

WWA Ingolstadt

**Flutpolder Großmehring,
2D-Berechnungen zur**

- **Ermittlung der Lage Einlaufbauwerk**
- **Dimensionierung Einlaufbauwerk**
- **Ermittlung Polderwirksamkeit**



München, den 08.05.2018



RMD-Consult GmbH
Wasserbau und Energie
Blutenburgstraße 20
80636 München

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

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | VERANLASSUNG | 4 |
| 2 | ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE | 5 |
| 3 | GRUNDLAGEN | 8 |
| 3.1 | Grundlagen und Berichte | 8 |
| 3.2 | Vorhandene Modelle | 8 |
| 3.3 | Stauhaltungen Donau | 9 |
| 3.4 | Hydrologische Daten | 10 |
| 3.5 | Grundwassermodell | 10 |
| 3.6 | Sonstige Randbedingungen | 11 |
| 3.7 | Software | 11 |
| 4 | UNTERSUCHUNG ISTMODELL | 12 |
| 4.1 | Istmodell | 12 |
| 4.2 | Nachrechnung HW2013 | 14 |
| 4.3 | Berechnung MQ, HQ100, HQ200, HQ1000 | 14 |
| 5 | UNTERSUCHUNG POLDER GROSSMEHRING | 16 |
| 5.1 | Beschreibung Flutpolder | 16 |
| 5.1.1 | Varianten Polderumgriff | 16 |
| 5.1.2 | Varianten Einlaufbauwerke | 16 |
| 5.1.3 | Auslaufbauwerk | 17 |
| 5.2 | Planmodelle | 19 |
| 5.2.1 | Teilmodell | 19 |
| 5.2.2 | Gesamtmodell | 20 |
| 5.3 | Bauwerksdimensionierung | 21 |
| 5.3.1 | Einlaufbauwerke | 21 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 5.3.1.1 | Analytische Vorberechnung Polderfüllung | 21 |
| 5.3.1.2 | Überprüfung Einströmen bzw. hydraulischer Leistungsfähigkeit | 23 |
| 5.3.2 | Auslaufbauwerk | 24 |
| 5.4 | Berechnungen Planzustand | 27 |
| 5.5 | Berechnungen kombinierte Wirkung Polder Großmehring und Katzau | 28 |
| 5.6 | Ermittlung von Überflutungsdauer | 30 |
| | ANLAGENVERZEICHNIS | 31 |

1 VERANLASSUNG

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, plant im Rahmen des Aktionsprogramms 2020plus gesteuerte Flutpolder entlang der Donau als wichtigen Baustein zum Hochwasserschutz. In den Landkreisen Eichstätt und Pfaffenhofen wurde mit den Standorten Großmehring und Katzau zwei für den Bau eines Flutpolders geeignete Standorte ausgemacht. Als Entscheidungshilfe für das weitere Vorgehen soll an diesen Polderstandorten das bestehende Grundwassermodell aktualisiert und erweitert werden. Im Rahmen der Aufgabenstellung für die beiden Polder sind auch hydraulische Berechnungen des Oberflächenabflusses als Grundlage für die weiteren Planungen und Berechnungen erforderlich.

2 ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

Die Untersuchungen des Polders Grossmehring erfolgen mittels hydronumerischer 2D-Modelle zur Berechnung der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten des Oberflächenabflusses. Die Ziele der Berechnungen sind:

- das Schaffen von Grundlagen für die Kalibrierung des Grundwassermodells
- das Identifizieren / Bestätigen geeigneter Lage der Ein- und Auslaufbauwerke
- die Optimierung der Geometrie der Ein- und Auslaufbauwerke
- die Ermittlung von erforderlichen Maßnahmen zur Gewährleistung der erforderlichen Durchflüsse an den Ein- und Auslaufbauwerken
- die Ermittlung des nutzbaren Poldervolumens für verschiedene Poldervarianten und Hochwasserereignisse
- die Simulation des Füll- und des Entleerungsvorgangs
- die Ermittlung der Polderwirkung auf den Hochwasserscheitel in der Donau
- die Ermittlung von Einstaudauer- und tiefen im Polder

Ziel des Polders und der Ein- und Auslaufbauwerke ist eine horizontale Kappung der Hochwasserwelle und eine damit einhergehende bestmögliche Reduktion des Abflussscheitels bzw. der Wasserspiegellagen. Die Bearbeitung erfolgt in mehreren Schritten.

Zunächst wird ein Modell des Istzustands aus vorhandenen Modellen erstellt. Das Netz wurde im Vergleich zu den Bestandsmodellen zusätzlich ausgedünnt, um die Berechnungszeiten zu reduzieren. Mit diesem Modell wurden abgelaufene Hochwasser nachgerechnet sowie die Bemessungsereignisse berechnet.

Das generelle Vorgehen bei der Bauwerksdimensionierung ist in der Abbildung 1 dargestellt. Ausgehend vom kalibrierten Modell des Istzustands erfolgt die Bauwerksdimensionierung in mehreren Schritten. In einer analytischen Berechnung des Füll- oder Entleerungsvorgangs, unter Berücksichtigung der mit dem Istmodell ermittelten Wasserspiegellagen, erfolgt eine Vordimensionierung der Bauwerke. Diese Vordimensionierung wird mit dem hydronumerischen 2D-Modell des Polders auf zwei verschiedenen Arten überprüft:

- instationäre Simulation des komplette Füll- oder Entleerungsvorgangs
- stationäre Simulation des Polderzu- oder -abflusses zur Prüfung der Leistungsfähigkeit des Bauwerks.

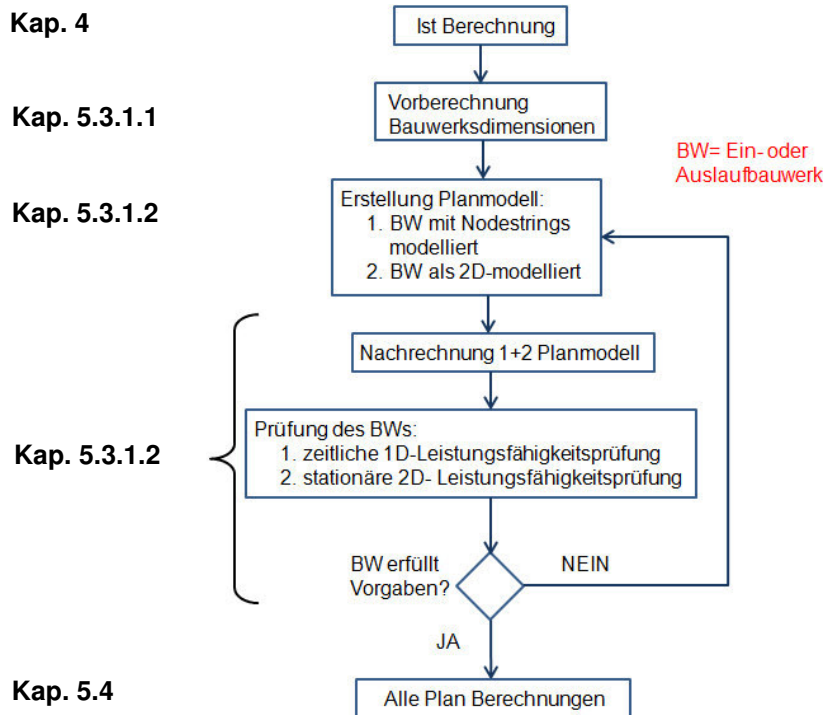


Abbildung 1: generelle Vorgehensweise

Bei der analytischen Berechnung des Füll- oder Entleerungsvorgangs werden in einer Tabellenkalkulation bzw. mit empirischen hydraulischen Formeln die Wasserspiegellagen auf beiden Seiten des Bauwerks verglichen. Zunächst wird ein Abfluss definiert („Q-Kappung“), bei dem der Wellenscheitel gekappt wird. Der Wasserspiegel in der Donau am Einlaufbauwerk, zum Ende der Scheitelkappung (= Polderfüllung) wird aus der Berechnung des Istmodells ermittelt. Die Bauwerksdimensionen (Länge, Sohlwellenhohen) und die optimale Lage des Einlaufbauwerks werden so festgelegt, dass zu jedem Zeitpunkt der Befüllung der erforderliche Polderzufluss möglich ist.

