

WWA Ingolstadt

**2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim,
Berechnung HQ1000**

- **Istzustand**
- **Variante Süd**
- **Variante Süd mit Deich**

München, den 30.11.2016

RMD-Consult GmbH
Wasserbau und Energie
Blutenburgstraße 20
80636 München



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

Inhaltsverzeichnis

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	3
2	GRUNDLAGEN	4
2.1	Modelle	4
2.2	Hydrologische Daten	4
2.3	Software	4
3	BERECHNUNGEN	5
3.1	Berechnungen ohne Polderwirkung	5
3.2	Festlegung Kenngrößen Polder	5
3.3	Berechnungen mit Polderwirkung	6
3.3.1	Modellansätze	6
3.4	Ergebnis	6
3.5	Diskussion	7
4	AUSWIRKUNG DEICHLINIE VARIANTE SÜD MIT DEICH AUF DEN ABFLUSS HQ100	8
5	ZUSAMMENFASSUNG	8
	ANLAGENVERZEICHNIS	9

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Nördlich des Stauraums der Stufe Bertoldsheim an der Donau wird der Standort für einen potentiellen Flutpolder Bertoldsheim untersucht. RMD-Consult GmbH hat für das LfU den geplanten Polder mit einem 2D-Modell verschiedene Poldervarianten untersucht und in folgenden Berichten die Ergebnisse beschrieben:

- „2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim, Dimensionierung Einlaufbauwerk, Ermittlung Abflussaufteilung“ vom 30.03.2015
- 2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim, Ermittlung Abflussaufteilung u. Retentionswirkung (Ergänzungsberechnungen) vom 25.11.2015 mit der Variante Süd
- 2D-Berechnungen Flutpolder Bertoldsheim, Variante Süd mit Deich (Ergänzungsberechnungen) vom 05.12.2015 mit der Variante Süd mit Deich

In Ergänzung dazu soll eine zusätzliche Untersuchung für die Abflüsse HQ1000 für den Istzustand und die beiden Varianten „Süd“ bzw. „Süd mit Deich“ durchgeführt werden. Der Untersuchungsbereich ist in Anlage 1 dargestellt.

Die Untersuchung erfolgt in mehreren Arbeitsschritten:

- Berechnung der 3 Varianten „Istzustand“, „Polder Süd“ und „Polder Süd mit Deich“ ohne Polderwirkung für den Abfluss HQ1000
- Ermittlung nutzbares Poldervolumen und Kappungsgrenze
- Numerische Berechnung Polderbefüllung und -entleerung mit dem hydrodynamischen 2D-Modell für den Abfluss HQ1000

Zusätzlich werden für die bereits durchgeführten stationären Berechnungen HQ100 für den Istzustand und für die Variante „Polder Süd mit Deich“ (ohne Polderwirkung) folgende Unterlagen erstellt:

- ein Lageplan mit der Differenz der Wasserspiegellagen
- ein Längsschnitt im Vorland Süd mit den Wasserspiegellagen
- eine Auswertung bezüglich Abflussaufteilung Donau / südl. Vorland

2 GRUNDLAGEN

2.1 Modelle

Das Modelle des Istzustands und der Flutpoldervarianten „Süd“ bzw. „Süd mit Deich“ sowie die entsprechenden Berechnungsergebnisse werden den genannten Untersuchungen vom 25.11.2015 und vom 05.12.2016 entnommen. Die Deichlinien sind in Anlage 2 für die Flutpoldervariante „Süd“ Anlage 3 für die Flutpoldervariante „Süd mit Deich“ dargestellt.

2.2 Hydrologische Daten

Es werden die Ganglinien für HQ1000 verwendet, die durch das LfU auf Basis der HW1999 erstellt und durch das WWA Ingolstadt übergeben wurden (vgl. Anlage 4). Da die erste Welle für den Rückhalt im Polder nicht von Belang ist und zudem nach Durchgang der ersten Welle über fast 2 Tage ein konstanter Abfluss herrscht, wird als Zeitpunkt für den Beginn der Simulation das Datum 20.05.1999, um 06:00 Uhr gewählt. Die in den folgenden Diagrammen angegebenen Werte auf der Zeitachse haben das genannte Datum und genannte Uhrzeit als Bezugspunkt.

2.3 Software

Für die Modellerstellung und die numerische Berechnung des Bemessungsabflusses mit dem 2D-Modell wurden folgende Programme verwendet:

- Hydro_AS-2d, Version 2.1, für die Berechnung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen, Dr. Nujic, Rosenheim
- Surface Modelling Software (SMS), Version 10.1, für die Modellerstellung und Auswertung der Berechnungsergebnisse, Aquaveo, USA

Die verwendeten Programme sind Standardprogramme für die numerische Berechnung von 2D-Modellen und werden auch in der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung eingesetzt.

3 BERECHNUNGEN

3.1 Berechnungen ohne Polderwirkung

Bei den genannten vorangegangenen Untersuchungen für den Bemessungsabfluss wurde das nutzbare Poldervolumen und die Kappungsgrenze anhand der Abflussverhältnisse bei HQ100 ermittelt. Für ein Abflussereignis HQ1000 ist dies nicht möglich, da der Abfluss im rechten Vorland bei Beginn der Kappung größer ist als bei einem HQ100 und somit das nutzbare Volumen deutlich verringert wird. Aus diesem Grund wird für die Untersuchung der Flutpoldervarianten bei einem Abfluss HQ1000 eine andere Vorgehensweise zur Ermittlung des Poldervolumens und der Kappungsgrenze gewählt.

In einem ersten Schritt wird für die Flutpoldervarianten „Süd“ und „Süd mit Deich“ der Abfluss HQ1000 berechnet, ohne jedoch einen Rückhalt vorzunehmen. Damit kann die Abflussganglinie am Abschlussdamm an der ND11 des Polders ermittelt werden, die für die Ermittlung des Kappungsabflusses erforderlich ist. Zusätzlich ist in jedem Zeitschritt das Wasservolumen im Polder bekannt und kann für die Ermittlung des nutzbaren Poldervolumens genutzt werden.

Weiterhin wird die Variante „Istzustand“ berechnet und dient als Referenzzustand.

3.2 Festlegung Kenngrößen Polder

Die Länge der Flutöffnungen mit 300m und das Stauziel im Polder mit 393,50 m ü.NN sind entsprechend der Kennwerte der Variante „Süd“ bzw. „Süd mit Deich“ angesetzt.

Das nutzbare Poldervolumen berücksichtigt, dass der Polder bei Beginn der Füllung vom südlichen Auestromanteil durchströmt wird und daher nur das Volumen oberhalb dieses Wasserspiegels zur Retention herangezogen werden kann.

Zur Ermittlung der Kappungsgrenze wird für jeden Stunde der Simulation das nutzbare Poldervolumen aus der ersten Berechnung ohne Polderwirkung ermittelt. Dieses wird dem erforderlichen Poldervolumen gegenübergestellt, welches benötigt würde, wenn zu dem betrachteten Zeitpunkt eine konstante Kappung des Abflusses aus dem Polder erfolgen würde. Dieses erforderliche Poldervolumen wird mit der Abflussganglinie am Abschlussdamm an der ND11 aus der Berechnung ohne Polderwirkung (Anlage 6 und Anlage 7) ermittelt.

In Anlage 5 sind diese Volumina in Diagrammen für die Variante „Süd“ (oben) bzw. „Süd mit Deich“ (unten) dargestellt. Der Schnittpunkt der Kurven für das nutzbare und das erforderliche Volumen liefert den Zeitpunkt für den Beginn der Scheitelkappung sowie das nutzbare Poldervolumen.

Für die Poldervariante „Süd“ liegt der Kappungsbeginn beim Zeitpunkt $t = 70,5$ Stunden und das Poldervolumen beträgt $17,7 \text{ Mio m}^3$. Die entsprechende Ganglinie, die für den Abfluss aus dem Polder angesetzt wird, ist in Anlage 6 dargestellt.

Für die Poldervariante „Süd mit Deich“ liegt der Kappungsbeginn beim Zeitpunkt $t = 71,0$ Stunden und das Poldervolumen beträgt $12,7 \text{ Mio m}^3$. Die entsprechende Ganglinie, die für den Abfluss aus dem Polder angesetzt wird, ist in Anlage 7 dargestellt.

