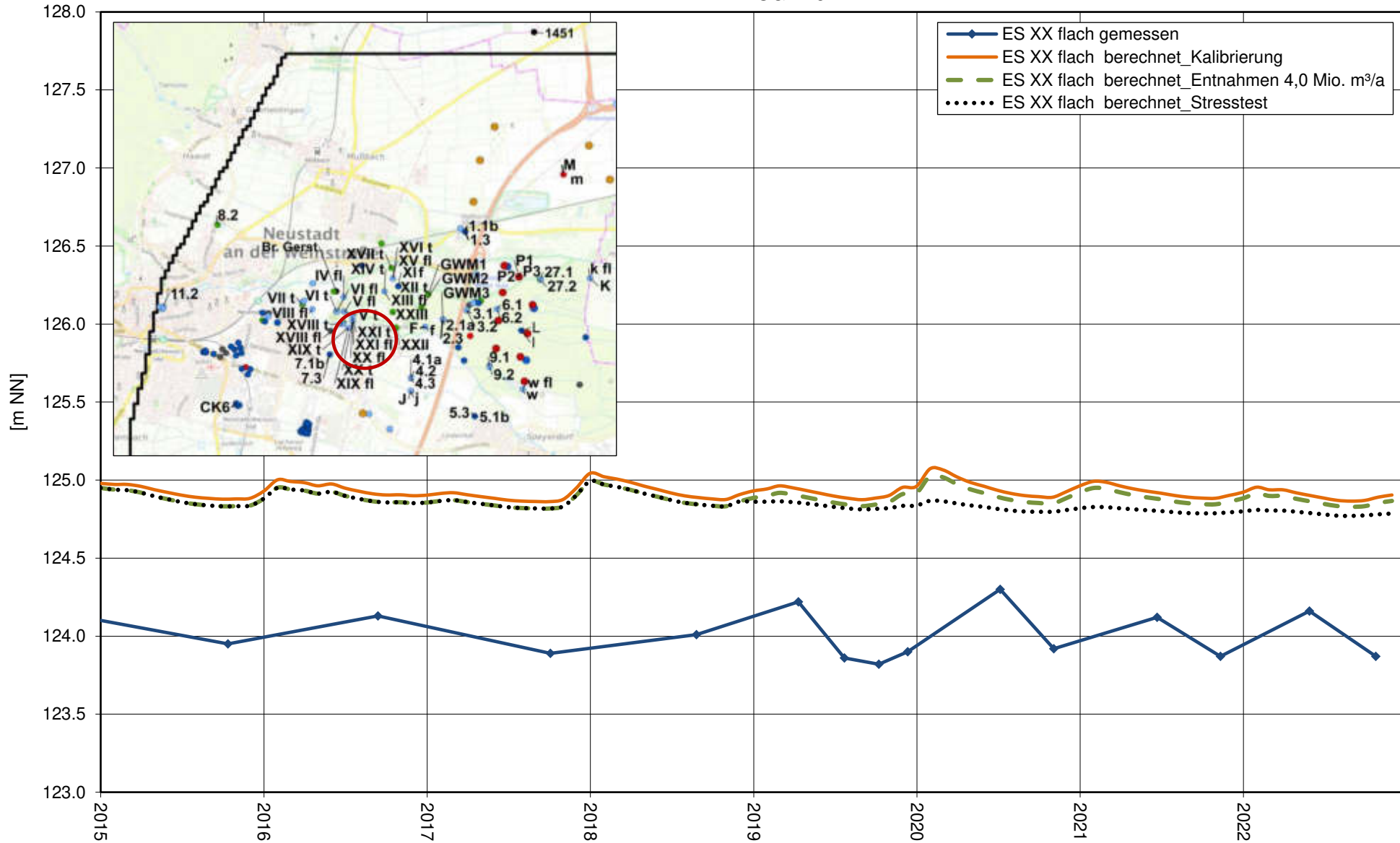
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLo



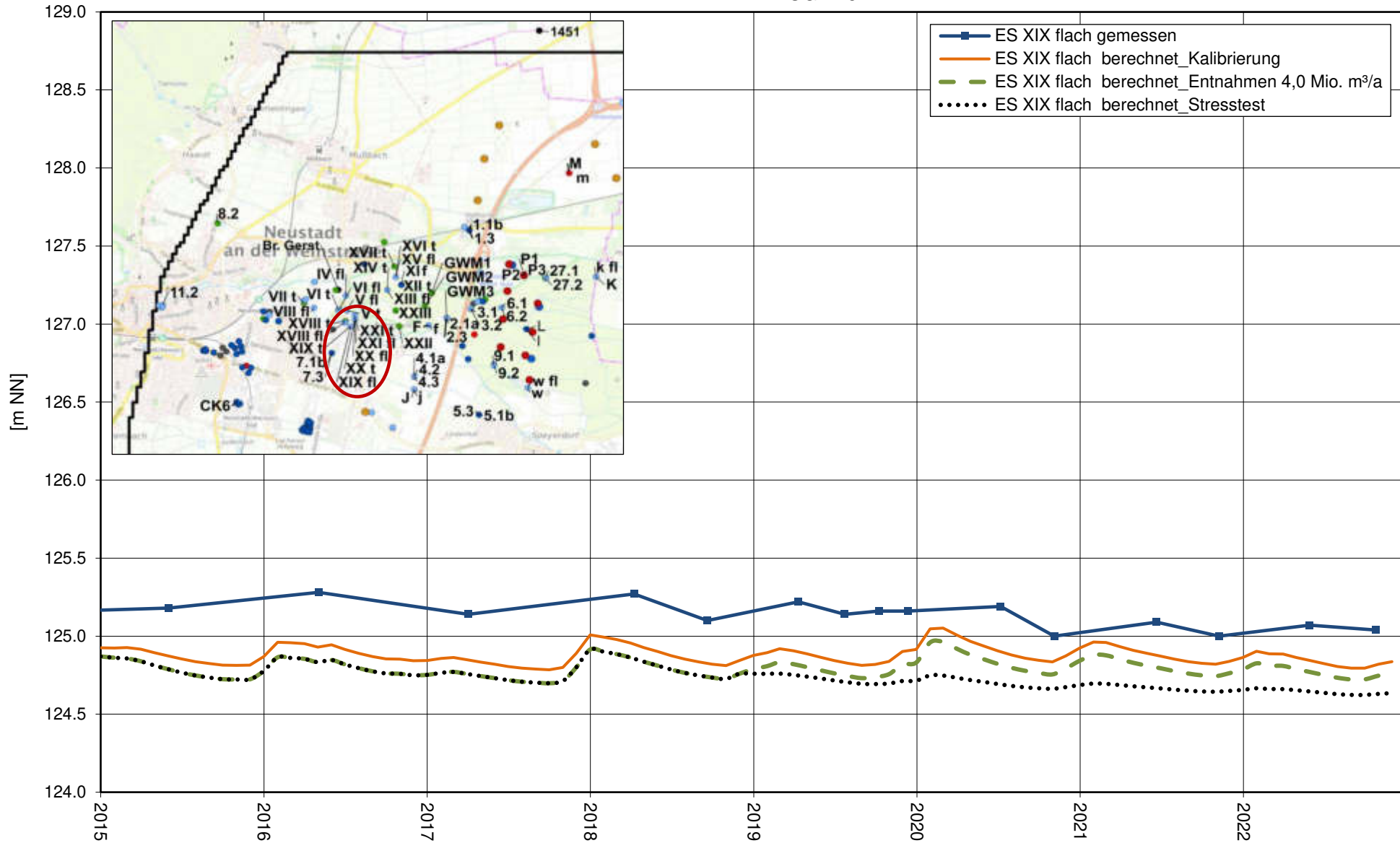
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo

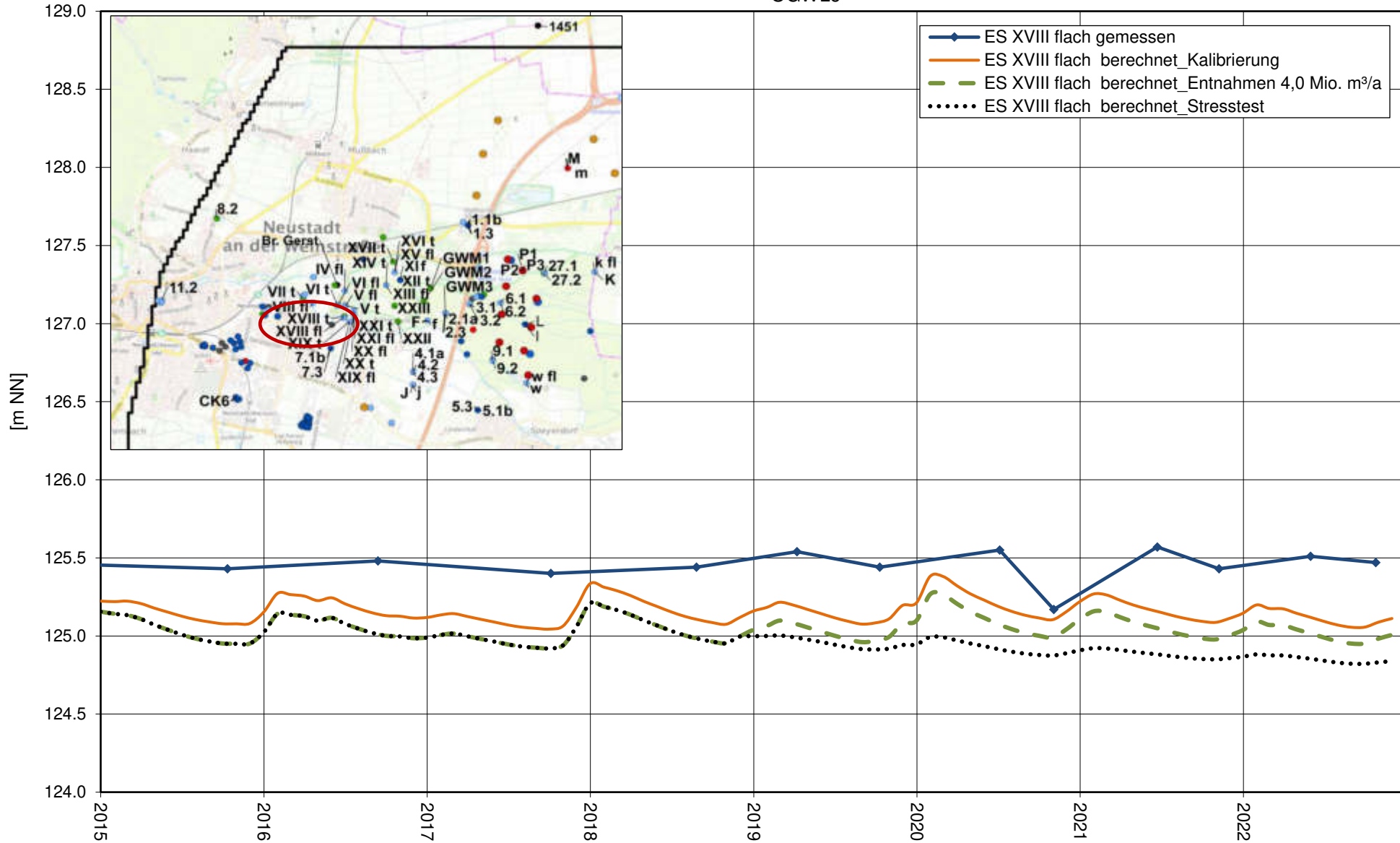


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0

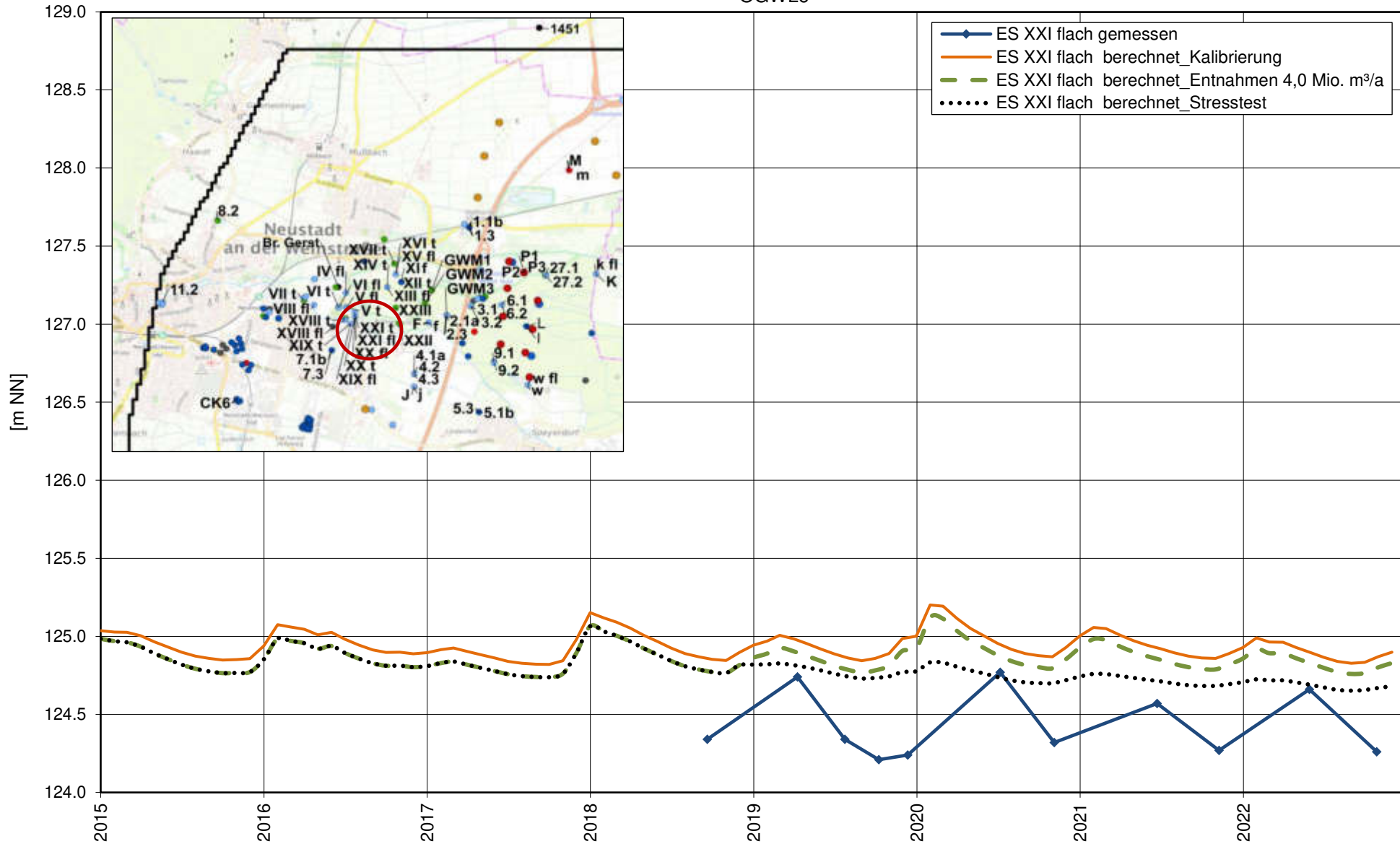




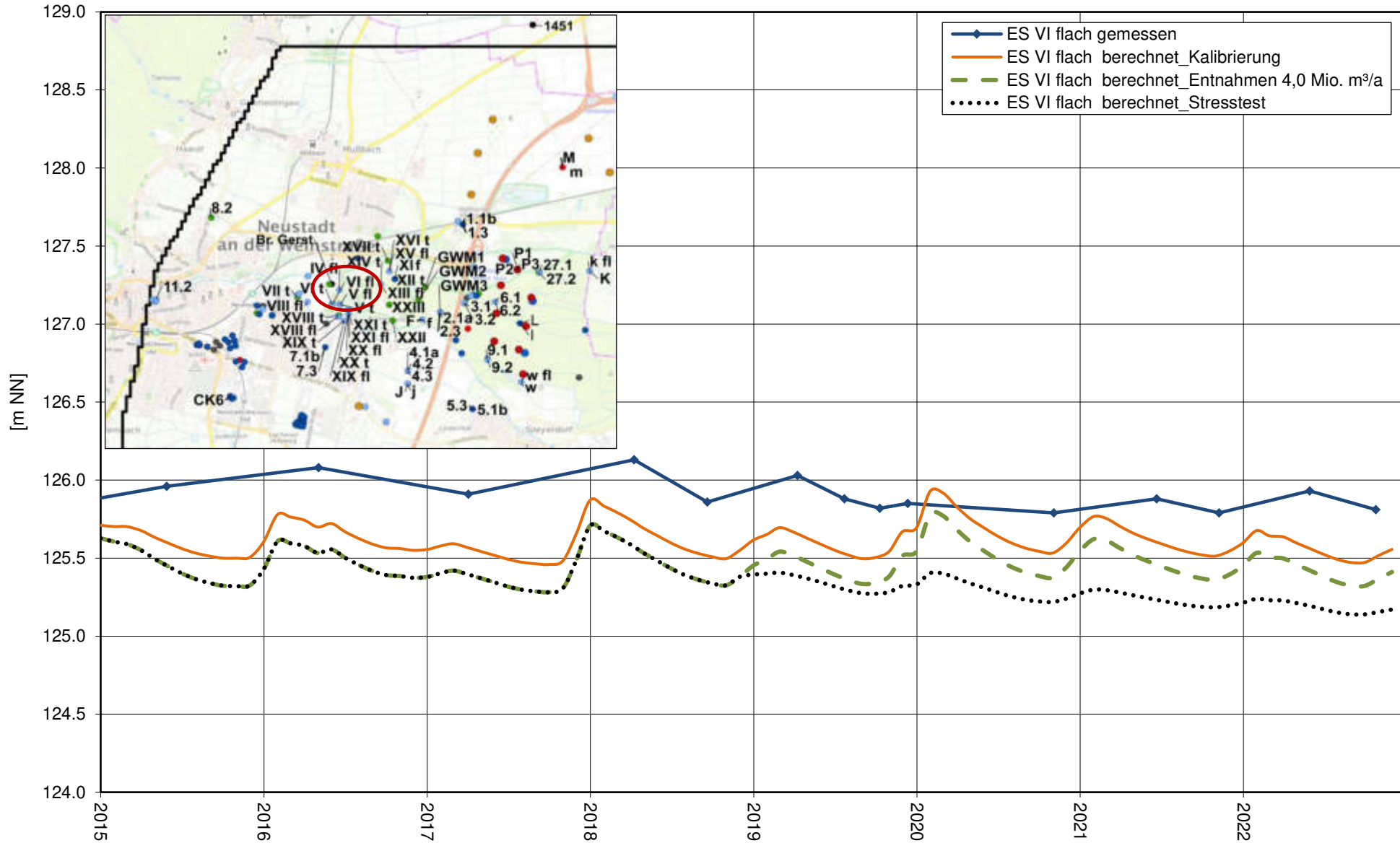
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



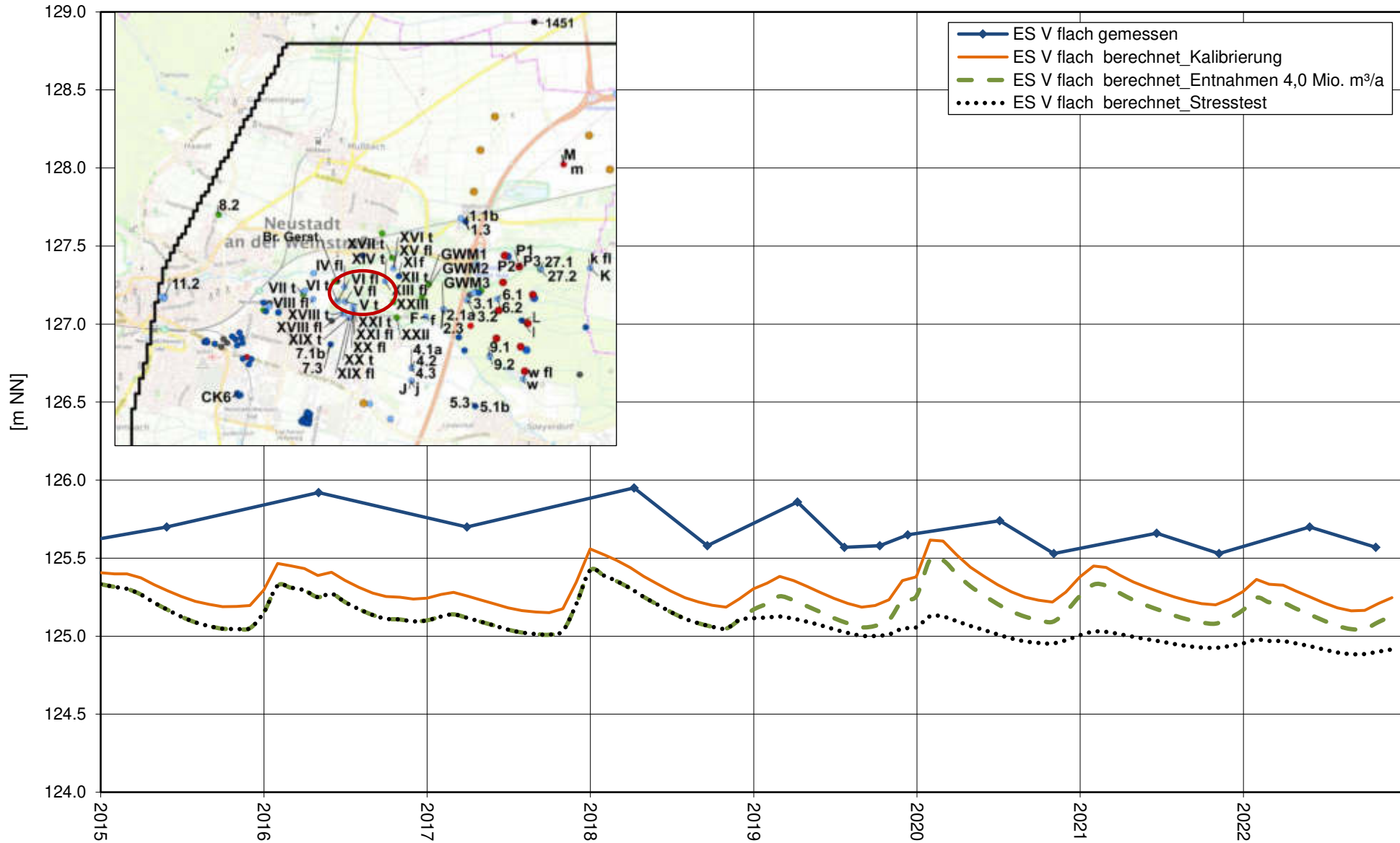
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



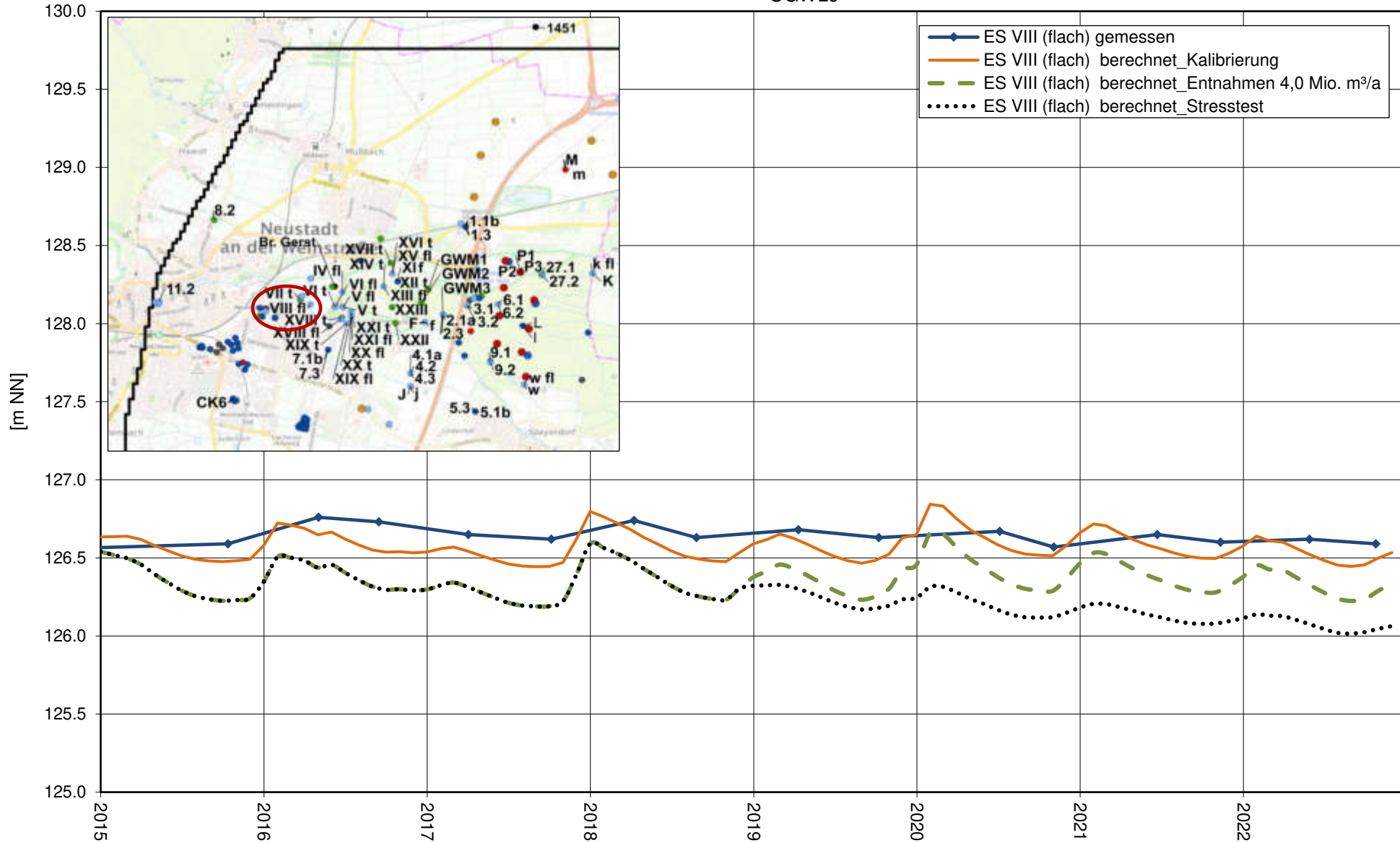
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



