

Bayerisches Landesamt für Umwelt

**2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim,  
Ermittlung Abflussaufteilung u. Retentionswirkung  
(Ergänzungsberechnungen)**

München, den 25.11.2015

RMD-Consult GmbH  
Wasserbau und Energie  
Blutenburgstraße 20  
80636 München



Tel.: 089/99 222-402 S. Kanne

---

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MODELLE UND UNTERSUCHTE MAßNAHMEN</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Modell Ist-Zustand</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>Flutpolder Nord (Variante A)</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>Auestrom nördlich Donau</b>	<b>5</b>
<b>3.4</b>	<b>Flutpolder Süd</b>	<b>6</b>
<b>3.5</b>	<b>Randbedingungen</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE BERECHNUNGEN</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Berechnung Istzustand</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Berechnung Flutpolder Nord (Variante A)</b>	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>Berechnung Auestrom nördlich Donau</b>	<b>8</b>
<b>4.4</b>	<b>Berechnung Flutpolder Süd</b>	<b>9</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Voruntersuchung Poldervolumen</b>	<b>9</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Voruntersuchung Länge der Betriebsorgane</b>	<b>9</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Festlegung Kenngrößen Polder</b>	<b>9</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Ermittlung der Polderabfluss-Ganglinie</b>	<b>10</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Modellansätze</b>	<b>10</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>12</b>
	<b>ANLAGENVERZEICHNIS</b>	<b>13</b>

---

# 1 VERANLASSUNG

An der Staustufe Bertoldsheim an der Donau wird durch das LfU der potentielle Flutpolder Bertoldsheim untersucht. RMD-Consult GmbH hat für den geplanten Flutpolder Bertoldsheim nördlich der Donau mit einem 2D-Modell die Dimensionierung des Einlaufbauwerks untersucht (Projekt RMD-Co C40128 „2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim, Dimensionierung Einlaufbauwerk, Ermittlung Abflussaufteilung“, Bericht vom 30.03.2015) sowie die daraus folgende Abflussaufteilung Polder / Donau / rechtes Vorland berechnet.

In Ergänzung dazu sollen zwei zusätzliche Alternativen für den Flutpolder untersucht werden: ein weiterer Auestrom auch auf der linken Donauseite östlich von Marxheim und ein Flutpolderstandort südlich der Donau. Um die Auswirkungen auf die Hochwasserwelle zu berechnen, wird das in der ersten Untersuchung verwendete Modell mit einem vorhandenen Modellnetz bis zur Steppberger Enge verlängert.

Der gesamte Untersuchungsbereich ist in Anlage 1 dargestellt.

---

## 2 GRUNDLAGEN

Die Grundlagen sind nahezu vollständig im Bericht zur ersten Untersuchung beschrieben, auf den hiermit verwiesen wird:

- Studie RMD-Co C40128 „2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim, Dimensionierung Einlaufbauwerk, Ermittlung Abflussaufteilung“, März 2015

Die verwendeten Ganglinien an der Donau und im Lech sind nochmals in der Anlage 3 dargestellt.

Weitere Grundlagen sind

- das 2D-Modell HWGK Donau 395 (LfU, 2013) für die Ermittlung der UW Schlüsselkurve an der Steppberger Enge (Anlage 4) und für die Verlängerung des Modells aus der ersten Untersuchung bis zur Steppberger Enge
- Angaben WWA Ingolstadt zum Anspringen des Überlaufs für den Auestrom nördlich der Donau (ab 850 m<sup>3</sup>/s, entspricht < HQ<sub>1</sub>) und zur Länge der Überlaufstrecke (835 m)

## **3 MODELLE UND UNTERSUCHTE MAßNAHMEN**

### **3.1 Modell Ist-Zustand**

Für den Vergleich der Ganglinien unterhalb der untersuchten Polder wird das Berechnungsmodell der ersten Untersuchung verlängert bis zur Steppberger Enge.

Der Modellbereich ist in Anlage 2 dargestellt. Alle weiteren Modelle weisen den gleichen Umgriff aus.

### **3.2 Flutpolder Nord (Variante A)**

Die Befüllung des nördlichen Polders in der Flutpoldervariante A und die Auswirkungen auf den Abfluss in der Donau wurden bereits in der vorangegangenen Untersuchung berechnet. Die Auswirkungen auf den Donauabfluss an der Steppberger Enge konnten jedoch nicht ermittelt werden, da das Modell nicht ausreichend lang war.

Für die Beschreibung der Poldervariante A wird auf den genannten Bericht vom März 2015 verwiesen. Der Polderumgriff der Variante A ist in Anlage 5 nochmals dargestellt

Diese Variante wurde mit dem verlängerten Modell neu berechnet.

### **3.3 Auestrom nördlich Donau**

Der Polderumgriff der Alternative mit Auestrom nördlich der Donau ist in Anlage 6 dargestellt. Der Polderumgriff entspricht der Poldervariante A, jedoch ohne den unteren Abschlussdamm. Der Polder wird während des Hochwasserereignisses durchströmt.

Die 835 m lange Deichüberlaufstrecke reicht vom oberen Ende des Polders bei Fluss-km 2495,935 bis zum Beginn des Stauhaltungsdammes auf der rechten Donauseite bei Fluss-km 2495,100.

Mit der Vorgabe einer Überströmung des Deiches ab einem Gesamtabfluss (Donau + südlicher Auestrom) von 850 m<sup>3</sup>/s (entspricht < HQ<sub>1</sub>) wird die Oberkante der Deichkrone in diesem Bereich mit einer Wasserspiegelberechnung ermittelt. Die Deichoberkante liegt auf 393,44 m ü.NN am oberen Ende der Überlaufstrecke und auf 393,08 m ü.NN am unteren Ende und verläuft linear fallend.

### 3.4 Flutpolder Süd

Der Polder im südlichen Vorland soll durch einen Abschlussdamm an der ND11 gebildet werden. In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass der Straßendamm der ND11 erhöht wird. Mit der Vorgabe, dass der Polder nur an die B16 reichen soll, muss zusätzlich an der B16 ein Deich erstellt werden.

Der Polderumfang des Polders Süd ist in Anlage 7 dargestellt.

Im Unterschied zur Poldervariante A wird der Polder Süd schon im Istzustand durchströmt. Dieser Vorlandabfluss muss bis zum Ereignis  $HQ_{100}$  möglichst unbehindert am Abschlussdamm der ND11 abfließen können und es muss während der Polderfüllung die Abgabe des gedrosselten Abflusses möglich sein. Der Flutpolder wird damit von vornherein als sogenannter Fließpolder betrieben.

Aus der ersten Bedingung folgt, dass große Durchlässe im Abschlussdamm erforderlich sind. Diese Durchlässe müssen für den Rückhalt im Polder verschlossen werden können. Um jedoch den Drosselabfluss weiter abgeben zu können, ist ein Teil der Öffnungen zu steuern, und es ist eine beachtliche Energieumwandlung erforderlich.

Zur Ermittlung der Öffnungsweite und des Stauziels im Polder wurde wie folgt vorgegangen:

- grobe Ermittlung des Poldervolumens durch Verschnitt verschiedener Stauspiegel im Polder mit dem Gelände bzw. dem Wasserspiegel bei  $HQ_{100}$
- stationäre Berechnung  $HQ_{100}$  mit Abschlussdamm und verschiedenen Öffnungslängen
- Abstimmung des max. Stauspiegels im Polder und der Öffnungslängen im Abschlussdamm mit dem LfU und dem WWA Ingolstadt
- Ermittlung des Poldervolumens für die abgestimmten Kennwerte
- Ermittlung der Polderabfluss-Ganglinie, d.h. des Abflusses, welches den Polderabschlussdamm an den Flutöffnungen durchströmt
- Berechnung des Polders Süd mit der Bemessungsganglinie 1 unter Ansatz der Polderabfluss-Ganglinie am Polderabschlussdamm. Die Differenz des Abflusses im Istzustand zur Polderabflussganglinie entspricht der Retention im Polder.

### **3.5 Randbedingungen**

Es wird am oberen Modellrand die Bemessungsganglinie 1 verwendet. Genaueres ist im genannten Bericht zur früheren Untersuchung nachzulesen. Diese Bemessungsganglinie 1 ist in Anlage 3 dargestellt.

Die als Abfluss-Randbedingung im Modell verwendete Unterwasserschlüsselkurve wurde mit Berechnungsergebnissen des Modells 395 (Hochwassergefahrenkarten Bayern) ermittelt und ist in Anlage 4 dargestellt.

## 4 ERGEBNISSE BERECHNUNGEN

### 4.1 Berechnung Istzustand

Die berechneten maximalen Wassertiefen für den Istzustand sind in Anlage 8 dargestellt.

### 4.2 Berechnung Flutpolder Nord (Variante A)

Die berechneten maximalen Wassertiefen beim nördlichen Flutpolder (Variante A) sind in Anlage 9 dargestellt.

Der Vergleich der Ganglinien für den Flutpolder Nord (Variante A) und den Istzustand ist in Anlage 10 dargestellt. Mit dem Polder nördlich der Donau kann der Abfluss in der Steppberger Enge für die gegebene Bemessungsganglinie 1 nahezu auf konstant ca. 2000 m<sup>3</sup>/s gedrosselt werden.

Der maximale Wasserstand im Polder liegt bei 394,66 m ü.NN.

### 4.3 Berechnung Auestrom nördlich Donau

Die berechneten maximalen Wassertiefen bei einem Auestrom auch nördlich der Donau sind in Anlage 11 dargestellt.

Der Vergleich der Ganglinien für die Alternative mit Auestrom nördlich der Donau und dem Istzustand ist in Anlage 12 dargestellt. Da der Polder mit dem Auestrom wesentlich früher beaufschlagt wird als in der Variante A, ist er beim Eintreffen des Abflussscheitels bereits gefüllt. Eine nennenswerte Scheitelreduzierung ist daher in der Steppberger Enge nicht festzustellen. Es findet lediglich eine Abflussumlagerung aus dem Gerinne der Donau und dem rechten Vorland in das linke Vorland statt, was zu einer leichten Verzögerung der Hochwasserwelle an der Steppberger Enge führt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Ganglinie an der Steppberger Enge die Polderentleerung berücksichtigt, da diese selbsttätig erfolgt. Bei den beiden anderen betrachteten Alternativen Flutpolder Nord (Variante A) und Flutpolder Süd wurde die Entleerung nicht simuliert. Diese erfolgt jedoch gezielt gesteuert erst nach Absinken des Abflusses unter den Kappungswert.



Die mittlere Wassertiefe im Polder liegt im oberen Bereich des Polders nahe der Überlaufstrecke bei 2,0 bis 2,5 m und oberhalb der Engstelle im unteren Bereich des Polders bei 3,5 bis 4,0 m.

## **4.4 Berechnung Flutpolder Süd**

### **4.4.1 Voruntersuchung Poldervolumen**

Bei der Ermittlung des Poldervolumens muss berücksichtigt werden, dass der Polder schon zu Beginn der Füllung vom südlichen Auestromanteil durchströmt wird und daher nur das Volumen oberhalb dieses Wasserspiegels zur Retention herangezogen werden kann. Als Richtwert für den Abfluss bei Beginn der Polderfüllung wird das  $HQ_{100}$  herangezogen. Das Poldervolumen wird somit abgeschätzt durch den Verschnitt eines Stauspiegels mit dem Wasserspiegel  $HQ_{100}$  bzw. der Geländehöhe in den trockenen Bereichen.

Das so ermittelte Poldervolumen ist für 5 verschiedene max. Stauspiegel in Anlage 13 dargestellt.

### **4.4.2 Voruntersuchung Länge der Betriebsorgane**

Zur Ermittlung der Länge der Flutöffnungen in der ND11 werden stationäre Berechnungen mit  $HQ_{100}$  und verschiedenen Öffnungslängen durchgeführt. Die Öffnungen werden dabei auf verschiedene Felder aufgeteilt.

Das Volumen zwischen der Wasserspiegellage im Zustand mit Polderdamm und Flutöffnungen und der Wasserspiegellage bzw. dem Gelände im Istzustand für die untersuchten Flutöffnungslängen 150 m, 300 m und 500 m ist in Anlage 14 dargestellt. Dieses Volumen steht zusätzlich zum Wasservolumen im Istzustand nicht für die Retention im Polder zur Verfügung.

### **4.4.3 Festlegung Kenngrößen Polder**

Das mögliche Poldervolumen im Polder Süd ist in Anlage 15 und in der Tabelle 1 in Abhängigkeit vom Stauspiegel im Polder aufgetragen. Dieses Volumen wird um das in Abschnitt 4.4.2 ermittelte Volumen reduziert. Die entsprechenden Kurven bzw. Werte sind ebenfalls in Anlage 15 und in der Tabelle 1 dargestellt.

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Stauspiegel im Polder von 393,50 m ü.NN und eine gesamte Länge der Flutöffnungen mit 300 m gewählt. Daraus resul-

tiert ein nutzbares Poldervolumen von ca. 18,9 Mio. m<sup>3</sup>, was in etwa dem Volumen des Flutpolders Nord (Poldervariante A) entspricht.