Bei der instationären Simulation des kompletten Füll- oder Entleerungsvorgangs ist die Simulation der Steuerung des Ein- oder Auslaufbauwerks in dem 2D-Modell technisch nur mit dem direkten Ansatz des Abflusses aus dem Vorland sowie des

entsprechenden Zuflusses in den Polder möglich. Die resultierenden Wasserspiegellagen auf beiden Seiten des Bauwerks werden verglichen. Ist anhand der Ergebnisse absehbar, dass der erforderliche Polderzu- oder -abfluss nicht möglich sein wird, weil z.B. beim Füllen der Wasserspiegel polderseitig höher liegt als donauseitig, müssen entsprechende Maßnahmen im Vorland oder im Polder vorgeschlagen und untersucht werden.

Die stationäre Simulation des Polderzu- oder -abflusses zur Prüfung der Leistungsfähigkeit der Bauwerke berücksichtigt die tatsächlichen Bauwerksabmessungen, welche zweidimensional modelliert sind. Mit der Berechnung wird geprüft, ob der Polderzufluss mit den gewählten Bauwerksdimensionen überhaupt möglich ist, d.h. es werden für gewählte Zeitpunkte die Ansätze der Vorberechnung überprüft.

Mit den endgültig festgelegten Polder- und Bauwerksdimensionen werden alle Berechnungen des Planzustands in dem Gesamtmodell durchgeführt und die Polderwirkung auf den Hochwasserscheitel in der Donau ermittelt.

3 GRUNDLAGEN

3.1 Grundlagen und Berichte

- [1]. Berichte und Überschwemmungsgebiete der Hochwassergefahrenkarten (.shp Dateien bei HQ 100 und HQ Extrem) für alle die entsprechenden Modelle, die nur teilweise dem AN schon vorliegen),
- [2]. vorhandene Pegeldata von Ilm und Kleine Donau für HW-2013, WWA-Ing.,
- [3]. Lageplan und Schnitte Einlaufbauwerk Var-1 S-I-a, Wald+Corbe Ber. Ing, Stand: 23.05.2017,
- [4]. Lageplan und Schnitte Einlaufbauwerk Var-2 S-III-a, Wald+Corbe Ber. Ing, Stand: 15.08.2017,
- [5]. Lageplan und Schnitte Auslaufbauwerk Paar, Wald+Corbe Ber. Ing, Stand: 04.05.2017.
- [6]. Bericht „Flutpolder Katzau, 2D Berechnungen zur Ermittlung der Lage Einlaufbauwerk, Dimensionierung Einlaufbauwerk, Ermittlung Polderwirksamkeit“, RMD-Consult, Jan.2018

3.2 Vorhandene Modelle

Grundlagen der vorliegenden Grundwassermodelle (siehe Anlage 1):

- Umgriff des Grundwassermodells Großmehring (Björnsen Beratende Ingenieure GmbH)
- Umgriff des Grundwassermodells Katzau (DHI-WASY GmbH)

Grundlage der hydraulischen Untersuchung sind 2D-Modelle, die dem AN vorliegen. Die genannten Grundlagen beziehen sich auf die Erstellung des Gesamtmodells, welches die beiden Polder Großmehring und Katzau umfasst.

- **Donau II:** Modellbeginn an der Luitpoldbrücke (Donau-Fkm. 2458,0), Modellende unterhalb des KWs Vohburg (Donau-Fkm 2441,8).
- **Donau I:** Modellbeginn am KW Vohburg (Donau-Fkm 2444,0), Modellende an der Mündung der Abens in die Donau (Donau-Fkm 2426,6). Dieses Modell ent-

hält zusätzlich das Ilmmodell, mit Modellbeginn am Ilm-Fkm 25,60 und Modelleende an der Mündung der Ilm in die Donau. Das Kleine Donau-Modell ist ebenso im Donau I Modell enthalten, mit Modellbeginn am Teilungswehr Hartacker und Modelleende an der Mündung der Kleinen Donau in die Donau. Der Polderbereich Katzau liegt vollständig im Donau I Modell.

- **Paar Nord (HWGK Modell 2091):** Modellbeginn oberhalb der Eisenbahnbrücke nördlich von Manching (Paar-Fkm 10,7), Modelleende an der Mündung der Paar in die Donau. Der Polderbereich Großmehring liegt vollständig im Paar-Nord Modell.

Da die obengenannten Modelle den abgestimmten Untersuchungsbereich nicht vollständig abbilden, wurden weitere Grundlagen-Modelle verwendet:

- **Paar-Süd (HWGK Modell 2183):** Modellbeginn oberhalb der Eisenbahnbrücke nördlich von Reichertshofen, Modelleende unterhalb der Eisenbahnbrücke nördlich von Manching (Paar-Fkm 10,7).
- **Sandrach (HWGK Modell 2292):** Modellbeginn oberhalb vom Unterbrunnenreuth, Modelleende unterhalb der Eisenbahnbrücke über die Paar nördlich von Manching. Das Gewässer Militär Kanal / Brautlach liegt zusätzlich im Paar-Süd Modell.
- **Donau OW Ingolstadt (HWGK Modell 0392):** Modellbeginn am Donau-Fkm 2481,0, Modelleende oberhalb der Luitpoldbrücke (Donau-Fkm. 2458,0).

Alle Modellumgriffe sind in Anlage 2 dargestellt.

3.3 Stauhaltungen Donau

Die Stauhaltungen der KW-Ingolstadt und KW-Vohburg an der Donau liegen im Untersuchungsbereich. Die im Modell angesetzten WQ-Beziehungen im Oberwasser der Stauwehre sind:

- KW-Ingolstadt:
 - Stauziel 369,50 m ü.NN bis Abfluss 1400 m³/s
 - Stauziel 370,00 m ü.NN ab Abfluss 1530 m³/s
- KW-Vohburg:
 - Stauziel 361,50 m ü.NN für alle Abflüsse

3.4 Hydrologische Daten

Die Lage der angesetzten Zuflüsse im Modell ist in Anlage 3 mit grünen Punkten und folgenden Abkürzungen dargestellt:

- Ab1 – Donau bei Fkm 2461,050
- Ab2 – Sandrach
- Ab3 – Militär Kanal
- Ab4 – Brautlach
- Ab5 – Paar
- Ab6 – Ilm
- Ab7 – Abens

Die Lage des Teilungswehrs Hartacker an der Ilm ist ebenso in Anlage 3 vermerkt.

Die abgestimmten Werte und Lage der konstanten Zuflüsse für die stationäre Berechnung beim mittleren Abfluss MQ sind in der Anlage 4 dargestellt.

Die durch das LfU zur Verfügung gestellten Abflussganglinien für die zu berücksichtigenden Gewässer sind:

- Ereignis HW2013 mit zwei Wellen und 625 Std Simulationszeit (Anlage 5)
- Bemessungsganglinien HQ100 und HQ200 mit verlängerter Welle bis 334 Std Simulationszeit (Anlage 6 und Anlage 7)
- Bemessungsganglinien HQ1000 mit verlängerter Welle bis 256 Std Simulationszeit (Anlage 8)

3.5 Grundwassermodell

Die Umgriffe der Grundwassermodelle Großmehring und Katzau (graue Linien) und der Modellrand des erstellten, hydraulischen Gesamtmodells (rote Linie) sind in Anlage 3 dargestellt. Zusätzlich sind die Umgriffe beider Flutpolder (grüne Linie) in Anlage 3 dargestellt. Der Modellbereich des Oberflächenhydraulik-Modells wurde so gewählt, dass alle berechneten Oberflächenabflüsse den Bereich der Grundwassermodelle abdecken. In den Bereichen der Grundwassermodelle, die durch das Oberflächenhydraulik-Modell nicht abgedeckt werden, treten keine Oberflächenabflüsse auf.

3.6 Sonstige Randbedingungen

3.7 Software

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

- Hydro_AS-2d, Version 2.2, 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.

4 UNTERSUCHUNG ISTMODELL

Die im Kap.3.2 beschriebenen Modelle werden zur Modellerstellung des Gesamtmodells Istzustand verwendet. Die Modellumgriffe dieser Teilmodelle sind in Anlage 2 dargestellt.

Folgende Anpassungen werden bei der Modellerstellung vorgenommen:

1. Anpassung des Flussschlauchs am Stauraum Vohburg bei Fkm 2447,000 anhand von aktuellen Querprofilen,
2. Anpassung des Geländes innerhalb des Flutpolders Großmehring anhand von aktuellen LaserScan Daten.

4.1 Istmodell

Aufgrund des erforderlichen Modellumgriffs zur Abdeckung der Bereiche der Grundwassermodelle war eine Bearbeitung der Modellnetze zur Reduktion der Berechnungsdauer unumgänglich. Zunächst wurde der Modellumgriff auf die Überschwemmungsflächen eines HQ-Extrem auf Basis der Hochwassergefahrenkarten Bayern beschränkt.