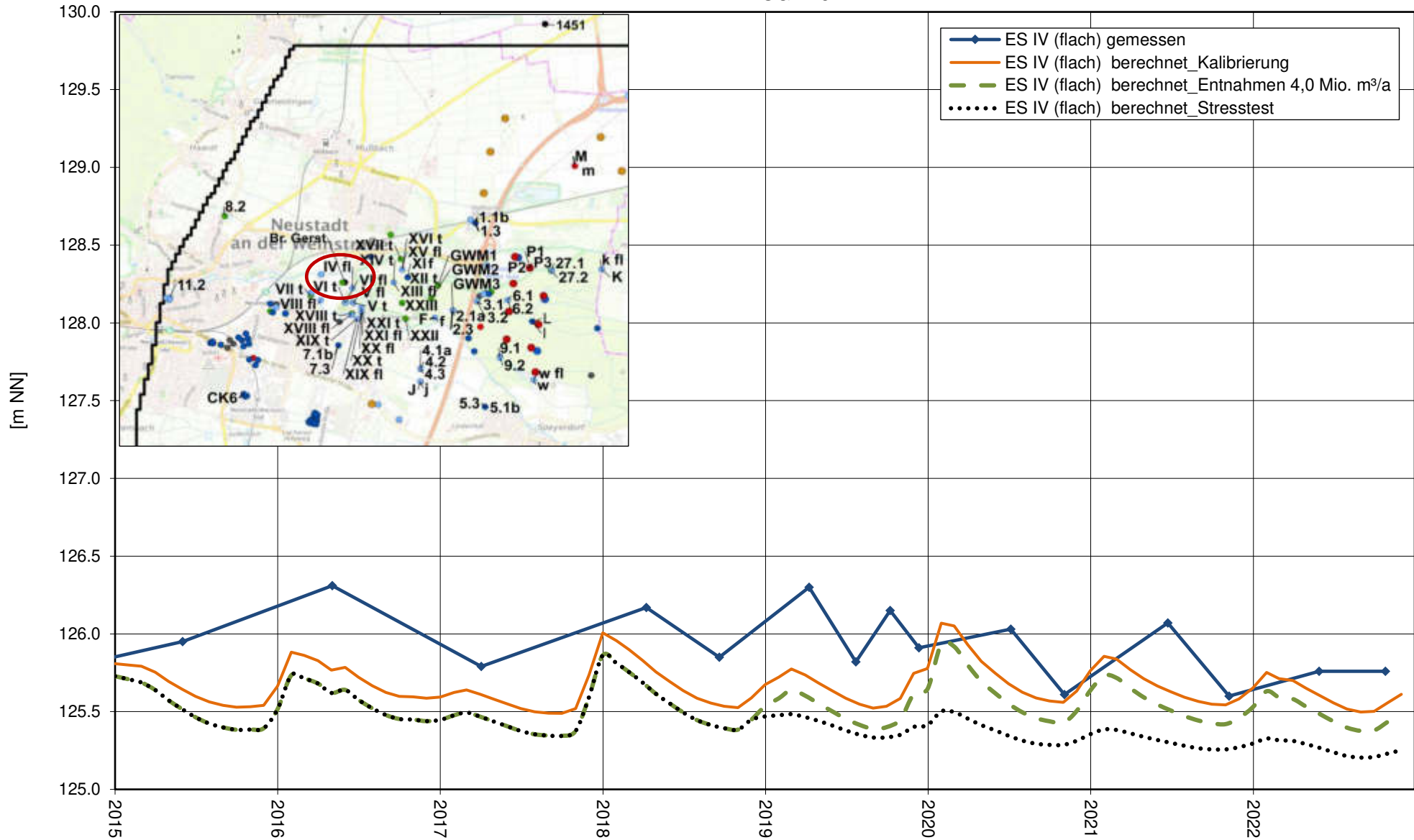
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL<sub>0</sub>



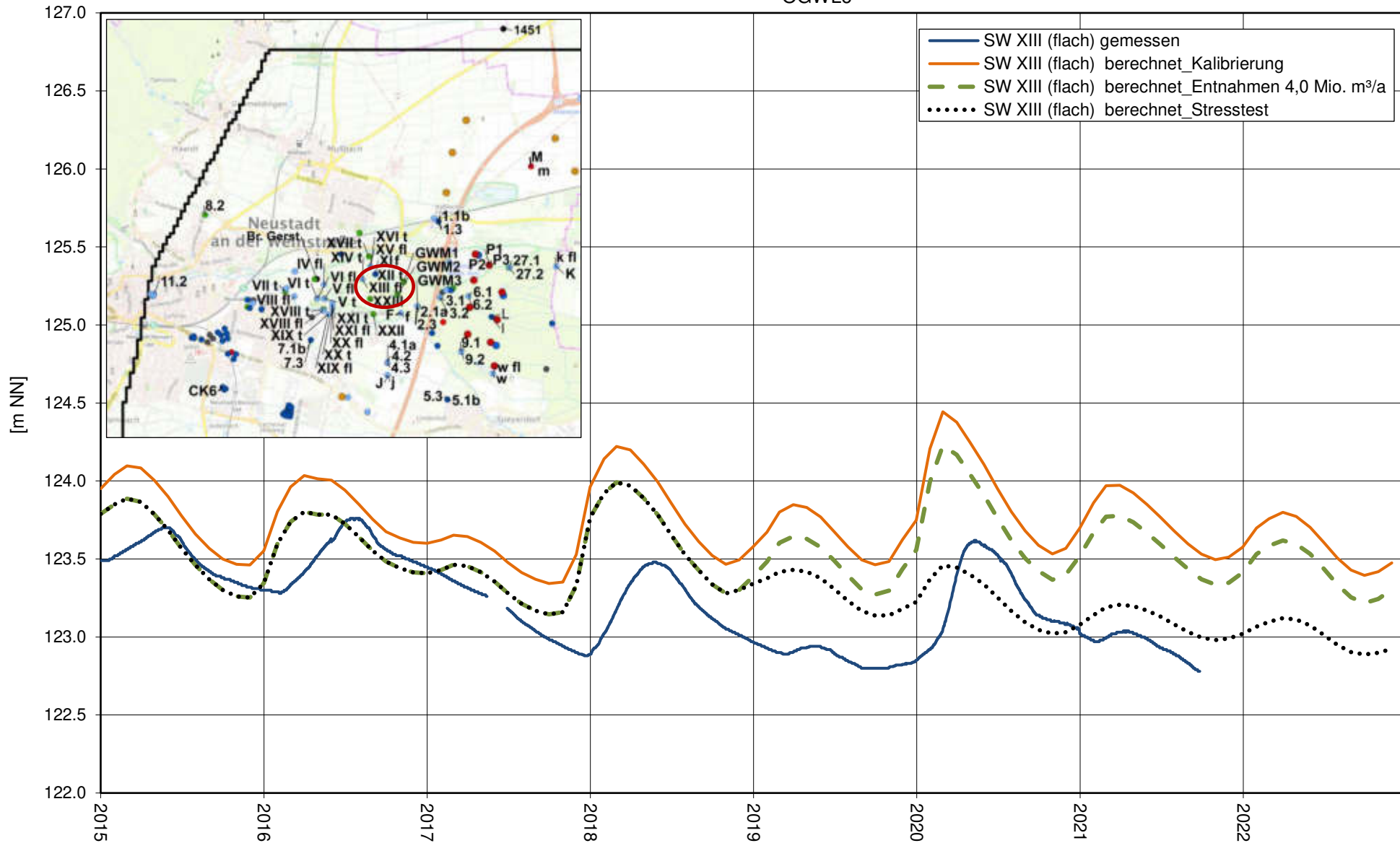
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL0



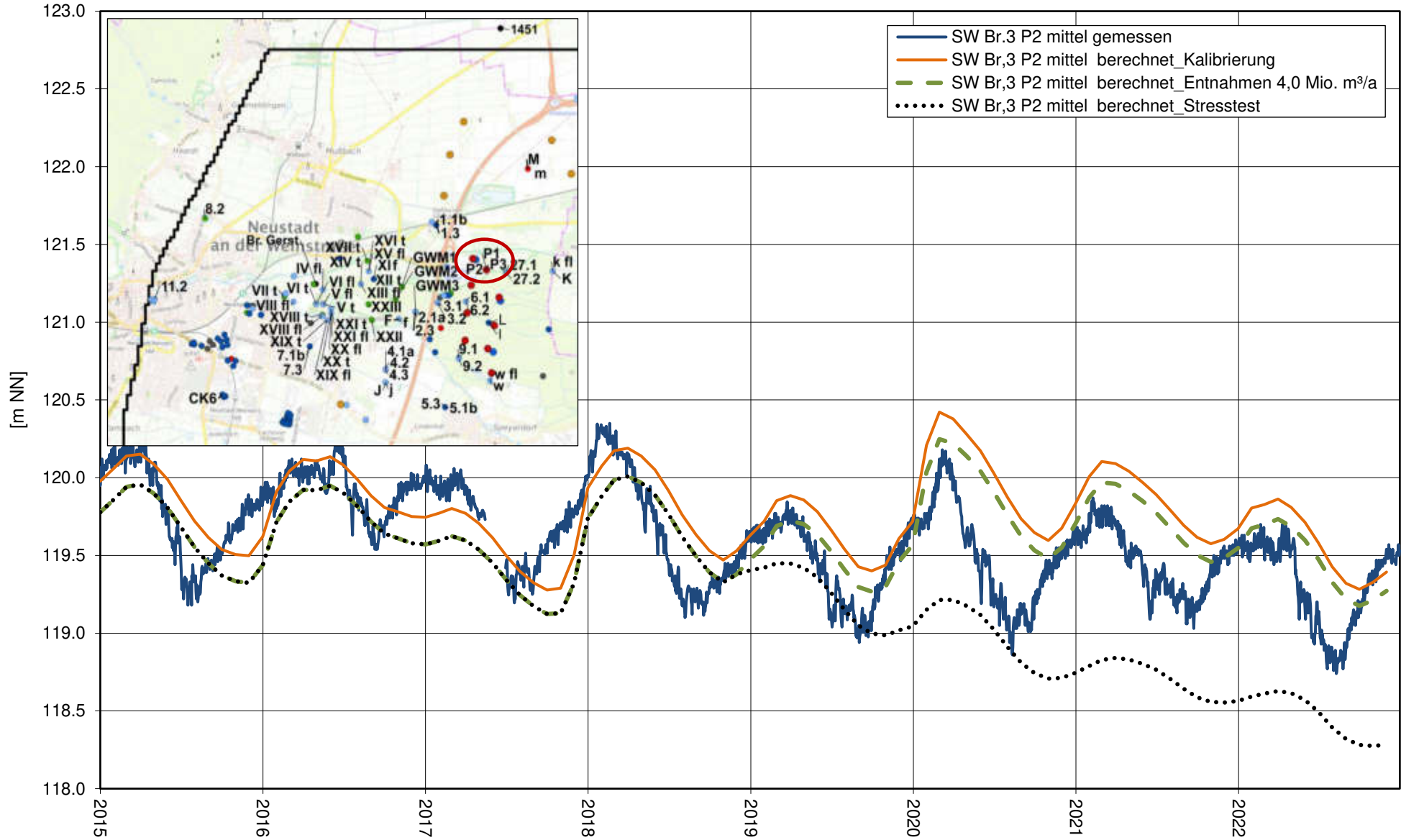
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLo

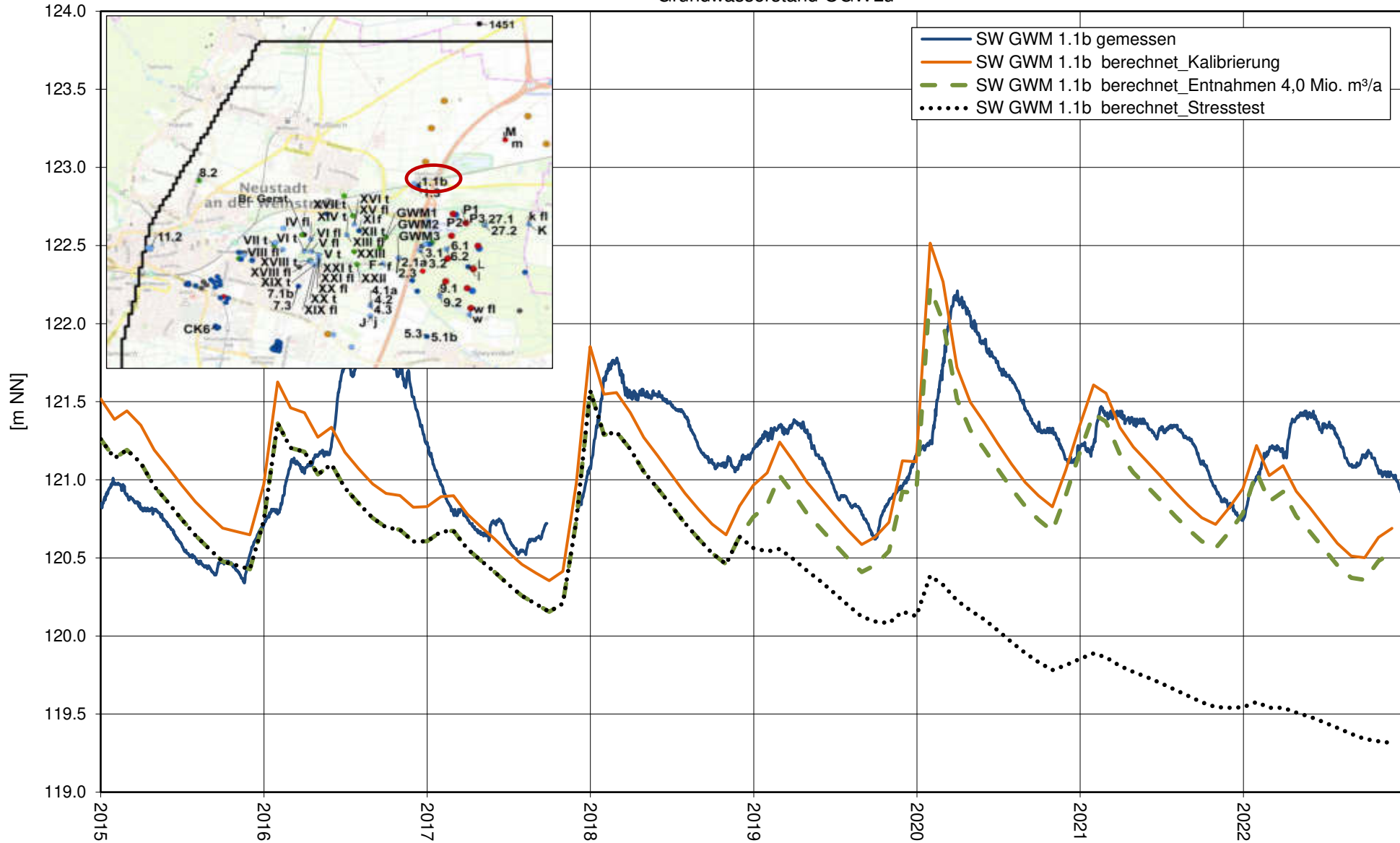


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu

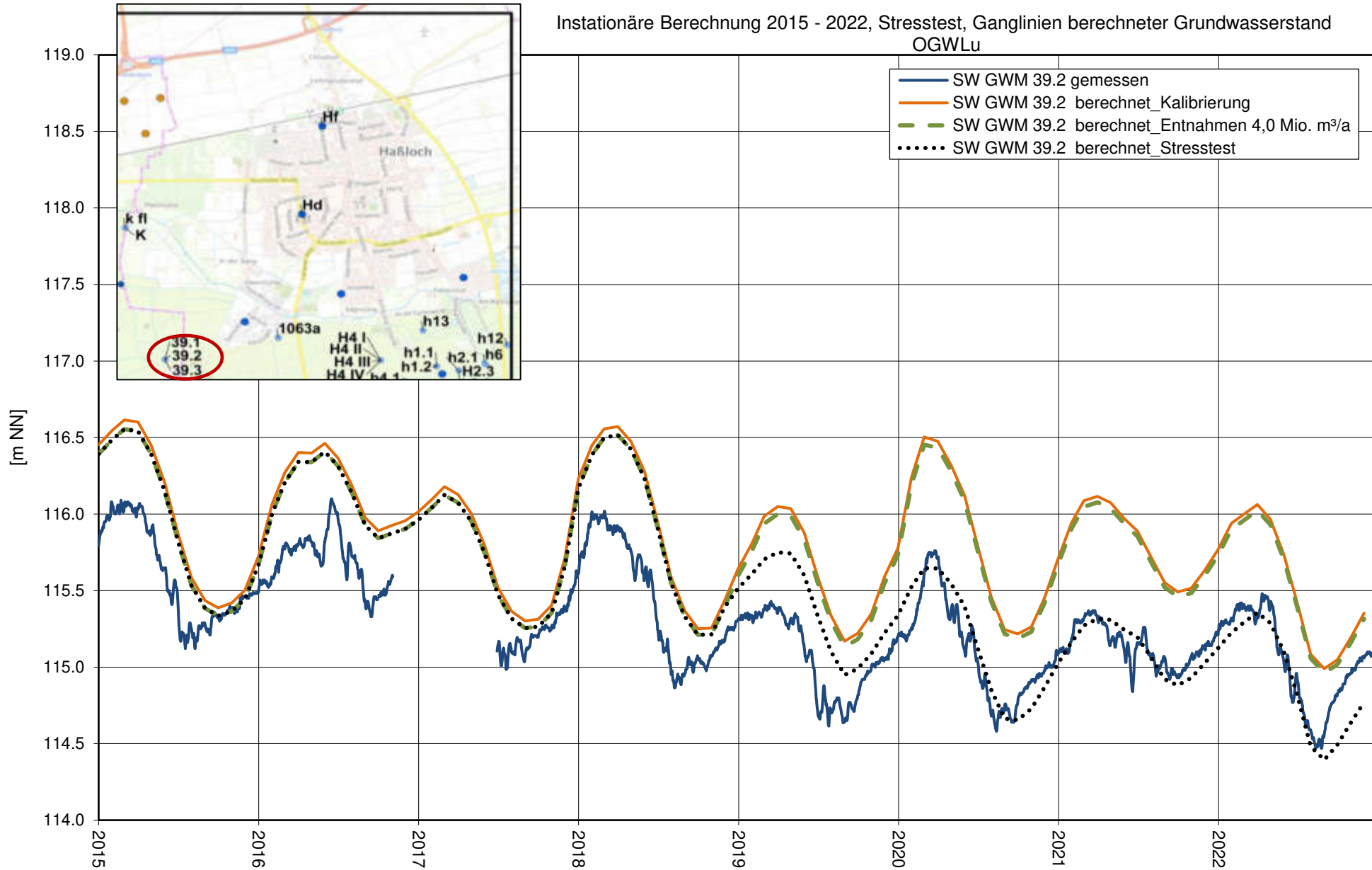




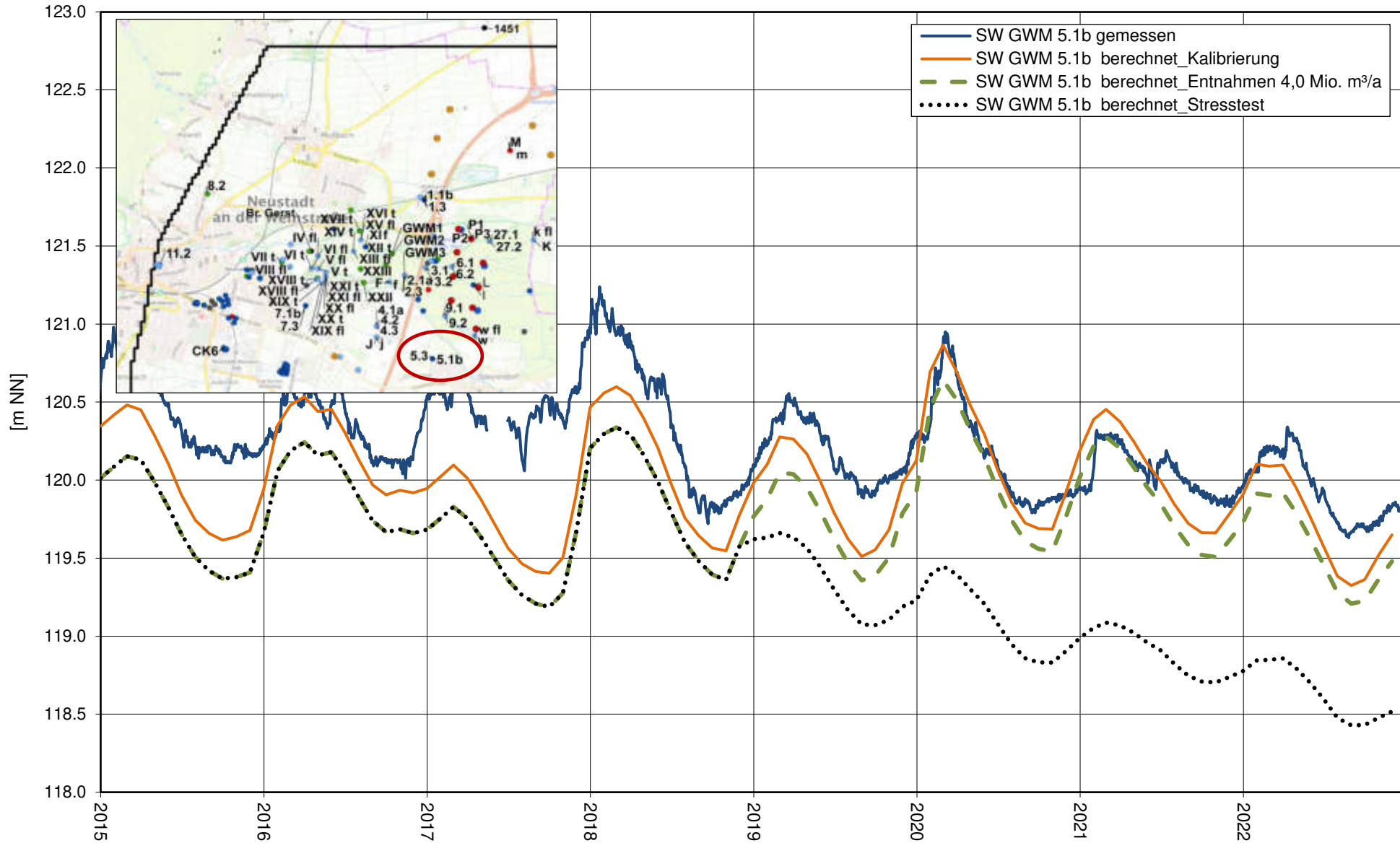
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter  
 Grundwasserstand OGWLu