3.3 Berechnungen mit Polderwirkung

3.3.1 Modellansätze

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.

3.4 Ergebnis

Die berechneten maximalen Wassertiefen für die Ganglinie HQ1000 ist für den Istzustand in Anlage 8, für den Flutpolder „Süd“ in Anlage 9 und für den Flutpolder „Süd mit Deich“ in Anlage 10 dargestellt.

In Anlage 11 sind die berechneten maximalen Wasserspiegellagen in einem Längsschnitt dargestellt. Durch die Reduktion der Abflussbreite im rechten Vorland, die durch den Deich bedingt ist, nehmen bei der Variante „Süd mit Deich“ die Wasserspiegellagen im Vorland oberhalb des Polders etwas zu. Dadurch verändert sich auch die Abflussaufteilung an der Ausuferungstrecke oberhalb der Stauhaltungsdämme. Anders als bei der Variante „Süd“, bei der der Abfluss am Wehr Bertoldsheim zum Istzustand unverändert bleibt, nimmt bei der Variante „Süd mit Deich“ der Abfluss über das Wehr um ca. $70 \text{ m}^3/\text{s}$ von $1717 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $1787 \text{ m}^3/\text{s}$ zu und der Abfluss im südlichen Vorland entsprechend ab (vgl. Anlage 12 und 13).

Die Polderwirkung bei einem HQ1000 ist mit dem Vergleich der Ganglinien für den Flutpolder „Süd“ und den Istzustand in Anlage 12 dargestellt. Mit dem Polder kann der Abfluss in der Steppberger Enge für die gegebene Ganglinie HQ1000 auf ca. 2480 m³/s gedrosselt werden. Die entspricht einer Reduktion des Abflussscheitels um ca. 185 m³/s.

Die Polderwirkung für den Flutpolder „Süd mit Deich“ ist in Anlage 13 dargestellt. Mit dem Polder kann der Abfluss in der Steppberger Enge für die gegebene Ganglinie HQ1000 auf ca. 2525 m³/s gedrosselt werden. Die entspricht einer Reduktion des Abflussscheitels um ca. 140 m³/s.

3.5 Diskussion

Der maximale Wasserspiegel im Polder, der sich zum Ende des Rückhalteprozesses einstellt, entspricht nicht dem geplanten maximalen Stauziel von 393.50 m ü. NN. Der Grund hierfür ist, dass die Ermittlung des Kappungsabflusses mit der Ganglinie am unteren Ende des Polders erfolgt.

Der Kappungsabfluss, d.h. der Abfluss, der aus dem Polder im Vorland weiter abfließt (grün gestrichelte Linie in Anlage 12 und Anlage 13) wird anhand der Ganglinie an der ND11 ermittelt, welche sich ohne Polderwirkung einstellt. Dies ist für die Ermittlung der Kappung und wegen der konstanten maximalen Abgabe ins Unterwasser des Polders korrekt. Für den Zeitpunkt gegen Ende der Polderfüllung ist diese Ganglinie jedoch nicht mehr relevant, und tatsächlich auch nicht mehr existent. Wegen des zeitlichen Versatzes der Zuflussganglinie in den Polder (Anlage 12 und Anlage 13, blau gestrichelte Linie) und der Ganglinie an der ND11 ist ab dem Durchgang des Abflussscheitels der Zufluss geringer als der theoretische Abfluss an der ND11 (ab ca. Stunde 110). Mit dem Ansatz für die Ermittlung der Abflussganglinie aus dem Polder wird somit mehr Wasser dem Polder entnommen, als zufließt. Dies ist mit dem Vergleich der Ganglinien im Vorland bei Fkm 2495, d.h. am oberen Ende des Polders und an der ND11, d.h. am unteren Ende des Polders in der Anlage 12 für den Polder Süd gezeigt.

Eine genauere Ermittlung der Kappungsgrenze müsste also, iterativ, anhand der Ganglinie an der ND11 nur den Zeitpunkt des Beginns der Kappung festlegen und Kappungsvolumen mit der Zuflussganglinie unter Berücksichtigung des Wasservolumens im Vorland beim Kappungsabfluss bestimmen.

4 AUSWIRKUNG DEICHLINIE VARIANTE SÜD MIT DEICH AUF DEN ABFLUSS HQ100

Durch die Deichlinie der Poldervariante „Süd mit Deich“ wird die Abflussbreite des Vorlandabflusses im südlichen Vorland reduziert. Dadurch sind die Wasserspiegellagen im Vorland bei der Poldervariante „Süd mit Deich“ etwas höher.

In Anlage 14 ist die Differenz der Wasserspiegellagen im Vorland dargestellt. In Anlage 15 sind die Wasserspiegellagen in einem Längsschnitt durch das südliche Vorland dargestellt.

Da durch den Deich auch der Wasserspiegel im Vorland an der Ausuferungstrecke oberhalb der rechten Stauhaltungsdammes etwas zunimmt, wird der Abfluss ins Vorland etwas reduziert. Der Abfluss über das Wehr Bertoldsheim nimmt damit um ca. 13 m³/s von 1509 m³/s auf 1522 m³/s zu. Bei der weiteren Planung sollte daher die Einhaltung der Freiborde am nördlichen Stauhaltungsdamm geprüft werden. Der südliche Damm muss für den Polder ohnehin erhöht werden und ist davon nur im obersten Abschnitt betroffen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Der Abflussscheitel für die Ganglinien HQ1000 werden an der Steppberger Enge um 185 m³/s auf ca. 2480 m³/s reduziert (Poldervariante „Süd“) bzw. um 140 m³/s auf ca. 2525 m³/s (Poldervariante „Süd mit Deich“).

Der Flutpolder „Süd mit Deich“ weist durch die Eingrenzung des Überschwemmungsbereichs im Vorland ein geringeres Rückhaltevolumen auf im Vergleich zur Variante „Süd“.

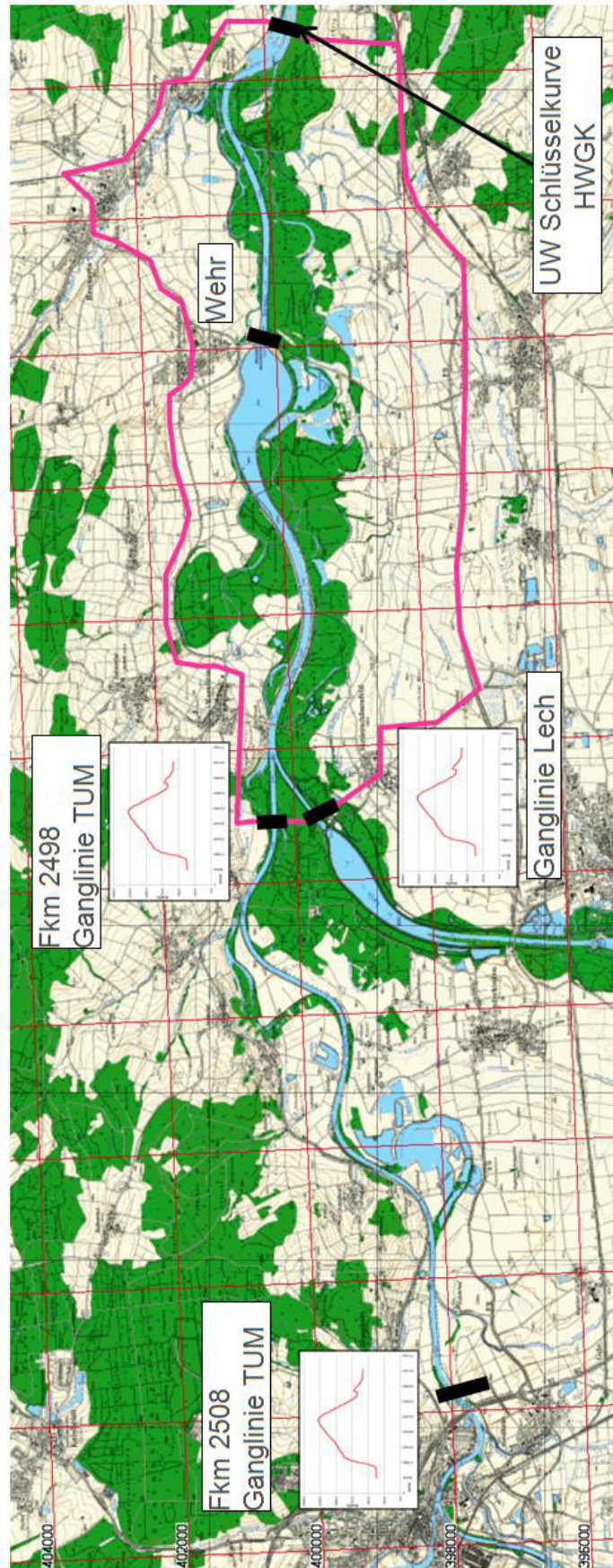
Durch den reduzierten Abflussquerschnitt im rechten Vorland beim Flutpolder „Süd mit Deich“ nehmen die Wasserspiegellagen im Vorland zu. Dadurch strömt etwas weniger Wasser ins Vorland als im Istzustand und der Abfluss über das Wehr Bertoldsheim nimmt zu. Bei der Poldervariante „Süd“ ist dieser Effekt nicht vorhanden.