Eine Vorabschätzung hatte ergeben, dass die Anzahl von 1,5 Mil. Elementen nicht überschritten werden durfte. Nur so konnten die Rechenzeiten ausreichend reduziert und der Projektzeitplan eingehalten werden. Um dies zu erreichen, wurde eine Netzvereinfachung bzw. Modellausdünnung im Vorland der Gewässer durchgeführt. Die Vorgehensweise dabei war:

1. Erhalt der Elemente im Flussschlauch und im Bereich der Böschungen an den Gewässern,
2. Erhalt der wichtigen Bruchkanten, Strukturen und Bauwerke im Vorland,
3. Ausdünnung des Vorlandes im Modell mit gröberer Vermaschung (Dreiecke mit ca. 20 m Kantenlänge) und
4. Übertragung der Rauheitsbeiwerte aus den Grundlagemodellen auf das ausgedünnte Modell.

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen Beispiele des Ausdünnungsprozesses.

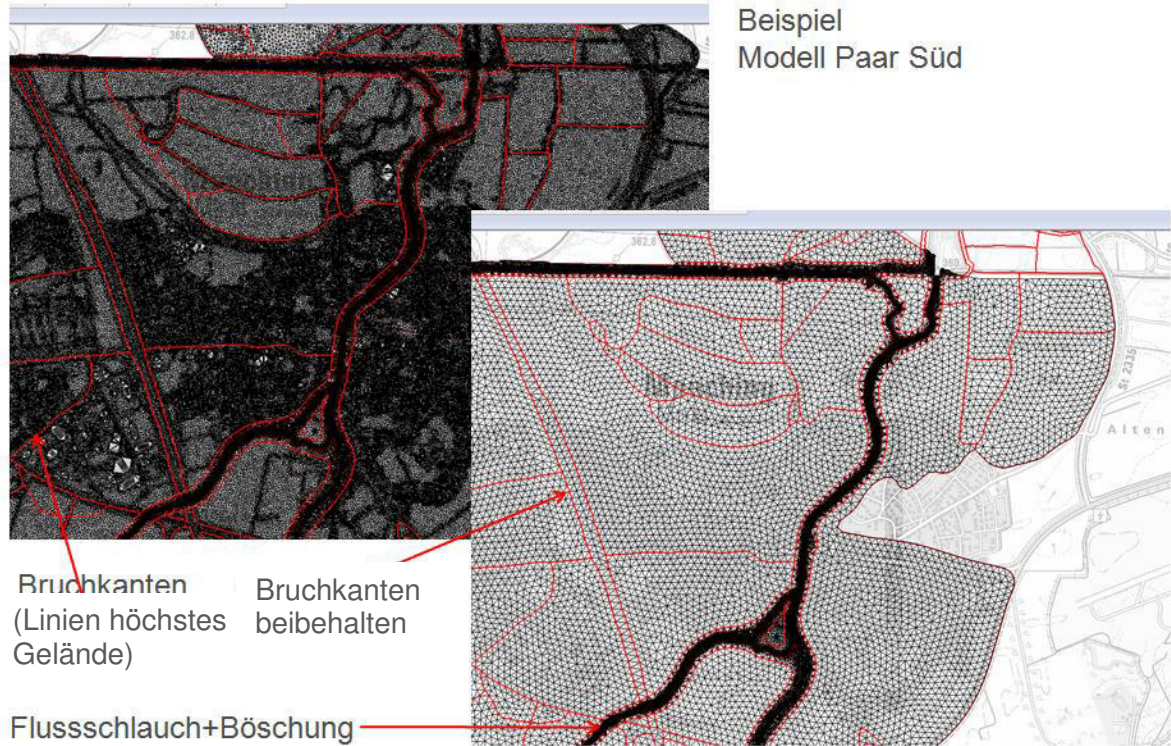


Abbildung 2: Beispiel Ausdünnung des Modells Paar Süd

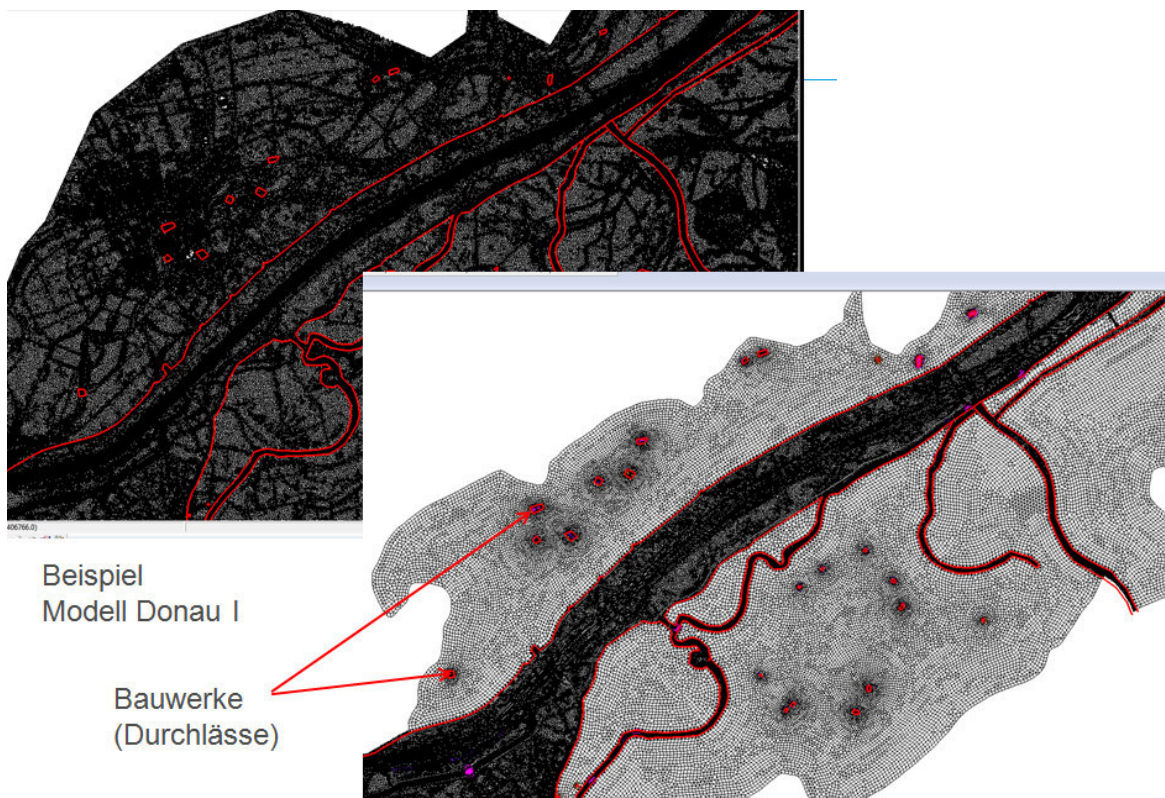


Abbildung 3: Beispiel Ausdünnung des Modells Donau I

Das neue, ausgedünnte Istmodell besteht aus 0,93 Mio. Knoten und 1,43 Mio. Elementen.

Eine Übersicht des Modellrands des erstellten Gesamtmodells Istzustand ist in Anlage 3 mit einer roten Linie dargestellt. Die aus dem HWGK-Projekt vorhandenen Überschwemmungsflächen für HQ-100 und HQ-Extrem (stationäre Berechnungen) sind ebenso in Anlage 3 dargestellt.

Die Grundlagemodelle für das Modell des Istzustands (=Referenzzustand) waren bereits kalibriert, sofern Daten aus Hochwasserfixierungen dafür zur Verfügung standen. Die Rauheitsbeiwerte wurden daher unverändert übernommen.

4.2 Nachrechnung HW2013

Zur Kalibrierung des Grundwassersmodells im Bereich Großmehring wird eine instationäre Berechnung des HW2013 im Istzustand (zwei Wellen, 625 Std Simulationszeit, siehe Anlage 5) durchgeführt.

4.3 Berechnung MQ, HQ100, HQ200, HQ1000

Die mit dem AG abgestimmten berechneten Lastfälle für den Istzustand sind unten beschrieben und in der Tabelle 1 dargestellt:

- stationäre Berechnung für MQ. Die mit dem AG abgestimmten Werte und jeweilige Lage der konstanten Zuflüsse sind in der Anlage 4 dargestellt.
- Bemessungsganglinien HQ100 und HQ200: Instationäre Berechnungen mit verlängerter Welle bis 334 Std Simulationszeit.
- Bemessungsganglinien HQ1000: Instationäre Berechnungen mit verlängerter Welle bis 256 Std Simulationszeit.