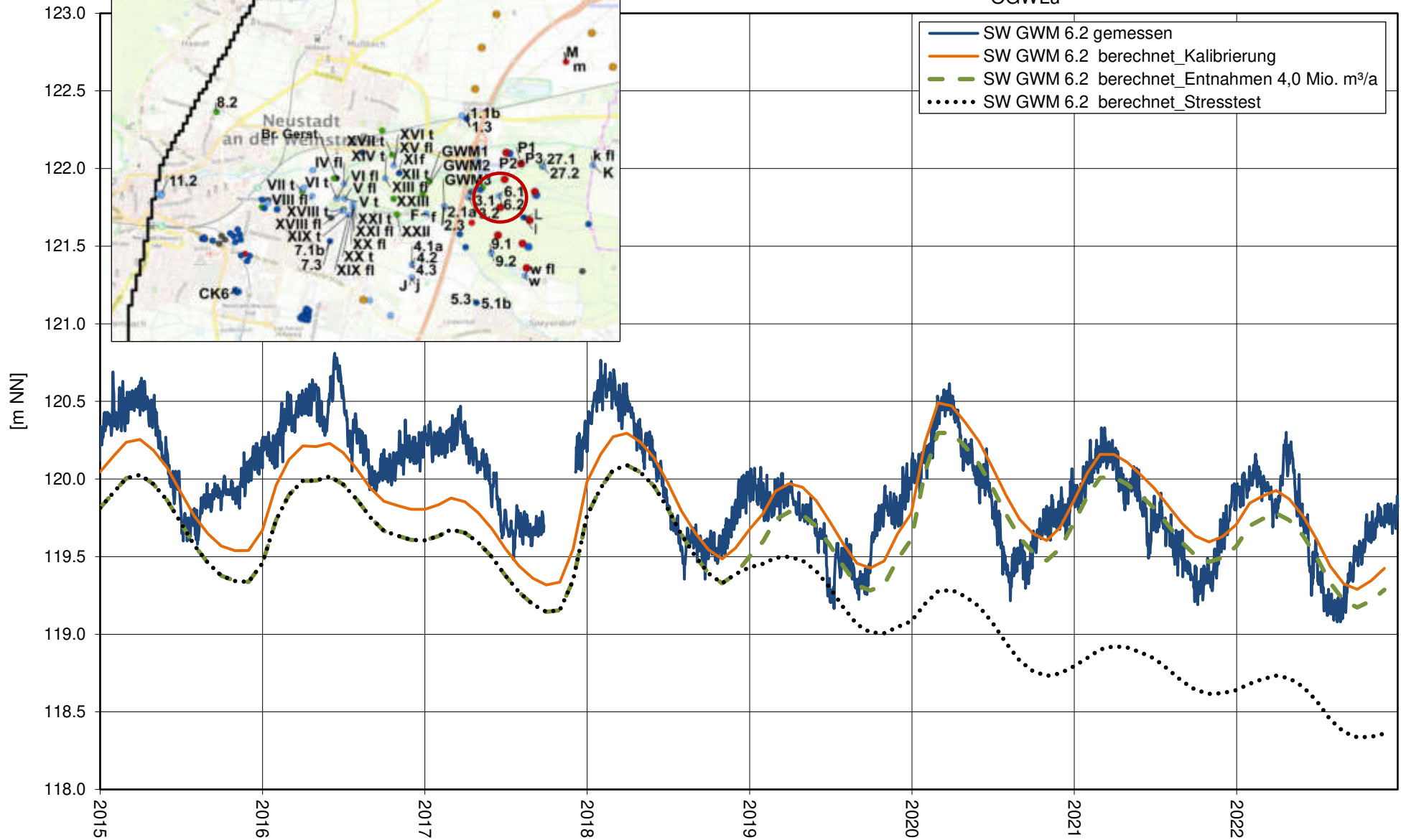
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu



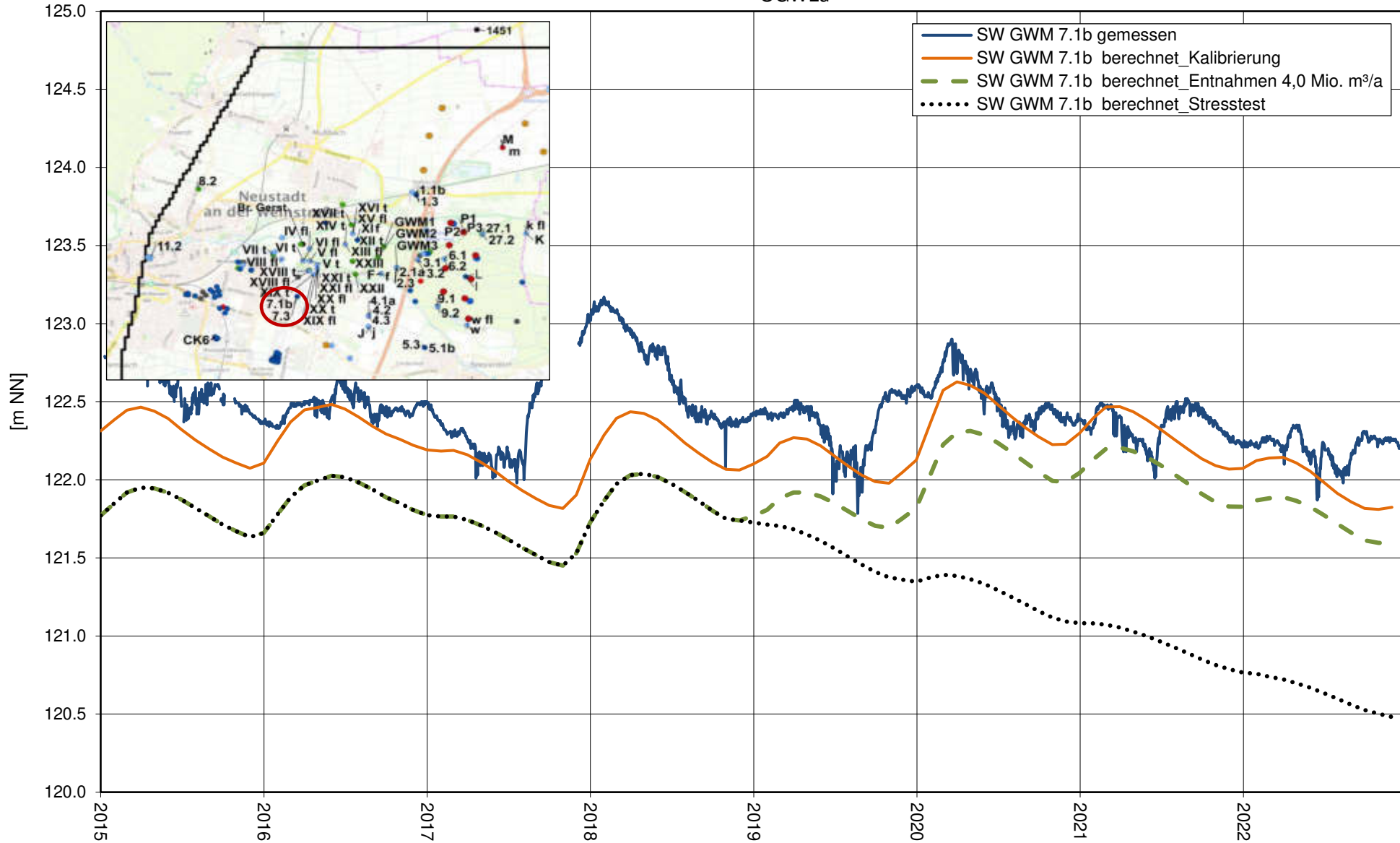
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu



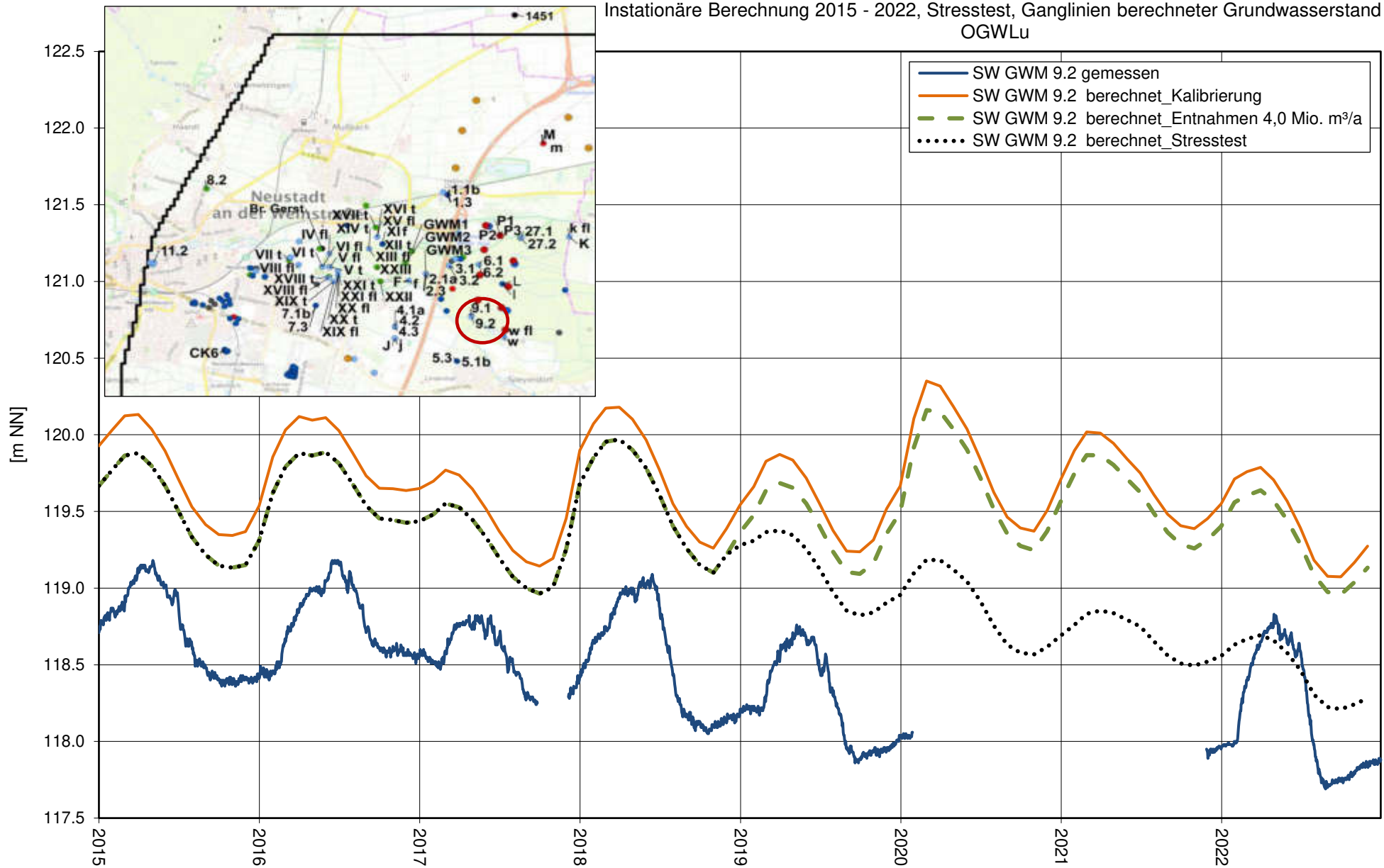
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWL<sub>u</sub>



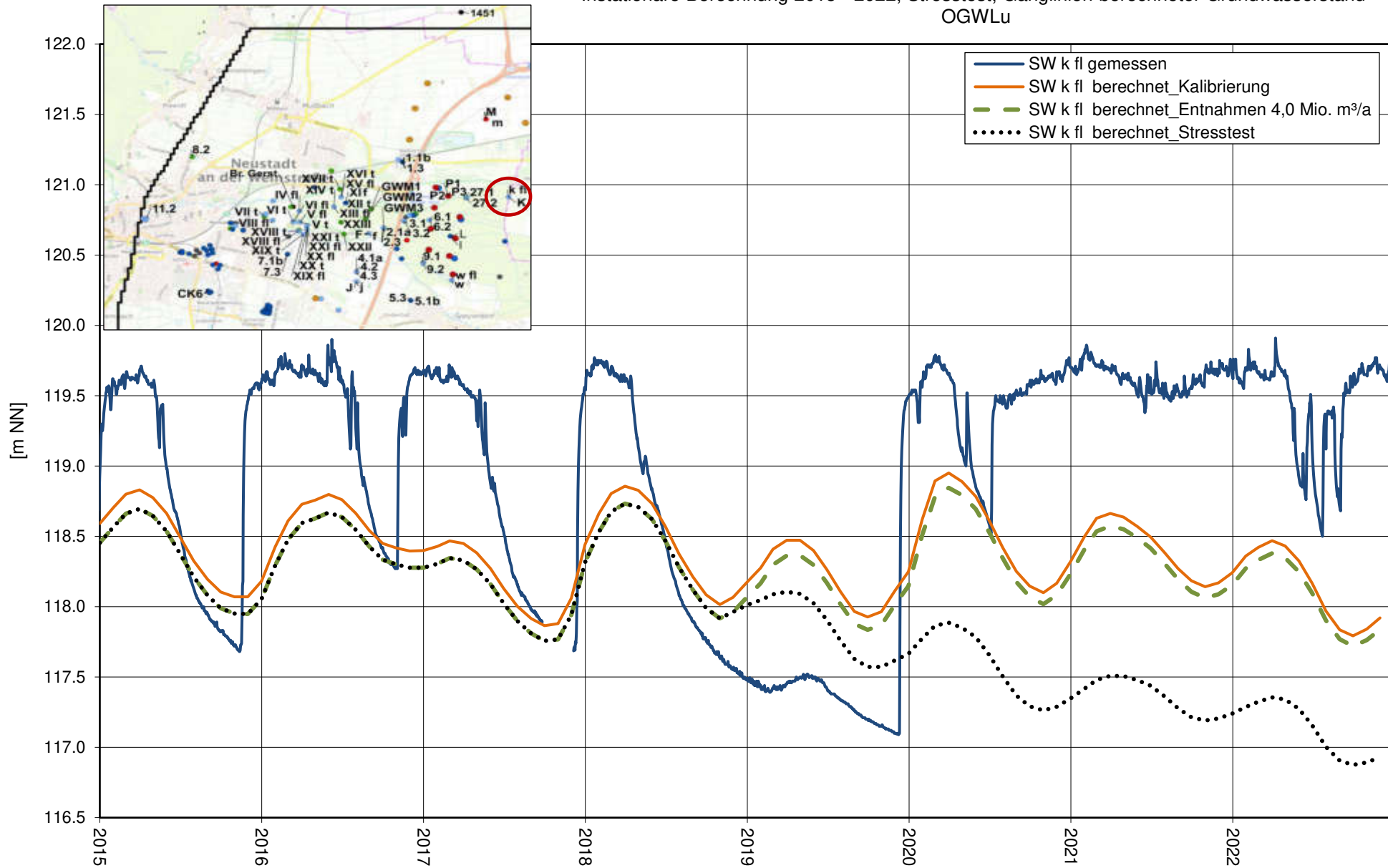
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu



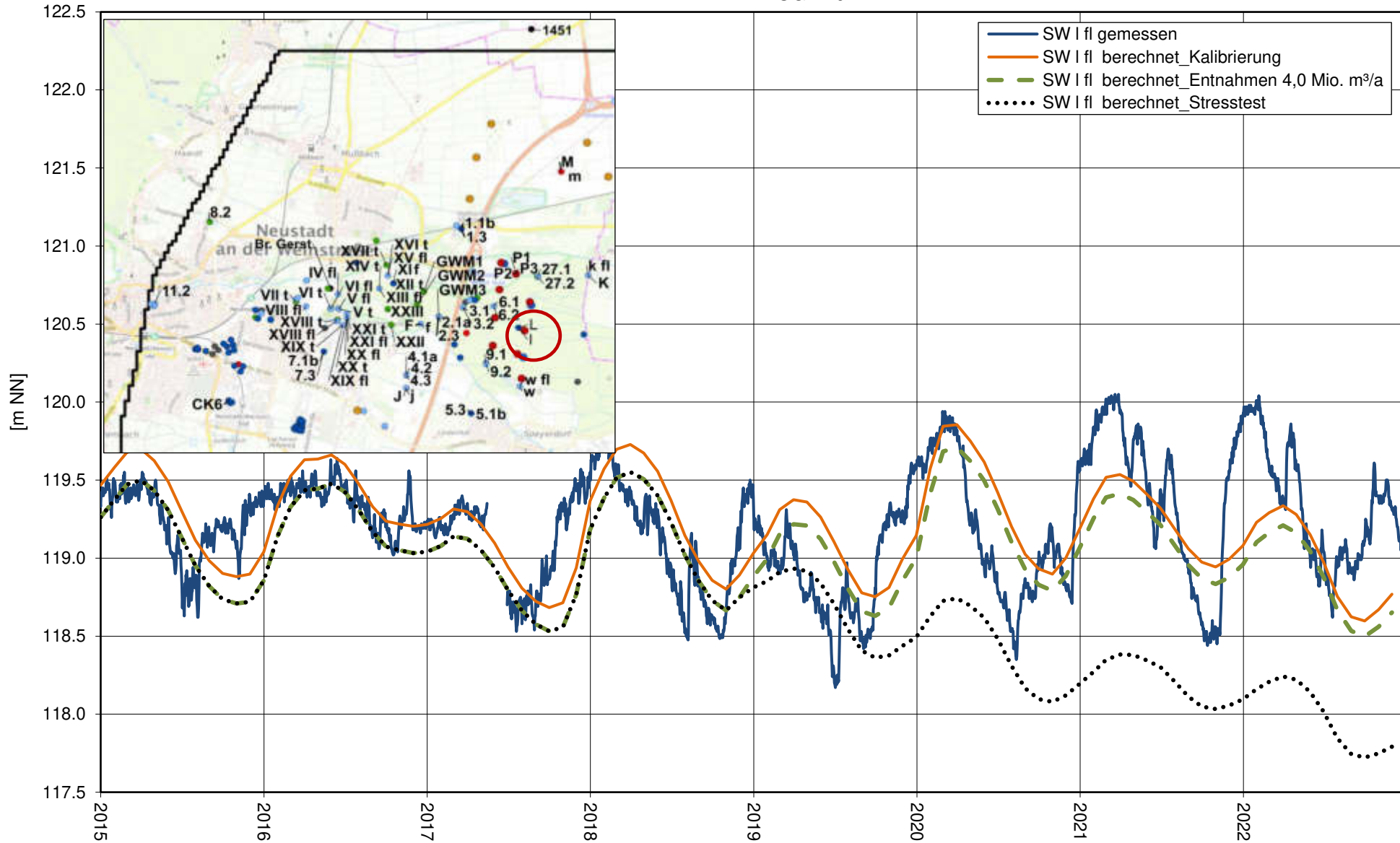
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand OGWLu