*Tabelle 1. Volumenkurven für Istzustand und für die untersuchten Flutöffnungsbreiten*

Stauspiegel Polder [m ü.NN]	Volumen über HQ <sub>100</sub> /Gelände Istzustand [Millionen m <sup>3</sup> ]	Volumen über HQ <sub>100</sub> /Gelände 150 m Flutöffnung [Millionen m <sup>3</sup> ]	Volumen über HQ <sub>100</sub> /Gelände 300 m Flutöffnung [Millionen m <sup>3</sup> ]	Volumen über HQ <sub>100</sub> /Gelände 500 m Flutöffnung [Millionen m <sup>3</sup> ]
390.00	0.1	-	-	-
390.50	0.8	-	0	0.3
391.00	2.6	0.5	1.8	2.1
391.50	4.9	2.8	4.1	4.4
392.00	7.7	5.6	6.9	7.2
392.50	10.8	8.7	10.0	10.3
393.00	14.8	12.7	14.0	14.3
393.50	19.7	17.6	18.9	19.2
394.00	24.6	22.5	23.8	24.1

#### 4.4.4 Ermittlung der Polderabfluss-Ganglinie

Für den Istzustand wird den Berechnungsergebnissen die Abflussganglinie an der ND11 entnommen. Mit der Annahme einer konstanten Abgabe aus dem Polder, d.h. einer Scheitelkappung mit konstantem Abfluss und mit dem ermittelten Poldervolumen wird der Abflussscheitel an der ND11 ermittelt. Dieser liegt bei ca. 502 m<sup>3</sup>/s, wie in Anlage 16 dargestellt.

#### 4.4.5 Modellansätze

Die im Modell angenommenen Flutöffnungen in der ND11 und die jeweiligen Längen sind in Anlage 17 dargestellt.

Dem Modell wird oberstrom der ND11 die gekappte Abflussganglinie entnommen und unterstrom der ND11 wieder zugegeben. Die Differenz zur tatsächlich in den Polder fließenden Wassermenge entspricht dem zurückgehaltenen Volumen. Diese Vorgehensweise ist erforderlich, weil in dem Modell ein gesteuertes Abschlusswehr bei verschiedenen Ober- und Unterwasserständen nicht modelliert werden kann.

#### **4.4.6 Ergebnis**

Die berechneten maximalen Wassertiefen für den Flutpolder Süd mit der Bemessungsganglinie 1 sind in Anlage 18 dargestellt. Zum Vergleich ist die Überschwemmungsgrenze für den Istzustand/Bemessungsganglinie 1 als Linie enthalten.

Der Vergleich der Ganglinien für den Flutpolder Süd und den Istzustand ist in Anlage 19 dargestellt. Mit dem Polder südlich der Donau kann der Abfluss in der Steppberger Enge für die gegebene Bemessungsganglinie 1 nahezu auf konstant ca. 2000 m<sup>3</sup>/s gedrosselt werden. Der Abfluss in der Stauhaltung Bertoldsheim ändert sich dabei nicht, da der Aufstau im Polder Süd keine Auswirkung auf die Ausuferung ins rechte Vorland hat.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Der Vergleich der Ganglinien aller Berechnungen ist in Anlage 20 dargestellt.

Die Scheitelkappung des Flutpolders Nord (Variante A) und der Flutpolderalternative Süd ist auch in der Steppberger Enge noch vorhanden.

Ein Auestrom im Polder Nord bringt dagegen nahezu keine Scheitelkappung. Der Abfluss wird vom Hauptgerinne und dem südlichen Vorland nur ins nördliche Vorland umgelagert. Der Zufluss ins nördliche Vorland entspricht dabei nahezu dem Abfluss. Die Inanspruchnahme des Retentionsraums bereits ab einem Abfluss von 850 m<sup>3</sup>/s führt zu einer leichten Verzögerung in der an- und ablaufenden Welle.

Der Flutpolder Süd ist in der Wirkung auf den Abflussscheitel so gut wie der Flutpolder Nord (Variante A). Es gibt am südlichen Standort jedoch Folgendes zu beachten:

- Da der Polder Süd durchströmt wird, ist das Retentionsvolumen vom tatsächlichen (weiterzuleitenden) Kappungsabfluss abhängig. Je größer das Ereignis, desto höher sollte dieser Kappungsabfluss liegen. Mit höherem Kappungsabfluss steigt auch der Wasserspiegel oberhalb der Flutöffnungen an. Damit nimmt aber das nutzbare Poldervolumen bei extremeren Ereignissen ab.
- Beim Polder Nord erfolgt die Aktivierung durch Legen der seitlich zur Hauptströmung angeordneten Verschlussorgane des Einlaufbauwerks. Zur Aktivierung des zusätzlichen Volumens im Polder Süd müssen die im Auestrom gelegenen Wehrfelder, durch die bereits mehrere Hundert m<sup>3</sup>/s fließen, geschlossen werden. Um eine entsprechende Ausfallsicherheit zu gewährleisten, sind hier entsprechende Maßnahmen vorzusehen.
- Die untersuchten Längen der Bauwerke (steuerbare Verschlussorgane und gegebenenfalls Brücken ND11) sind mit 150 m bis 500 m beträchtlich. Bei den weiteren Planungen ist eine zielführende Größenordnung der Bauwerke im Rahmen einer Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung unter Einbeziehung der Auswirkungen nach ober- und unterstrom zu ermitteln.
- Es gibt im Süden zusätzliche Betroffenheiten (Bauernhöfe, Gewerbegebiet),
- Die baulichen Veränderungen im Polder Süd können auch bei mittleren Hochwasserereignissen die Überschwemmungsverhältnisse verändern. Entschädigungsregelungen sind damit komplexer als beim Flutpolder Nord.

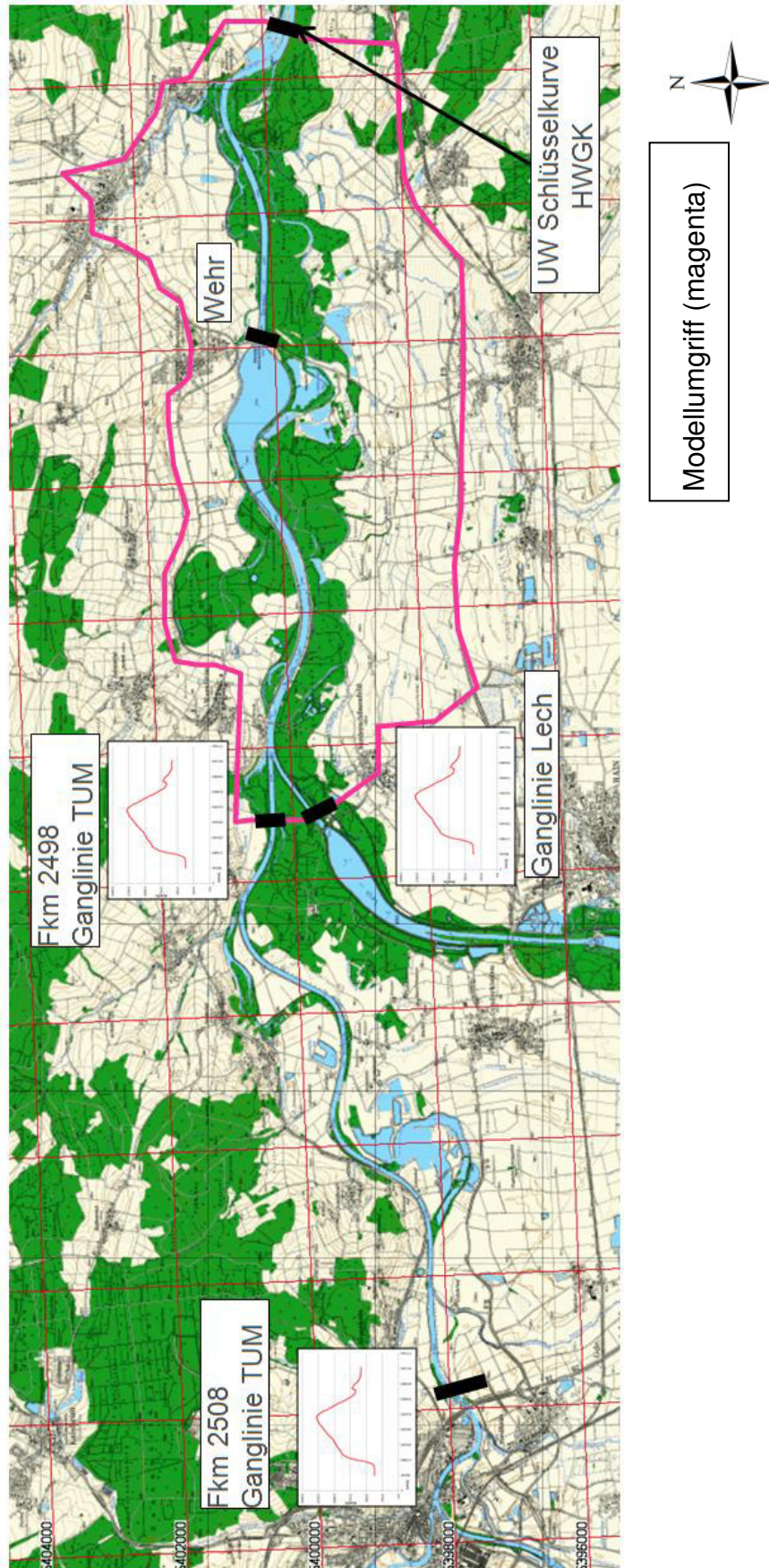
**ANLAGENVERZEICHNIS**

Anlage 1

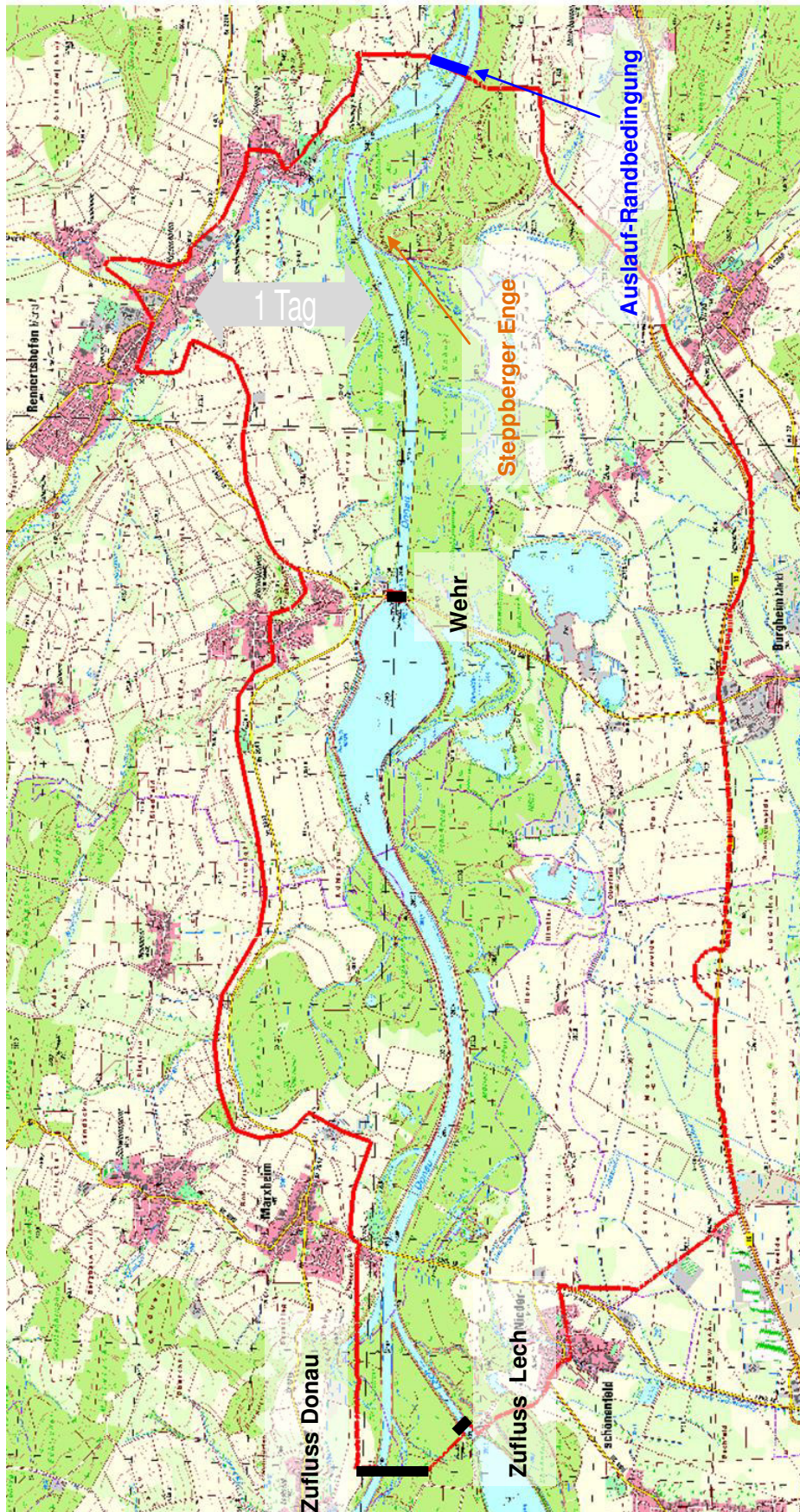
Übersicht

	Untersuchungsbereich
Anlage 2	Modellbereich
Anlage 3	Hydrologie. Bemessungsganglinie 1
Anlage 4	Auslauf-Randbedingung, Schlüsselkurve am UW-Rand des Modelles (Donau Fkm 2485,000)
Anlage 5	Umgriff Flutpolder Nord (Variante A)
Anlage 6	Umgriff Polder für Auestrom nördlich Donau
Anlage 7	Umgriff Flutpolder Süd
Anlage 8	maximale Wassertiefen (m), Istzustand
Anlage 9	maximale Wassertiefen (m), Flutpolder Nord (Variante A)
Anlage 10	Wellenvergleich Flutpolder Nord (Variante A) mit Istzustand
Anlage 11	maximale Wassertiefen (m), Auestrom nördlich Donau
Anlage 12	Wellenvergleich Auestrom nördlich Donau mit Istzustand
Anlage 13	Poldervolumen für verschiedene Koten, Flutpolder Süd
Anlage 14	Differenzen WSPL Plan minus Ist bei HQ100 stationär für Flutöffnungsbreiten 150, 300 und 500 m
Anlage 15	Volumenkurven Polder Süd für Istzustand und die berechneten Flutöffnungsbreiten
Anlage 16	Ermittlung des Verschlussorganbetriebs Polder Süd (Kappung des Wellenscheitels)
Anlage 17	Modelleinstellung Flutpolder Süd
Anlage 18	maximale Wassertiefen (m), Flutpolder Süd
Anlage 19	Wellenvergleich Flutpolder Süd mit Istzustand
Anlage 20	Wellenvergleich aller Berechnungen