Tabelle 1 berechnete Lastfälle für Istzustand

| Lastfall | | Simulationszeit (in Std.) | Abflussverteilung Teilungswehr IIm |
|----------------|-------------|------------------------------|---|
| MQ | stationär | - | konstant, 3,2 m ³ /s in die IIm |
| HW-2013 | instationär | 625 | variabel, kalibriert |
| Bemess. HQ100 | instationär | 334 | konstant, 4,6 m ³ /s in die IIm |
| Bemess. HQ200 | instationär | 334 | konstant, 4,6 m ³ /s in die IIm |
| Bemess. HQ1000 | instationär | 256 | konstant, 4,6 m ³ /s in die IIm |

Die im Modell angesetzten Randbedingungen sind:

- Stauziele an den Stauwehren der Stufen Ingolstadt und Vohburg entsprechend den Bescheiden:
 - Ingolstadt variabel zwischen 369,50 m ü.NN und 370,00 m ü.NN
 - Vohburg 361,50 m ü.NN
- UW-Modellrandbedingung als Schlüsselkurve an der Donau nach Mündung der Abens (Donau-Fkm 2426,200). Die angesetzte Schlüsselkurve wird aus vorhandenem Modell „Donau-I“ unverändert übernommen.
- Ein begrenzter, konstanter Abfluss von $Q = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ an der IIm unterwasser des Teilungswehrs Hartacker entspricht einem Pegelwert an der Pegellatte von 0,7 m und wurde für die Berechnungen Bemess. HQ100, HQ200 und HQ1000 mit dem AG abgestimmt und im Modell angesetzt.

Die Ergebnisse der Istzustands-Berechnungen werden als Input für die nachfolgenden Untersuchungen verwendet:

- Bauwerksdimensionierung Ein- und Auslaufbauwerke
- Polderwirksamkeit (Vergleich Ganglinien Donau)
- Randbedingungen für die GW-Modelle

5 UNTERSUCHUNG POLDER GROSSMEHRING

5.1 Beschreibung Flutpolder

Der geplante Flutpolder Großmehring liegt im rechten Vorland der Donau, zwischen Donau-Km 2452,000 und 2449,400.

Die Deiche des Flutpolders werden für das Bemessungsereignis HQ200 dimensioniert, bei dem sich die max. WSPL im Polder einstellt.

Die Einlauf- und Auslaufbauwerke werden für das Bemessungsereignis HQ100 dimensioniert. Der Wasserstand in der Donau bei HQ200 liegt während des Zuflusses in den Polder höher als bei HQ100. Damit stellt diese Bedingung keinen Widerspruch zur ebengenannten Bemessung der Polderdeiche dar.

Der Polder-Einlauf liegt in der Donau, der Auslauf erfolgt über die Paar. Wie unten gezeigt wird, ist eine Entleerung des Polders direkt in die Donau nicht möglich.

5.1.1 Varianten Polderumgriff

Die zu untersuchenden Poldervarianten werden durch den AG für Bemess. HQ200 vorgegeben und sind:

- Poldervar-1: maximale Fläche (4,4 Mio. m²) und Volumen (ca. 12,7 Mio. m³)
- Poldervar-2: minimale Fläche (2,7 Mio. m²) und Volumen (ca. 6,5 Mio. m³)
- Poldervar-3: Kompromiss, Fläche (3,6 Mio. m²) und Volumen (ca. 10,2 Mio. m³)

Die Polderumgriffe sind für die Poldervariante 1 in Anlage 9, für die Poldervariante 2 in der Anlage 10 und für die Poldervariante 3 in Anlage 11 dargestellt.

Die aus dem Modell ermittelten Volumenkurven für alle drei Poldervarianten sind in Anlage 12 dargestellt. Diese Volumenkurven zeigen die Beziehung zwischen Wasserspiegel im Polder und gespeichertem Wasservolumen.

5.1.2 Varianten Einlaufbauwerke

Die Lage des Einlaufbauwerks wird ebenfalls für jede Poldervariante durch den AG vorgegeben und ist für die Poldervariante 1 (der sogenannte Standort S-I, Donau-Fkm 2452,000) in Anlage 9, für die Poldervariante 2 (Standort S-III, Donau-Fkm 2450,700) in der Anlage 10 und für die Poldervariante 3 (Standort S-I) in Anlage 11 dargestellt.

Als Ergebnis der Untersuchung in Kap. 5.3 wurden folgende wichtigste Abmessungen für die mit dem n-Fall modellierten Einlaufbauwerke ermittelt:

Einlaufbauwerk Standort S-I (Poldervariante 1 und 3):

- Schwellenhöhe = 361,00 m ü.NN
- lichte Breite = 42 m (7 Felder x 6 m)

Einlaufbauwerk Standort S-III (Poldervariante 2):

- Schwellenhöhe = 360,50 m ü.NN
- lichte Breite = 42 m (7 Felder x 6 m)

Die erforderlichen Dimensionen des Einlaufbauwerks am Standort S-I wurden für die Poldervariante 1 (größeres Poldervolumen) ermittelt. Für die Poldervariante 3 wurden diese Dimensionen übernommen. Es wurden an beiden Standorten hydraulische Untersuchungen für den n-1 Fall durchgeführt, wobei jeweils 36 m Öffnungsbreite angesetzt wurden.

Eine Übersicht des im Planzustand modellierten Einlaufbauwerks ist für die Poldervariante 1 und 3 in Anlage 13 und für die Poldervariante 2 in der Anlage 14 dargestellt.

5.1.3 Auslaufbauwerk

Am Wehr Vohburg wird der Wasserspiegel im Stauziel 361,50 m u.NN gehalten. Am rechten Ufer oberstrom der Brücke St2335 (siehe z.B. Anlage 9 verläuft ein uferbegleitender Weg, dessen Höhe über der Geländehöhe im Vorland liegt und der somit wie ein Stauhaltungsdamm wirkt. Die Überflutung im Vorland kann aufgrund des Dammes nicht in die Donau zurückfließen und wird deshalb durch einem Durchlass unter der St2335 abgeleitet. Der tiefste Punkt dieses Uferweges liegt auf einer Höhe von 362,18 m ü.NN. Bei einer Entleerung des Polders über das Vorland direkt in die Donau müsste der Wasserspiegel im Vorland somit immer über dem Niveau 362,18 m ü.NN liegen. Dies würde lediglich die Entleerung von etwa der Hälfte des Poldervolumens direkt in die Donau ermöglichen.

Im Gegensatz dazu kann eine vollständige Entleerung des Polders in die Paar erfolgen. Eine Kombination von 2 Auslaufbauwerken zur Donau und zur Paar wird als unwirtschaftlich erachtet und nicht näher untersucht.

Die Lage des Auslaufbauwerks bei Paar-Km 6,200 nutzt vorhandene Altarme im Polderbereich, die bisher über ein Sielbauwerk an die Paar angeschlossen sind. Das untersuchte Bauwerk ist für alle drei Poldervarianten gleich (wie in Anlage 9, Anlage 10 und Anlage 11 dargestellt) und ermöglicht somit in allen Poldervarianten eine möglichst schnelle Entleerung, entsprechend der Leistungsfähigkeit der Paar. Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchung in Kap. 5.3.2 wurden folgende wichtigste Abmessungen des Auslaufbauwerks mit dem n-Fall ermittelt:

Auslaufbauwerk Poldervariante 1,2 und 3:

- Schwellenhöhe = 358,00 m ü.NN
- lichte Breite = 12 m (2 Felder x 6 m)

Die hydraulischen Untersuchungen wurden für den n-Fall durchgeführt, d.h. es wurden 12 m Öffnungsbreite angesetzt. Eine Berechnung der Froude-Zahlen in Anlage 29 zeigt, dass auch im n-1 Fall im Bauwerk (nur ein Feld geöffnet) strömende Verhältnisse vorliegen und die Entleerung möglich ist. Durch die etwas höheren Energieverluste im Bauwerk im n-1 Fall erhöht sich die Entleerungsdauer nur für den Zeitraum der vollständig geöffneten Schützen geringfügig.

Eine Übersicht des im Planzustand modellierten Auslaufbauwerks ist in der Anlage 15 dargestellt.

Zusätzlich wird ein vorhandenes Schütz bei Paar-Km 8,110 für die Restentleerung der Poldervariante 1 genutzt, spielt aber für die Dauer der Entleerung keine Rolle und wird bei der Dimensionierung nicht weiter betrachtet.

5.2 Planmodelle

Die in der Untersuchung verwendeten Teil- und Gesamtmodelle sind nachfolgend beschrieben.