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu

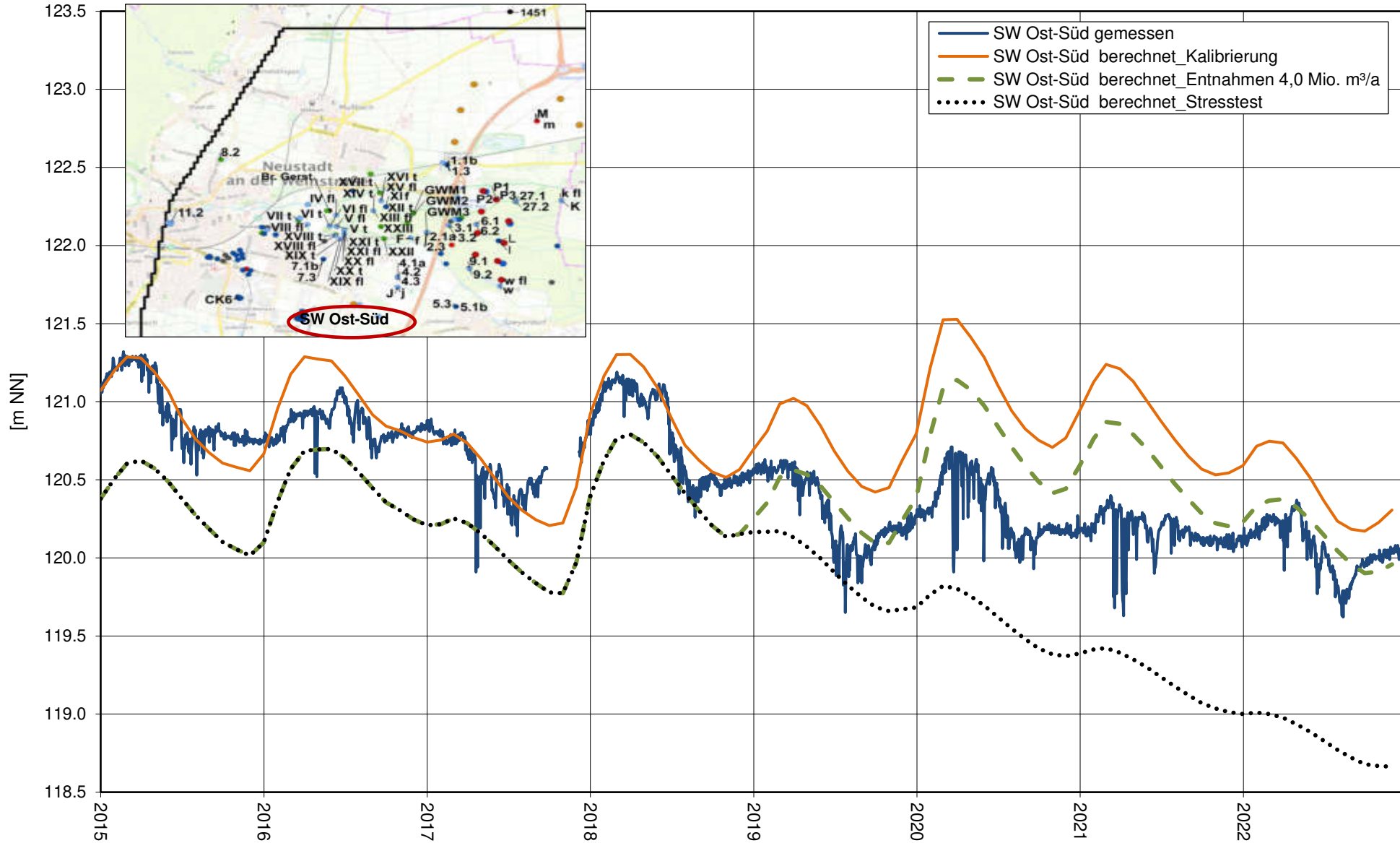


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu

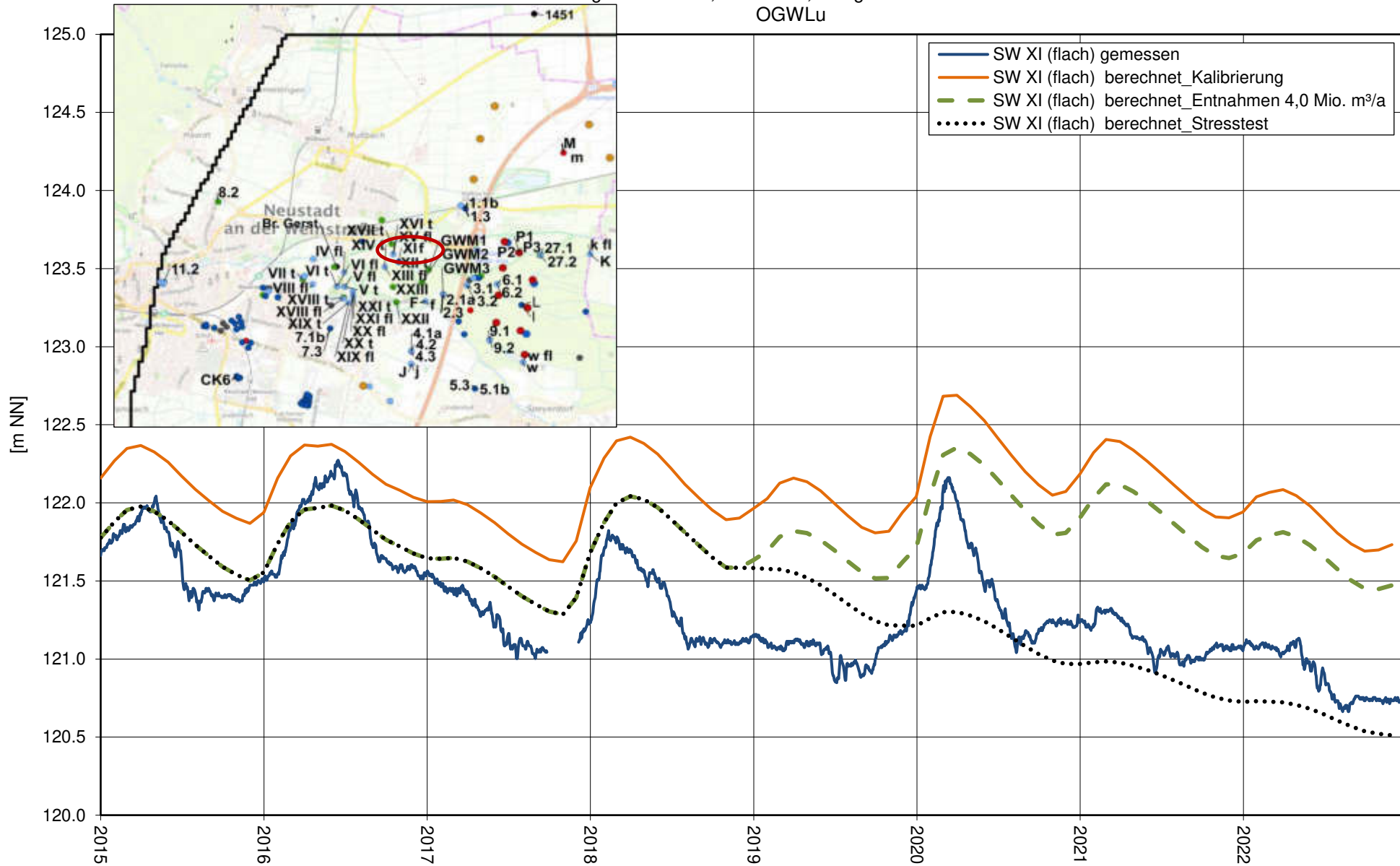




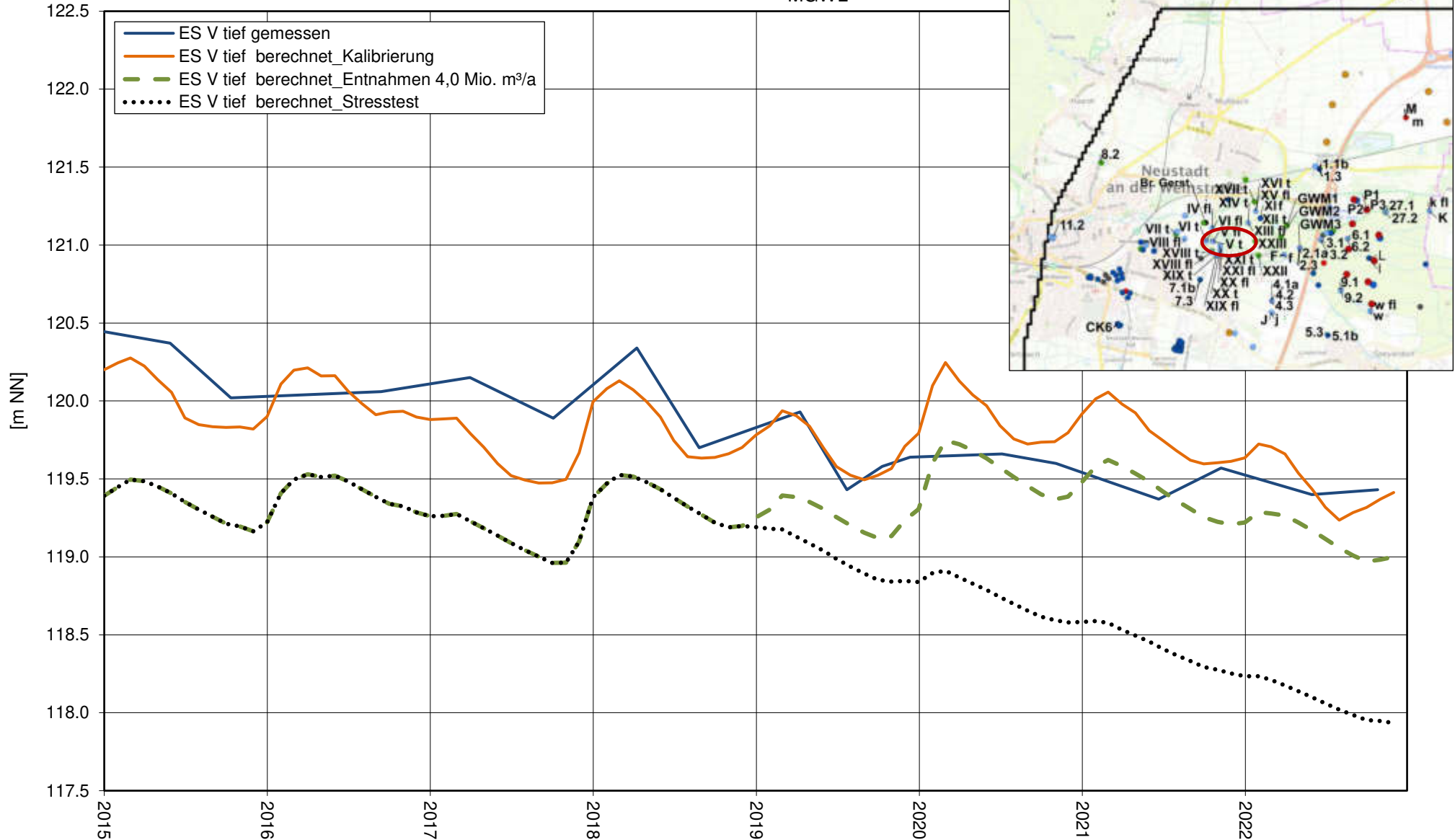
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu



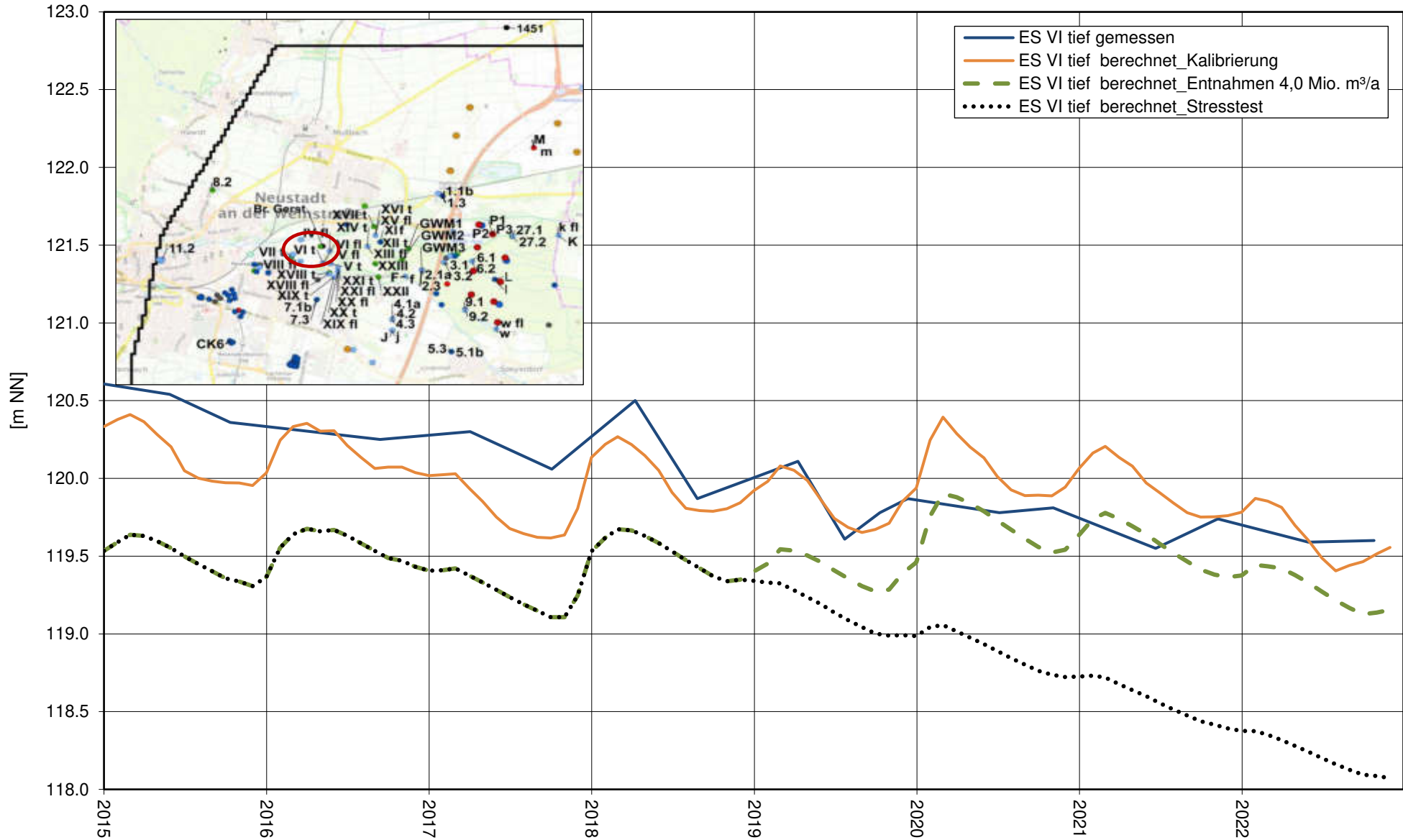
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 OGWLu



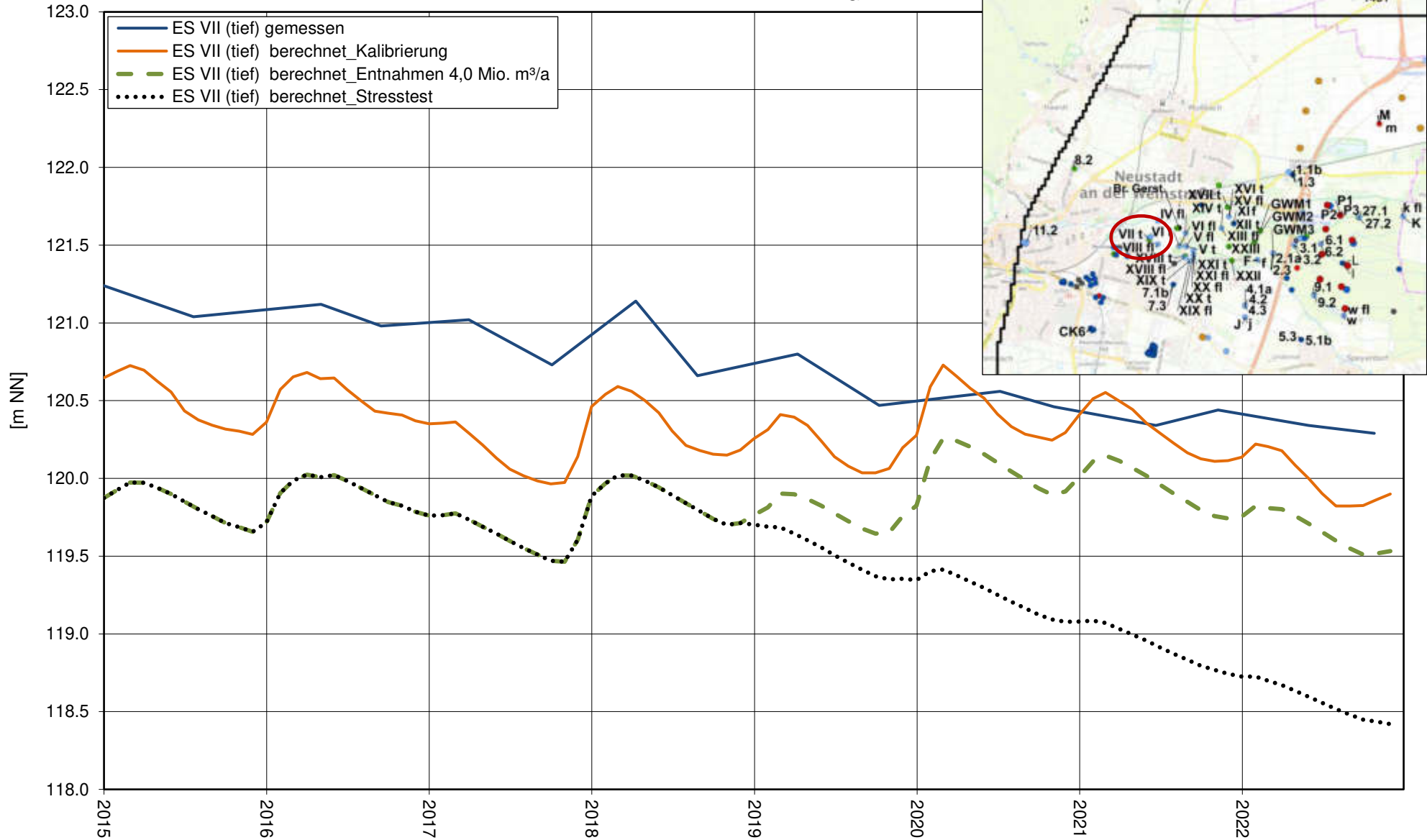
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



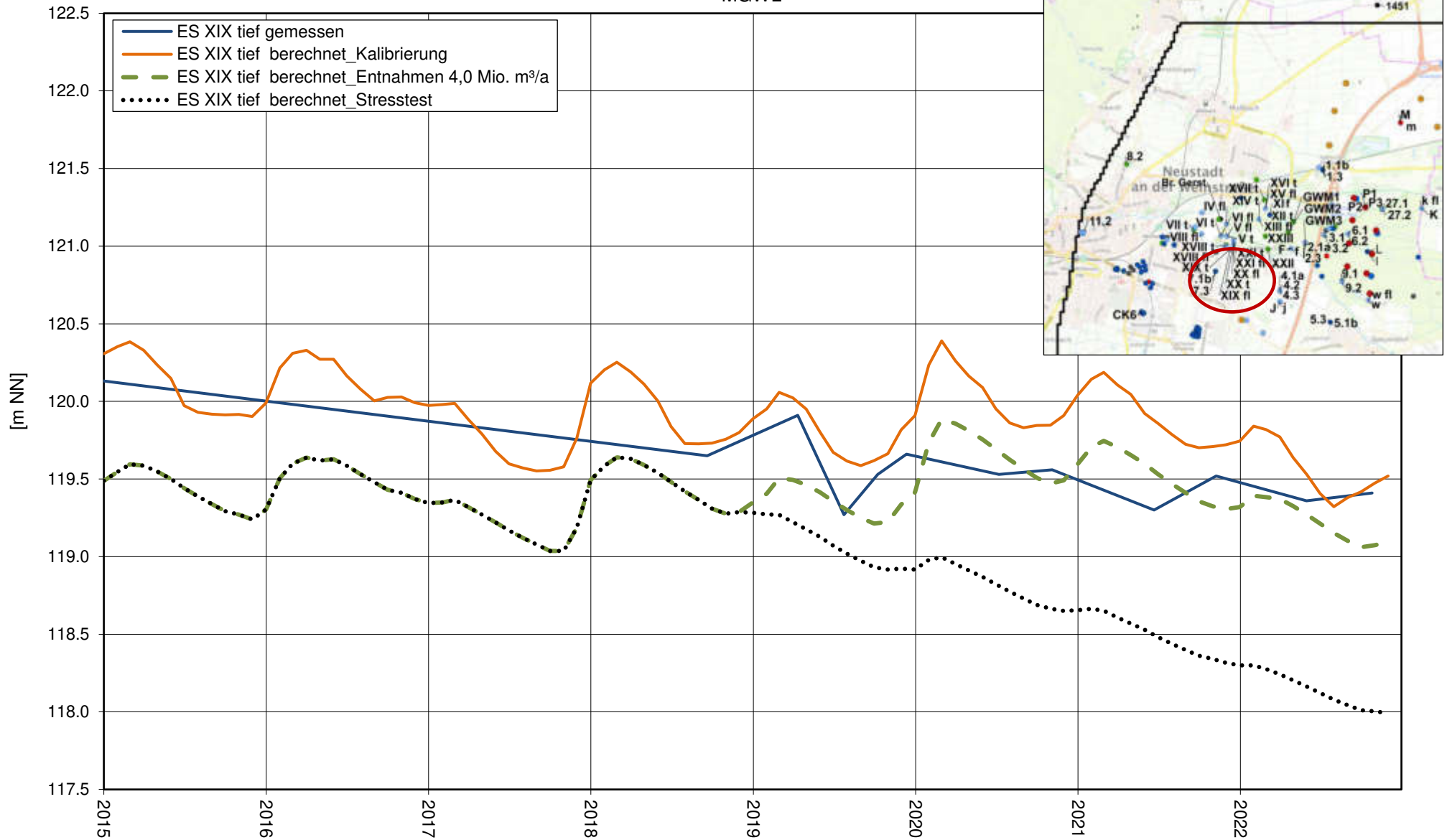
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



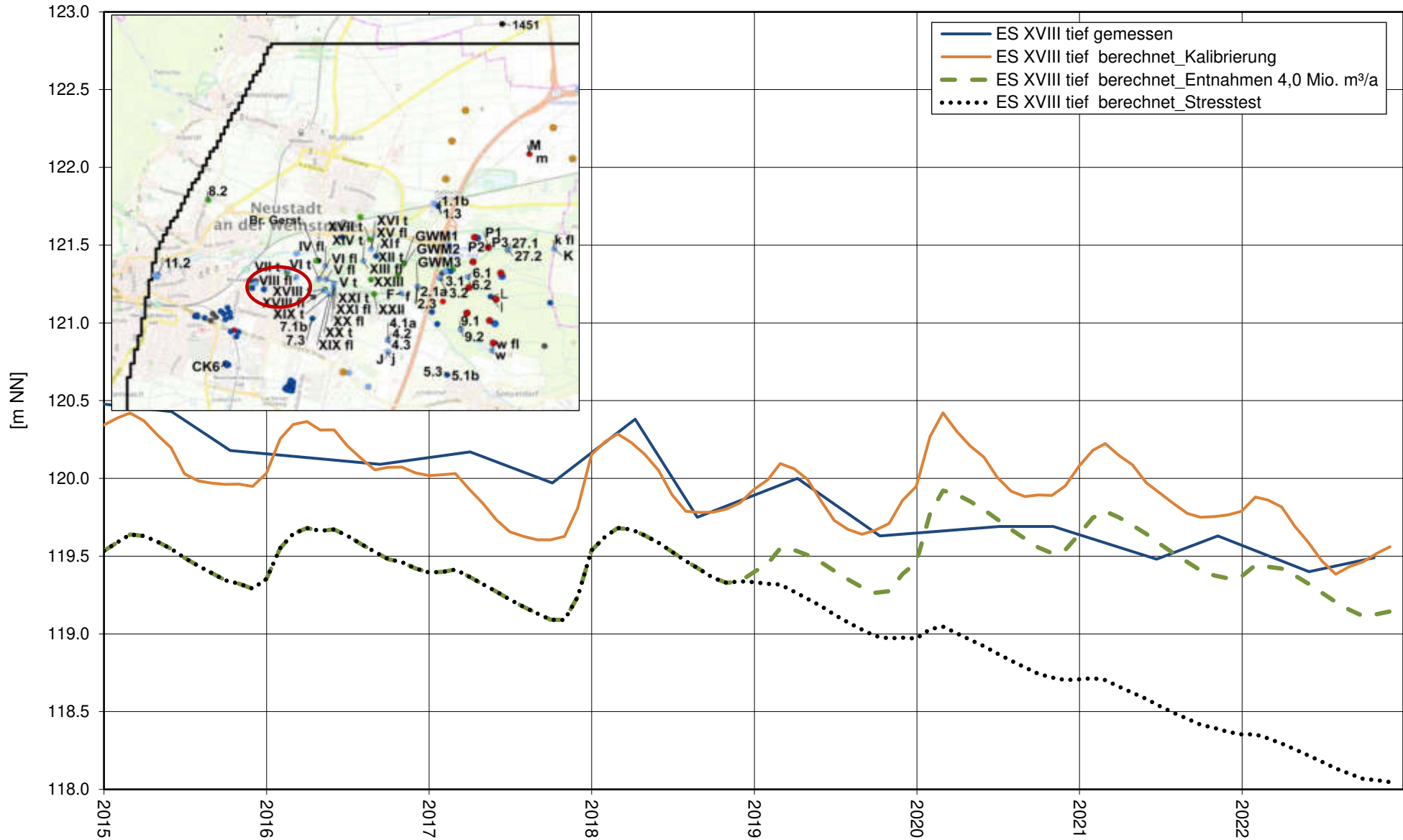
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Entnahmeszenario, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



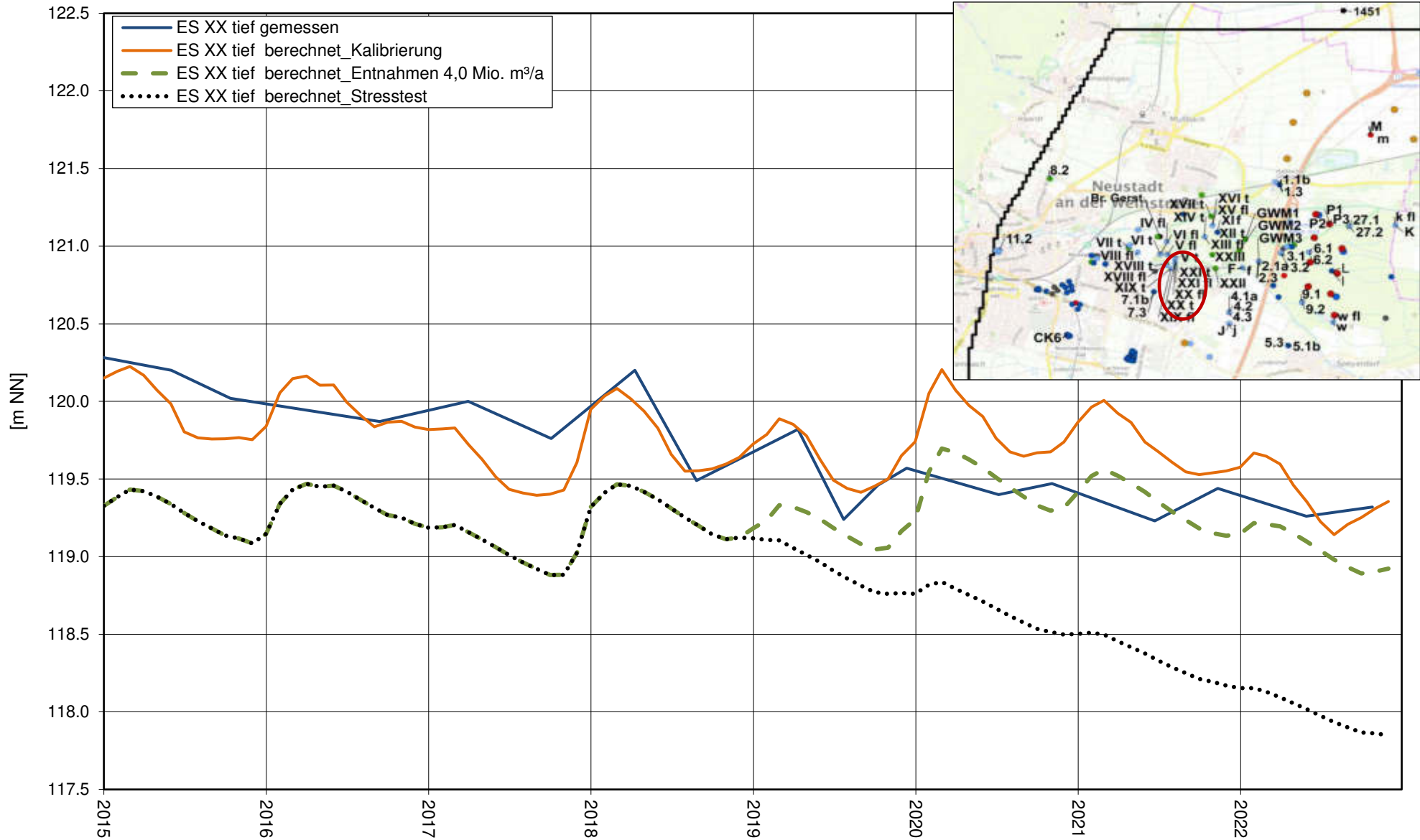
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
MGWL