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Übersicht

	Untersuchungsbereich
Anlage 2	Übersicht Modellbereich „Polder Süd“
Anlage 3	Übersicht Modellbereich „Polder Süd mit Deich“
Anlage 4	Ganglinien HQ1000
Anlage 5	Ermittlung Zeitpunkt Kappungsbeginn
Anlage 6	Scheitelkappung Poldervariante „Süd“
Anlage 7	Scheitelkappung Poldervariante „Süd mit Deich“
Anlage 8	Max. Wassertiefe Istzustand, Abfluss HQ1000
Anlage 9	Max. Wassertiefe Poldervariante „Süd“, Abfluss HQ1000
Anlage 10	Max. Wassertiefe Poldervariante „Süd mit Deich“, Abfluss HQ1000
Anlage 11	Längsschnitt max. Wassertiefen Poldervariante „Süd“ und „Süd mit Deich“, Abfluss HQ1000, Schnittlage siehe Anlage 5
Anlage 12	Ganglinien HQ1000, Poldervariante „Süd“, Vergleich mit Istzustand
Anlage 13	Ganglinien HQ1000, Poldervariante „Süd mit Deich“, Vergleich mit Istzustand
Anlage 14	Differenz Wasserspiegellagen HQ100 stationär, WSP Poldervariante „Süd mit Deich“ (o. Polderwirkung) minus WSP Istzustand
Anlage 15	Längsschnitt Wasserspiegellagen HQ100 stationär, Poldervariante „Süd mit Deich“ (o. Polderwirkung) und Istzustand

Anlage 1 Übersicht Untersuchungsbereich

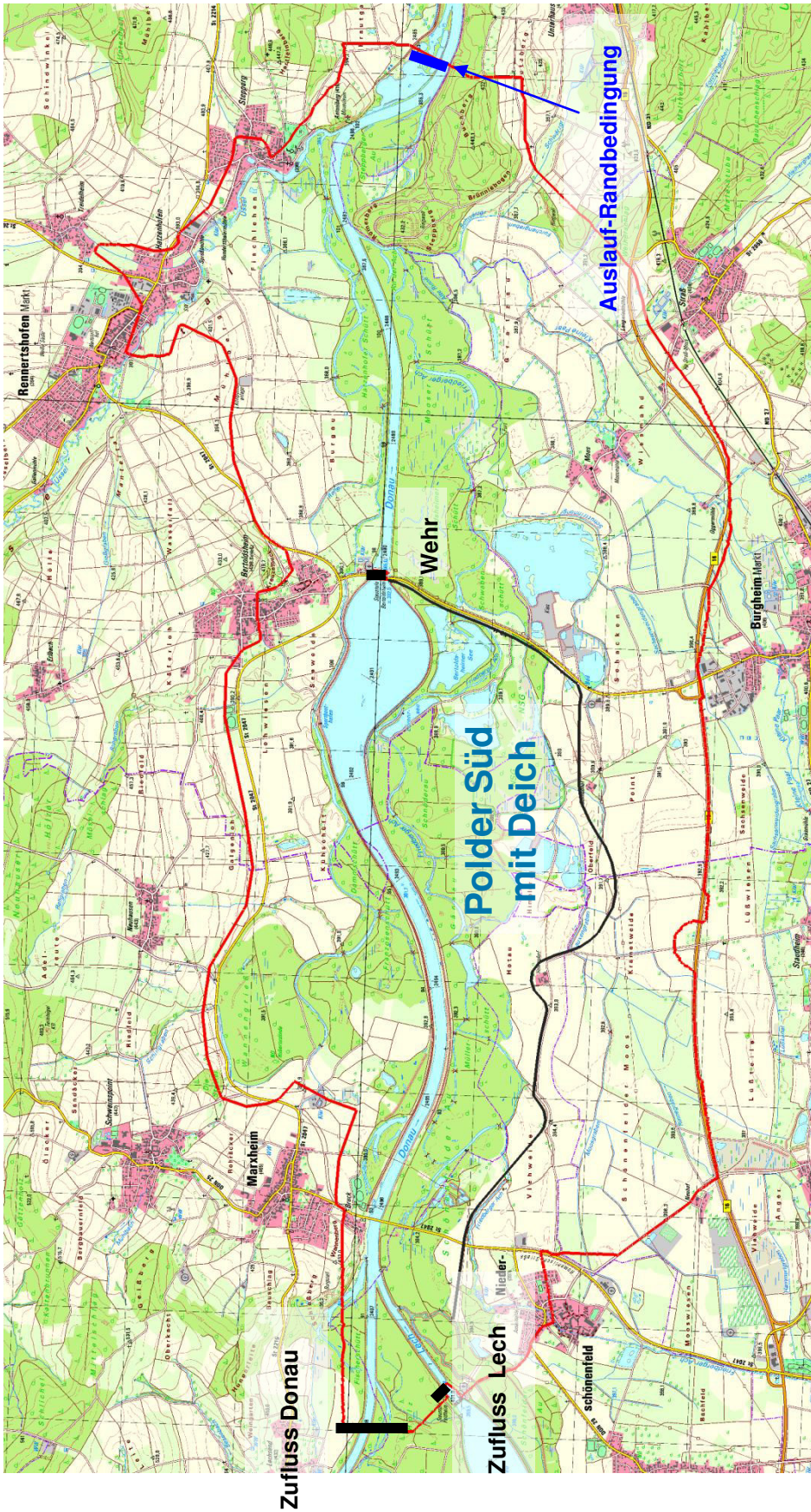


Modellumgriff (magenta)