5.2.1 Teilmodell

Der Untersuchungsbereich des Teilmodells Polder Großmehring ist in Anlage 16 dargestellt. Als Randbedingung sind folgende Zuflüsse definiert, die entsprechenden Ganglinien wurden den Ergebnissen des Gesamtmodells entnommen:

- Zufluss Donau: UW der Stufe Ingolstadt
- Paar: UW der PAF34

Als Auslaufrandbedingung für die Donau und die Paar gelten:

- Auslauf Donau: Oberwasserstand an der Stufe Vohburg
- Paar Fkm 2,400: Schlüsselkurve aus Ergebnissen Istzustand

Mit diesem Teilmodell wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bauwerkdimensionierung Einlaufbauwerk (Kap.5.3.1.2) mittels stationärer Berechnungen, mit 2D-modelliertem Einlaufbauwerk, zusätzliche Auslauf-Randbedingung in der Mitte des Polders entsprechend dem jeweils vorhandenen Wasserspiegel im Polder. Es wird damit die Leistungsfähigkeit des Bauwerks überprüft.
- Simulation der Polderfüllung mittels instationärer Berechnung, die Entnahme aus dem Vorland der Donau und der Zufluss in den Polder sind als Randbedingungen am Einlaufbauwerk vorgegeben und entsprechen der erwünschten Kappung des Donauabflusses. Das Modell und die Randbedingungen entsprechen dem Gesamtmodell, es konnten aufgrund der kürzeren Berechnungszeiten jedoch Ergebnisse vorgezogen zur Verfügung gestellt werden. Im Zuge des Berichts wird auf diese vorgezogenen Berechnungen nicht weiter eingegangen und die Ergebnisse im Zuge des Gesamtmodells beschrieben.
- Simulation der Polderentleerung . Für die Untersuchung der Entleerung wird das Auslaufbauwerk mit 2 verschiedenen Methoden modelliert, der Übergang wurde iterativ ermittelt:

- Bauwerksabfluss durch Schützen gedrosselt:
Simulation über „nodestrings“ mit vorgegebenen Bauwerksdurchflüssen entsprechend der Leistungsfähigkeit der Paar
- Schützen vollständig geöffnet:
2D-modelliertes Bauwerk, bestehender Durchlass für die Restentleerung in die Paar (nur Poldervariante 1) geöffnet.

5.2.2 Gesamtmodell

Das Gesamtmodell mit dem Umgriff entsprechend Anlage 3 entspricht bis auf die beiden Polder Großmehring und Katzau dem Modell des Istzustands. Die Details zum Polder Katzau und zur Aufteilung des Abflusses am Teilungwehr Hartacker in der Ilm sind im Bericht „Flutpolder Katzau, 2D Berechnungen zur...“ [6] beschrieben.

Mit dem Gesamtmodell sind für den Planzustand des Polders Großmehring folgende Berechnungen erfolgt:

- Poldervariante 1, HW 2013
- Poldervariante 1, Bemessungsabfluss HQ100
- Poldervariante 1, Bemessungsabfluss HQ200
- Poldervariante 1, Bemessungsabfluss HQ1000
- Poldervariante 2, Bemessungsabfluss HQ200
- Poldervariante 3, Bemessungsabfluss HQ200

Zur Berechnung der kombinierten Auswirkung Großmehring und Katzau wurden weitere Berechnungen durchgeführt:

- Großmehring Poldervariante 1 und Polder Katzau, Bemessungsabfluss HQ200
- Großmehring Poldervariante 1 und Polder Katzau, Bemessungsabfluss HQ1000

5.3 Bauwerksdimensionierung

5.3.1 Einlaufbauwerke

Zur Bauwerksdimensionierung des Einlaufbauwerkes erfolgt zunächst eine analytische Vorberechnung der Polderfüllung und danach die Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems aus Einlaufbauwerk, Donauvorland und Polder mit Hilfe des 2D-Modells.

Tatsächlich wurden diese Schritte in einem iterativen Prozess mehrfach durchlaufen. Die Abflussverhältnisse im Donauvorland und im Polder, vor allem bei der Poldervariante 1 haben einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems. Die Darstellung der Ergebnisse der analytischen Vorberechnung erfolgt mit den endgültigen Bauwerksdimensionen und ist nur als vereinfachte Übersicht der Vorgänge zu betrachten.

5.3.1.1 Analytische Vorberechnung Polderfüllung

Das für einen vorgegebenen Polderumfang und ein bestimmtes Bemessungsereignis nutzbare Poldervolumen ist keine vorgegebene Größe sondern das Ergebnis der hydraulischen Untersuchung. Um dieses Volumen zu ermitteln, erfolgt mit einer Tabellenkalkulation der Vergleich der Wasserspiegellagen während der Polderfüllung. In diese Kalkulation gehen folgende Grundlagen ein:

- Volumenkurve im Polder
- Wasserspiegel in der Flusssachse der Donau auf Höhe des Einlaufbauwerkes aus der Berechnung des Istzustands
- gewählte Bauwerksabmessungen gem. Kap. 5.1.2

Berechnet werden für jeden Zeitpunkt der Polderfüllung und für einen gewählten Kappungsabfluss in der Donau:

- Polderzufluss als Differenz zwischen Donauabfluss und Kappungsabfluss
- mittlerer Wasserspiegel im Polder
- erforderliche minimale Energiehöhe im Einlaufbauwerk bei jeweiligem Polderzufluss

Der Kappungsabfluss entspricht demjenigen Abfluss, bei dem der Wellenscheitel der Hochwasserwelle in der Donau gekappt wird. Über das Volumen des gekappten

Wellenscheitels und die Volumenkurve des Polders ergibt sich der Wasserspiegel im Polder.

Mit der Vorgabe von einer Wasserspiegeldifferenz von ca. 26 cm zwischen dem WSPL in Donau-Flussachse (hellblaue Linie in Anlage 18) und dem mittleren WSPL im Polder (dunkle blaue Linie) zu Ende der Polderfüllung ergibt sich die geplante Füllung. Diese WSPL-Differenz von 26 cm entspricht einem geschätzten Energieverlust der Einströmungen im Vorland Donau und im Polder gegen Ende der Füllung.

Zur Überprüfung der Bauwerkabmessungen bei festgelegter Sohlhöhe und lichter Breite des Einlaufbauwerks wird für jeden Zeitschritt und den entsprechenden Polderzufluss die minimal erforderliche Energiehöhe im Einlaufbauwerk berechnet und mit dem gekappten Wasserspiegel in der Donau verglichen. Die minimale Energiehöhe ist als grüne Linie in Anlage 18 dargestellt.

Die endgültigen Ergebnisse der Vorberechnung zur Polderfüllung mit den gewählten Abmessungen der Poldervariante 1 sind in Anlage 17 für HW-2013, in Anlage 18 für HQ100, in Anlage 19 für HQ200 und in Anlage 20 für HQ1000 dargestellt. Der WSP im Polder nach der Füllung mit einem Ereignis HQ1000 entspricht dem Wasserspiegel beim Ereignis HQ200, da die die Deichhöhen des Polders hierfür bemessen sind.

Für die Poldervariante 2 und 3 wurde nur der Bemessungsabfluss HQ200 untersucht. Das Ergebnis ist für die Poldervariante 2 in Anlage 21 und für die Poldervariante 3 in Anlage 22 dargestellt. Für die Poldervariante 2 wurde eine geringe Wasserspiegeldifferenz von ca. 13 cm zwischen dem WSPL in Donau-Flussachse dem mittleren WSPL im Polder bei Ende der Polderfüllung angenommen, da durch die günstigere die Lage des Einlaufbauwerks (Abstand zur Donau geringer, Poldervorland tiefer) kleinere Energieverluste in der Zu- und Abströmung zu erwarten sind. Für die Poldervariante 3 wurde die gleiche Wasserspiegeldifferenz angesetzt wie für Poldervariante 1.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die vorhandene Energiehöhe (=gekappter Wasserspiegel in der Donau) im Einlaufbauwerk zu jedem Zeitpunkt höher als die erforderliche Energiehöhe.