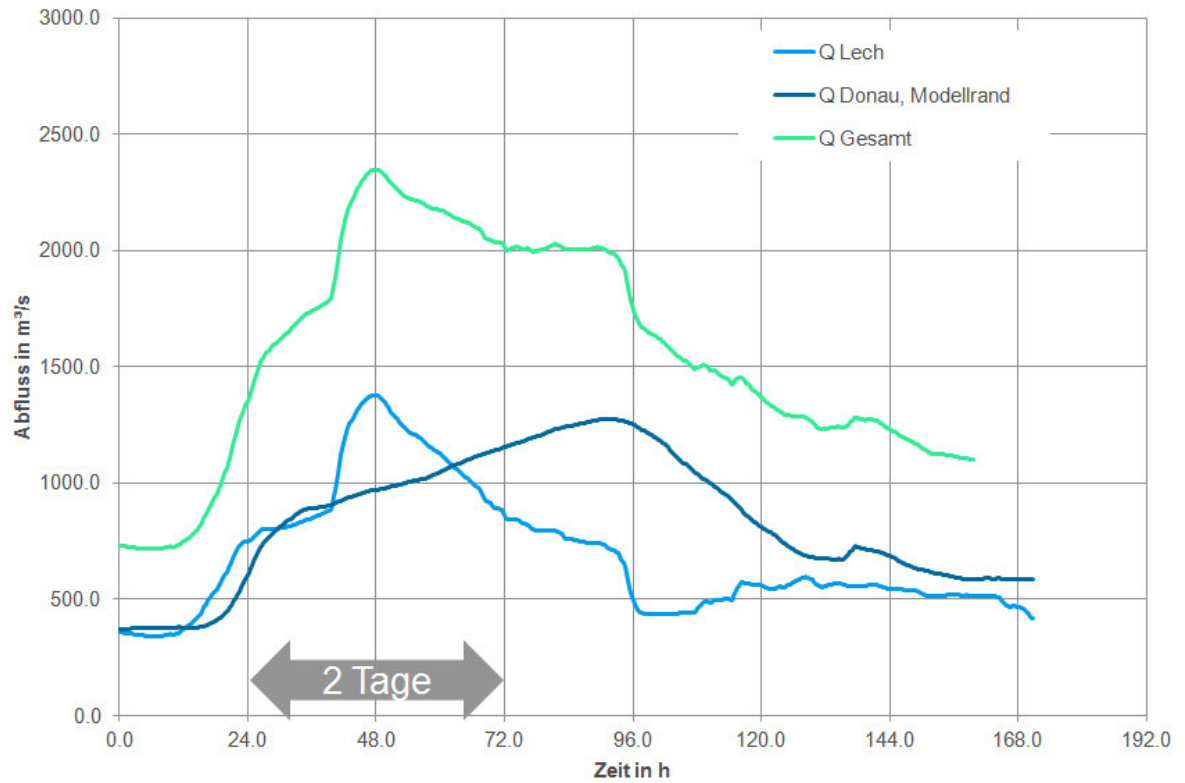
Anlage 1 Übersicht Untersuchungsbereich



Anlage 2 Modellbereich

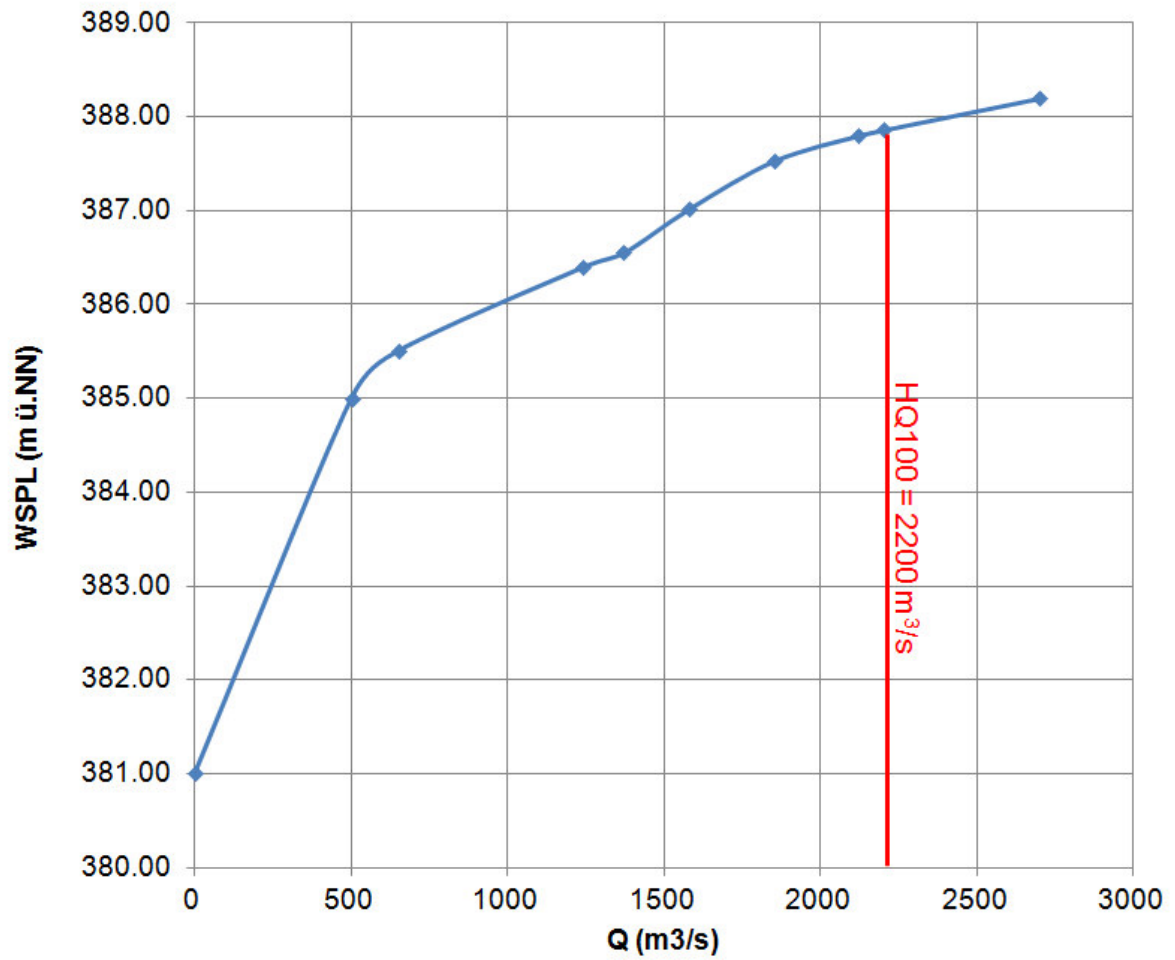


Anlage 3 Hydrologie. Bemessungsganglinie 1

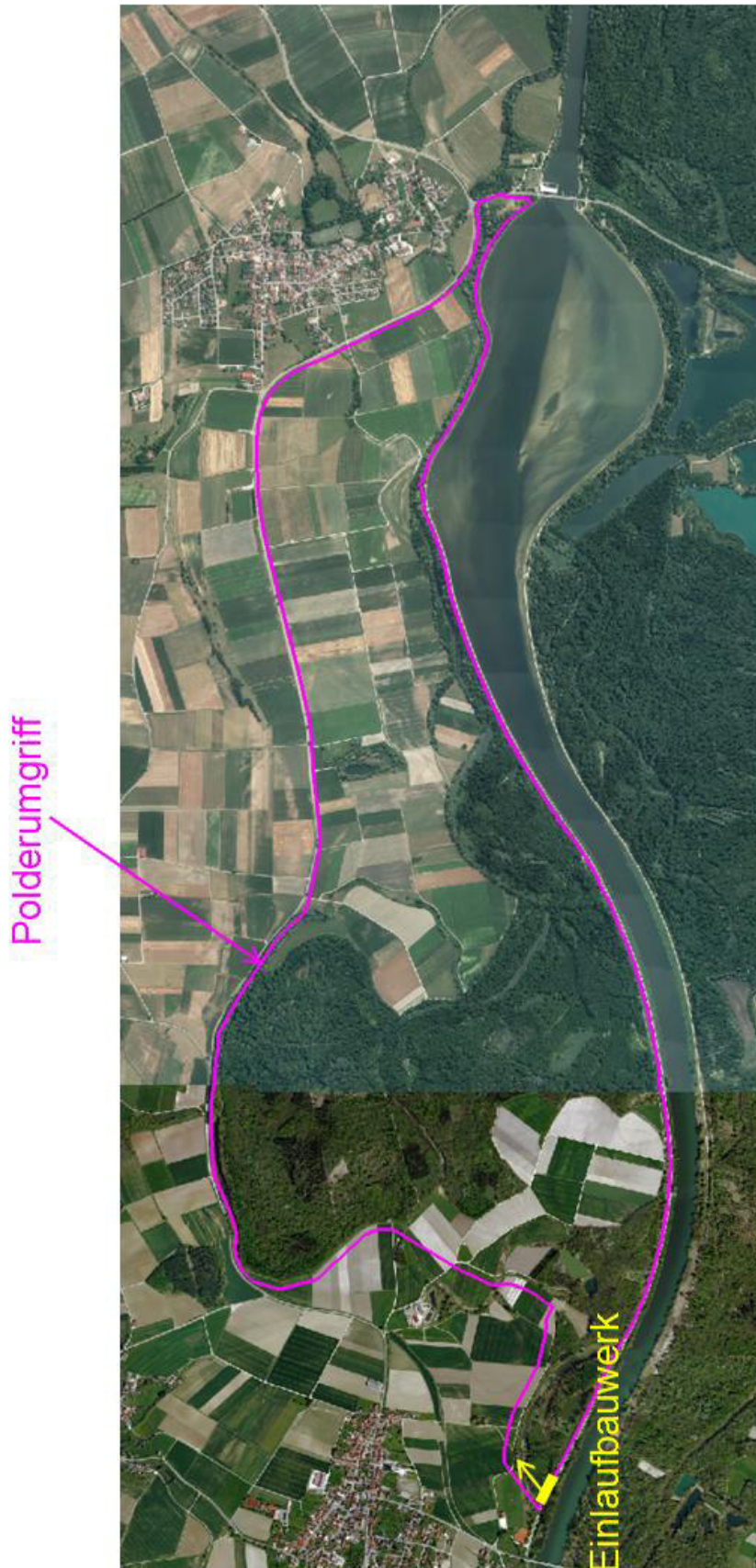




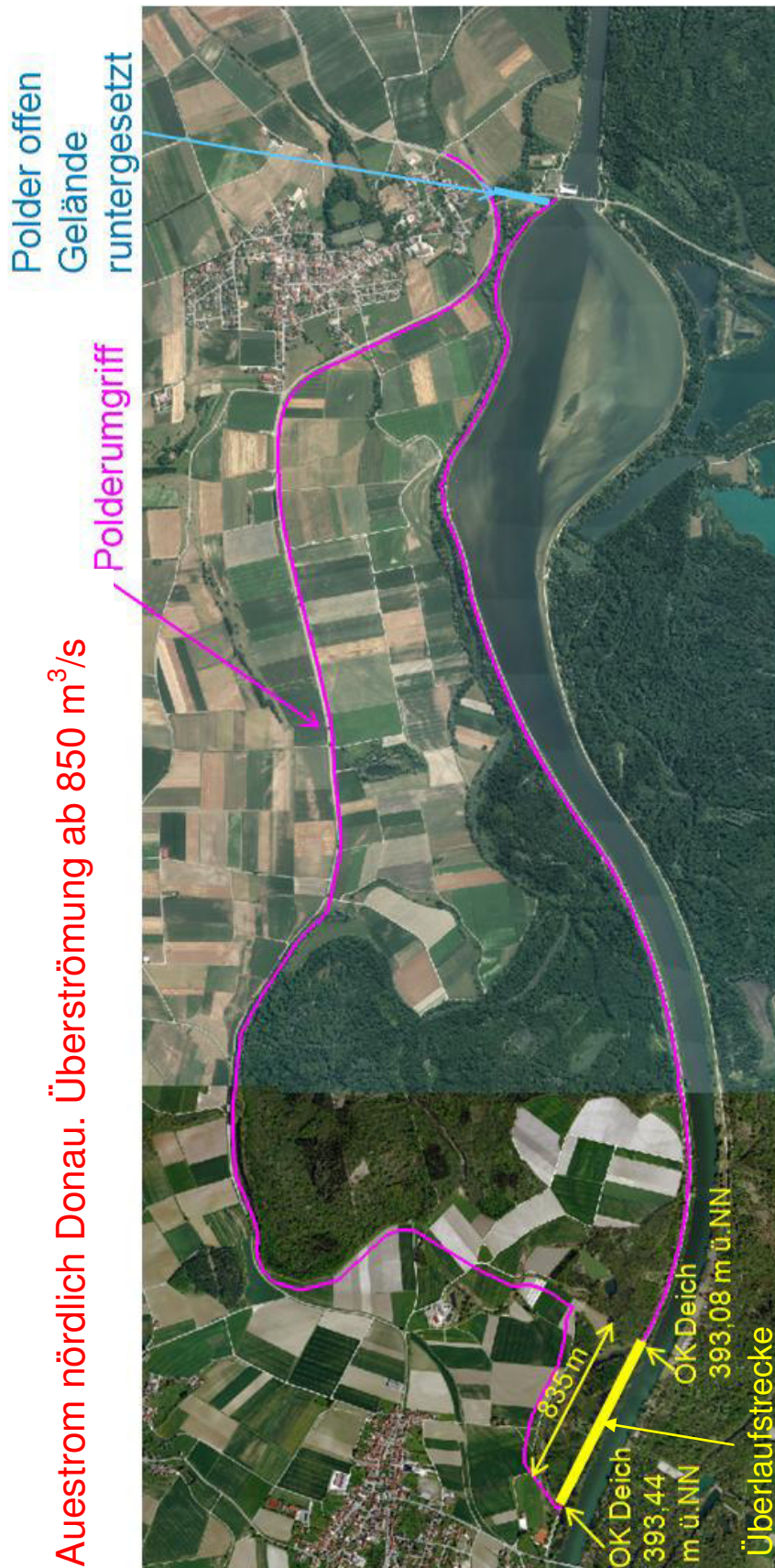