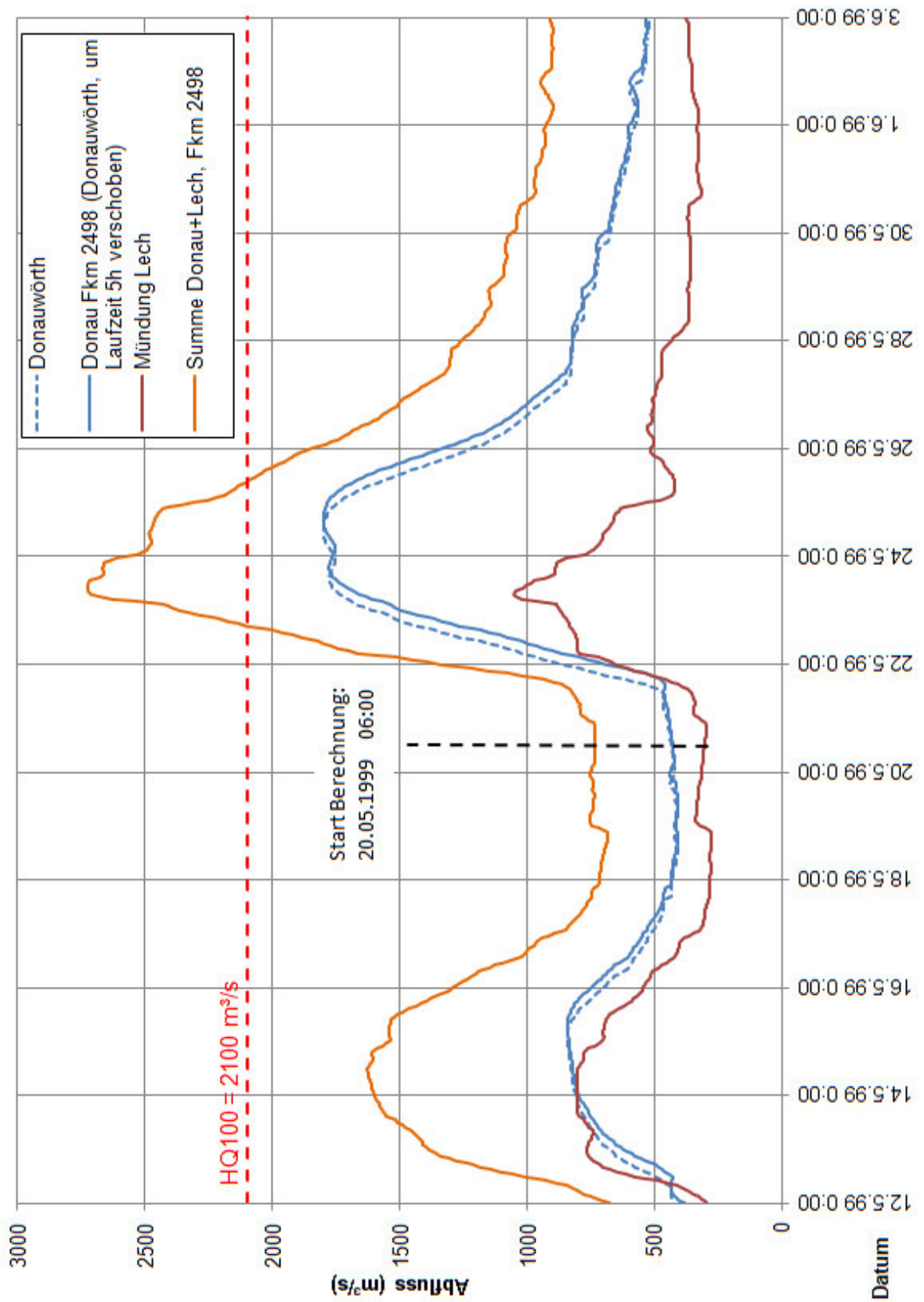
Anlage 2 Übersicht Modellbereich „Polder Süd“



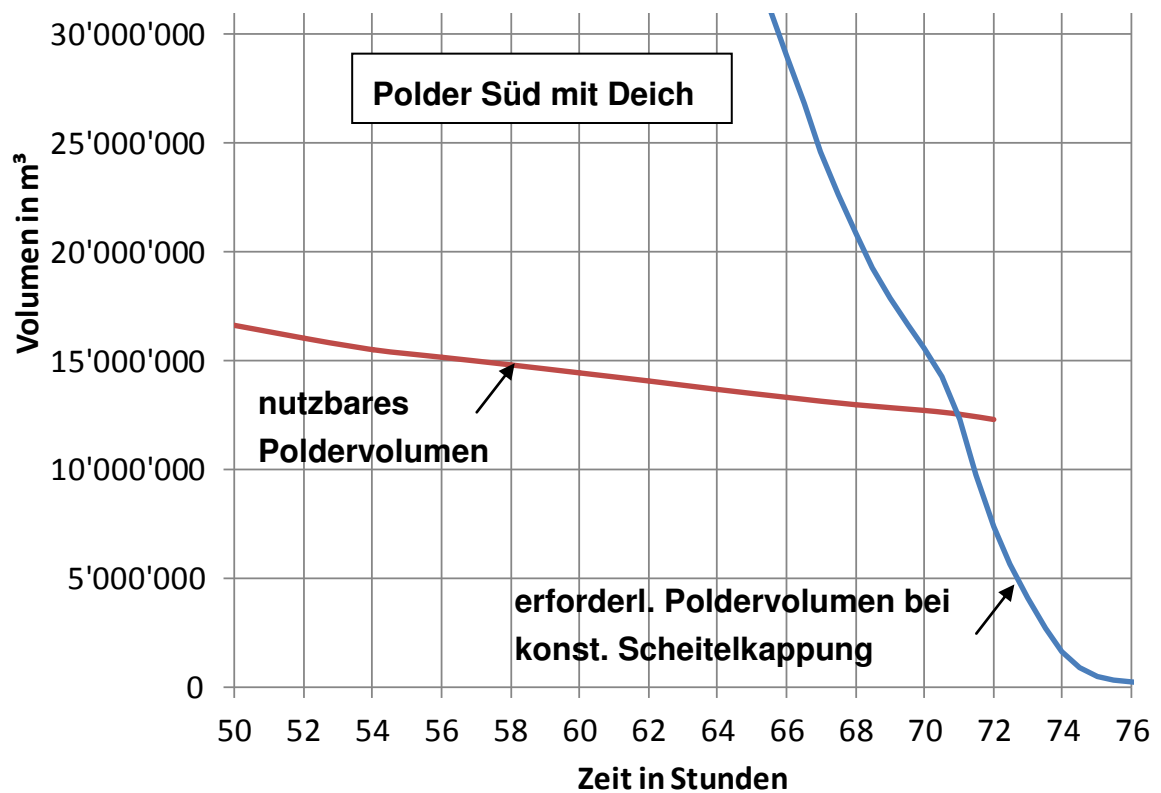
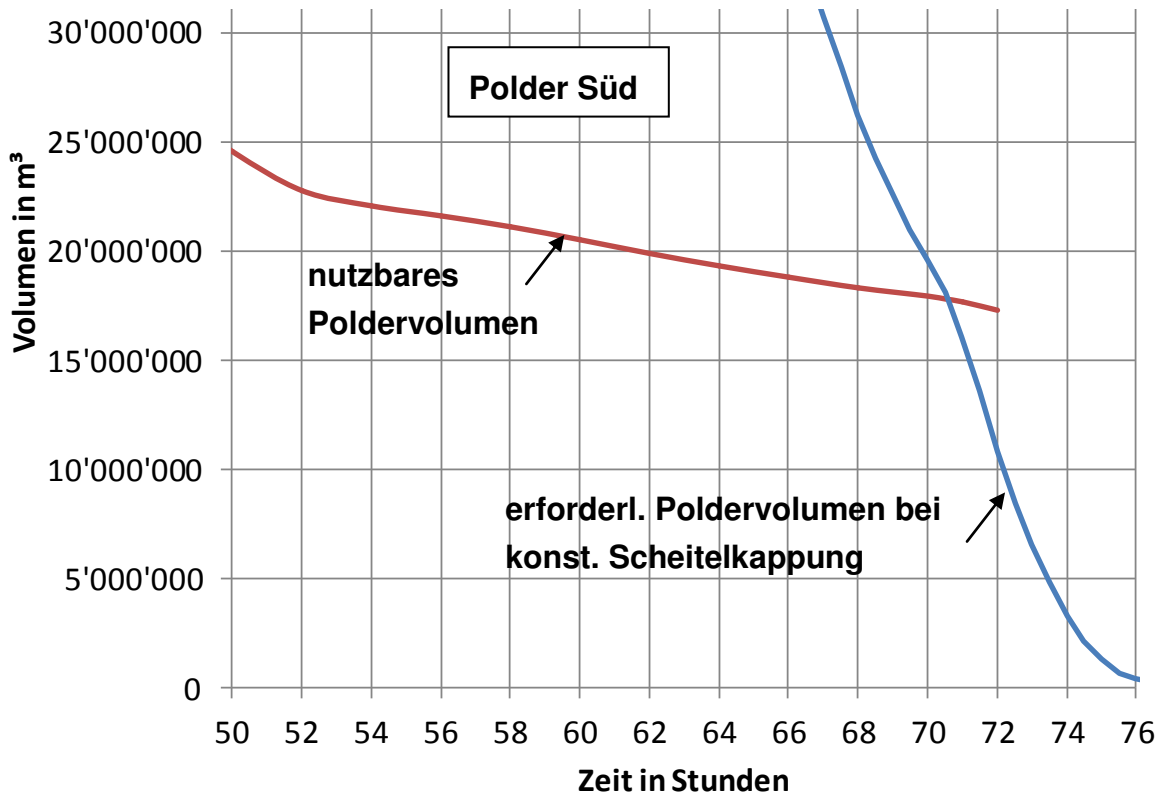
Anlage 3 Übersicht Modellbereich „Polder Süd mit Deich“