Die resultierenden Kappungsgrenzen, max. Poldervolumen und max. Zuflüsse in den Polder sind für alle untersuchten Fälle in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2. Vorberechnung der Polderfüllung

| | Donau Einlauf-BW Großmehring, Fkm 2452,000 | | | | | |
|---------------------------|--|----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------|
| | Abfluss max Ist | Abfluss Kappung Plan | WSPL max. Polder | Volumen | max. Zufluss Polder | Dauer Füllung |
| | [m ³ /s] | [m ³ /s] | [m.ü NN] | [Mio. m ³] | [m ³ /s] | [Std] |
| PVar-1, HW 2013 | 1510 | 1419 | 362,20 | 7,80 | 91 | 35 |
| PVar-1, Bemess. HQ100 | 2086 | 1920 | 363,17 | 12,04 | 167 | 29 |
| PVar-1, Bemess. HQ200 | 2247 | 2068 | 363,31 | 12,67 | 179 | 28 |
| PVar-1, Bemess. HQ1000 | 2573 | 2371 | 363,31 | 12,67 | 202 | 29 |
| PVar-2, Bemess. HQ200 | 2244 | 2132 | 362,92 | 6,48 | 113 | 23 |
| PVar-3, Bemess. HQ200 | 2247 | 2093 | 363,31 | 10,18 | 154 | 28 |

Diese Vorberechnung auf Basis des Wasserspiegels in der Donau und des mittleren Wasserspiegels im Polder berücksichtigt keine Fließverluste im Donauvorland und im Polder. Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ist mit dem 2D-Modell erfolgt und in nachfolgendem Kapitel beschrieben.

5.3.1.2 Überprüfung Einströmen bzw. hydraulischer Leistungsfähigkeit

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit und Strömungsverhältnisse am untersuchten Einlaufbauwerk werden stationäre Berechnungen für den maximalen Polderzufluss

und für den Bemessungsabfluss HQ100 durchgeführt, bei dem die Wasserspiegel in der Donau niedriger sind als beim Bemessungsabfluss HQ200.

Das 2D-modellierte Einlaufbauwerk wird dabei vollständig geöffnet simuliert (ohne Drosselung durch die Schütze). Der maximale Abfluss in der Donau und eine in der Polder-Mitte gemäß der Poldervolumenkurve ermittelte WSPL-Randbedingung werden angesetzt. Der berechnete, resultierende Abfluss durch das Einlaufbauwerk wird als Leistungsfähigkeit ausgewertet.

Auf Basis dieser stationären Berechnungen werden die WSPL, Energieverluste und Abflüsse überprüft und mögliche Maßnahmen zur Optimierung (Schwellenhöhe, lichte Breite, Flutmulden im Polder) vorgeschlagen und 2D-hydraulisch überprüft. Eine Liste der untersuchten Flutmulden-Varianten zum Einlaufbauwerk im Standort I (Poldervariante 1) ist in der Anlage 25 dargestellt.

Die berechneten WSPL-Längsschnitte für den Zustand mit dem ursprünglichen Gelände und der gewählten Flutmuldenvariante (Nr. 28 in Anlage 25) sind in Anlage 26 dargestellt. Es sind sowohl im Vorland der Donau als auch im Polder Maßnahmen erforderlich, um den maximal vorgesehenen Polderzufluss zu ermöglichen. Die Maßnahme im Donauvorland, ein 80 m breit Verbindungsgerinne zwischen dem rechten Vorlandsgraben und Donau-Flussschlauch, ist in Anlage 13 dargestellt. Die Planung der erforderlichen Flutmulde (ca. 900 m lang, siehe Anlage 26) im Polder ist ebenso in Anlage 13 gezeigt.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der gewählten Einlaufkonfiguration ist für die Bemessungsereignisse HQ100 (n-1 Fall) und HQ200 (n-Fall) im 2D-Modell geprüft worden. Ein Lageplan der Fließgeschwindigkeiten und Fließvektoren für den maximalen Polderzufluss bei Bemess.HQ100 beim (n-1) Fall ist in Anlage 27 dargestellt.

5.3.2 Auslaufbauwerk

Bei der Entleerung des Polders in die Paar muss die Leistungsfähigkeit der Paar berücksichtigt werden. Die Paar ist im Abschnitt vom Polder bis zur Mündung in die Donau eingedeicht, die Deiche bieten einen HQ100-Schutz. Die für diese Betrachtung relevanten Abflüsse in der Paar betragen an der Mündung:

- HQ100 stationär 107 m³/s
- HQ20 stationär 70 m³/s
- Bemessungsabfl. Donau HQ100, Scheitelabfl.Paar 40 m³/s

Bei einem Bemessungsereignis HQ100 in der Donau entspricht der Paarabfluss in etwa einem HQ5. In diesem Abfluss ist noch nicht berücksichtigt, dass im rechten Donauvorland am Durchlass in der Großmehring Brücke Wasser aus dem Donauvorland der Paar zugeführt wird. Dieser Abfluss mündet bei Paar-Fkm 5,300 in die Paar und beträgt im Hochwasserfall nach Tabelle 3 zwischen 10 und 14 m³/s.

Tabelle 3: Verhältnis Donauabfluss zu Abfluss aus der Donau in die Paar

| | Q Donau [m ³ /s] | Q Paar aus Donau [m ³ /s] |
|--------|--------------------------------|---|
| | 0 | 10.0 |
| MHQ | 1070 | 10.0 |
| HQ5 | 1320 | 10.5 |
| HQ10 | 1520 | 11.0 |
| HQ20 | 1700 | 11.5 |
| HQ100 | 2100 | 13.0 |
| HQextr | 2600 | 14.0 |

In Abstimmung mit dem WWA Ingolstadt wird als zulässiger Abfluss in der Paar während der Polderentleerung 70 m³/s am Polder, bzw. 80 m³/s nach Einmündung der Vorlandentwässerung angesetzt. Damit liegt die Berechnung der Dauer der Polderentleerung auf der sicheren Seite, auch wenn die Abflüsse in der Paar tatsächlich höher liegen als im Bemessungsereignis angenommen.

In Anlage 28 ist ein Längsschnitt der Paar mit Wasserspiegellagen verschiedener Ereignisse dargestellt:

- HQ100 Donau stationär (nur im unteren Teil der Paar)
- HQ100 Paar stationär
- Bemessungsereignis HQ100 Donau, max. WSP Paar ohne Entleerung
- Bemessungsereignis HQ100 Donau, Entleerung mit max Q = 70 m³/s, max WSP ab Entleerung

Die Paardeiche sind für die maximalen Wasserspiegel (WSP) in der Paar bei verschiedenen Lastfällen ausgelegt. Dieser maximale WSP ist im unteren Bereich der Paar maßgebend durch den Rückstau aus der Donau bei HQ100 bestimmt (rot gestrichelte Linie). Oberhalb des Bereichs mit Rückstau aus der Donau ist der WSP bei einem HQ100 in der Paar maßgebend (rote Linie).

Der Wasserspiegel in der Paar beim Bemessungsereignis für den Polder, d.h. einem HQ100 in der Donau, entspricht somit etwa dem Wasserspiegel der Deichbemessung (keine Entleerung, blau gestrichelte Linie, unterer Abschnitt). Im oberen Abschnitt des Längsschnitts liegt der Wasserspiegel in der Paar niedriger als bei HQ100, da der Abfluss in der Paar geringer als HQ100 ist (keine Entleerung, blau gestrichelte Linie, oberer Abschnitt).

Die blau durchgezogene Linie stellt den maximalen Wasserspiegel während der Entleerung aus dem Polder in die Paar dar, jedoch bezieht sich der maximale Wert nur auf den Zeitraum ab Entleerungsbeginn. Da der Abflussscheitel in der Paar zum Zeitpunkt der Entleerung bereits abgeflossen ist, liegt der dargestellte max. WSP ab Entleerungsbeginn größtenteils niedriger als der max. WSP ohne Entleerung. Nur auf der Strecke vom Entleerungsbauwerk bis zur Stauwurzel des Rückstaus aus der Donau wird durch die Entleerung des Polders der maximale Wasserspiegel erhöht (blaue Linie, mittlerer Abschnitt). Der Bemessungswasserspiegel für die Deiche bei einem HQ100 in der Paar wird durch die Polderentleerung aber nicht überschritten.

Unter Berücksichtigung der Wasserspiegellagen in der Paar werden drei verschiedene Auslaufbauwerk-Öffnungen (B=12, 18 und 24 m lichte Breite) untersucht. Die Auswertung der Berechnungsergebnisse in Anlage 29 zeigt, dass auch bei der schmalsten Variante mit lichter Breite 12 m (2 Wehrfelder jeweils 6m lichte Breite) im n-1 -Fall die Abflusskontrolle nicht am Bauwerk liegt (Froude > 1) und nur geringe lokale Verluste eine Rolle spielen. Daher wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Variante mit lichter Breite 12 m gewählt.

Die Berechnung der Entleerung erfolgt im 2D-Modell in zwei Phasen:

- Phase 1, Auslauf durch max. Abfluss in der Paar begrenzt und am Bauwerk durch die nur teilgeöffneten Schütze gedrosselt, im Modell wird der Abfluss über eine Entnahmerandbedingung im Polder und eine Zugaberandbedingung in der Paar direkt angesetzt.
- Phase 2: Auslauf nicht durch max. Abfluss in der Paar begrenzt und Schützen vollständig geöffnet, Bauwerk im 2D-Modell über im Berechnungsnetz modelliert.