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

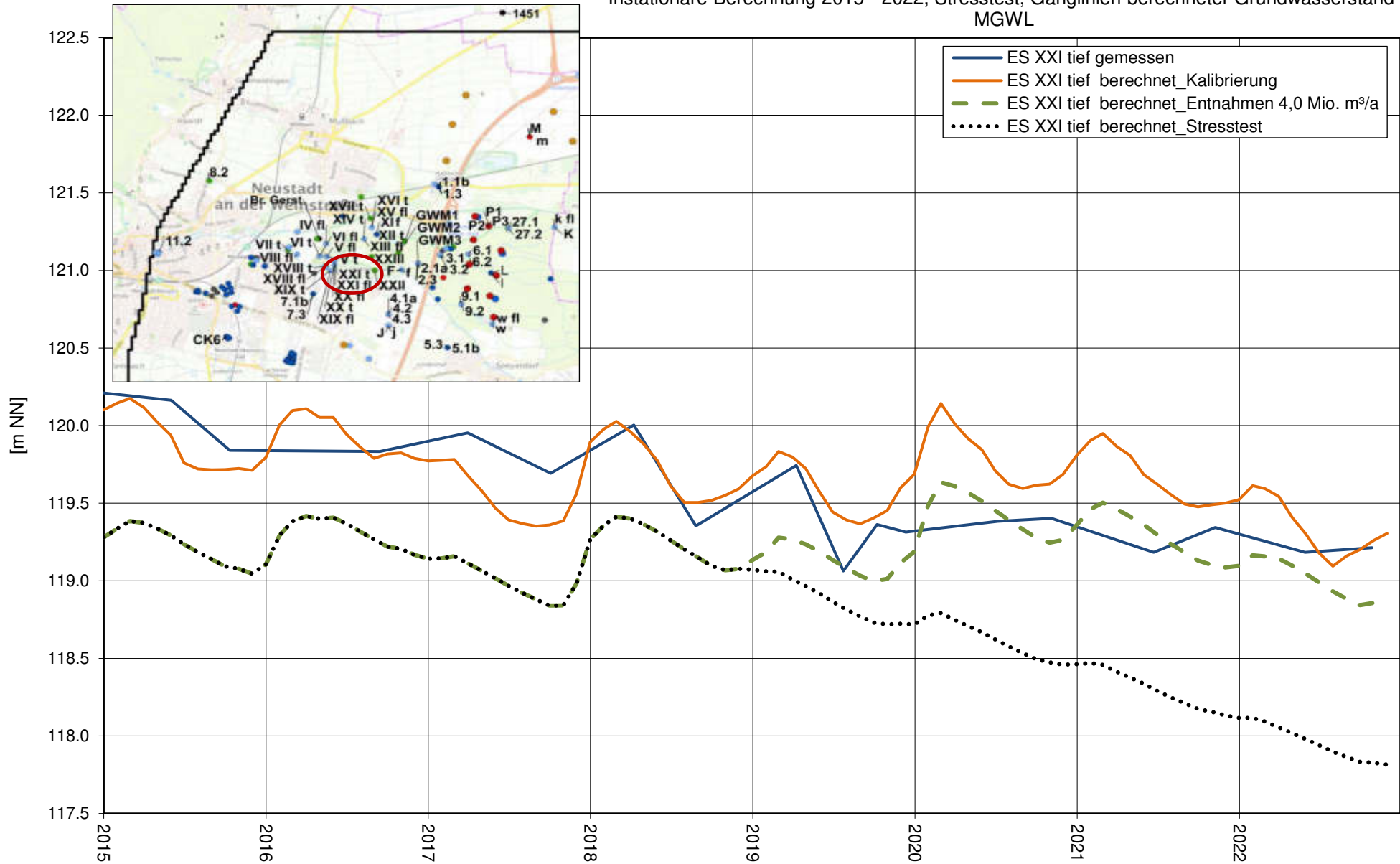


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

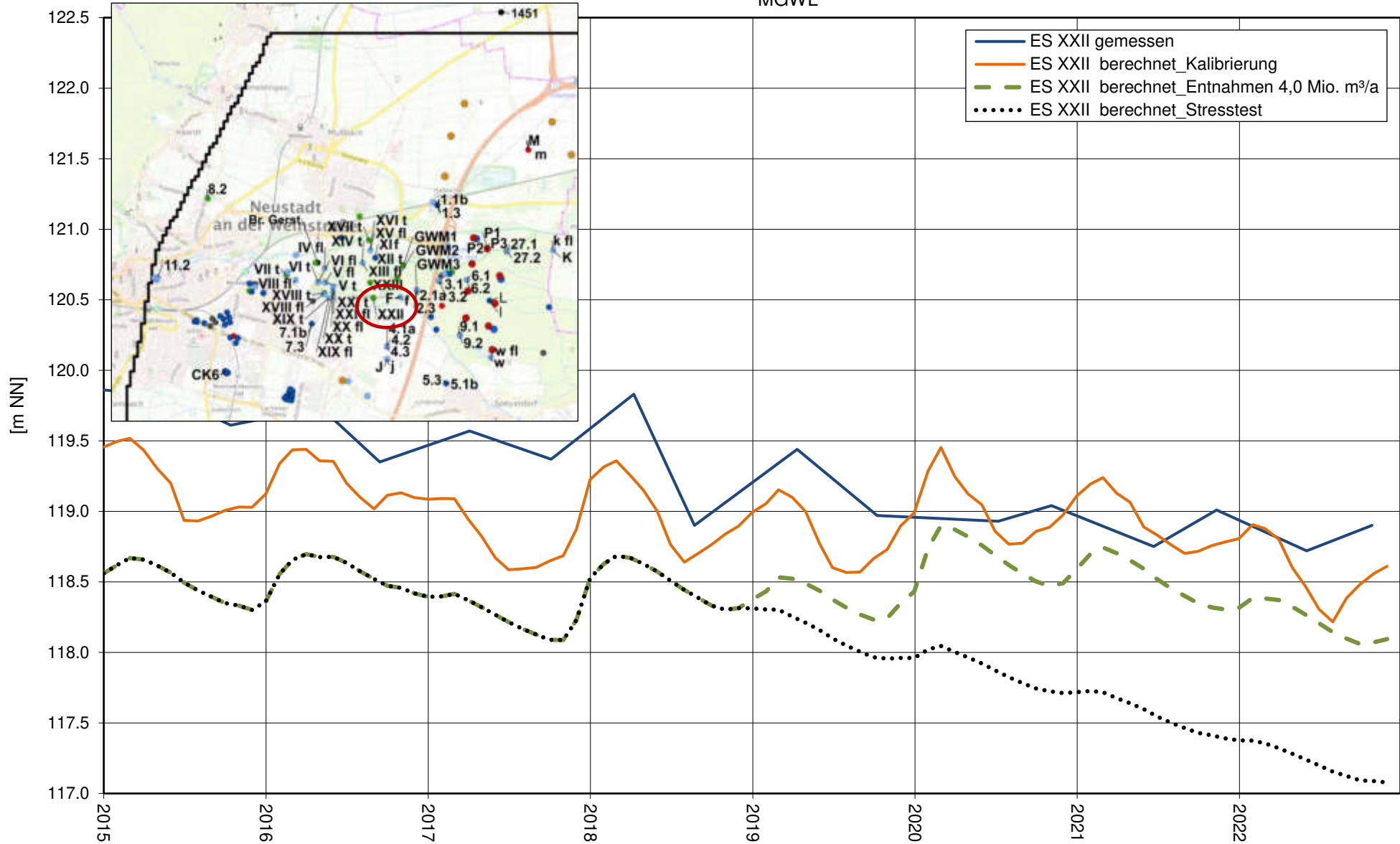




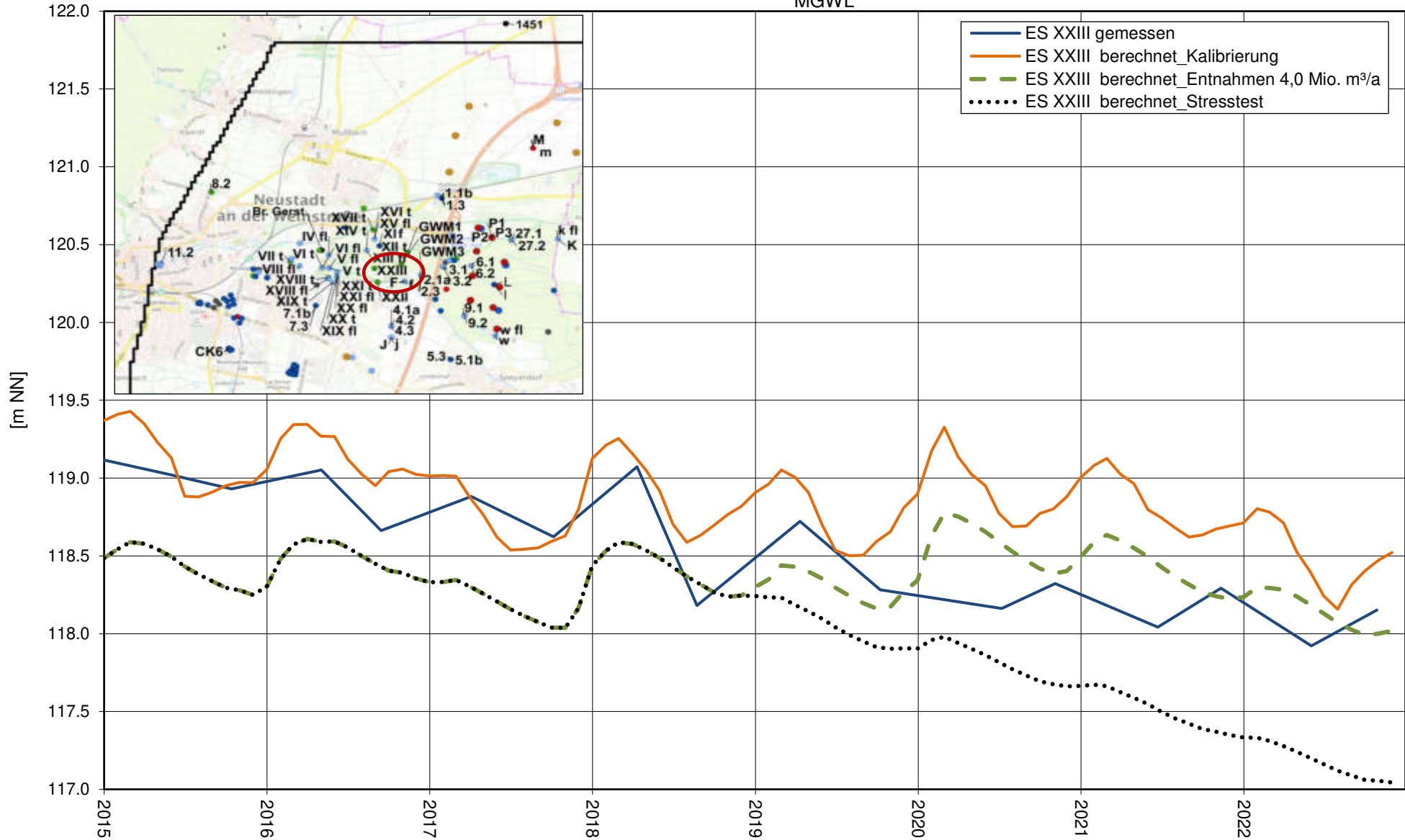
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL

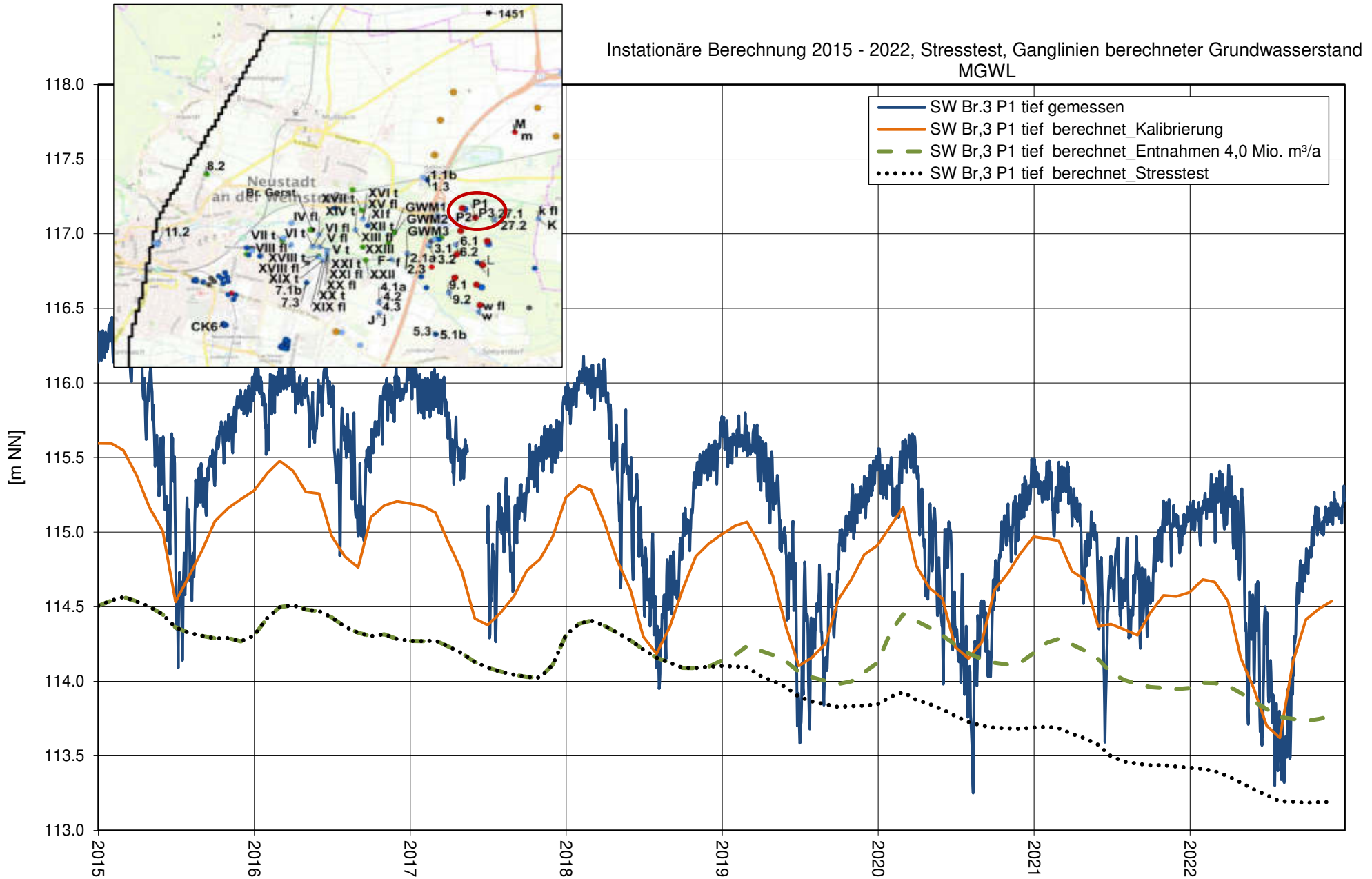


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

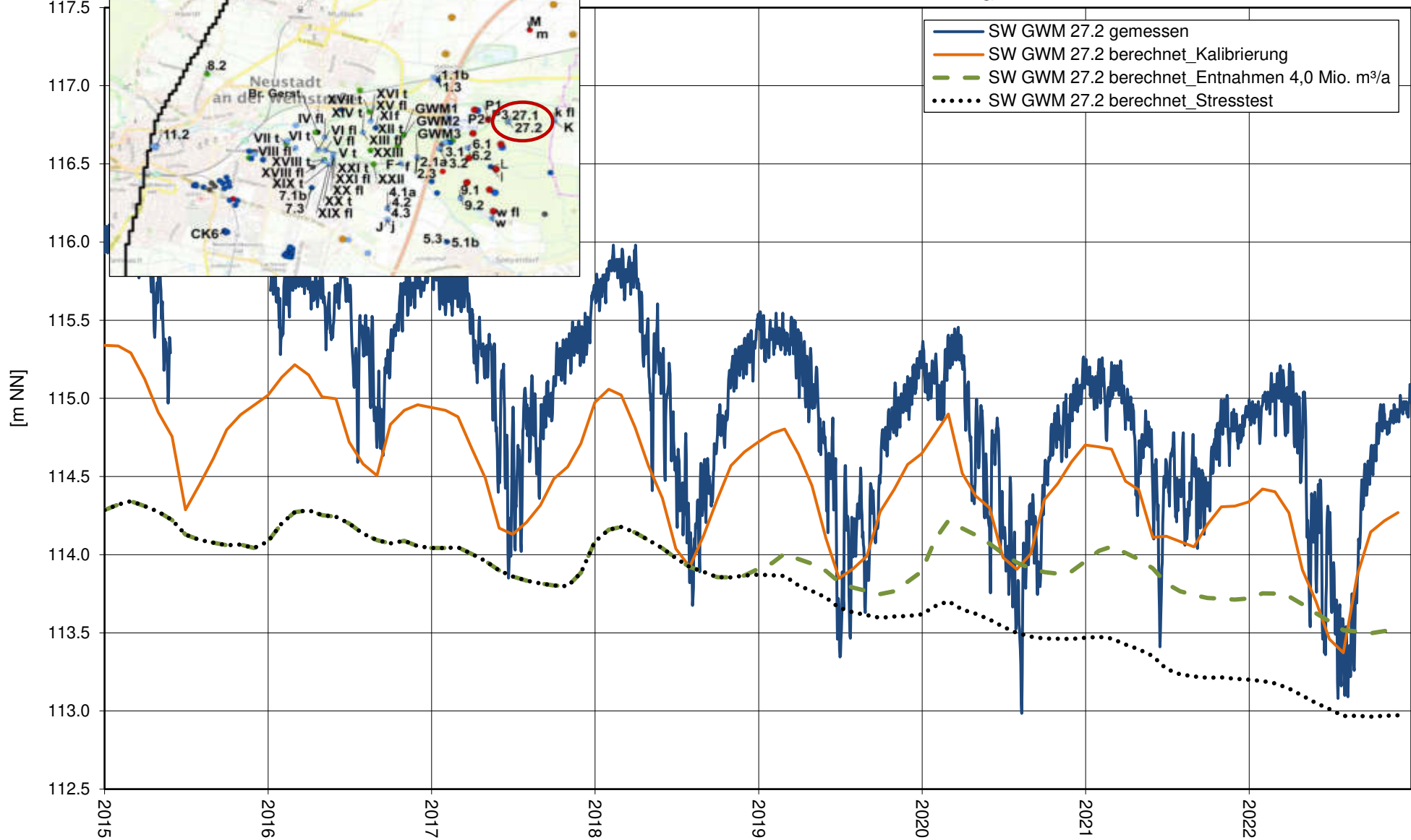


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

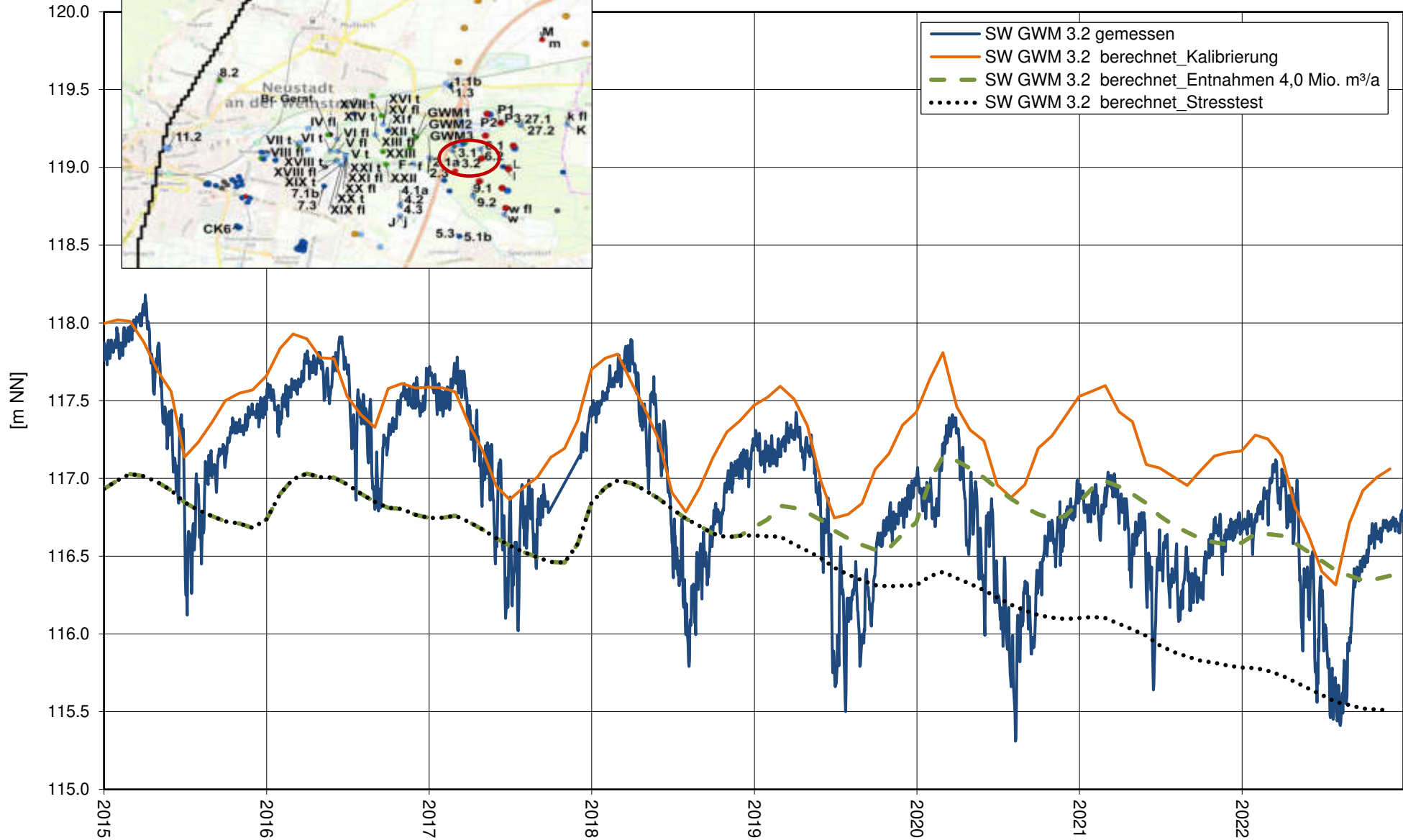




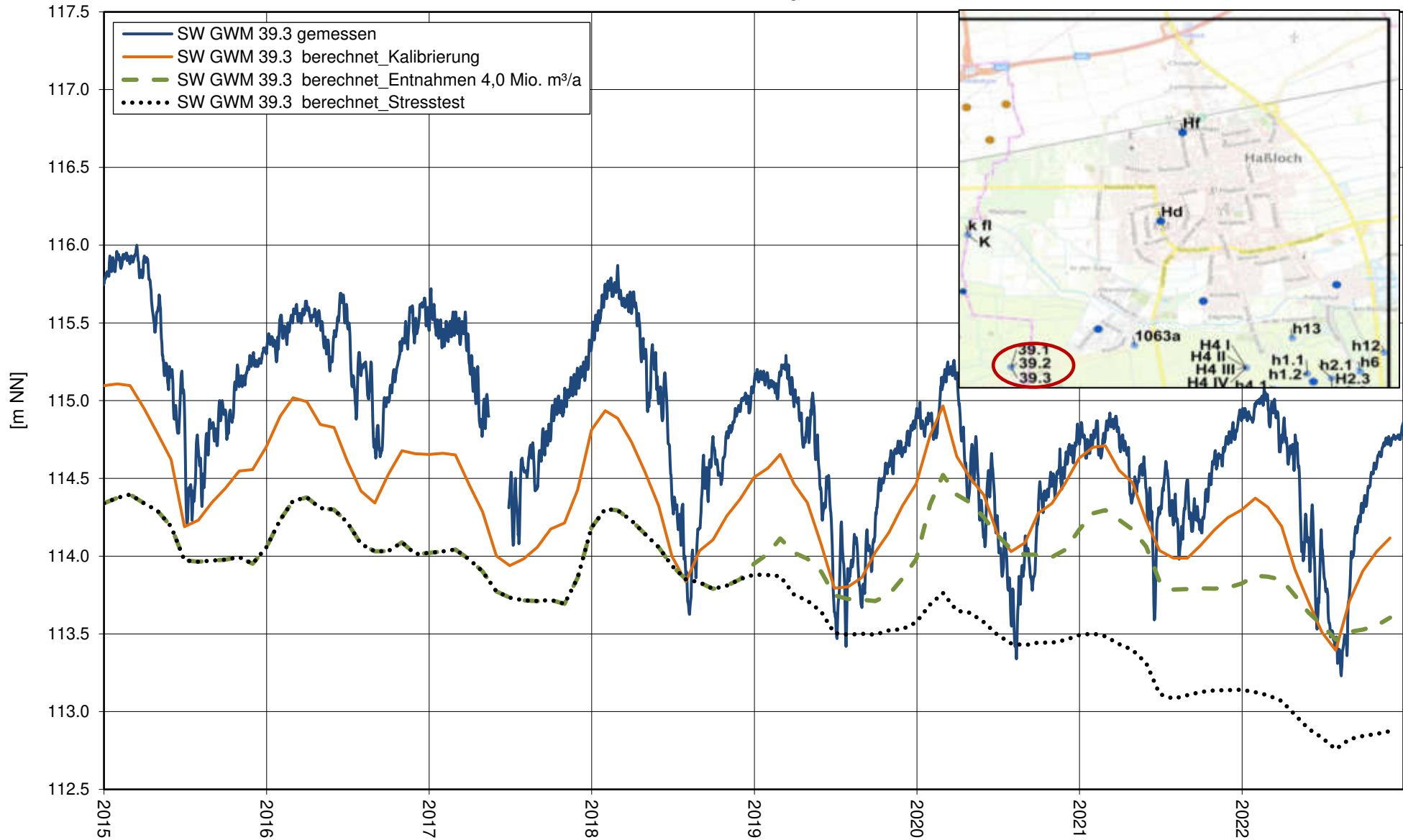
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