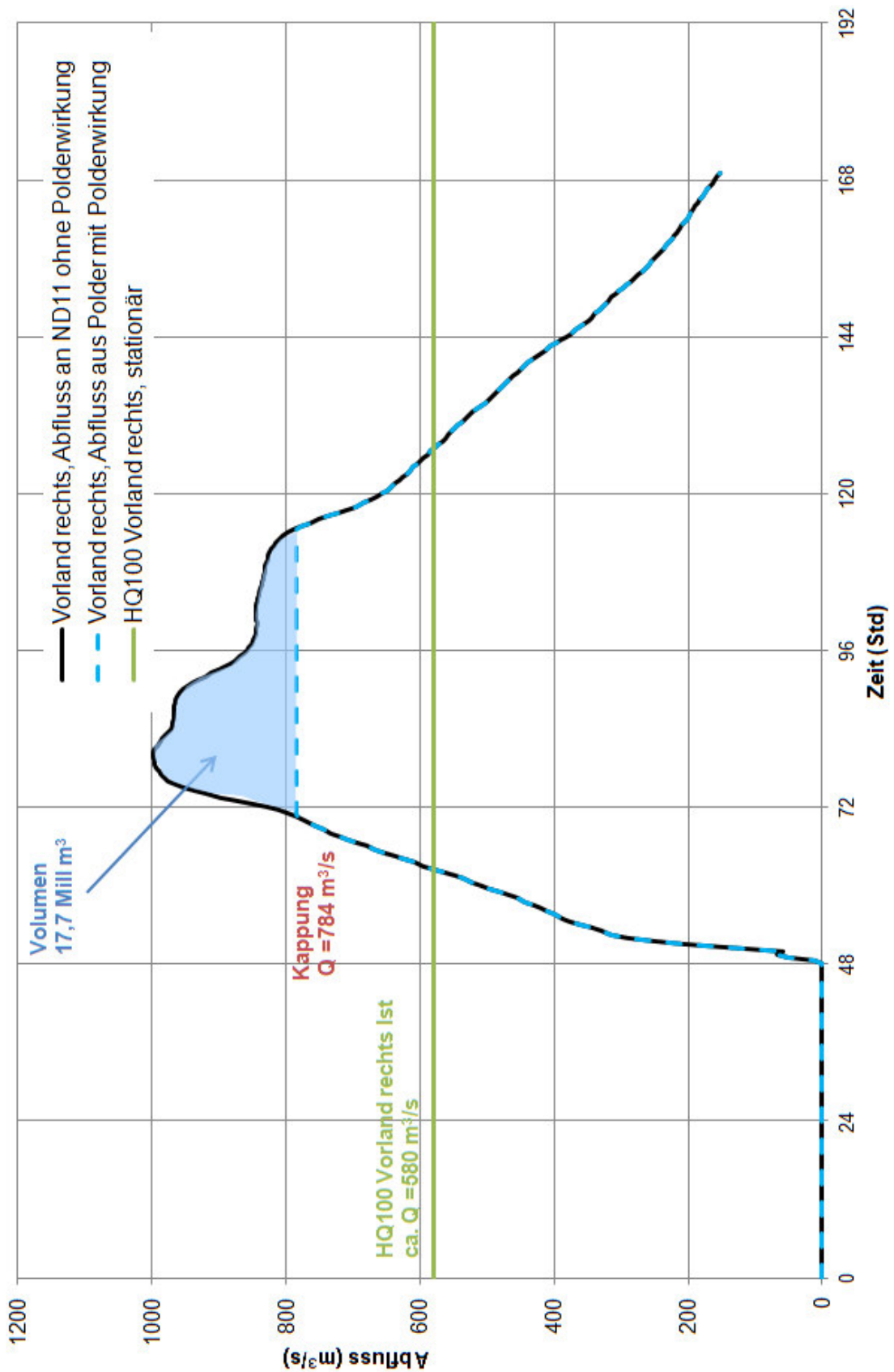
Anlage 4 Ganglinien HQ1000



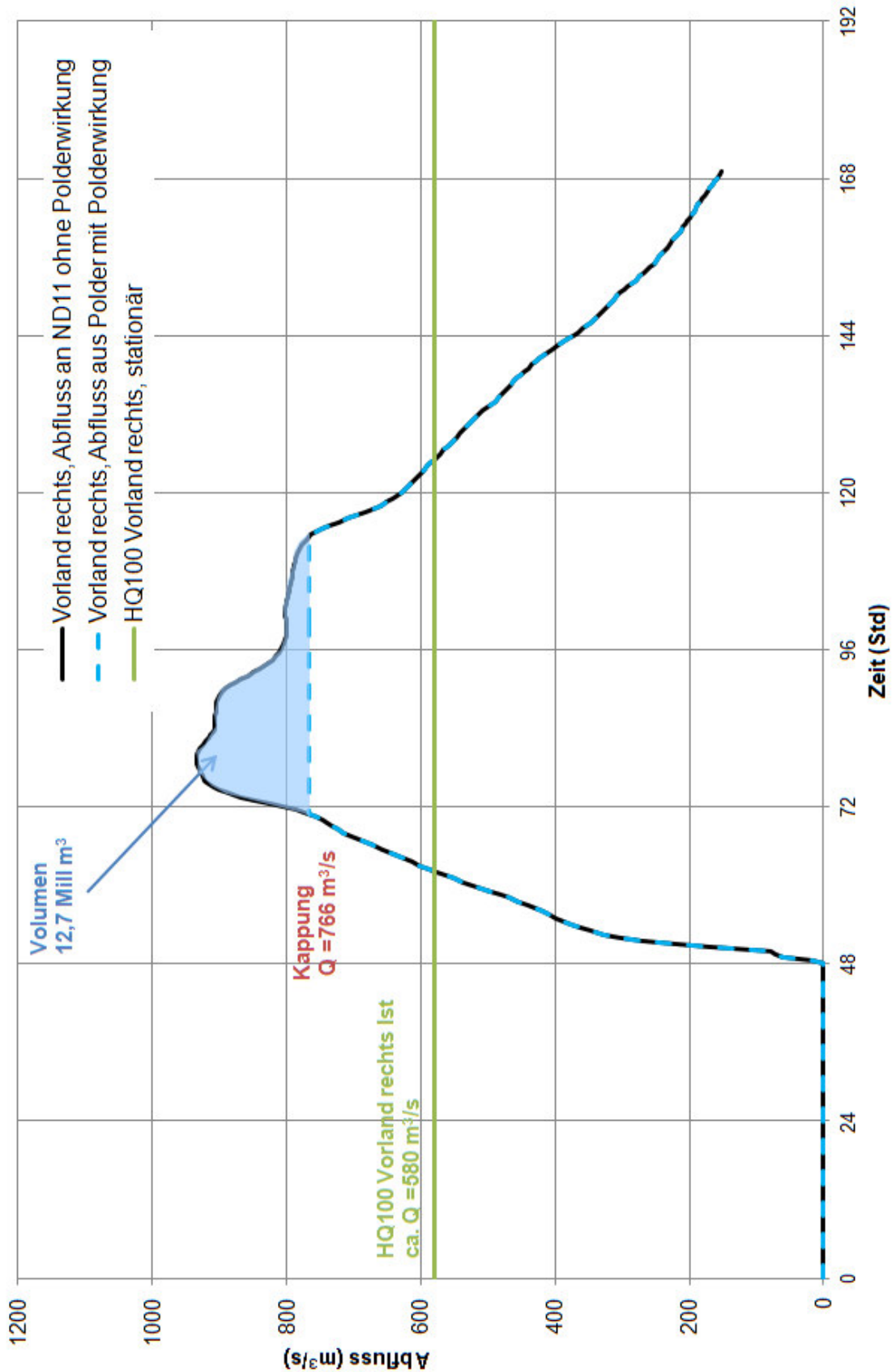
Anlage 5 Ermittlung Zeitpunkt Kappungsbeginn