**Anlage 4 Auslauf-Randbedingung, Schlüsselkurve am UW-Rand des Modelles (Donau Fkm 2485,000)**



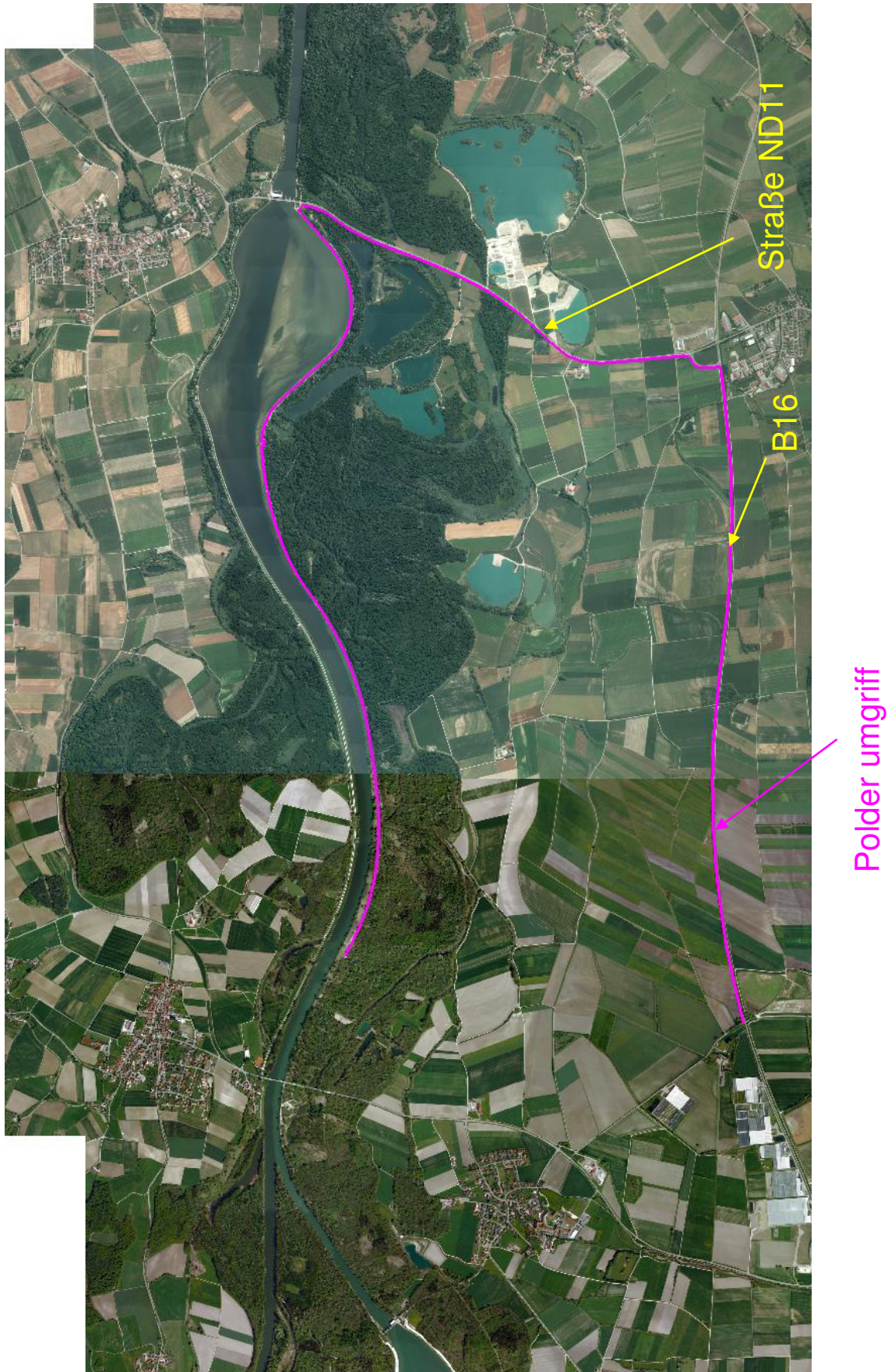
Anlage 5 Umgriff Flutpolder Nord (Variante A)



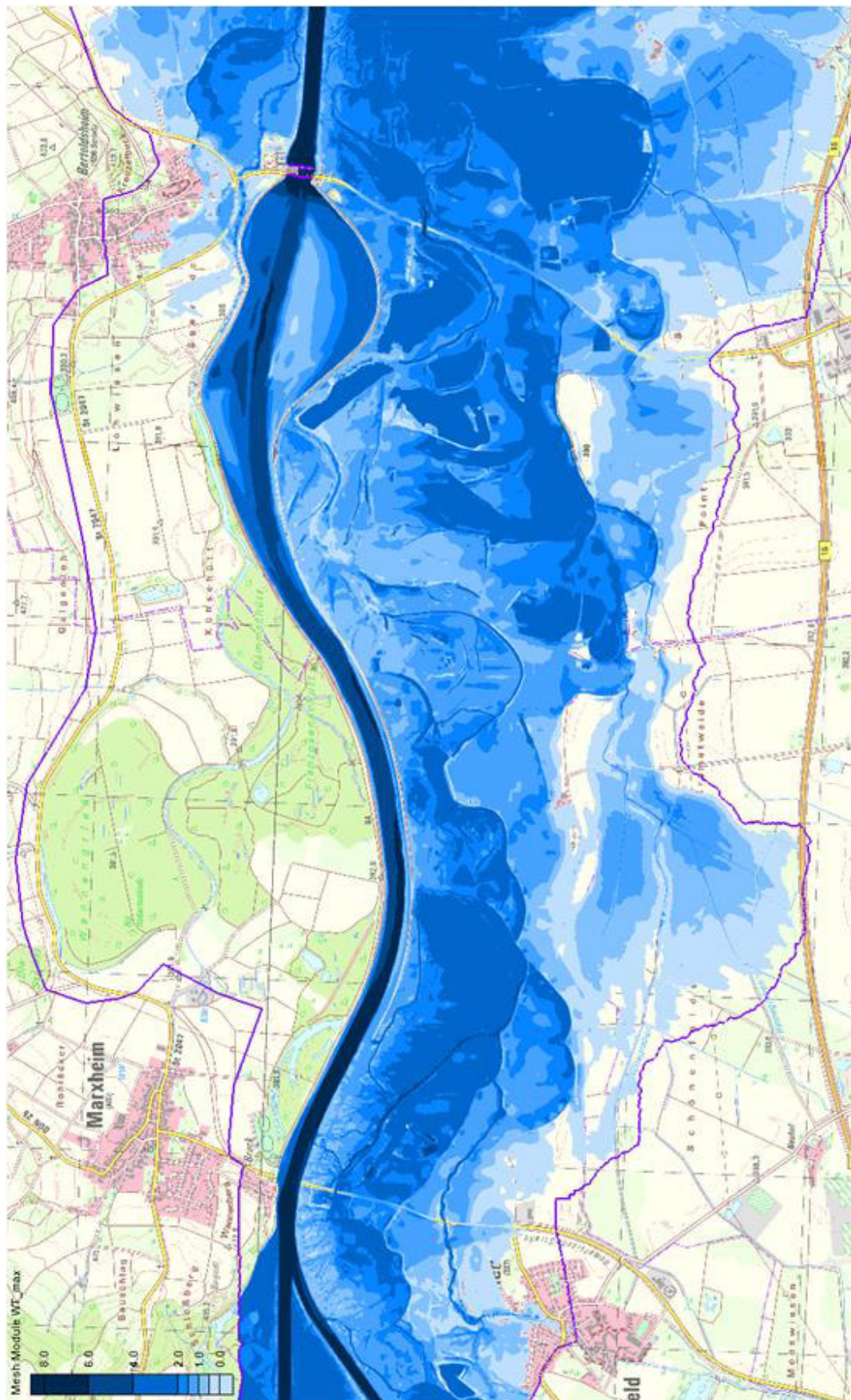
Anlage 6 Umgriff Polder für Auestrom nördlich Donau