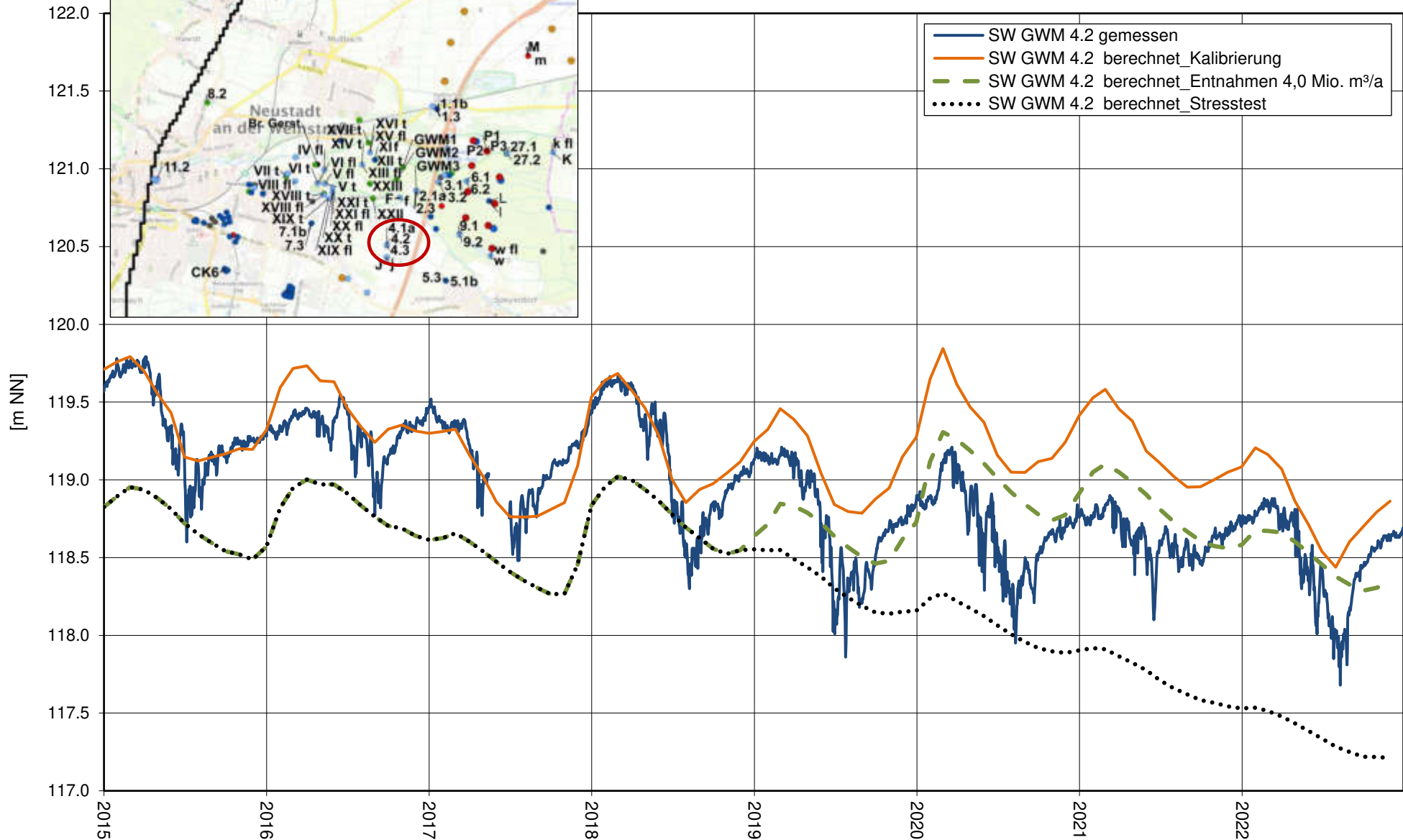
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL

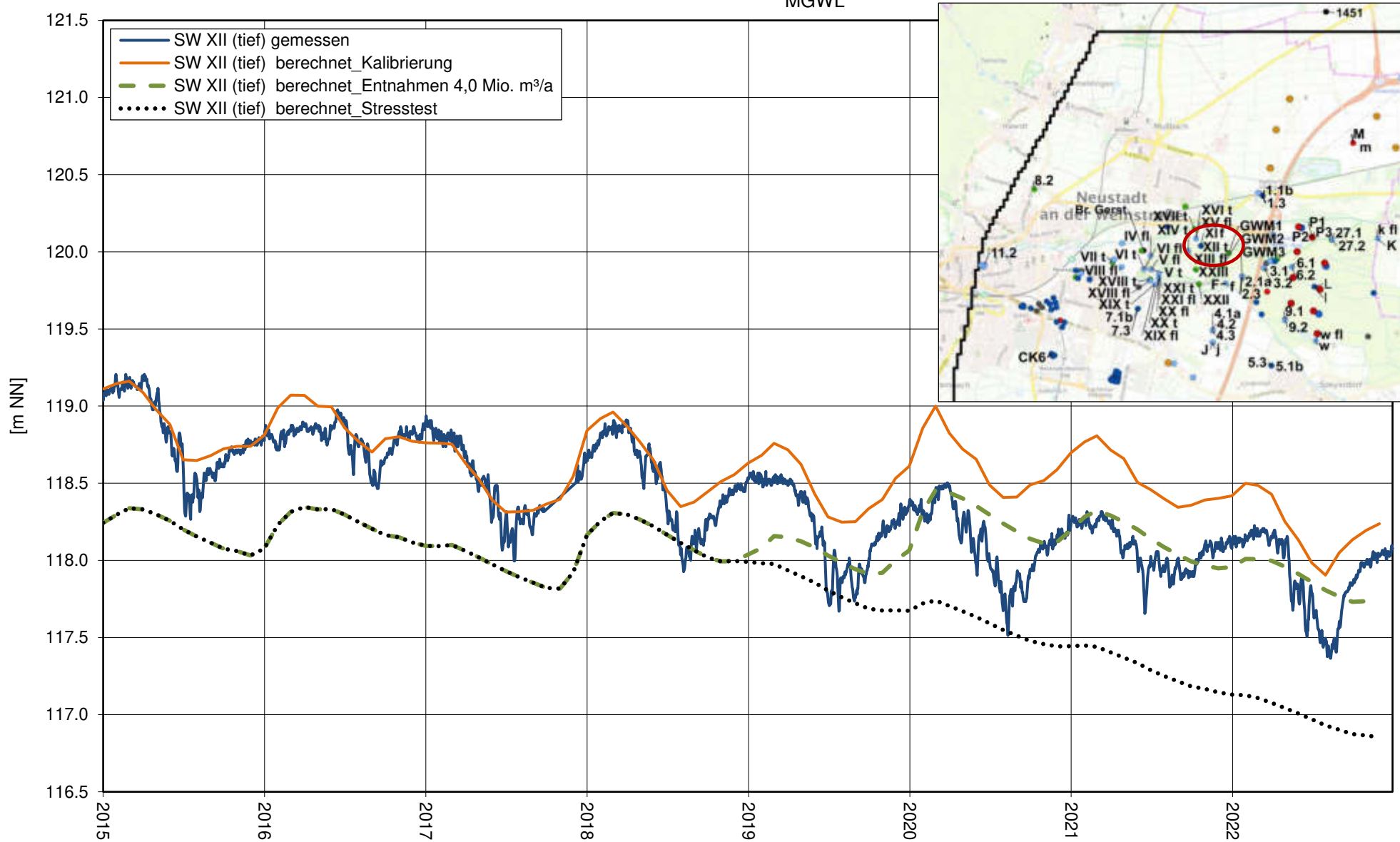


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL

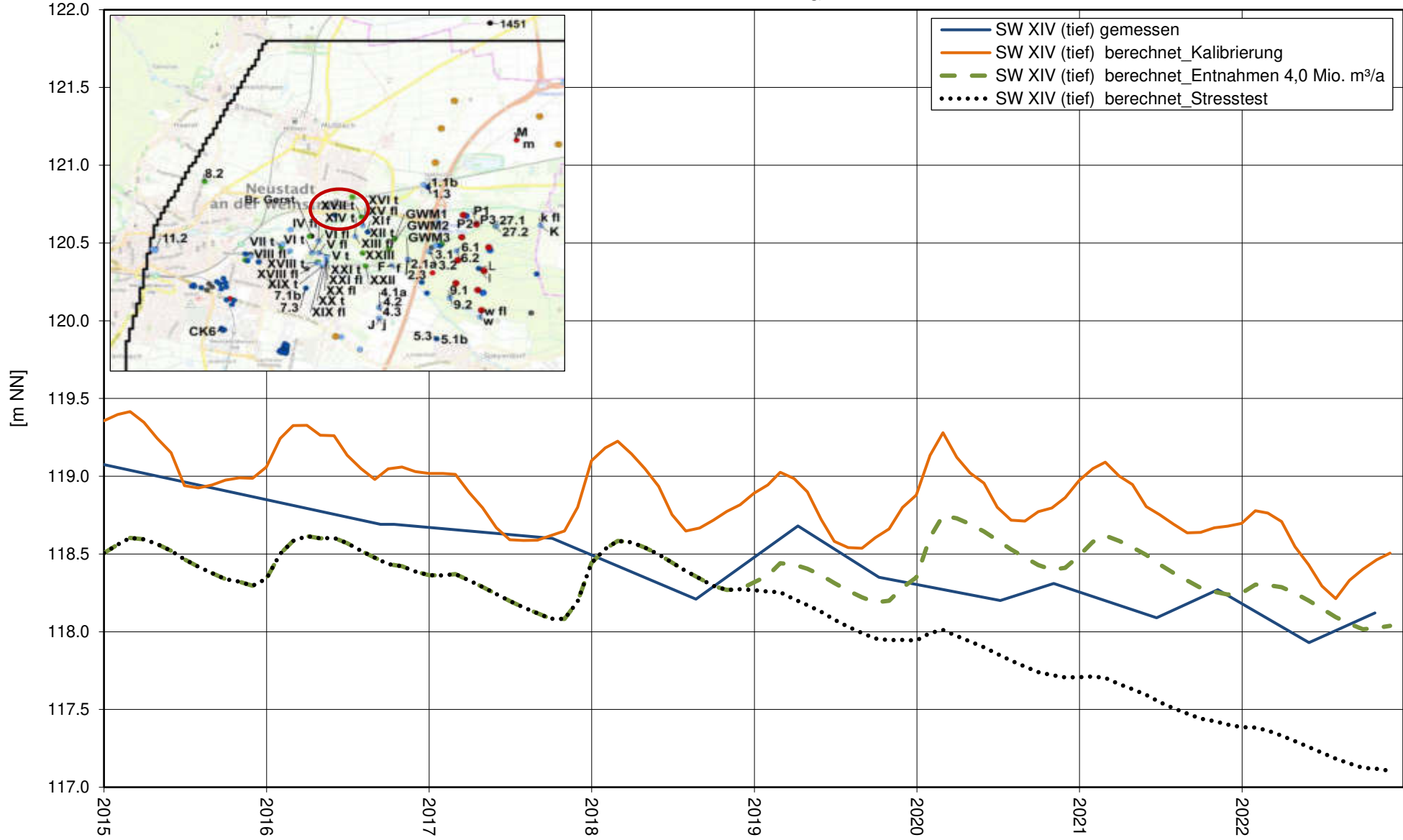




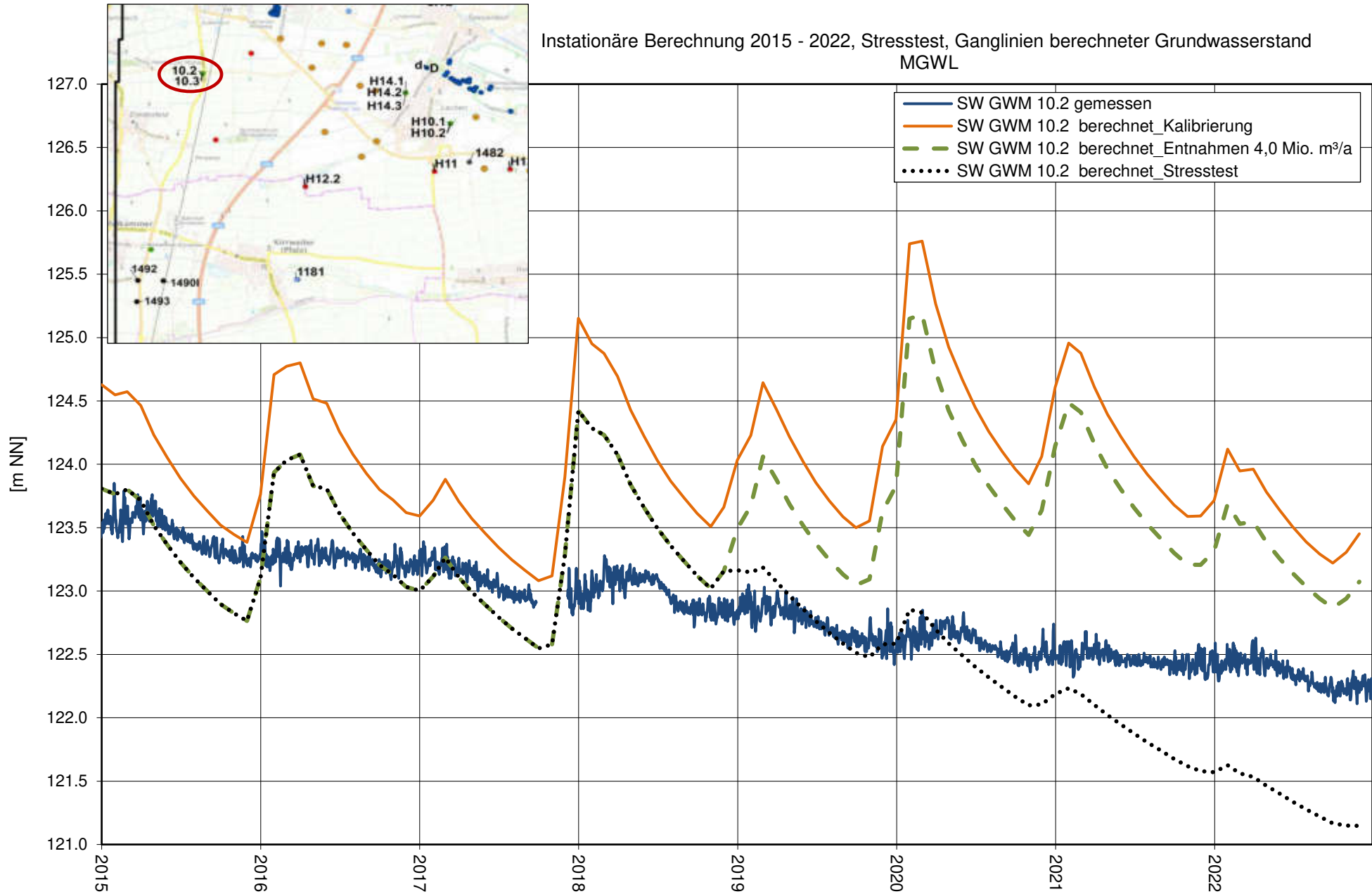
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



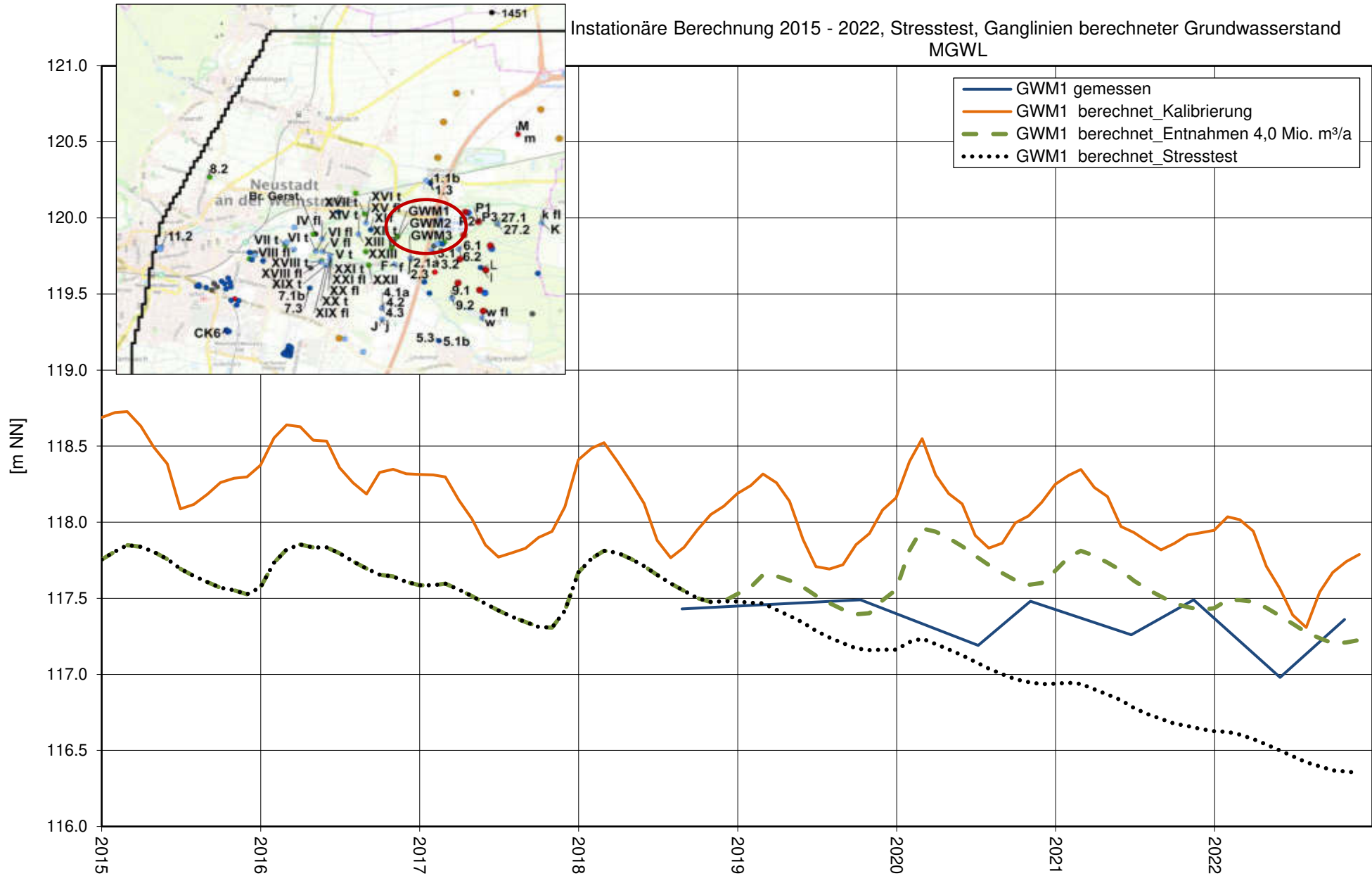
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



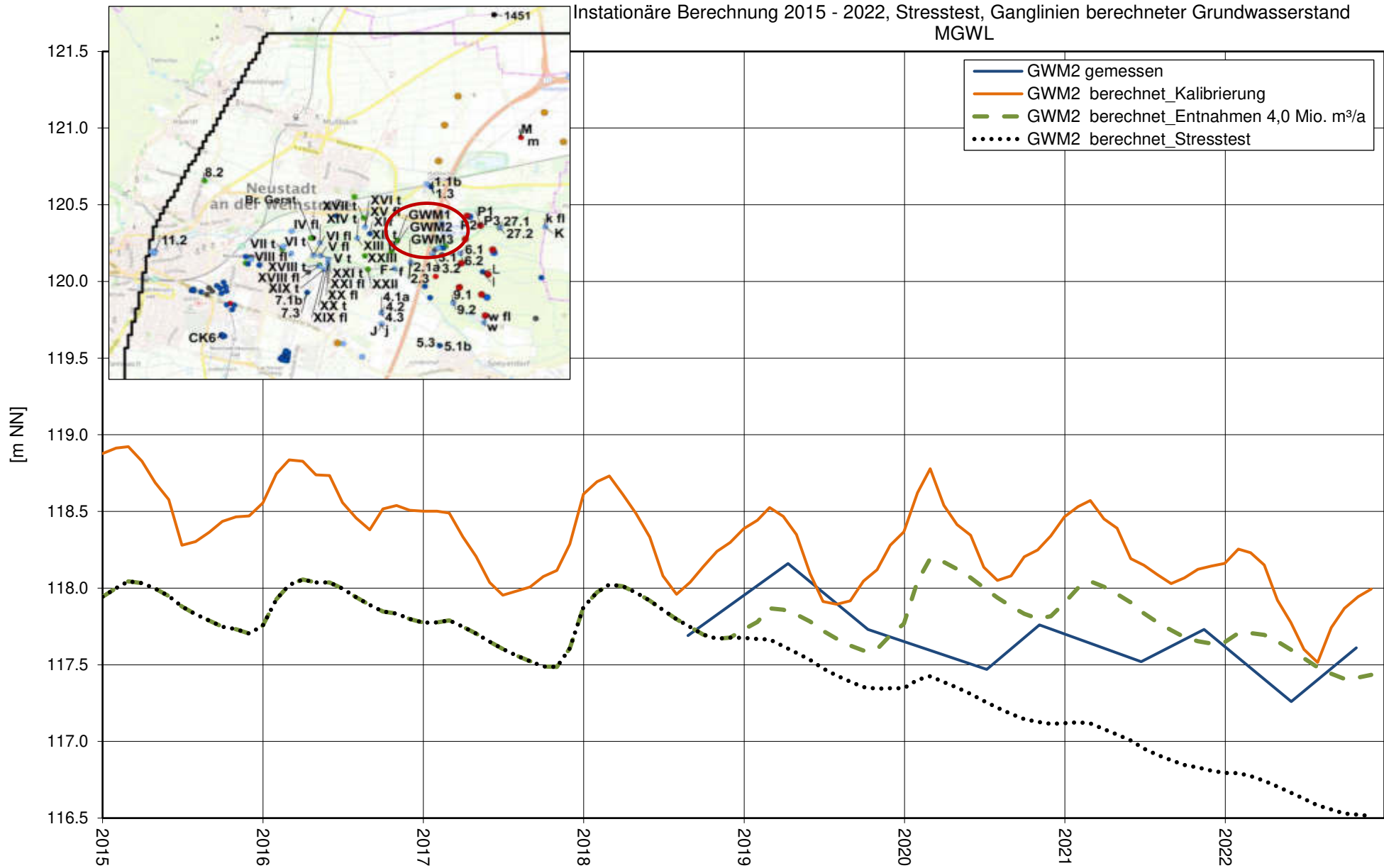
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand MGWL