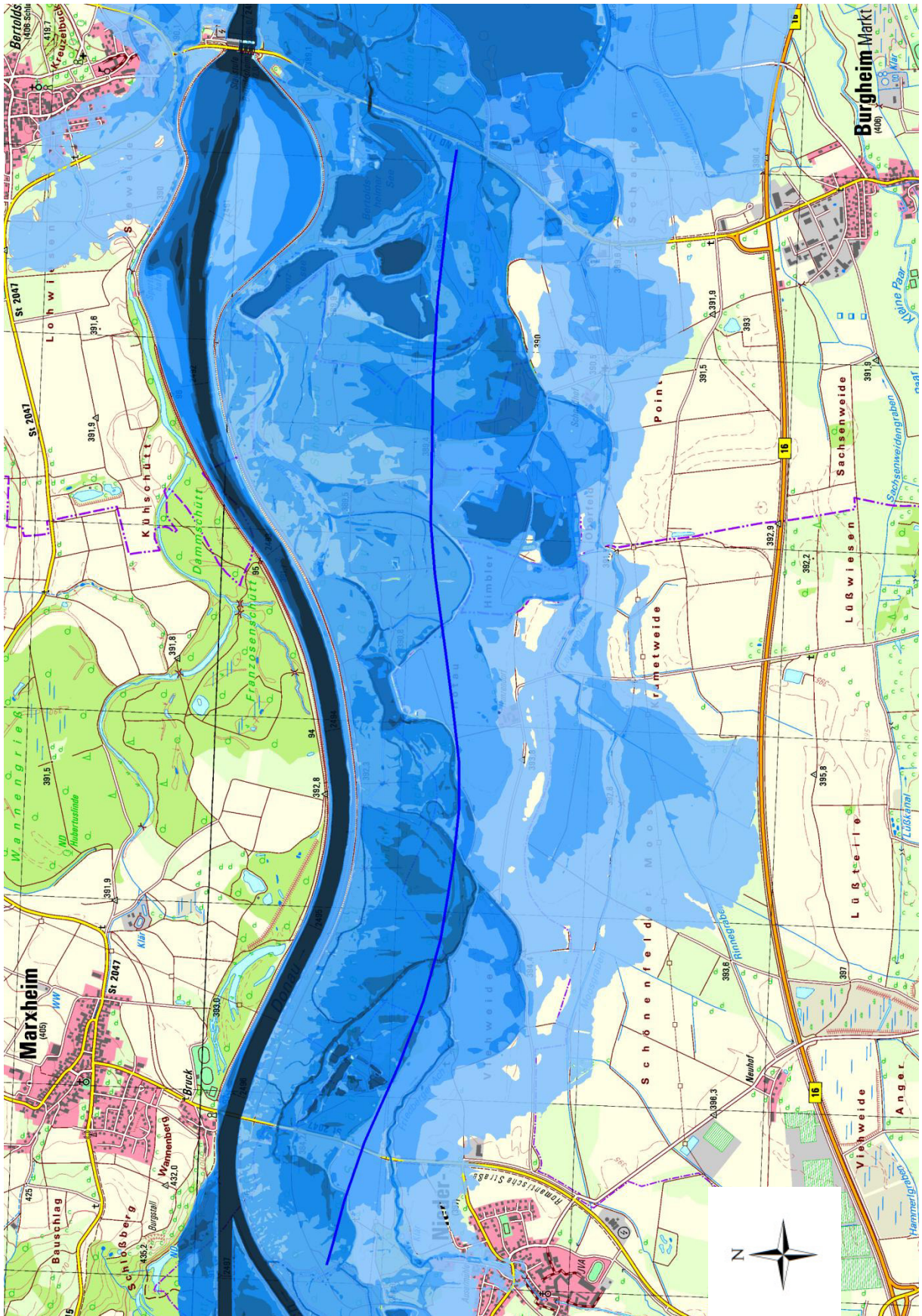
Anlage 6 Scheitelkappung Poldervariante „Süd“



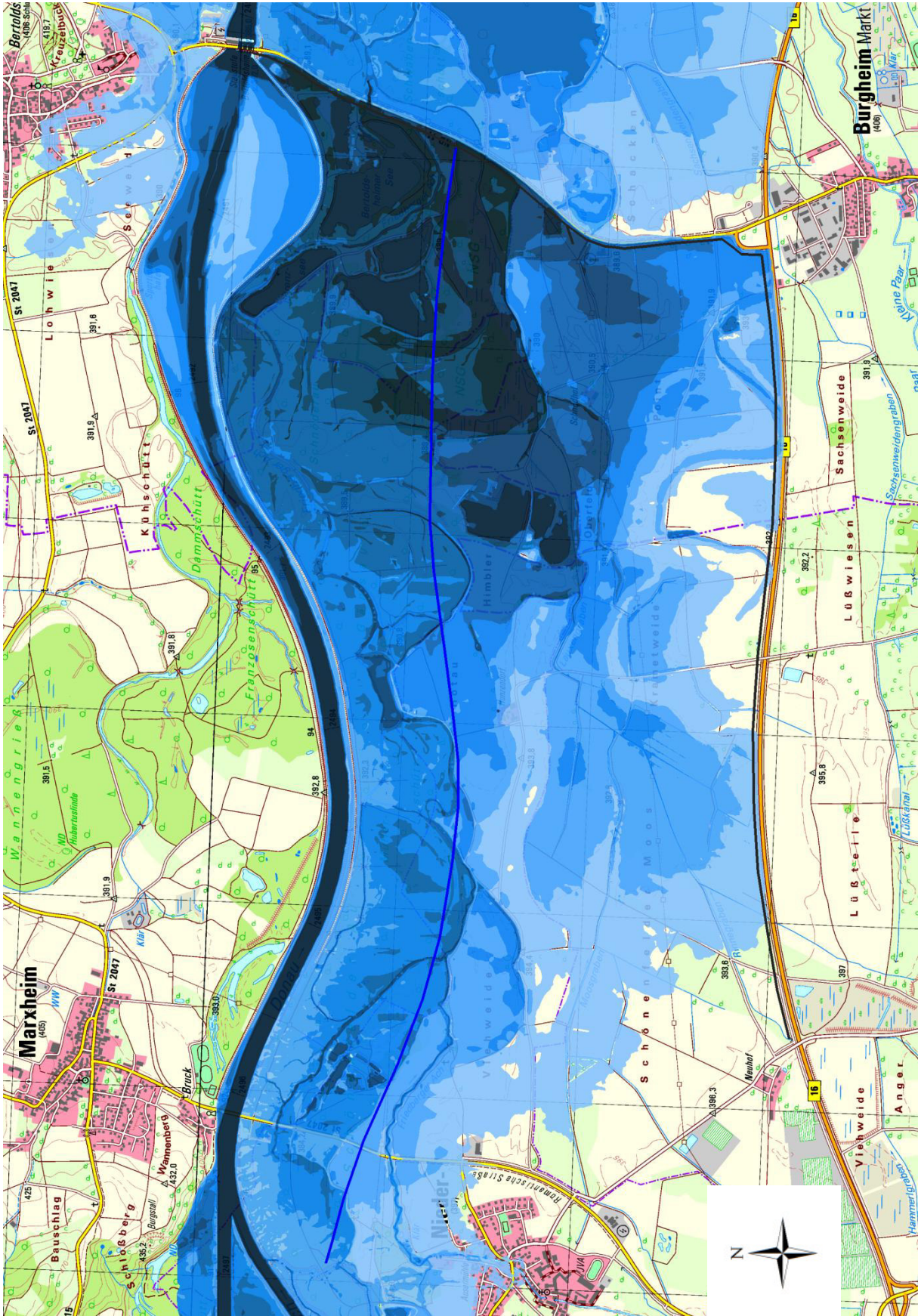
Anlage 7 Scheitelkappung Poldervariante „Süd mit Deich“