5.4 Berechnungen Planzustand

Mit dem in Kap 5.2.2 beschriebenen Gesamtmodell sind die Berechnungen für den Planzustand im gesamten Untersuchungsbereich mit Polderfüllung und Entleerung durchgeführt. Die instationäre, gesteuerte Polderfüllung wird über „nodestrings“ angesetzt und die Polderentleerung in zwei fortlaufende Phasen berechnet, wie in Kap. 5.3.2 erläutert.

Die Polderwirksamkeit ist anhand der berechneten WSP-Ganglinien in der Donau nach Mündung der Abens (Donau-Fkm 2426,200) in den folgenden Anlagen dargestellt:

- Poldervariante 1, HW2013 Anlage 30
- Poldervariante 1, Bemessungsereignis HQ100 Anlage 31
- Poldervariante 1, Bemessungsereignis HQ200 Anlage 32
- Poldervariante 1, Bemessungsereignis HQ1000 Anlage 33
- Poldervariante 2, Bemessungsereignis HQ200 Anlage 34
- Poldervariante 3, Bemessungsereignis HQ200 Anlage 35

In Anlage 36 ist zusätzlich ein Vergleich der Auswirkungen für Bemess. HQ200 zwischen den drei berechneten Poldervarianten dargestellt.

Die Reduktion des Scheitels bei Donau-Fkm 2426,200 ist in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: berechnete maximale Abflüsse bei Fkm 2426,200 und Reduktion bei Einsatz des Polders Großmehring

| | Donau nach Mündung Abens, Fkm 2426,200 | | | |
|----------------------------------|--|---------------------|-----------------------|-------------------|
| | Q max Ist | Q max Plan | Reduktion Scheitel | Reduktion WSPL |
| | [m ³ /s] | [m ³ /s] | [%] | [cm] |
| Poldervariante 1, HW 2013 | 1705 | 1630 | 4,4 | 10 |
| Poldervariante 1, Bemess. HQ100 | 2100 | 1970 | 6,2 | 22 |
| Poldervariante 1, Bemess. HQ200 | 2237 | 2102 | 6,0 | 18 |
| Poldervariante 1, Bemess. HQ1000 | 2562 | 2406 | 6,1 | 24 |
| Poldervariante 2, Bemess. HQ200 | 2237 | 2180 | 2,5 | 9 |
| Poldervariante 3, Bemess. HQ200 | 2237 | 2122 | 5,1 | 15 |

5.5 Berechnungen kombinierte Wirkung Polder Großmehring und Katzau

Der kombinierte Einsatz beider Polder ist für die Bemessungsereignisse HQ200 und HQ1000 untersucht worden. Für die Füllung des Polders Großmehring wird die Poldervariante 1 angenommen (siehe Anlage 19 für Bemess. HQ200 und Anlage 20 für Bemess. HQ1000).

Die Vorberechnungen der Füllung des Polders Katzau mit Berücksichtigung der Auswirkung des Polders Großmehring ist für das Bemessungsereignis HQ200 in Anlage 23 und für das Bemessungsereignis HQ1000 in Anlage 24 dargestellt. Mit dieser Vorberechnung wird unter möglichst optimaler Nutzung des Polders Großmehring die Zuflussganglinie in den Polder Katzau ermittelt. Zu beachten ist dabei, dass die Wasserspiegeldifferenz am Einlaufbauwerk wegen der Lage des Bauwerks direkt an der Donau nur mit 7 cm angesetzt wurde. Der maximal zulässige Wasserstand im

Polder Katzau, bemessen mit HQ200 und Einsatz nur Polder Katzau, wird bei Einsatz beider Polder nur bei HQextrem erreicht. Bei HQ200 und Einsatz beider Polder liegt der Wasserstand im Polder Katzau ca. 15 cm niedriger. Einzelheiten zur Dimensionierung des Polders Katzau sind im entsprechenden Bericht in [6] beschrieben.

Die Wirksamkeit bei Einsatz beider Polder ist anhand der berechneten WSP-Ganglinien in der Donau nach Mündung der Abens (Donau-Fkm 2426,200) in den folgenden Anlagen dargestellt:

- Bemessungsereignis HQ200 Anlage 37
- Bemessungsereignis HQ1000 Anlage 38

In diesen Anlagen ist die Abflussganglinie für den alleinigen Einsatz des Polders Katzau als rote, gestrichelte Linie zusätzlich als Referenz dargestellt.

Die Reduktion des Scheitels bei Donau-Fkm 2426,200 ist in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: berechnete maximale Abflüsse bei Fkm 2426,200 und Reduktion bei kombiniertem Einsatz des Polders Großmehring und Katzau

| | Donau nach Mündung Abens, Fkm 2426,200 | | | |
|-----------------------------------|--|---------------------|--------------------|----------------|
| | Q max Ist | Q max Plan | Reduktion Scheitel | Reduktion WSPL |
| | [m ³ /s] | [m ³ /s] | [%] | [cm] |
| Kombination GM+KZ, Bemess. HQ200 | 2237 | 2050 | 8,4 | 27 |
| Kombination GM+KZ, Bemess. HQ1000 | 2562 | 2348 | 8,4 | 31 |

5.6 Ermittlung von Überflutungsdauer

Die Überflutungsdauer des Polders bei Bemessungsereignis HQ200 für die drei Poldervarianten wird durch die Berechnungen im Planzustand ermittelt. Dabei ist nur der Oberflächenabfluss mit einer Wassertiefe ab 5 cm berücksichtigt, ein Austausch mit dem Grundwasser ist nicht simuliert. Ein Lageplan vom Polder mit der berechneten Überflutungsdauer (in Tagen) ist für Poldervariante 1 in Anlage 39, für Poldervariante 2 in Anlage 40 und für Poldervariante 3 in Anlage 41 dargestellt. Die Überflutungsdauer beträgt im Mittel nach Tabelle 6:

Tabelle 6: ermittelte Überflutungsdauer

| | Überflutungsdauer |
|-----------------------------|-----------------------------|
| | [Tage, nach Beginn Füllung] |
| Poldervar. 1, Bemess. HQ200 | 5,8 |
| Poldervar. 2, Bemess. HQ200 | 4,9 |
| Poldervar. 3, Bemess. HQ200 | 5,4 |