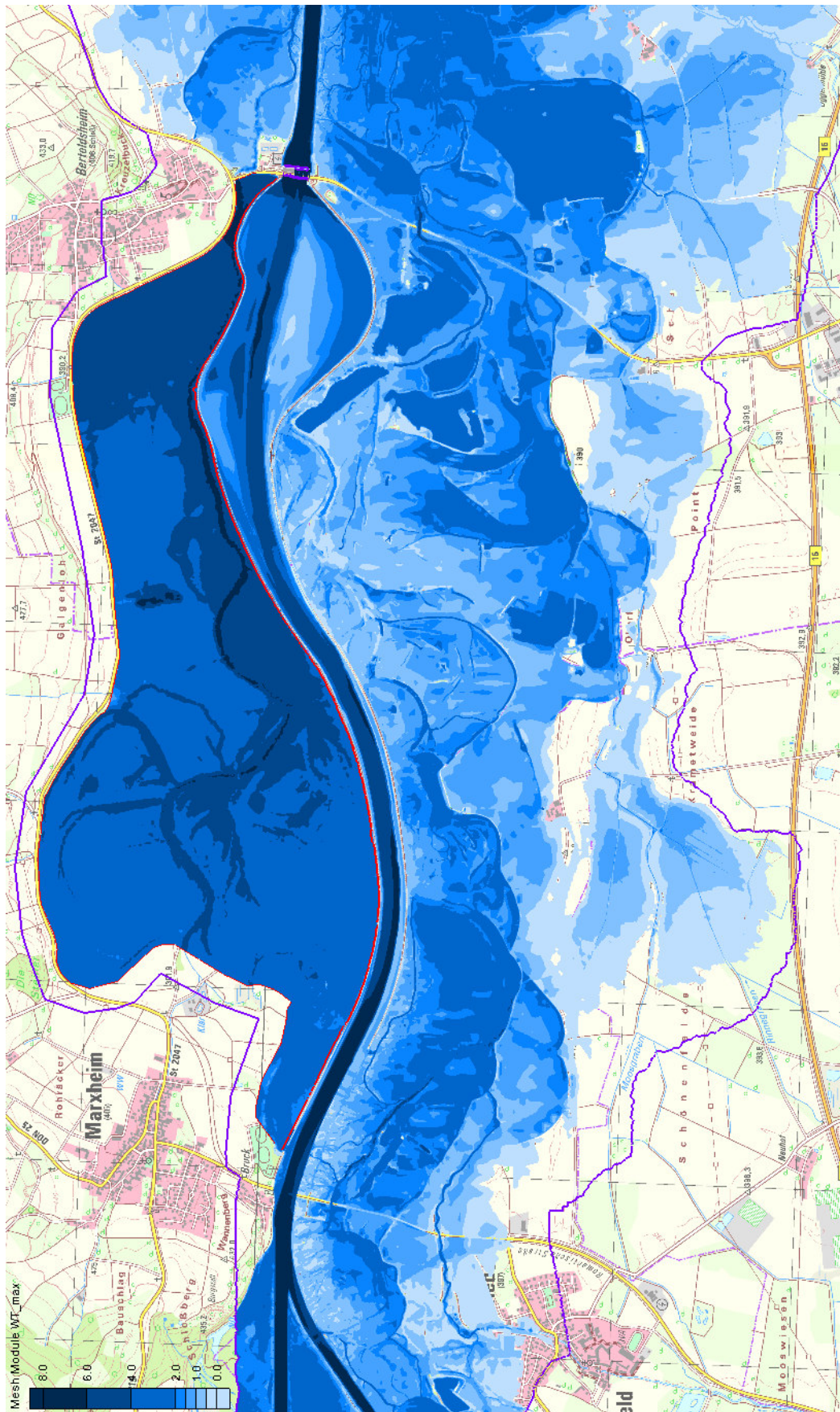
Anlage 7 Umgriff Flutpolder Süd



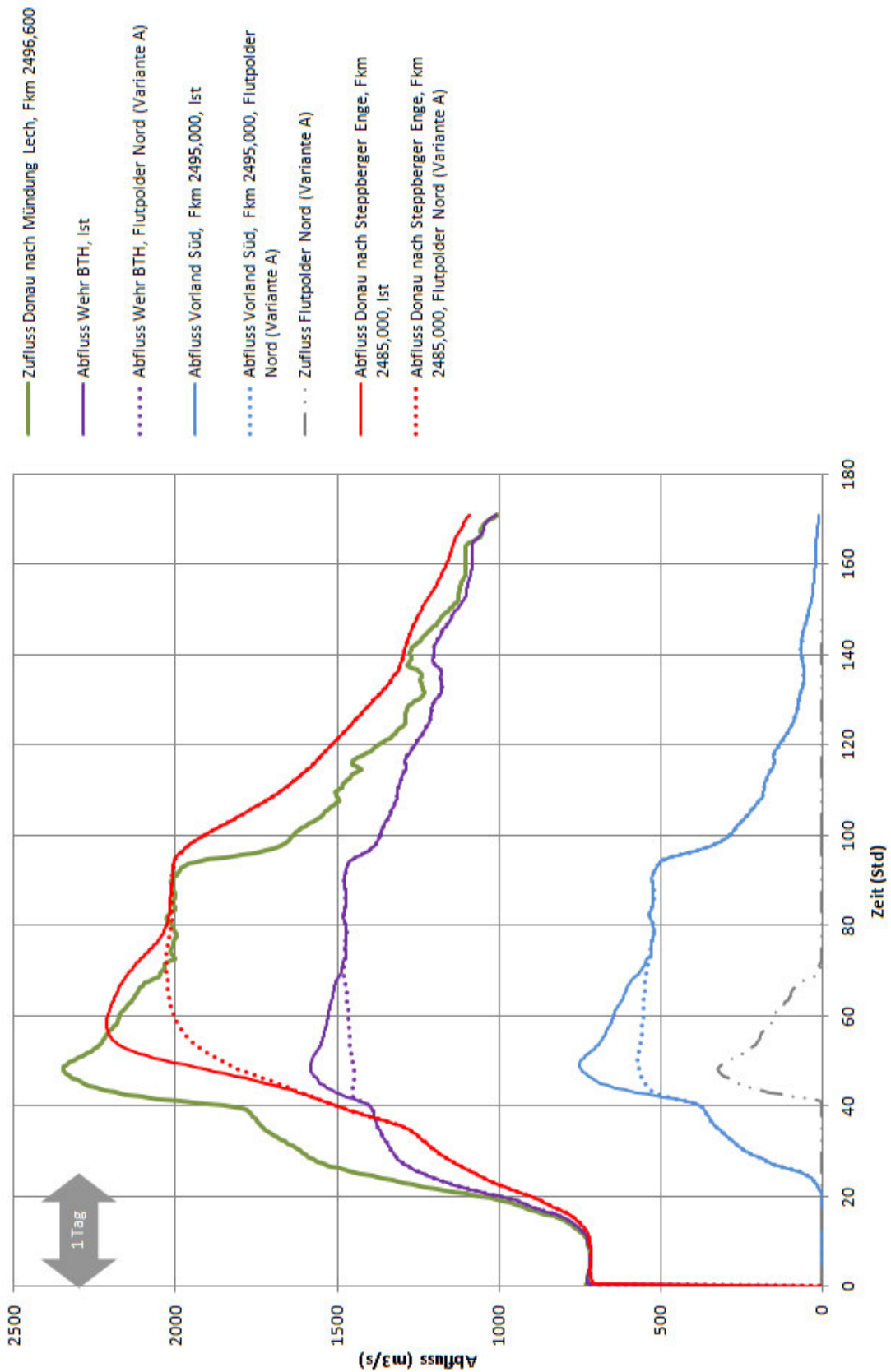
Anlage 8 maximale Wassertiefen (m), Istzustand



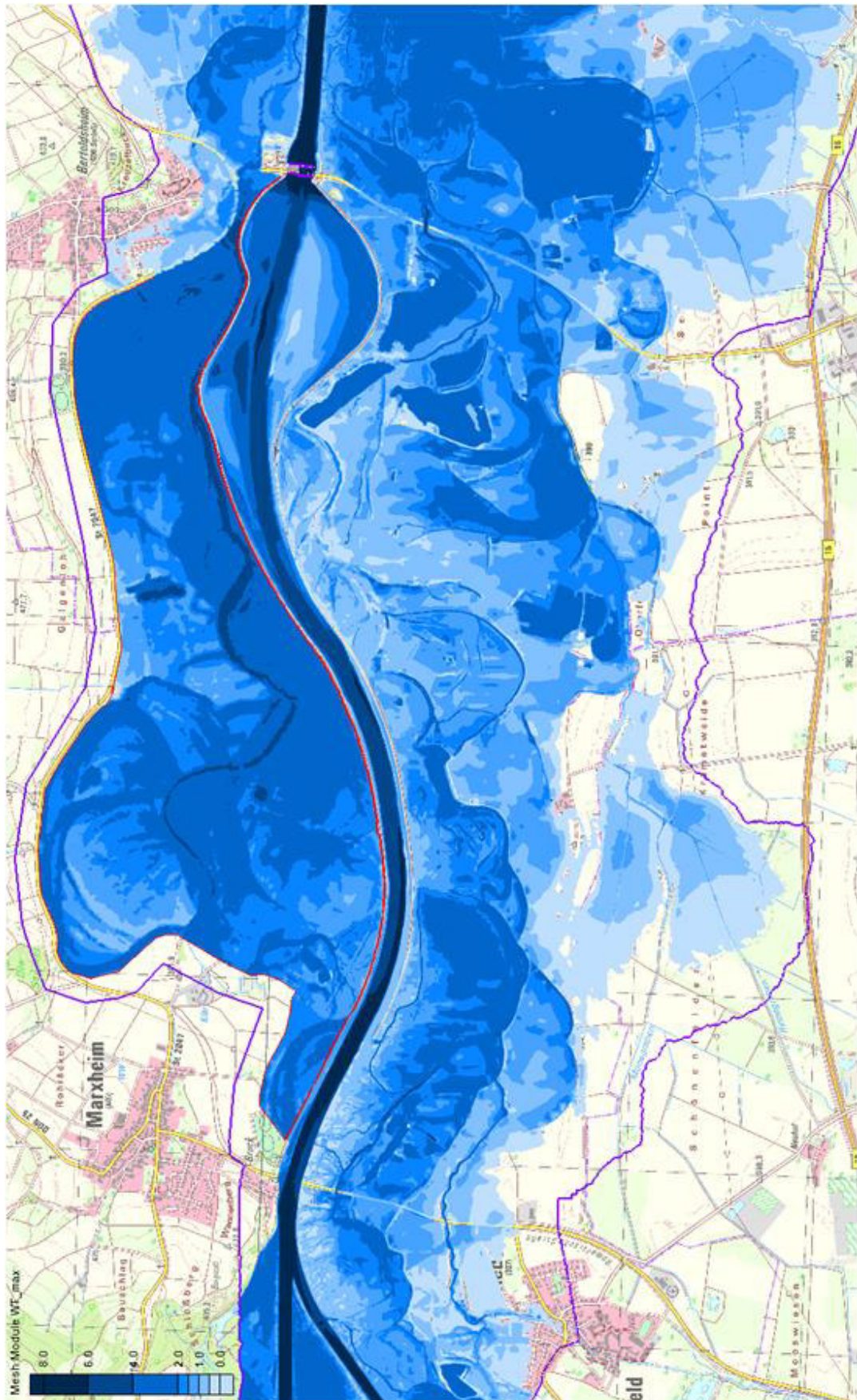
Anlage 9 maximale Wassertiefen (m), Flutpolder Nord (Variante A)