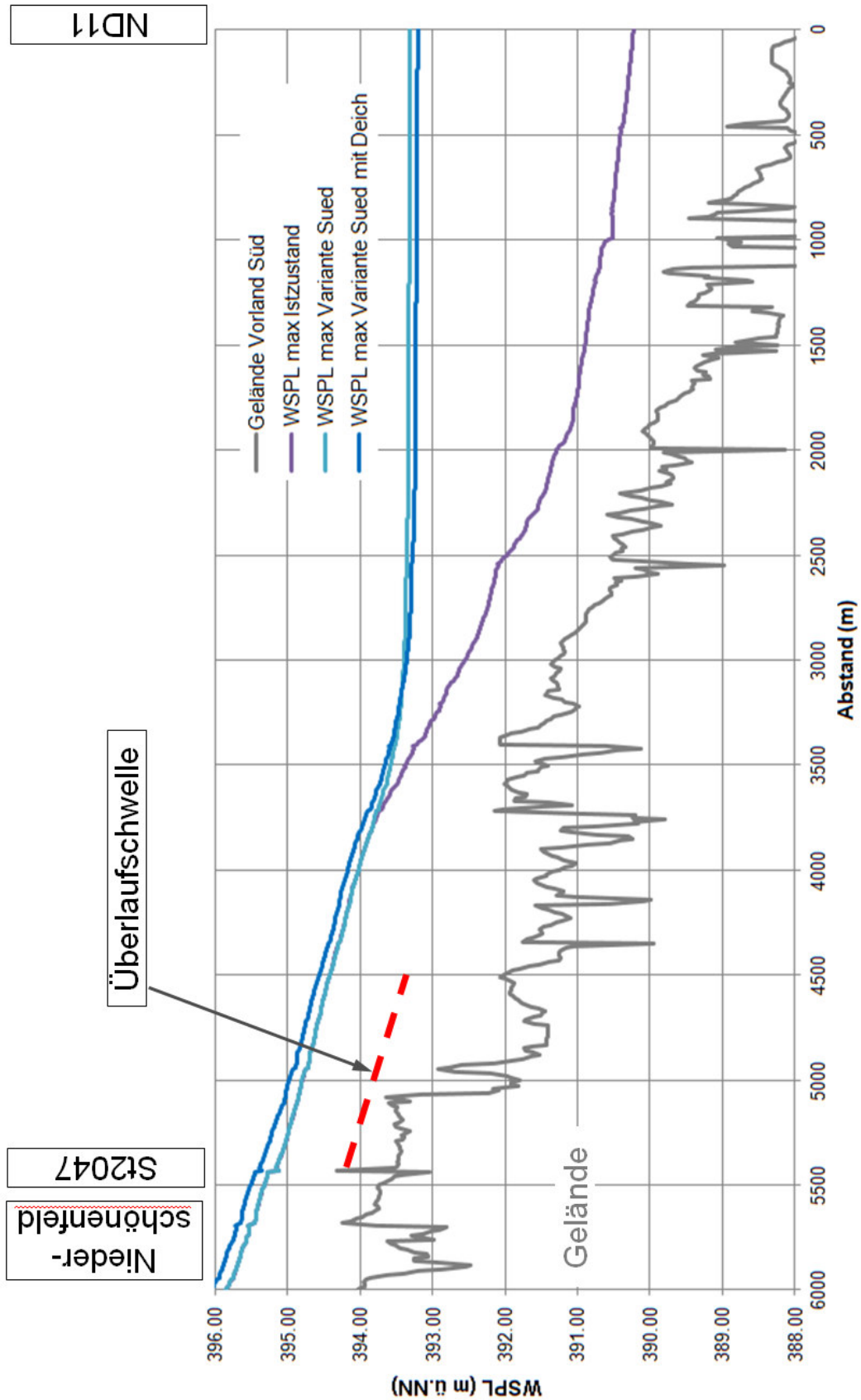
Anlage 8 Max. Wassertiefe Istzustand, Abfluss HQ1000



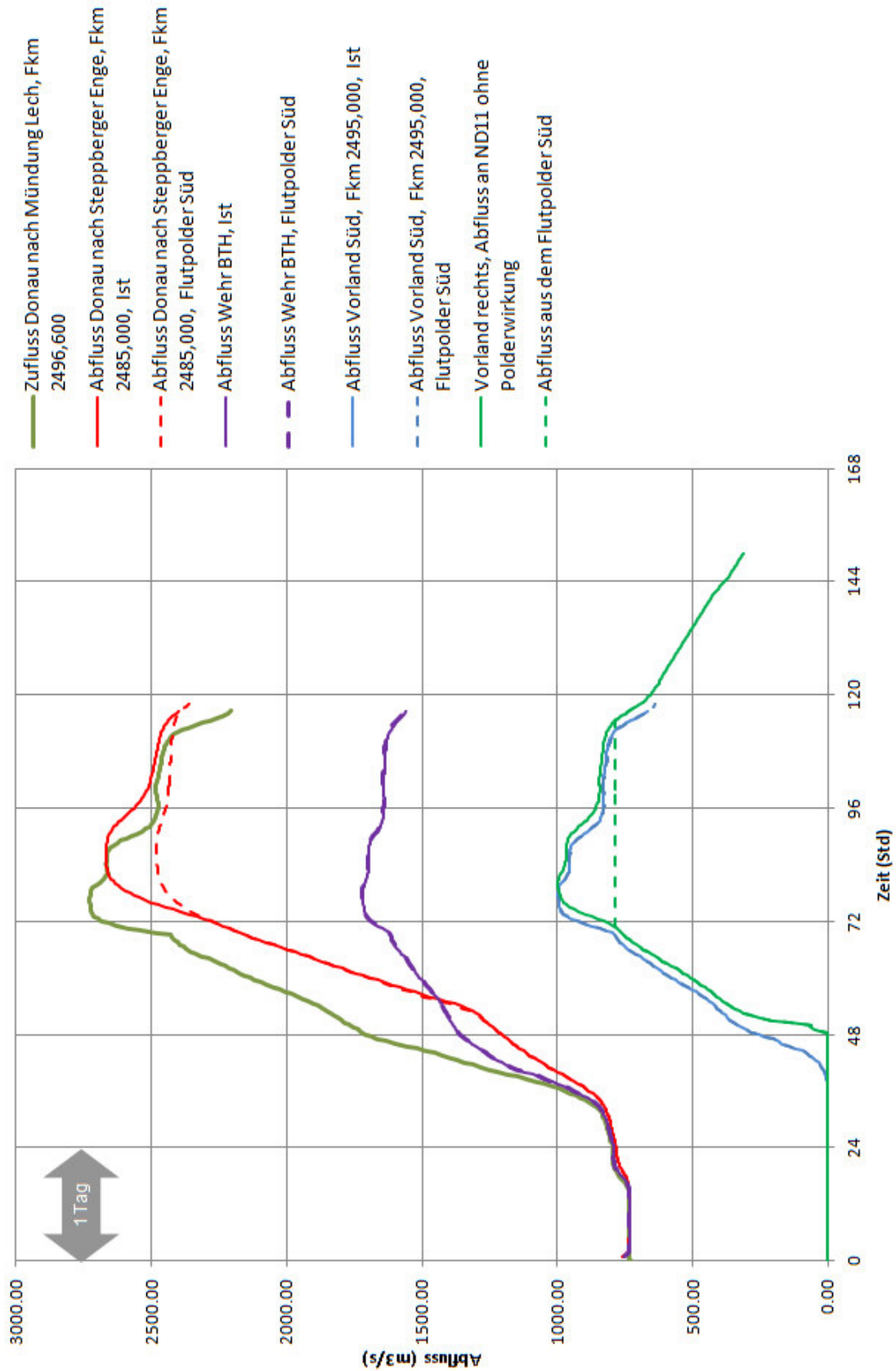
Anlage 9 Max. Wassertiefe Poldervariante „Süd“, Abfluss HQ1000