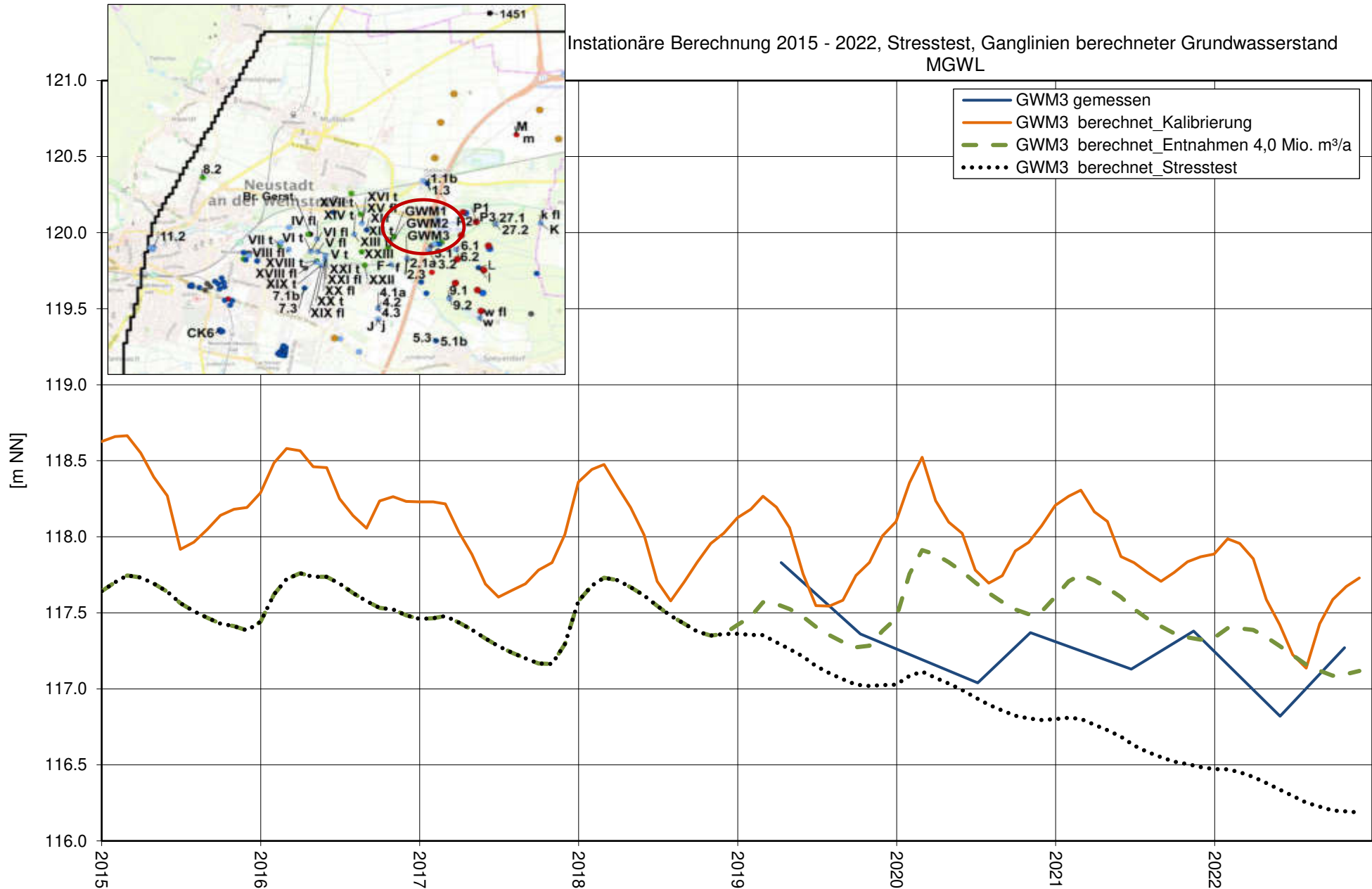
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



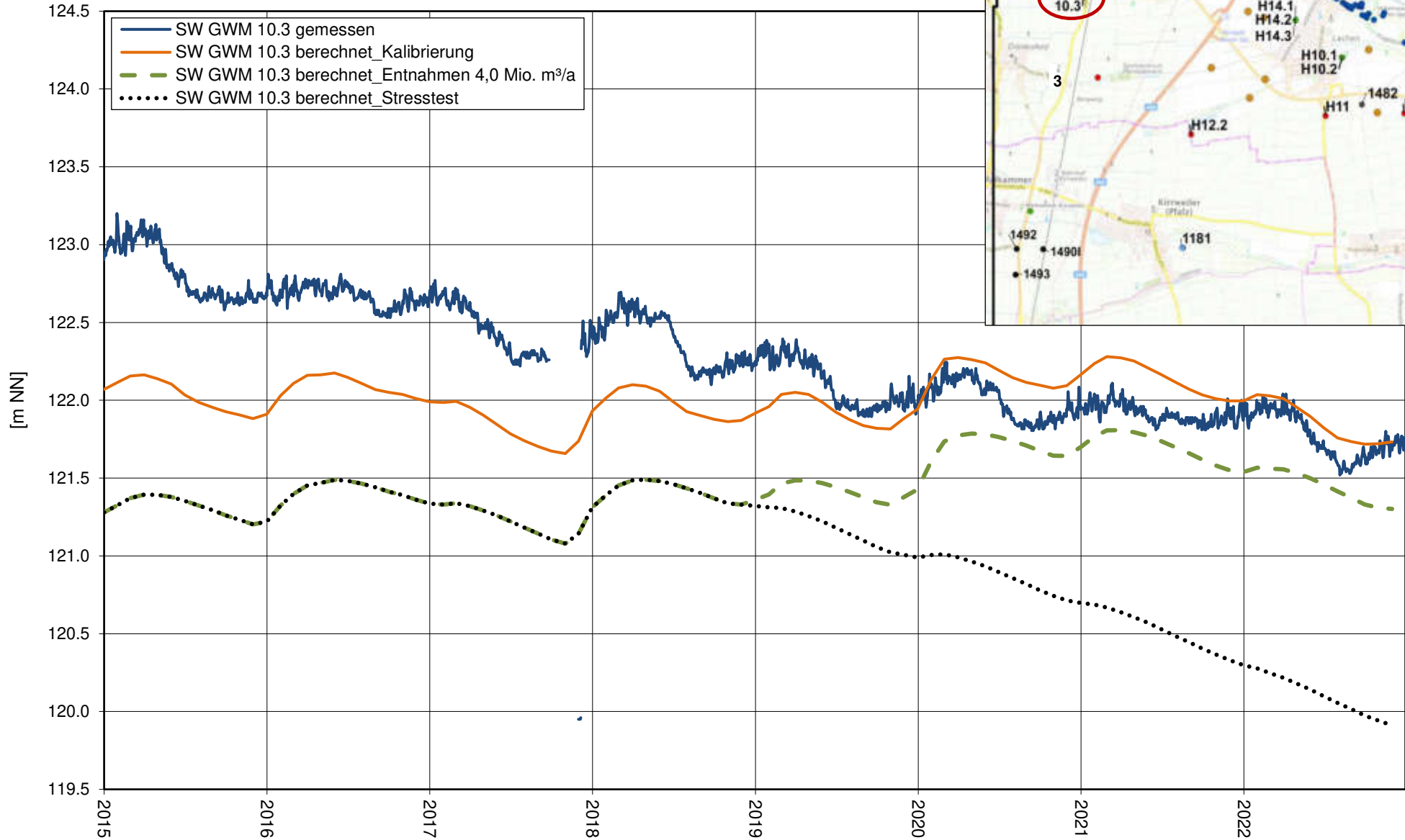
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



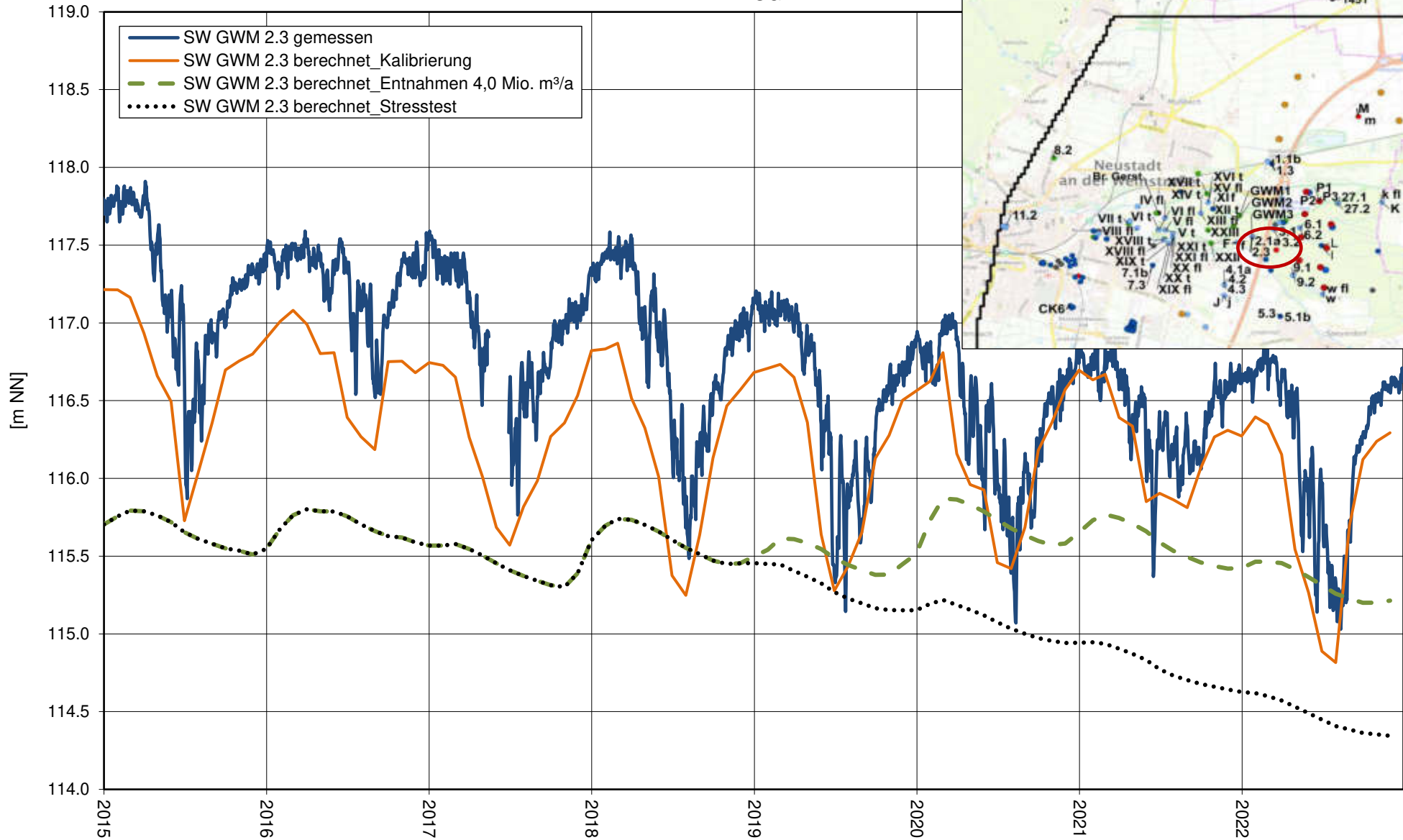
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 MGWL



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL

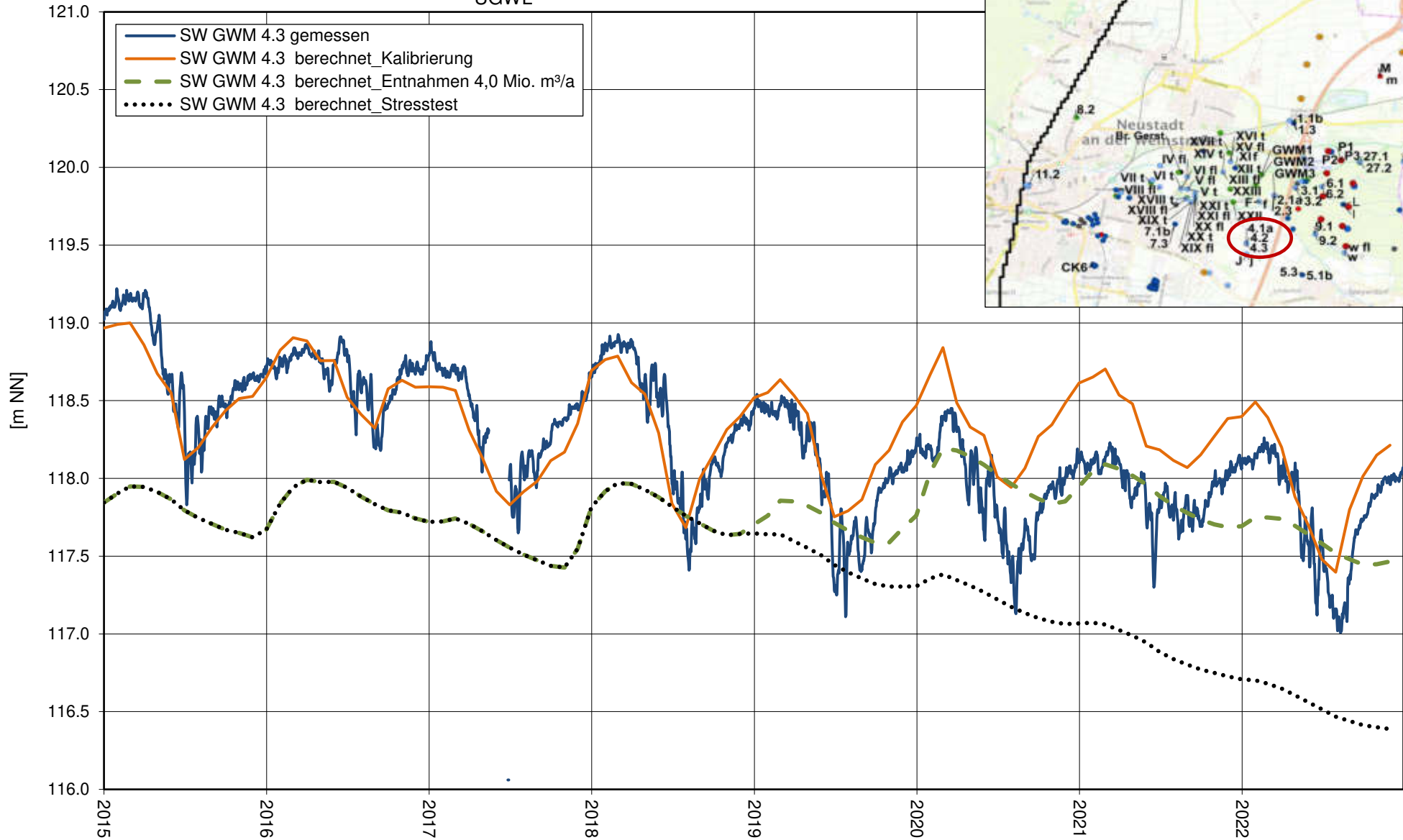


Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
UGWL

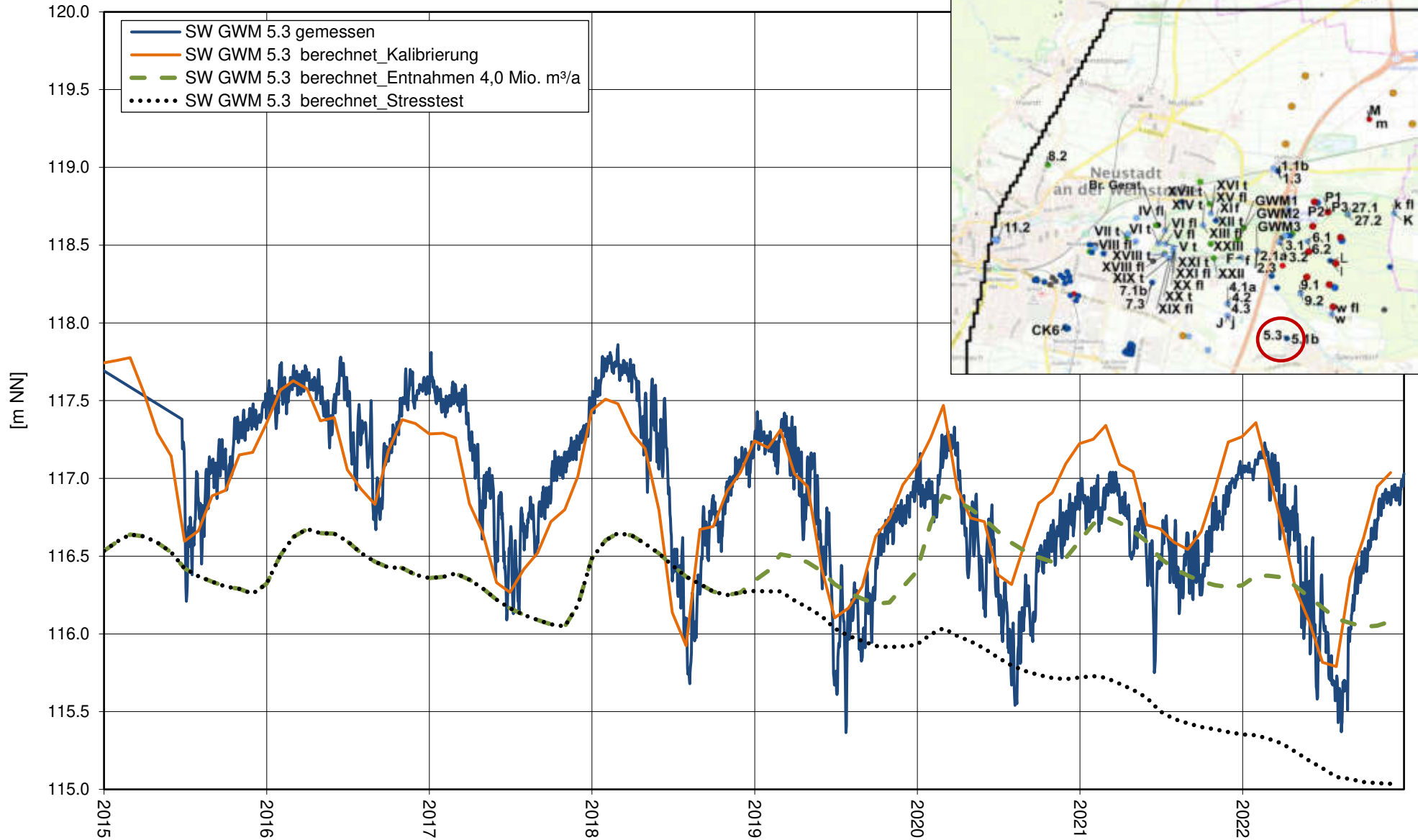




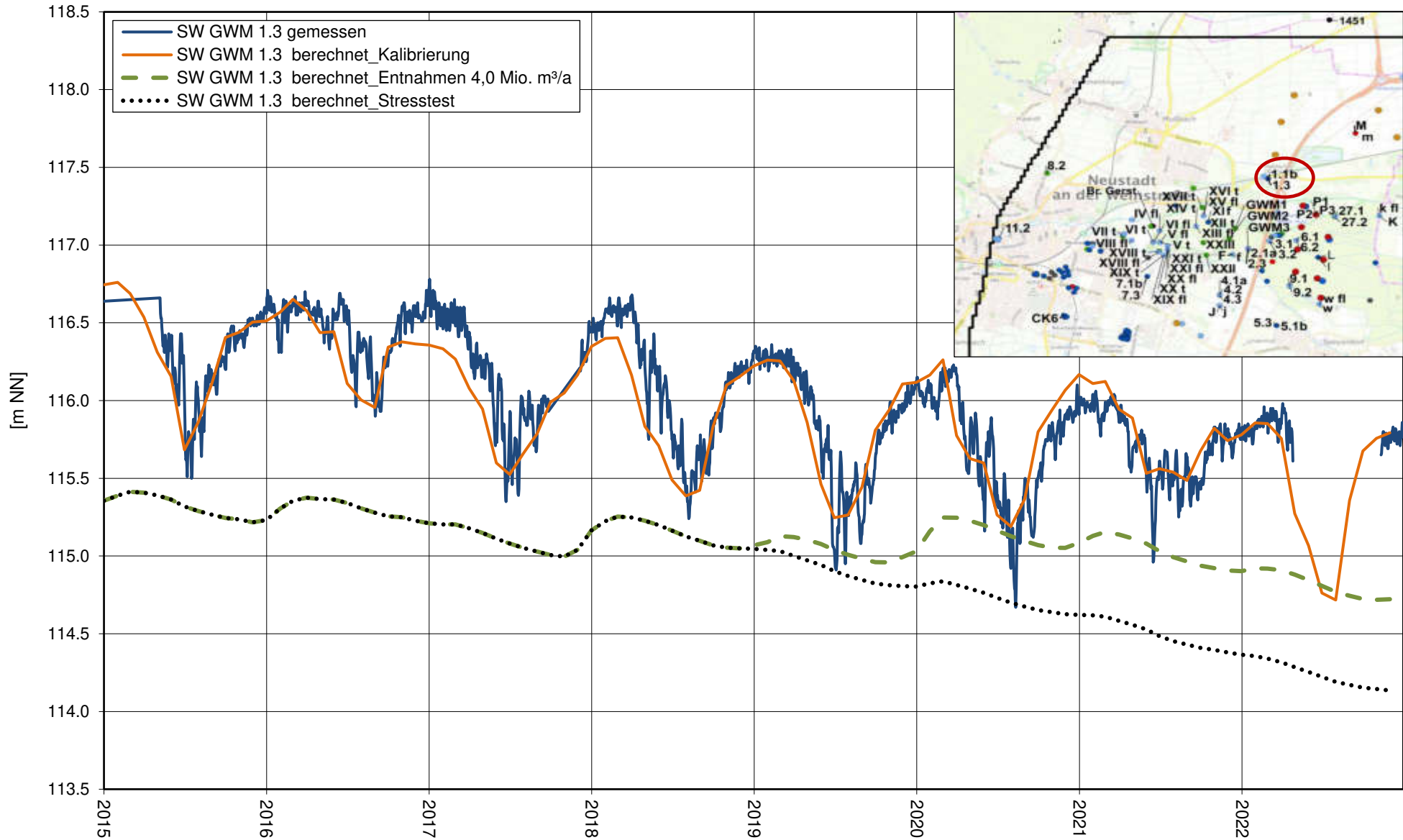
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL



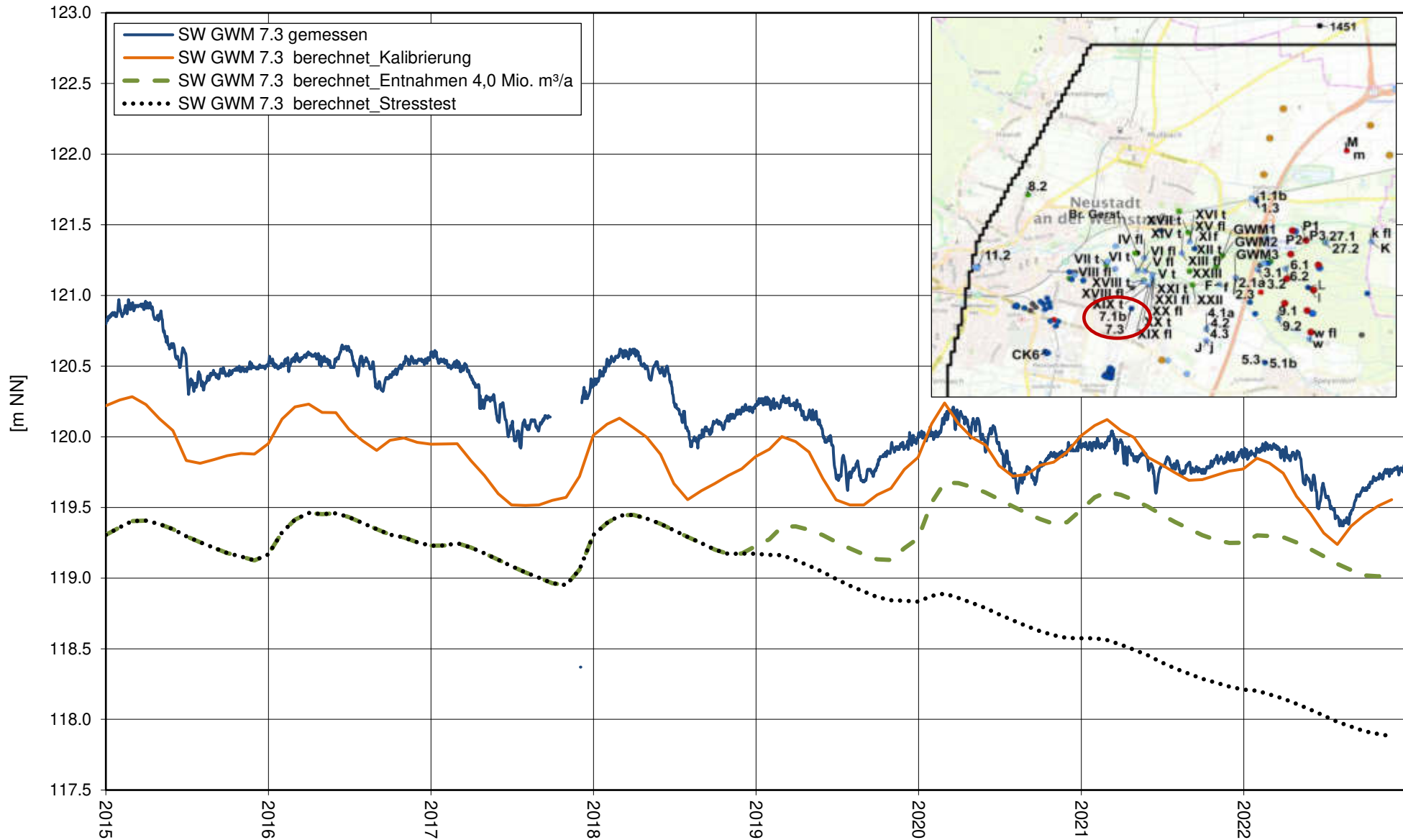
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL



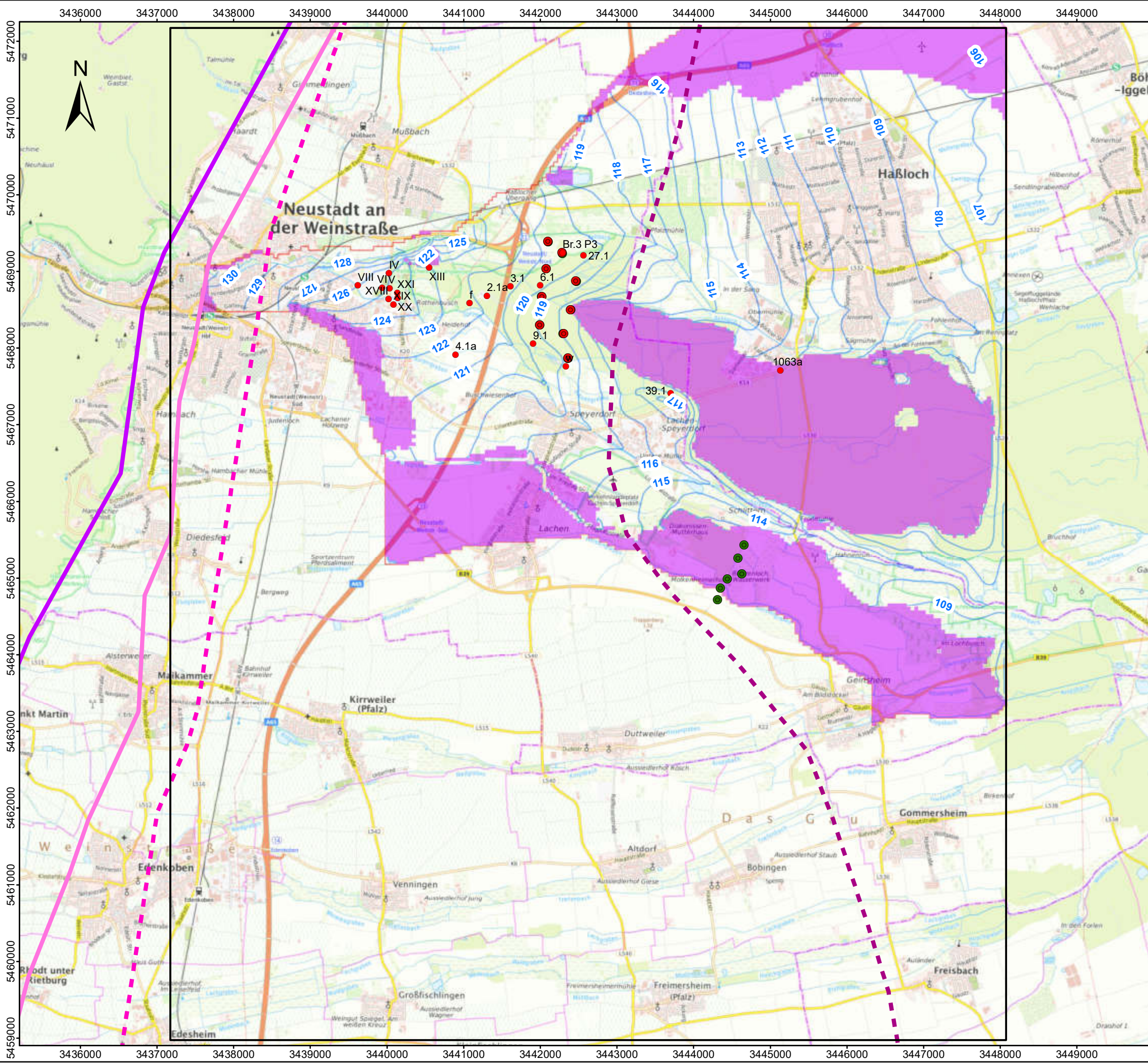
Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL



Instationäre Berechnung 2015 - 2022, Stresstest, Ganglinien berechneter Grundwasserstand  
 UGWL



27.10.2023 10:32:44 Uhr, M 1:50000, goldhorn  
 J:\0500543\03\_P1\10\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_14.1\_BerGW/StromungRechenlaufG\_Stresstest4\Mio\_OGWL0.mxd, 38,0cm x 25,7cm

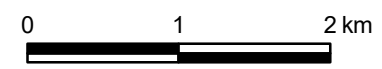


**Zeichenerklärung**  
 [Black outline] Modellraum  
 [Red outline] Modellraum OGWL0

**Brunnen**  
 ● Brunnen Ordenswald  
 ● Brunnen Benzenloch

● Grundwassermessstelle  
 [Thick purple line] Haupttrandverwerfung  
 [Thin purple line] Randscholleverwerfung  
 [Dashed purple line] Zwischenschollenverwerfung  
 [Dashed purple line] Grabenstaffelbruch  
 [Purple shaded area] Trocken berechnet

[Blue line] Berechnete Grundwassergleichen, Rechenlauf G, OGWL0, Trockene Verhältnisse [m NN]



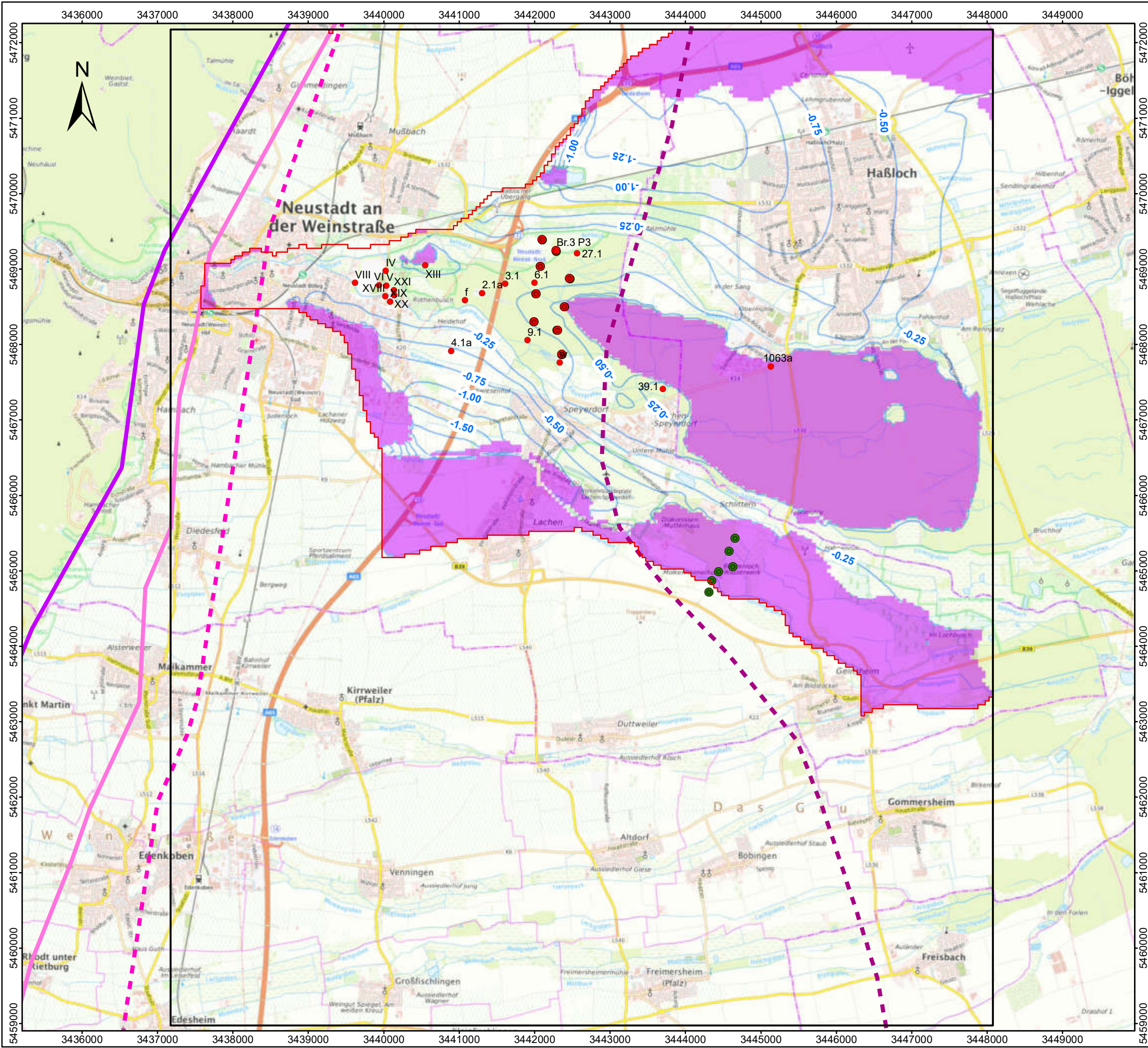
Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Instationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 Stresstest,  
 trockener Verhältnisse August 2022, OGWL0  
 berechnete Grundwasserströmung,  
 Rechenlauf G - Neubildung 30%

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

07.06.2023 15:00:20 Uhr, M 1:50000, goldhorn\bce01.de  
as\j10500543\03\_P110\_GIS\01\_Projekte\Anlagen\_2022\_inst\_Kal\_2023\Anl\_7.1\_Stationäre Kalibrierung 2013 - 2014\_OGWL0-Neu.mxd



**Zeichenerklärung**

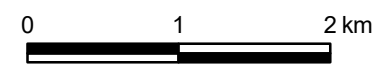
- Modellraum
- Modellraum OGWL0

**Brunnen**

- Brunnen Ordenswald
- Brunnen Benzenloch

- Grundwassermessstelle
- Hauptrandverwerfung
- Randscholleverwerfung
- Zwischenschollenverwerfung
- Grabenstaffelbruch

- trocken berechnet
- Berechnete Grundwasserstandsunterschiede, Rechenlauf G – Rechenlauf D, OGWL0, Trockene Verhältnisse [m]



Koordinatensystem: DHDN 3 Degree Gauss Zone 3  
 Datengrundlagen:  
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023,  
 Datenquellen: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf)



Stationäre Berechnung 2015 - 2022,  
 Stresstest, trockener Verhältnisse  
 August 2022, OGWL0  
 berechnete Grundwasserstandsunterschiede,  
 Rechenlauf G - Rechenlauf D

M.: 1:50,000	Okt 2023	05005.43
--------------	----------	----------

# **Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD**



**BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE**

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH  
Maria Trost 3, 56070 Koblenz  
Telefon +49 261 8851-0, [info@bjoernsen.de](mailto:info@bjoernsen.de)  
Januar 2023, mk, 200500543

## **Inhaltsverzeichnis**

### **Erläuterungsbericht**

<b>1</b>	<b>Allgemein</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Eingangsdaten</b>	<b>3</b>



## Literatur

- [1] AG Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter, 4. Aufl., Hannover
- [2] Allen R.G., Smith M., Perrier A., Pereira L.S., 1994: An update for definition of reference evapotranspiration – ICID Bulletin 43, No. 2, 1-34
- [3] Allen R.G., Smith M., Perrier A., Pereira L.S., 1998: Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome URL: <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>
- [4] Armbruster V., Leibundgut C., Menzel L., 2000: Modellierung der detaillierten Grundwasserneubildung im Lockergestein mit einem SVAT-Modell – Wasser & Boden, 52/11, 24–28, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- [5] Arbeitskreis KLIWA 2017 (LUBW, LfU Bayern, LfU RLP, HLNUG, DWD, [kliwa.de](http://kliwa.de)): Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen (1951-2015), Heft 21, Freiburg, file://P:\whm1500340\management\02\_projsteuerung\daten\Literatur\KLIWAHeft21.pdf
- [6] ATV-DVWK-M 504, Entwurf, 2001: Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden
- [7] Disse M., 1995: Modellierung der Verdunstung und der Grundwasserneubildung in ebenen Einzugsgebieten - Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 53
- [8] Dommermuth H., Trampf W., 1990: Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951-1989 – Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main
- [9] DWA-M 504, Entwurf, 2016: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen
- [10] Haude W., 1952 a: Zur Möglichkeit der nachträglichen Bestimmung der Wasserbeanspruchung durch die Luft und ihrer Nachprüfung an Hand von Topversuchen und Abflussmessungen – Berichte des Deutschen Wetterdienstes US-Zone, 32: 27-34
- [11] Haude W., 1952 b: Verdunstungsmenge und Evaporationskraft eines Klimas – Berichte des Deutschen Wetterdienstes US-Zone, 42: 225-229
- [12] Haude W., 1954: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration – Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 8

- [13] Haude W., 1955: Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichste einfache Weise – Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 11
- [14] Haude W., 1958: Über die Verwendung verschiedener Klimafaktoren zur Berechnung der potentiellen Evaporation und Evapotranspiration – Meteorologische Rundschau (11), 96-99
- [15] Herrmann A., Kuhn M., 1996: Schnee und Eis – in: Lehrbuch der Hydrologie Band 1, Quantitative Hydrologie, Hrsg.: Baumgartner A., Liebscher H.-J., 2. Auflage, Gebrüder Bornträger Verlag, Berlin und Stuttgart
- [16] Kopp et al., 2018: Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern Rheinland-Pfalz und Hessen von 1951 bis 2015, Zeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HyWa  
DOI: 10.5675/HyWa\_2018,2\_1 (HW 62. 2018, H.2; S.62-76)  
file:///P:/whm1500340/management/02\_projsteuerung/daten/Literatur/Kopp%20et%20al.%20HyWa2-2018.pdf
- [17] Probst M., 2002: Der Einfluss des Grundwasserhaushalts auf das Abflussverhalten kleiner Einzugsgebiete im Festgesteinsbereich der Mittelgebirge – Dissertation eingereicht am Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, Januar 2002
- [18] Richter D., 1995: Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers – Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 194, Offenbach am Main
- [19] Schmidt, T., Thiel, S., Machui-Schwanitz, G., 2023 (DWD): Die Grasreferenzverdunstung für wasserhaushaltliche Bilanzierung in Deutschland (30-jährige Monatsmittelwerte 1991-2020 in hoher räumlicher Auflösung), DWD, Abteilung Hydrometeorologie, KU41, hydbil-105222
- [20] Wendling, U.; Fuchs, P.; Müller-Westermeier, G.; 1997: Modellierung des Zusammenhangs von Globalstrahlung, Sonnenscheindauer und Bewölkungsgrad, Arbeitsergebnisse Nr. 45, Deutscher Wetterdienst, Forschung und Entwicklung, Offenbach
- [21] Wigmosta, M.S., Vail, L.W., Lettenmaier, D.P., 1994: A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. Water Resources Research, 30(6), 1994..

## **Auftraggeber**

Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD

### **1 Allgemein**

Zur Berechnung der Wasserhaushaltsbilanz und der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung steht uns eine Inhouse-Entwicklung zur Verfügung - das Boden**W**asser**H**aushalts**M**ODEll WHMOD. Das Modellsystem wurde im Jahr 2002 konzipiert und in C++ programmiert. Das Modellsystem beschreibt auf Basis physikalisch begründeter und wissenschaftlich anerkannter Prozesse den Wasserumsatz im System Boden, Pflanze, und Klima.

WHMOD wurde im Rahmen verschiedener Anwendungsfälle getestet, geprüft und validiert (Probst 2002) und ist seither in zahlreichen Projektgebieten erfolgreich eingesetzt worden. 2018 wurde WHMOD in eine Python-Umgebung überführt und um weitere Komponenten ergänzt; WHMOD wurde dann im Rahmen eines Modellsystemvergleichs erneut getestet und validiert. Weitere projektspezifische Ergänzungen sind aufgrund des offenen Systems jederzeit möglich. Inzwischen bestehen langjährige Erfahrungen im Einsatz des WHMOD zur Berechnung der stationären und instationären, flächendifferenzierten Wasserhaushaltsbilanz.

### **2 Grundlagen**

Beim Modellsystem WHMOD handelt es sich um ein sogenanntes „SVAT-Model“ (**S**oil-**V**egetation-**A**thmospere-**T**ransfer), das die Beschreibung der wesentlichen Prozesse des Wasserumsatzes im System Boden-Pflanze-Atmosphäre erlaubt. Der Einfluss der klimatischen, meteorologischen sowie pflanzen- und bodenspezifischen Randbedingungen, die den Wasserhaushalt prägen, wird durch etablierte Modellansätze der wesentlichen Teilprozesse abgebildet.

WHMOD berechnet die Wasserhaushaltskomponenten für definierte Flächen in Tagesritten. Die berechneten Tageswerte können über beliebige Zeiträume bilanziert und aggregiert werden. WHMOD ermöglicht die Bereitstellung der berechneten Datensätze für GIS sowie für weitergehende Modellierungen (z.B. Grundwassermodelle) über eine Ausgabeschnittstelle, so dass die berechneten Daten direkt übergeben werden können.

Hinsichtlich der Teilprozesse in WHMOD wurden gezielt Modellansätze ausgewählt, die die prinzipiellen Abhängigkeiten basierend auf den bei praktischen Fragestellungen üblicherweise vorliegenden Daten beschreiben können (PROBST 2002). Dies sind im Einzelnen:

#### **Regionalisierung meteorologischer Antriebsdaten**

Stationsdaten wie der Niederschlag oder die Lufttemperatur werden durch Interpolationsverfahren wie Nearest Neighbour oder die Inverse Distanz-Wichtung auf die einzelnen Flächen übertragen. Das programminterne Datenhandling erlaubt die Nutzung von Nachbarstationen bei Fehldaten an einzelnen Stationen. Für Größen wie die Lufttemperatur empfiehlt sich in reliefierten Untersuchungsgebieten die explizite Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit, die über feste Gradienten vorgegeben oder mittels linearer Regression für jeden Tag automatisiert bestimmt wird.

## **Auftraggeber**

Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD

### **Niederschlagskorrektur (RICHTER 1995)**

Die an den Niederschlagssammlern gemessenen Niederschlagshöhen sind im Jahresmittel 10 – 14 % kleiner als die tatsächlichen Niederschläge, was im Wesentlichen durch Verwehungseffekte sowie untergeordnet durch Benetzungsverluste am Sammler begründet ist. Bei Bedarf erfolgt eine Korrektur der Messwerte nach Jahreszeit, Lage des Sammlers und Art des Niederschlages.

### **Schneespeicher (HERRMANN & KUHN 1996)**

Die Akkumulation von Niederschlägen im Schneespeicher und deren Abgabe kann zu hohen Grundwasserneubildungsraten führen. Dieser Prozess wird über das Gradtagfaktorverfahren berücksichtigt, das die Freisetzung aus dem Schneespeicher in Abhängigkeit vom Tagesmittelwert der Lufttemperatur beschreibt. Als Gradtagfaktor wird der von HERRMANN & KUHN (1996) genannte Mittelwert von  $4,5 \text{ mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{K})$  verwendet.

### **Potenzielle Verdunstung (ALLEN et al. 1998, WENDLING et al. 1997, DWA-M 504)**

Die Berechnung der potentiellen Verdunstung bzw. Evapotranspiration (PET) basiert auf dem physikalisch begründeten Verfahren nach PENMAN/MONTEITH (ALLEN et al. 1998). Folgende Parameter werden dabei berücksichtigt: Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind die Landnutzung und die Vegetationsphase. Die aus der PENMAN/MONTEITH-Gleichung abgeleitete FAO-Grasreferenzverdunstung dient als rechnerische Einheitsverdunstung. Alternativ ist die Berechnung der Grasreferenzverdunstung nach WENDLING et al. (1997) bzw. in der vom DWD verwendeten Form nach SCHMIDT et al. (2023) möglich. Diese für Deutschland angepasste, empirische Gleichung benötigt weniger Basisdaten (Lufttemperatur und Globalstrahlung). Die resultierende Referenzverdunstung wird in Verbindung mit nutzungs- und monatspezifischen Verdunstungskorrektur-Faktoren aus dem Merkblatt DWA-M 504 in die potentielle Verdunstung der entsprechenden Vegetation umgerechnet.

### **Aktuelle Verdunstung (DISSE 1995, WIGMOSTA et al. 1994)**

Die aktuelle Verdunstung aus dem Bodenkörper ist aufgrund verschiedener Randbedingungen praktisch immer kleiner als die potentielle Verdunstung. Wesentlichste Einflussgröße ist dabei die Verdunstungsregulierung der Pflanzen als Schutz vor Austrocknung bei abnehmender Bodenfeuchte. Diese Abminderung der potentiellen Bodenverdunstung erfolgt nutzungsspezifisch mit dem durch DISSE (1995) vorgeschlagenen Ansatz.

Wurde die Vegetationsoberfläche durch vorangegangene Niederschläge benetzt, tritt zusätzlich Interzeptionsverdunstung auf. Diese Interzeptionsverdunstung wird gegenüber der Bodenverdunstung nach dem von WIGMOSTA et al. 1994 verwendeten Schema priorisiert.

### **Bodenspeicher mit Makroporeninfiltration (ARMBRUSTER et al. 2000)**

Entgegen der Betrachtung des Bodenspeichers als Überlaufspeicher, aus dem Wasser erst bei Überschreitung der nutzbaren Feldkapazität der durchwurzelter Bodenzone absickert, weisen natürliche Böden bereits bei Bodenfeuchten unterhalb der nutzbaren Feldkapazität eine Versickerung und damit eine Grundwasserneubildung auf. Das Verfahren nach ARMBRUSTER et al. (2000) beschreibt diese prinzipielle Abhängigkeit der ungesättigten Strömung im Sinne eines konzeptionellen Modells. Die Reduktion der für eine physikalisch begründete Modellierung erforderlichen Vielzahl schwierig zu

## **Auftraggeber**

Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell WHMOD

ermittelnder Parameter und Abhängigkeiten auf die nutzbare Feldkapazität der durchwurzelten Bodenzone macht diesen Ansatz für Untersuchungen sehr robust und praktikabel.

### **Kapillarer Aufstieg (nach AG BODEN 1994)**

Bei kleinen Flurabständen wird durch den kapillaren Aufstieg gegebenenfalls Grundwasser in die durchwurzelte Bodenzone eingebracht, das der Vegetation zur Verfügung steht. WHMOD geht davon aus, dass ein kapillarer Aufstieg in der Größenordnung der potentiellen Verdunstung (maximal 5 bis 6 mm/d) in Abhängigkeit von Flurabstand, Wurzeltiefe, Schwellen- und Grenzwert des kapillaren Aufstiegs stattfinden kann (nach AG BODEN 1994).

### **Zeitliche Verzögerung bei der Durchsickerung der ungesättigten Zone (PROBST 2002)**

Das WHMOD berechnet die Perkolation aus der durchwurzelten Bodenzone. In Abhängigkeit vom Flurabstand sowie der Ausbildung der ungesättigten Zone muss eine zeitliche Verzögerung berücksichtigt werden. Dieser Einfluss wird durch einen Linearspeicher berücksichtigt, wobei die Schwerpunktlaufzeit direkt oder in Abhängigkeit vom Flurabstand angesetzt werden kann. Die Beziehung zum Flurabstand wurde anhand der Messdaten aus verschiedenen Projekten bestimmt (PROBST 2002) und kann ggf. projektspezifisch an die regionalen Gegebenheiten angepasst werden.

### **BFI - Base-Flow-Index (vom jeweiligen Umweltamt)**

Der BFI-Faktor ist in der Regel (in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz) aus dem Verhältnis von Basis- und Gesamtabfluss auf Grundlage langer Abflusszeitreihen für Einzugsgebiete in teils aufwendigen Verfahren flächendifferenziert abgeleitet worden. Bei nennenswerten lateralen Abflüssen, z. B. infolge des Reliefs oder aufgrund des Untergrundtyps, wird die Perkolation aus dem Bodenspeicher mittels BFI-Faktor (Wert zwischen 0 und 1) reduziert. Einige Landesbehörden stellen inzwischen flächendifferenzierte BFI-Kartendaten digital zur Verfügung.

## **3 Eingangsdaten**

Zeitreihen Tageswerte: Niederschlag, für Verdunstung nach PENMAN/MONTEITH Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer; alternativ für Verdunstung nach WENDLING: Lufttemperatur, Globalstrahlung.

Gebietsdaten: Modell-/Bilanzgebietsgrenze, nutzbare Feldkapazität der Böden (Bodenkarten), Landnutzung (ATKIS, CORINE,...), Flurabstand mittlere Verhältnisse (Grundwasserstandshöhen, DGM), Zusammensetzung der ungesättigten Zone (Ton, Sand, Schluff, Lehm, gemischt), Stationsstammdaten, Base-Flow-Index, ggf. Wurzeltiefen der regionalen Vegetation, ggf. regionale pflanzenspezifische Faktoren zur Berechnung der Verdunstung und Interzeption