Anlage 10 Wellenvergleich Flutpolder Nord (Variante A) mit Istzustand

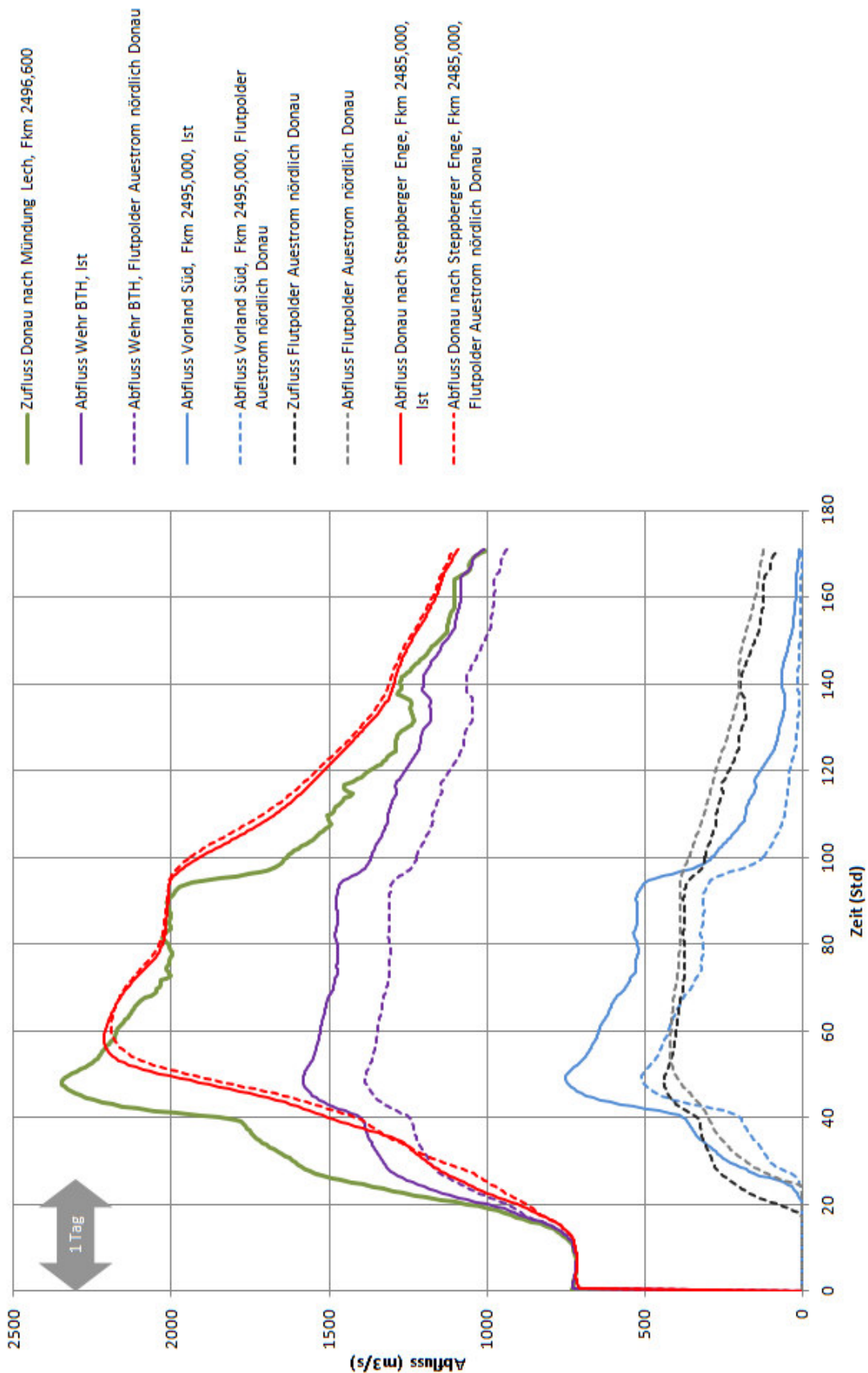


Anlage 11 maximale Wassertiefen (m), Auestrom nördlich Donau





Anlage 12 Wellenvergleich Auestrom nördlich Donau mit Istzustand

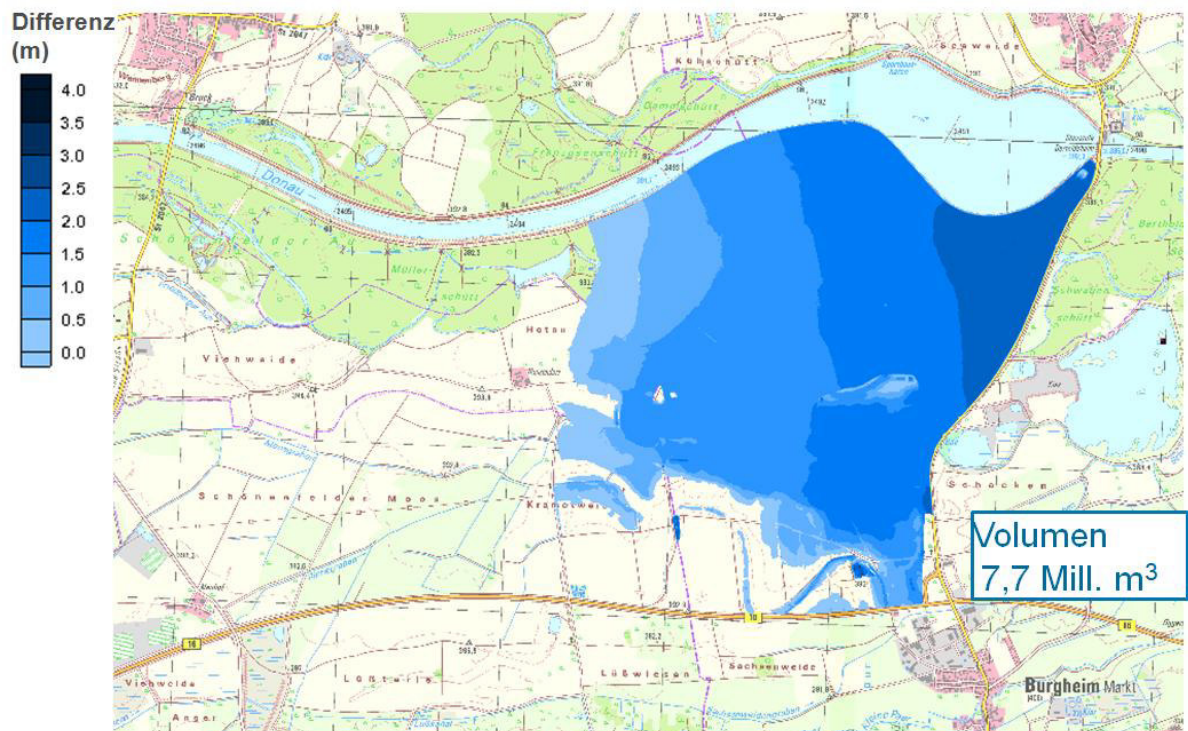


Anlage 13 Poldervolumen für verschiedene Koten, Flutpolder Süd

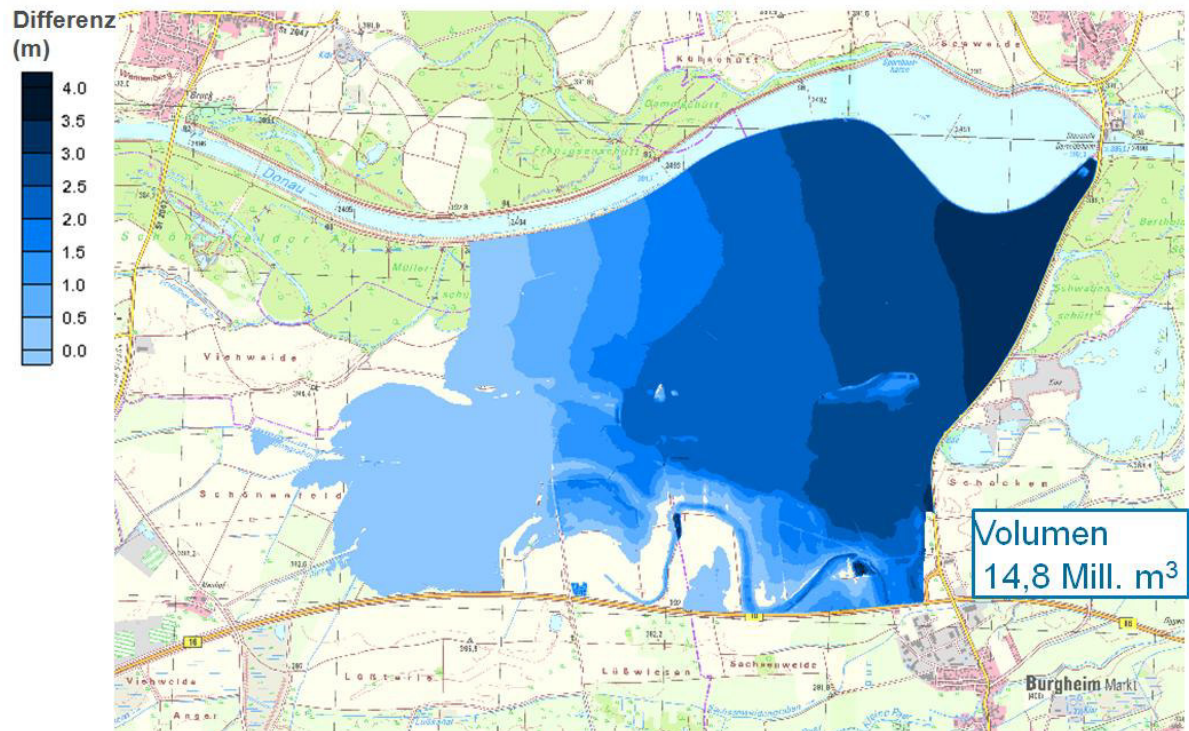
**Kote 391,0 m ü.NN**, Verschnitt mit WSPL HQ100/Gelände



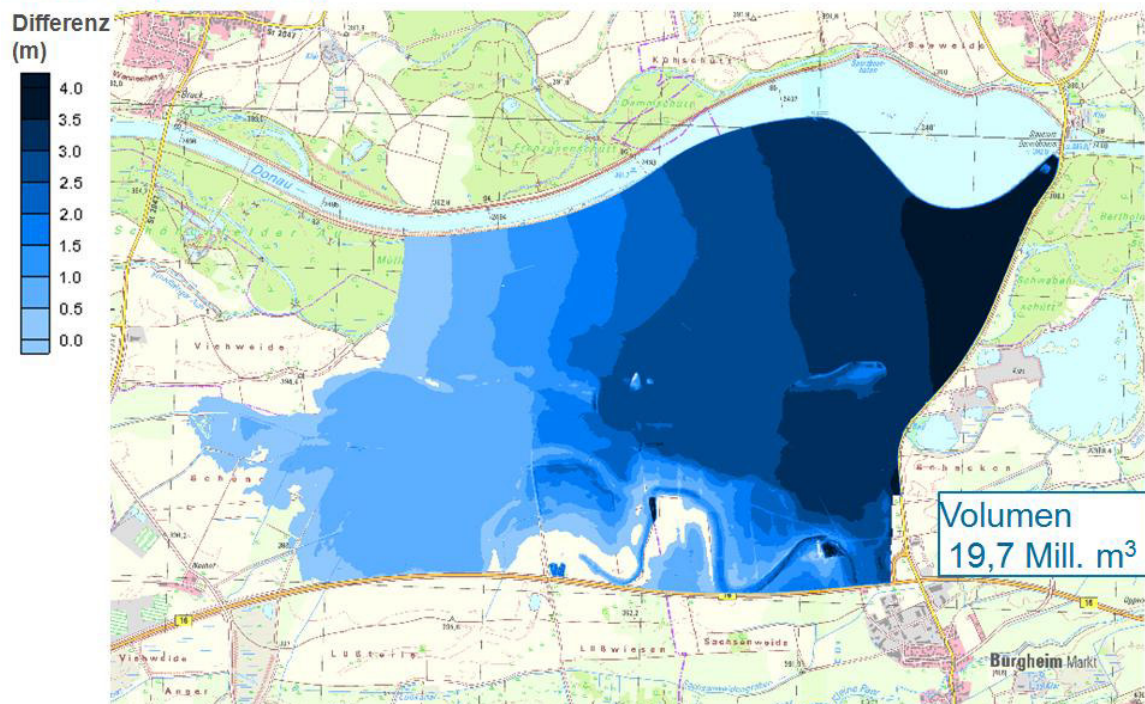
**Kote 392,0 m ü.NN**, Verschnitt mit WSPL HQ100/Gelände



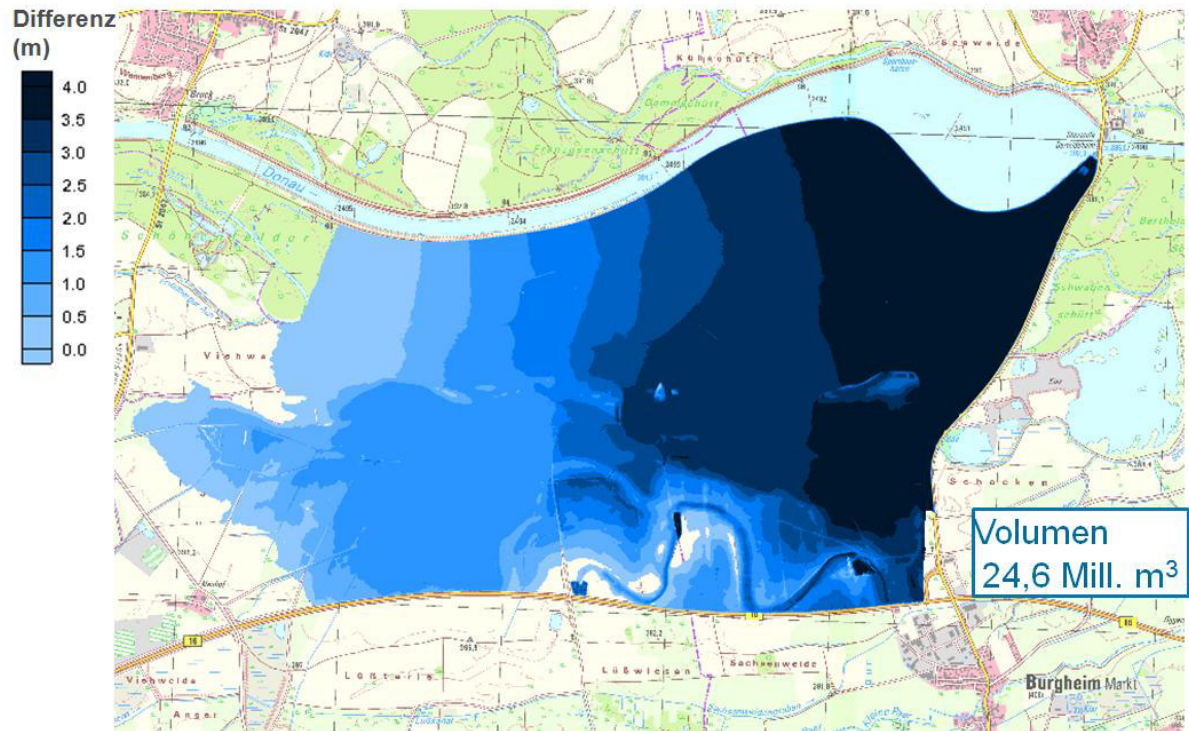
**Kote 393,0 m ü.NN, Verschnitt mit WSPL HQ100/Gelände**



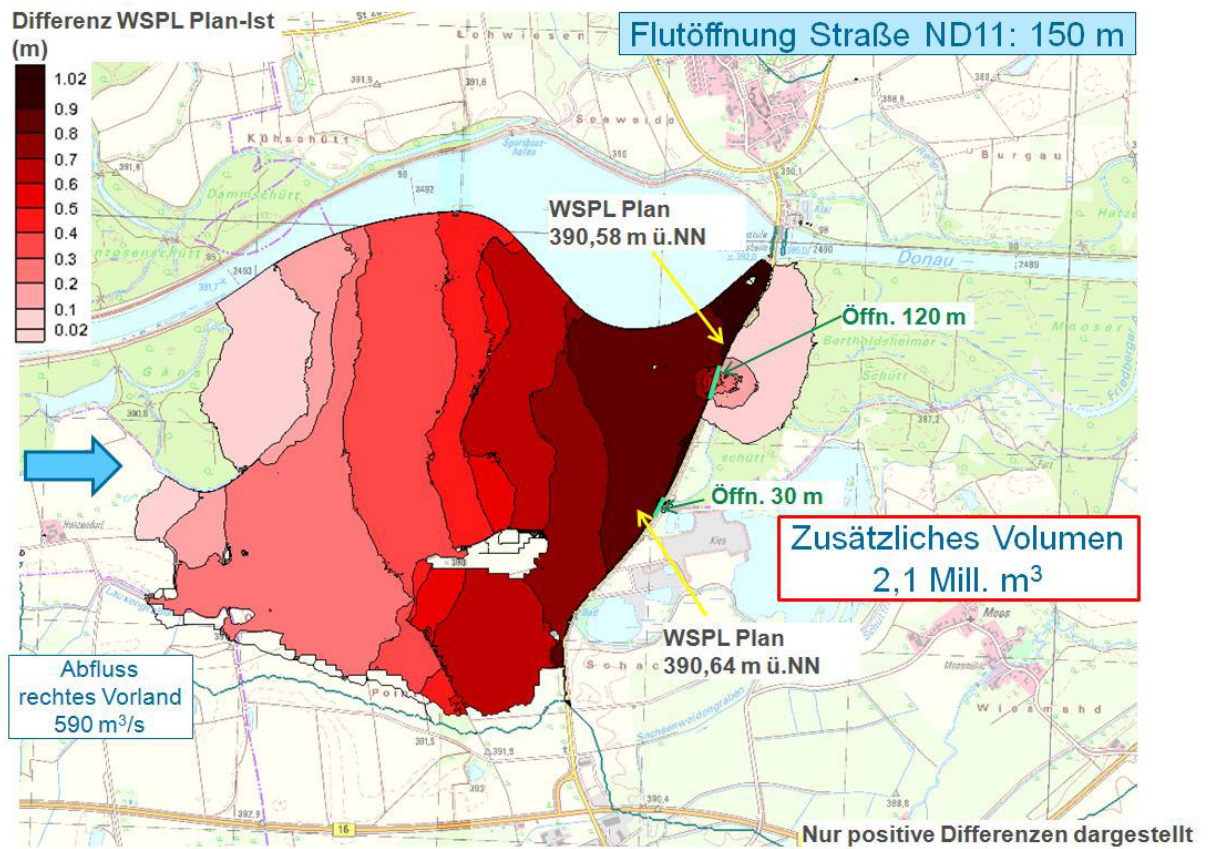
**Kote 393,5 m ü.NN, Verschnitt mit WSPL HQ100/Gelände**