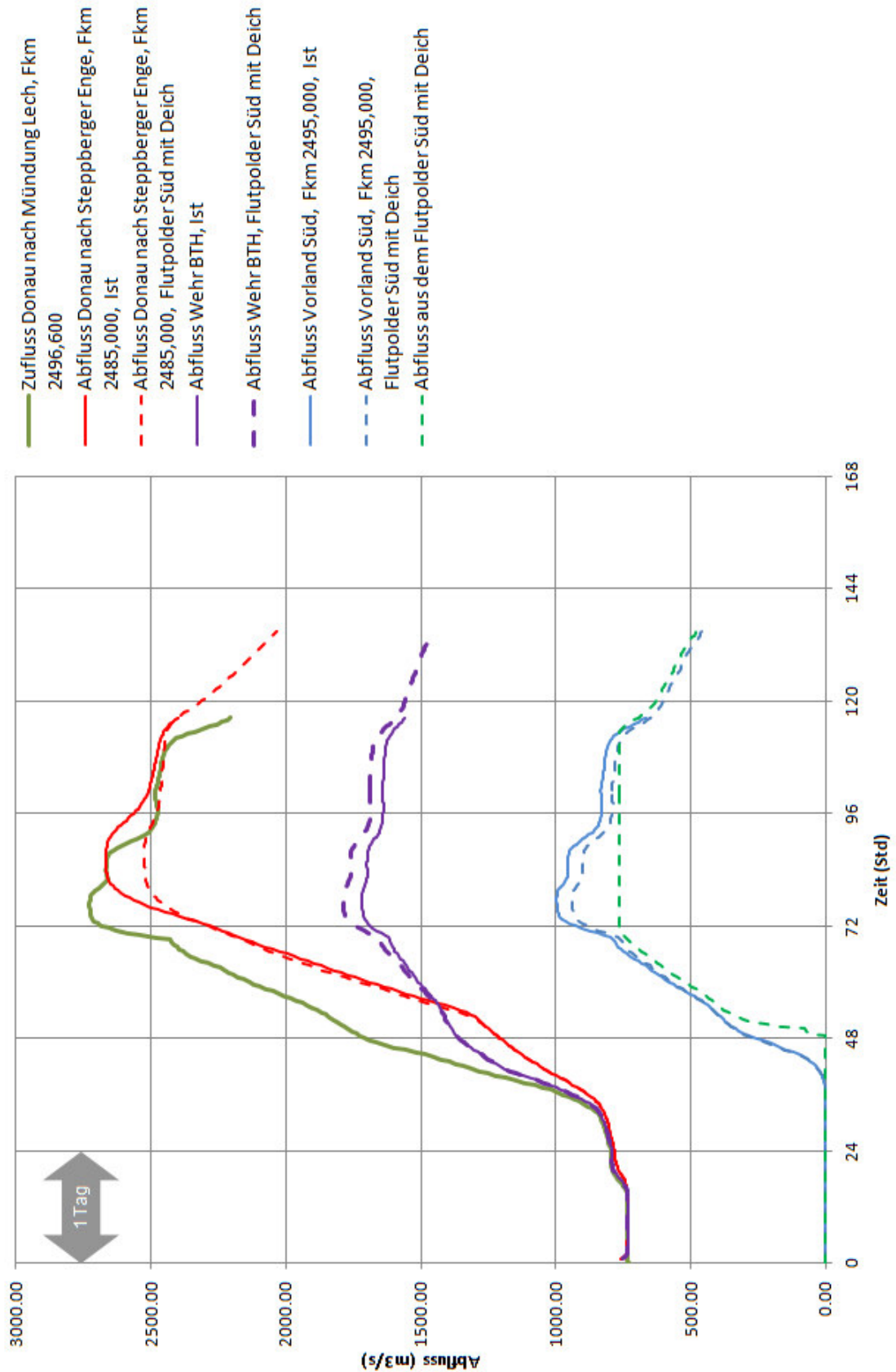
Anlage 11 Längsschnitt max. Wassertiefen Poldervariante „Süd“ und „Süd mit Deich“, Abfluss HQ1000, Schnittlage siehe Anlage 5



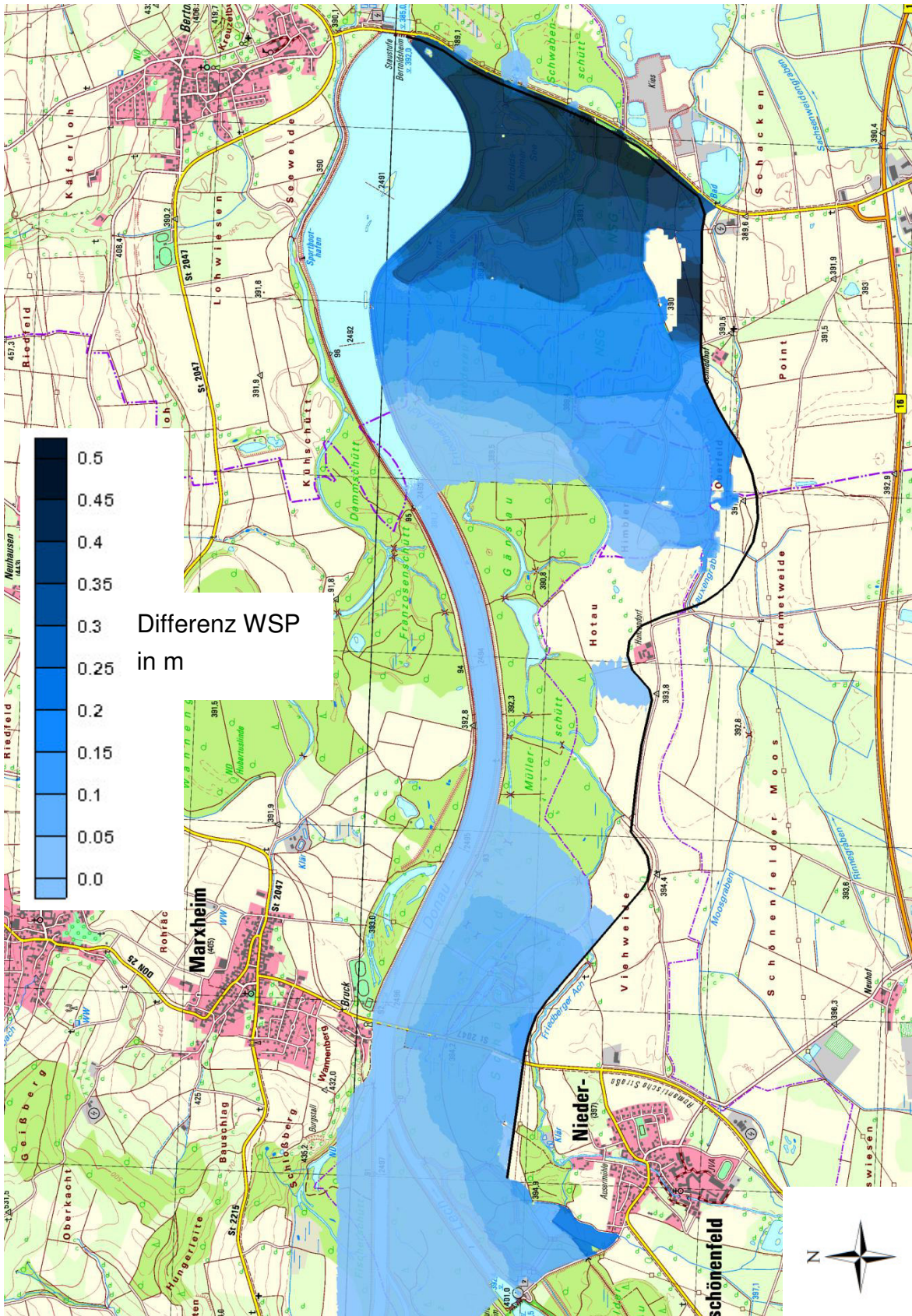
Anlage 12 Ganglinien HQ1000, Poldervariante „Süd“,
Vergleich mit Istzustand



**Anlage 13 Ganglinien HQ1000, Poldervariante „Süd mit Deich“,
Vergleich mit Istzustand**



Anlage 14 Differenz Wasserspiegellagen HQ100 stationär, Poldervariante „Süd mit Deich“ (o. Polderwirkung) minus WSP Istzustand



Anlage 15 Längsschnitt Wasserspiegellagen HQ100 stationär,
Poldervariante „Süd mit Deich“ (o. Polderwirkung) und Istzustand