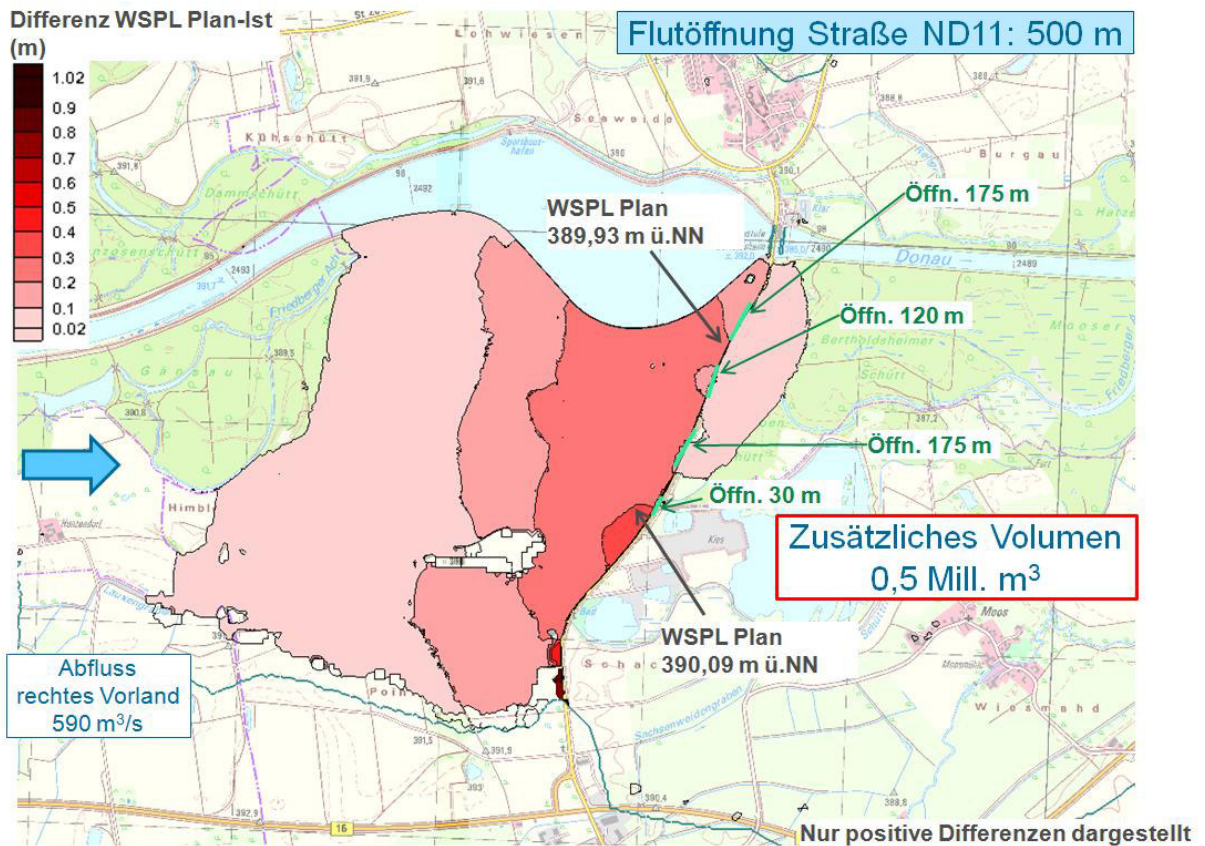
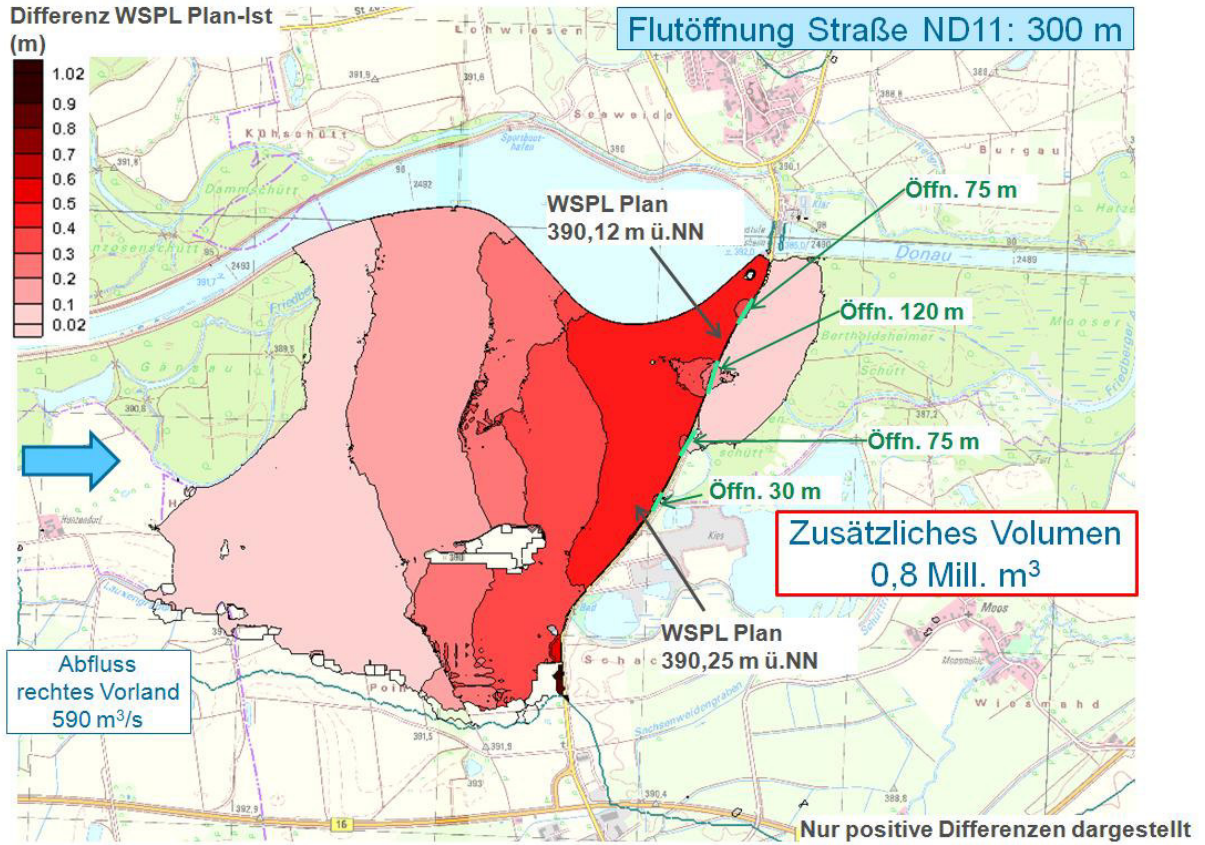


**Kote 394,0 m ü.NN, Verschnitt mit WSPL HQ100/Gelände**

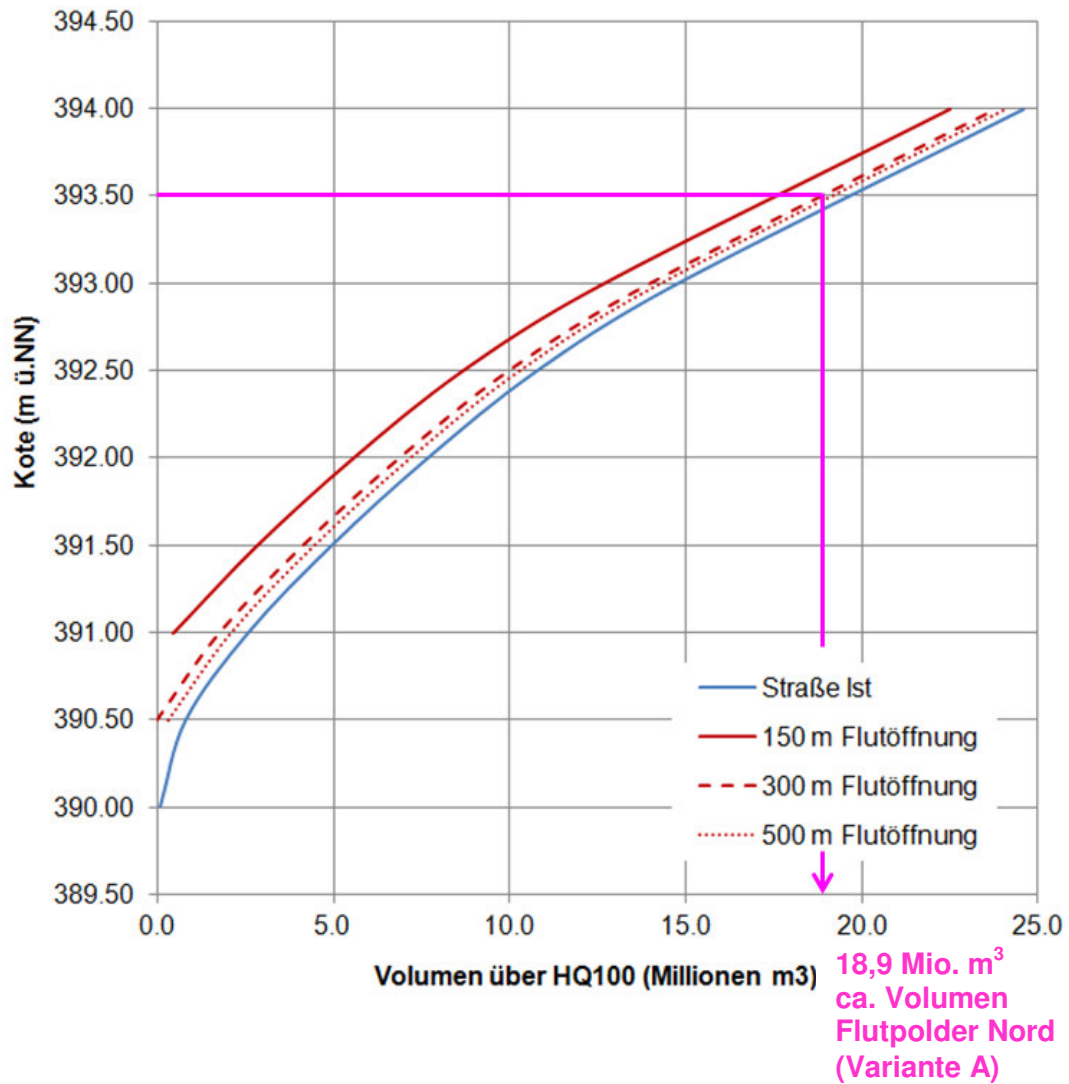


Anlage 14 Differenzen WSPL Plan minus Ist bei HQ<sub>100</sub> stationär für Flutöffnungsbreiten 150, 300 und 500 m

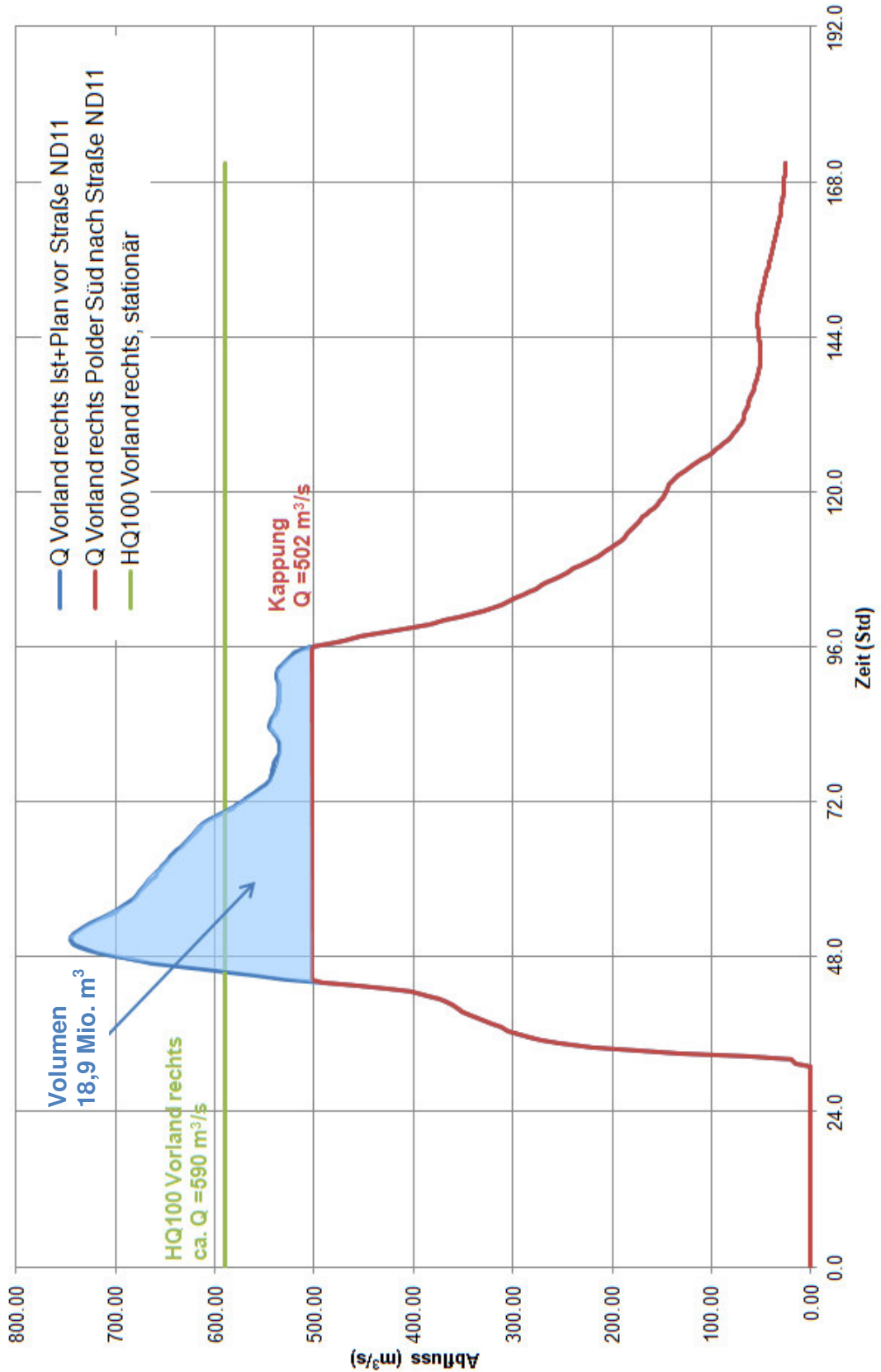




**Anlage 15** Volumenkurven Polder Süd für Istzustand und die berechneten Flutöffnungsbreiten

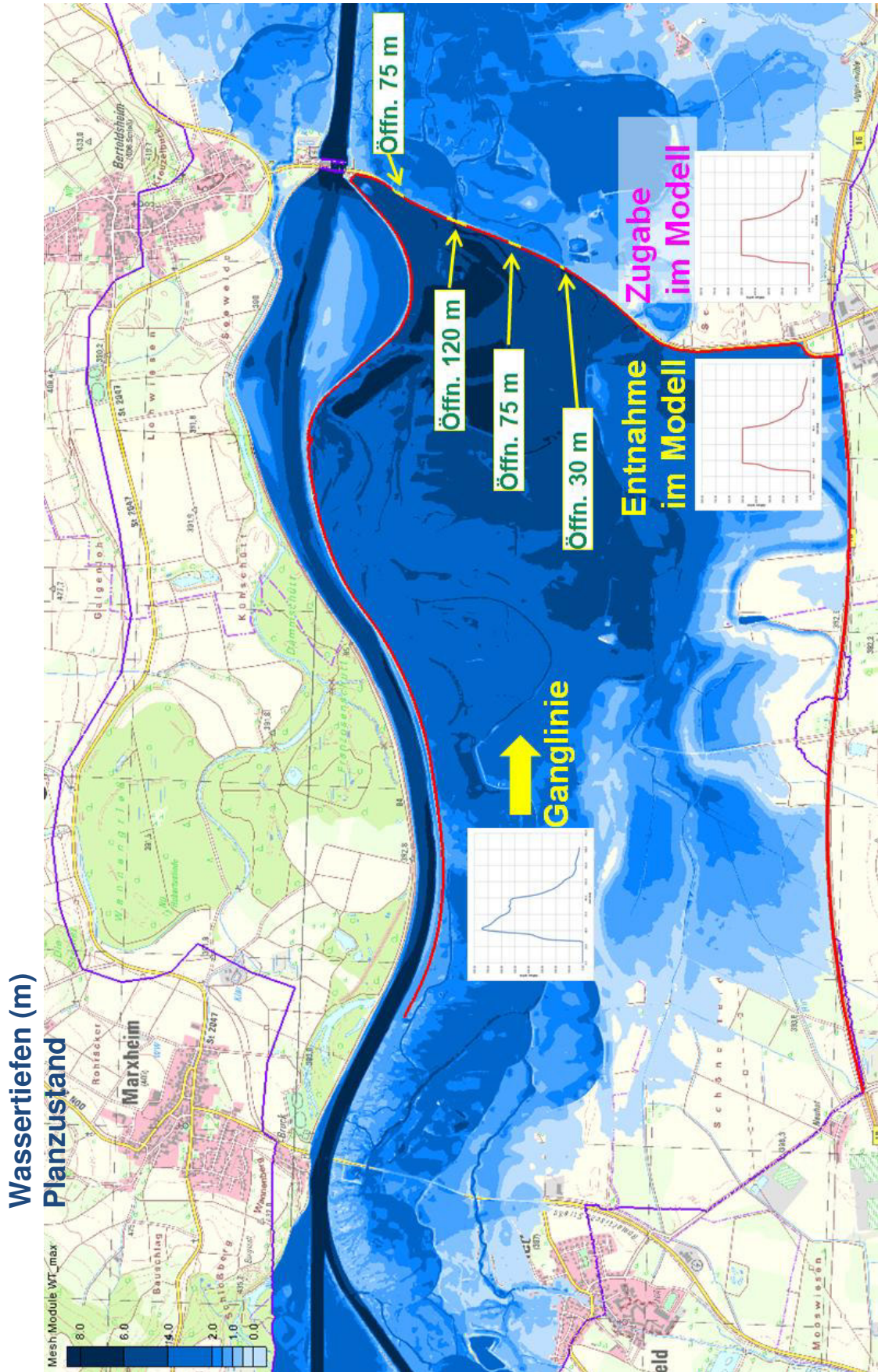


Anlage 16 Ermittlung des Verschlussorganbetriebs Polder Süd (Kappung des Wellenscheitels)

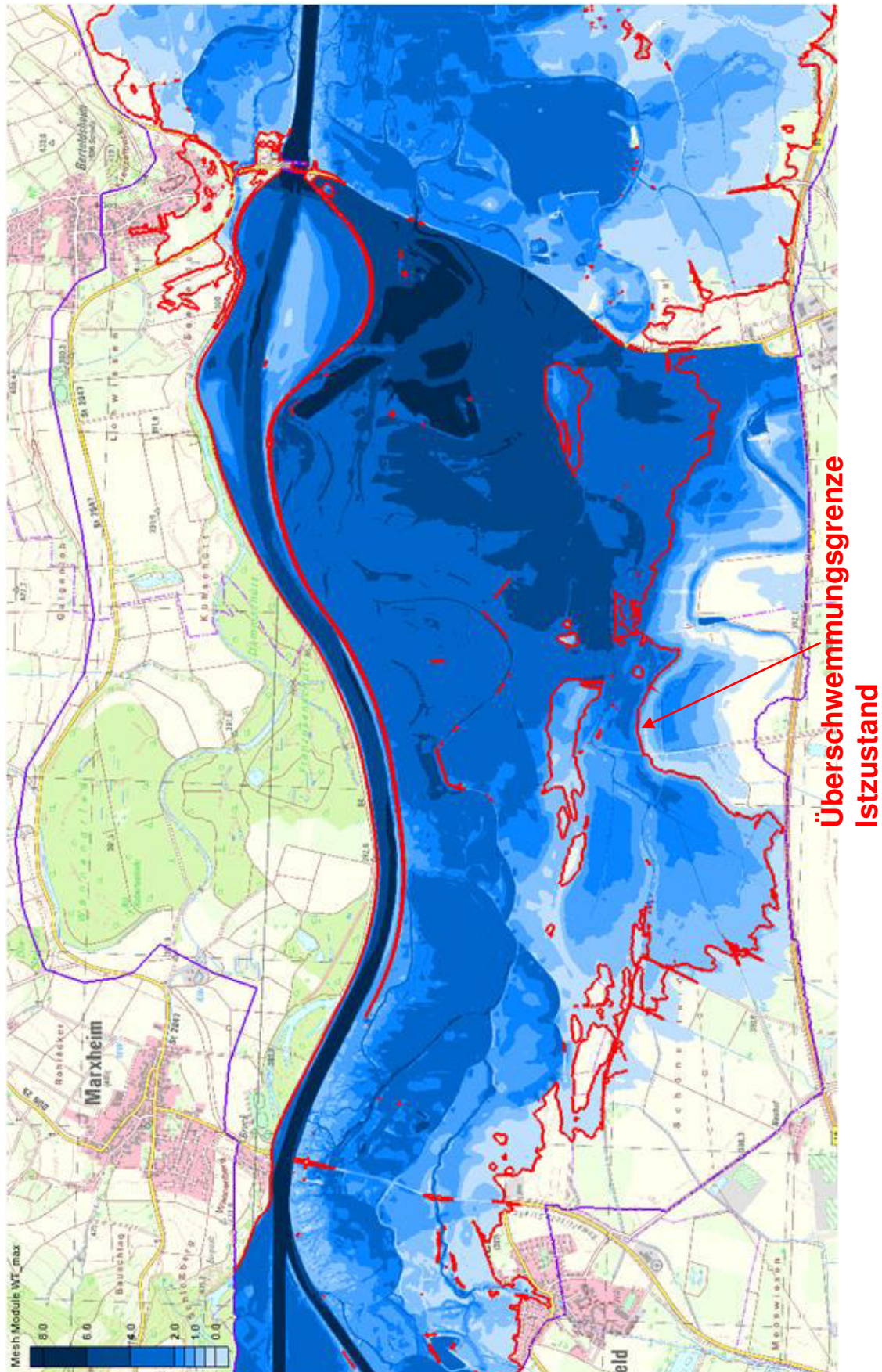




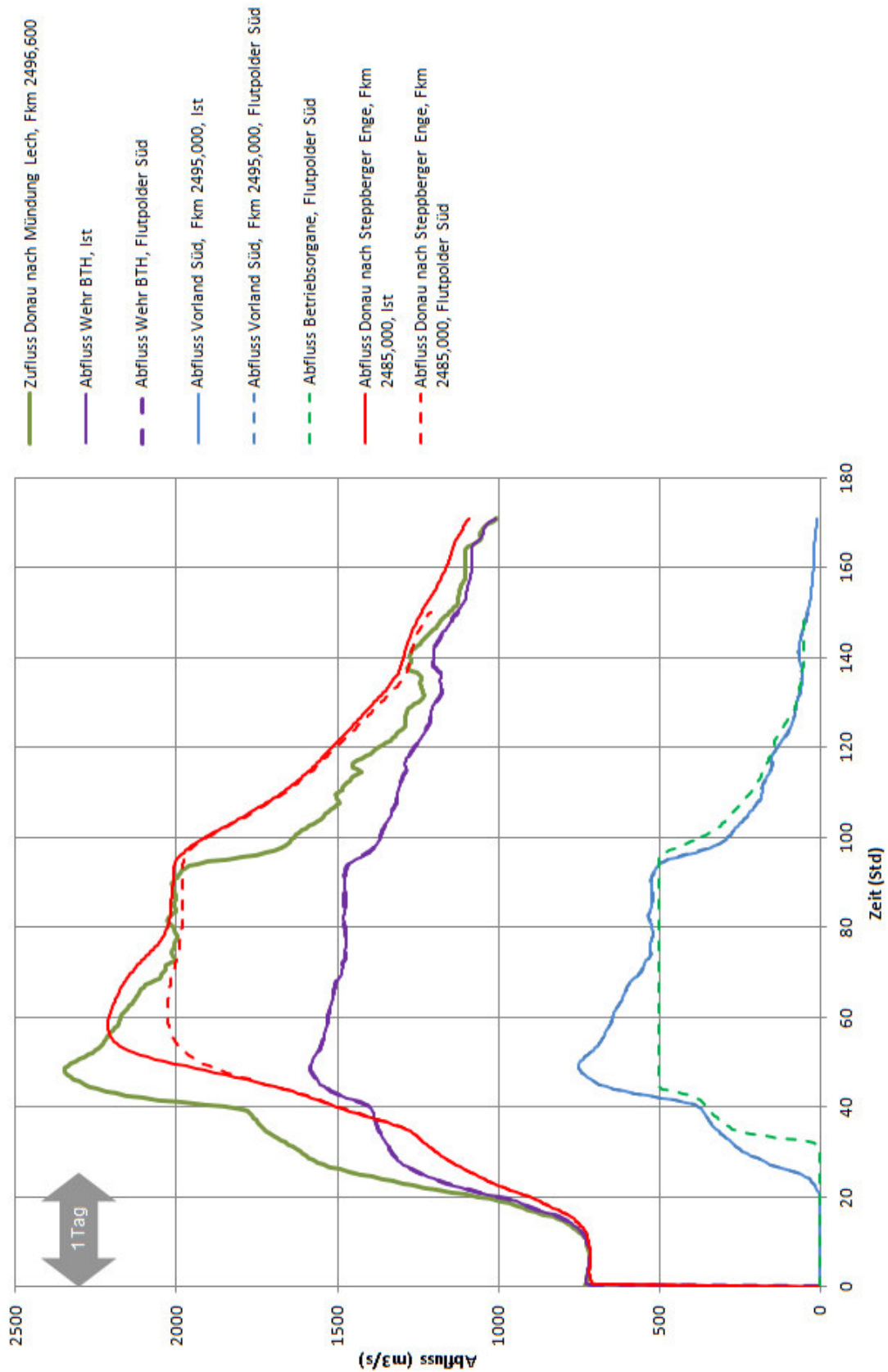
Anlage 17 Modelleinstellung Flutpolder Süd



Anlage 18 maximale Wassertiefen (m), Flutpolder Süd



Anlage 19 Wellenvergleich Flutpolder Süd mit Istzustand



Anlage 20 Wellenvergleich aller Berechnungen