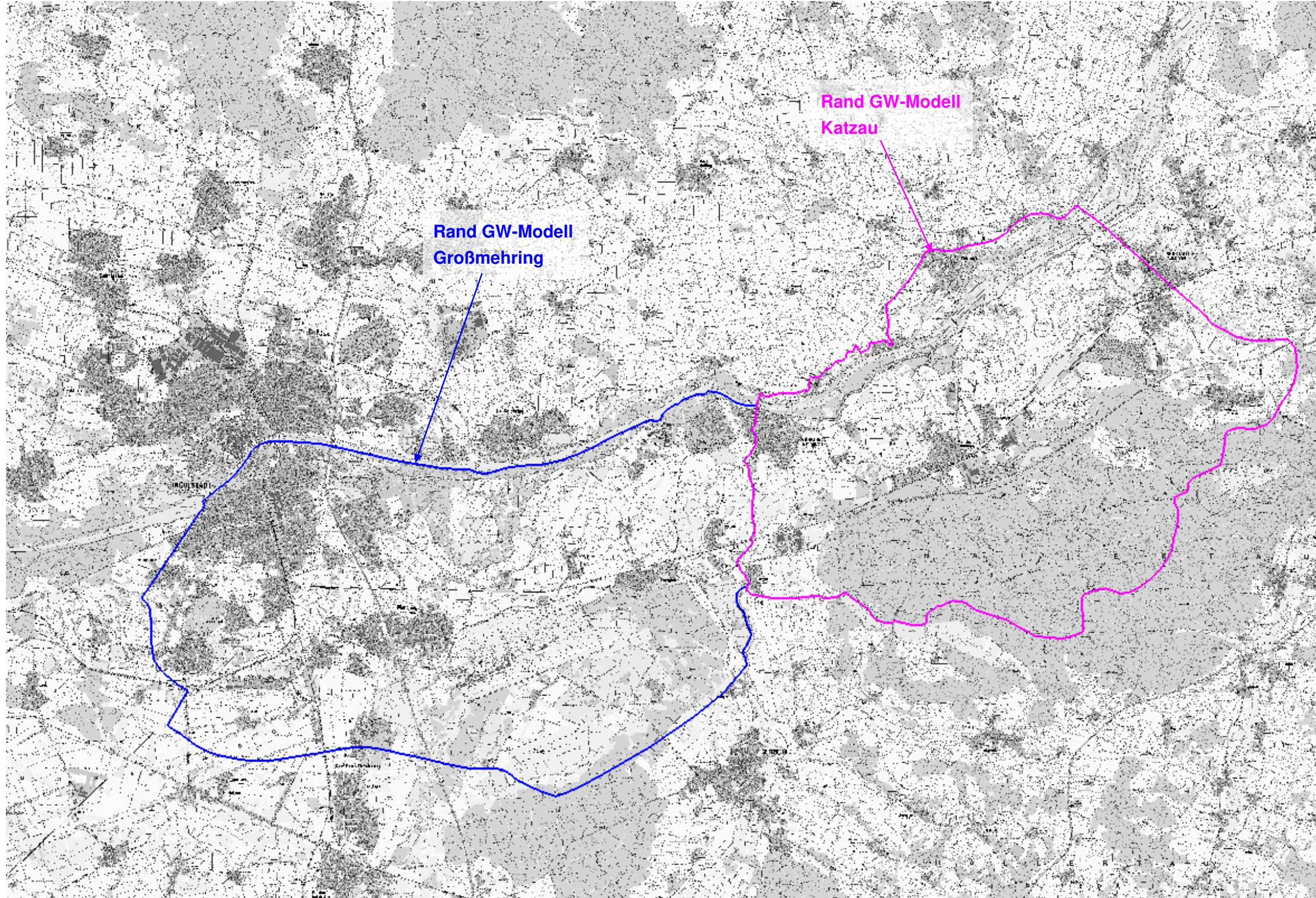
ANLAGENVERZEICHNIS

| | |
|-----------|--|
| Anlage 1 | Übersicht Umgriff der Grundwassermodelle Großmehring und Katzau |
| Anlage 2 | Übersicht Umgriff der einzelnen Modelle und Gesamtmodell |
| Anlage 3 | Übersicht Umgriff der Grundwassermodelle und Gesamtmodell |
| Anlage 4 | Hydrologie: Zuflüsse MQ Istzustand |
| Anlage 5 | Hydrologie: Zuflussganglinien, HW-Ereignis 2013 (mit 2 Wellen) |
| Anlage 6 | Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ100 |
| Anlage 7 | Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ200 |
| Anlage 8 | Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ1000 |
| Anlage 9 | Lageplan Polderumgriffe Poldervariante 1 |
| Anlage 10 | Lageplan Polderumgriffe Poldervariante 2 |
| Anlage 11 | Lageplan Polderumgriffe Poldervariante 3 |
| Anlage 12 | Poldervolumenkurven Großmehring |
| Anlage 13 | Übersicht Einlaufbauwerk im Modell, Planzustand Poldervariante 1 |
| Anlage 14 | Übersicht Einlaufbauwerk im Modell, Planzustand Poldervariante 2 |
| Anlage 15 | Übersicht Auslaufbauwerk im Modell, Planzustand |
| Anlage 16 | Untersuchungsbereich Teilmodell Polder Großmehring |
| Anlage 17 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Ereignis HW-2013 |
| Anlage 18 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ100 |
| Anlage 19 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ200 |

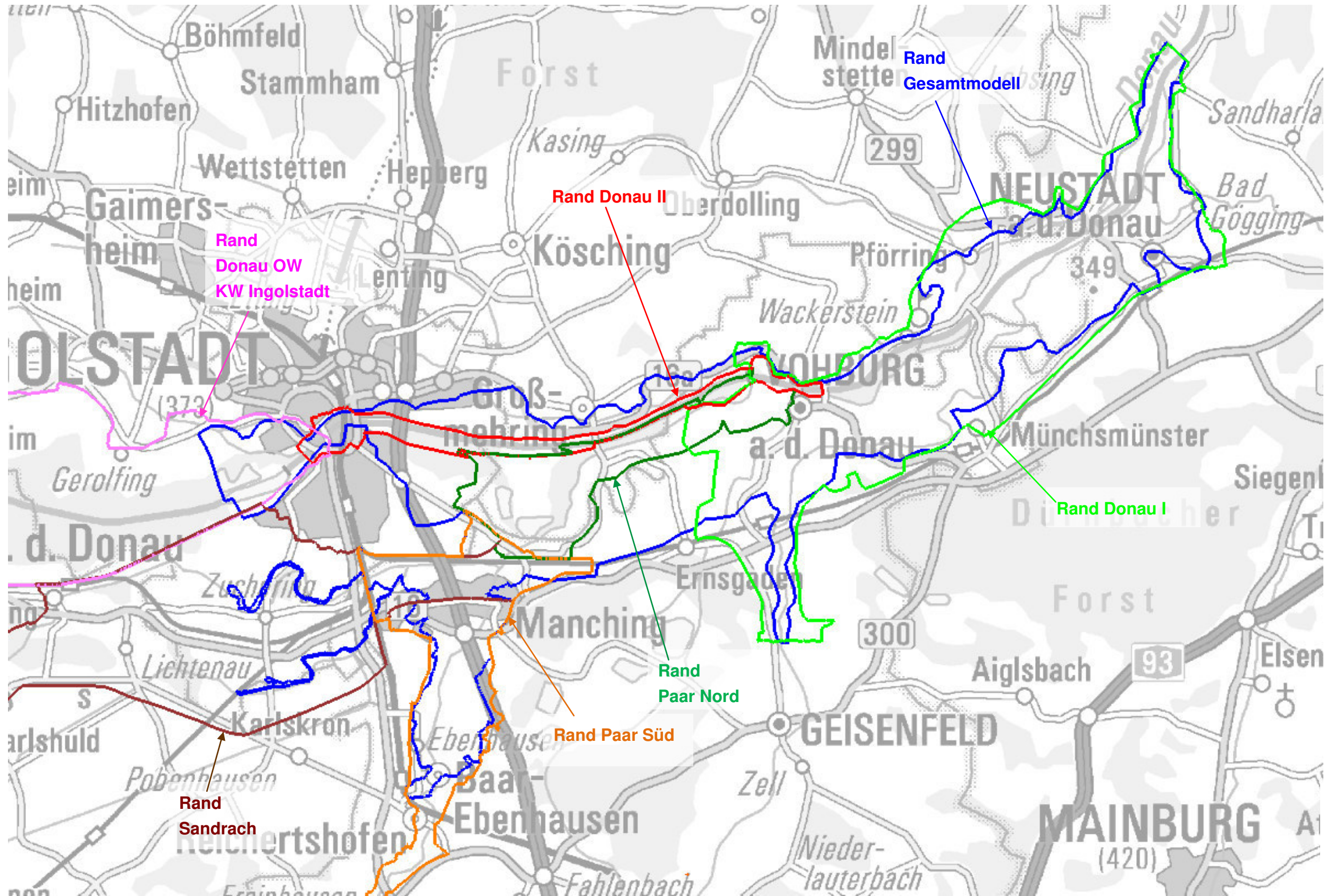
| | |
|-----------|--|
| Anlage 20 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ1000 |
| Anlage 21 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-2, Bemess. HQ200 |
| Anlage 22 | Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-3, Bemess. HQ200 |
| Anlage 23 | Vorberechnung Polderfüllung Katzau , Kombination GM+KZ, Bemess. HQ200 |
| Anlage 24 | Vorberechnung Polderfüllung Katzau , Kombination GM+KZ, Bemess. HQ1000 |
| Anlage 25 | Liste untersuchter Flutmulde-Varianten für Poldervariante 1 |
| Anlage 26 | WSPL-Längsschnitte, Einlaufbauwerk und Flutmulden Poldervariante 1 |
| Anlage 27 | Lageplan Fließgeschwindigkeiten, Planzustand Poldervariante 1 beim maximalen Zufluss in den Polder, Bemess. HQ100 |
| Anlage 28 | Längsschnitt maximaler WSPL an der Paar |
| Anlage 29 | Vorberechnung Polderentleerung GM PVar-1, Bemess. HQ100 |
| Anlage 30 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, HW2013 |
| Anlage 31 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ100 |
| Anlage 32 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ200 |
| Anlage 33 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ1000 |
| Anlage 34 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-2, Bemess. HQ200 |
| Anlage 35 | Auswirkung Polder Großmehring, PVar-3, Bemess. HQ200 |
| Anlage 36 | Vergleich Auswirkung Varianten Polder Großmehring, Bemess. HQ200 |
| Anlage 37 | Auswirkung Kombination GM+KZ, Bemess. HQ200 |
| Anlage 38 | Auswirkung Kombination GM+KZ, Bemess. HQ1000 |

- Anlage 39 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 1, HQ200
- Anlage 40 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 2, HQ200
- Anlage 41 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 3, HQ200

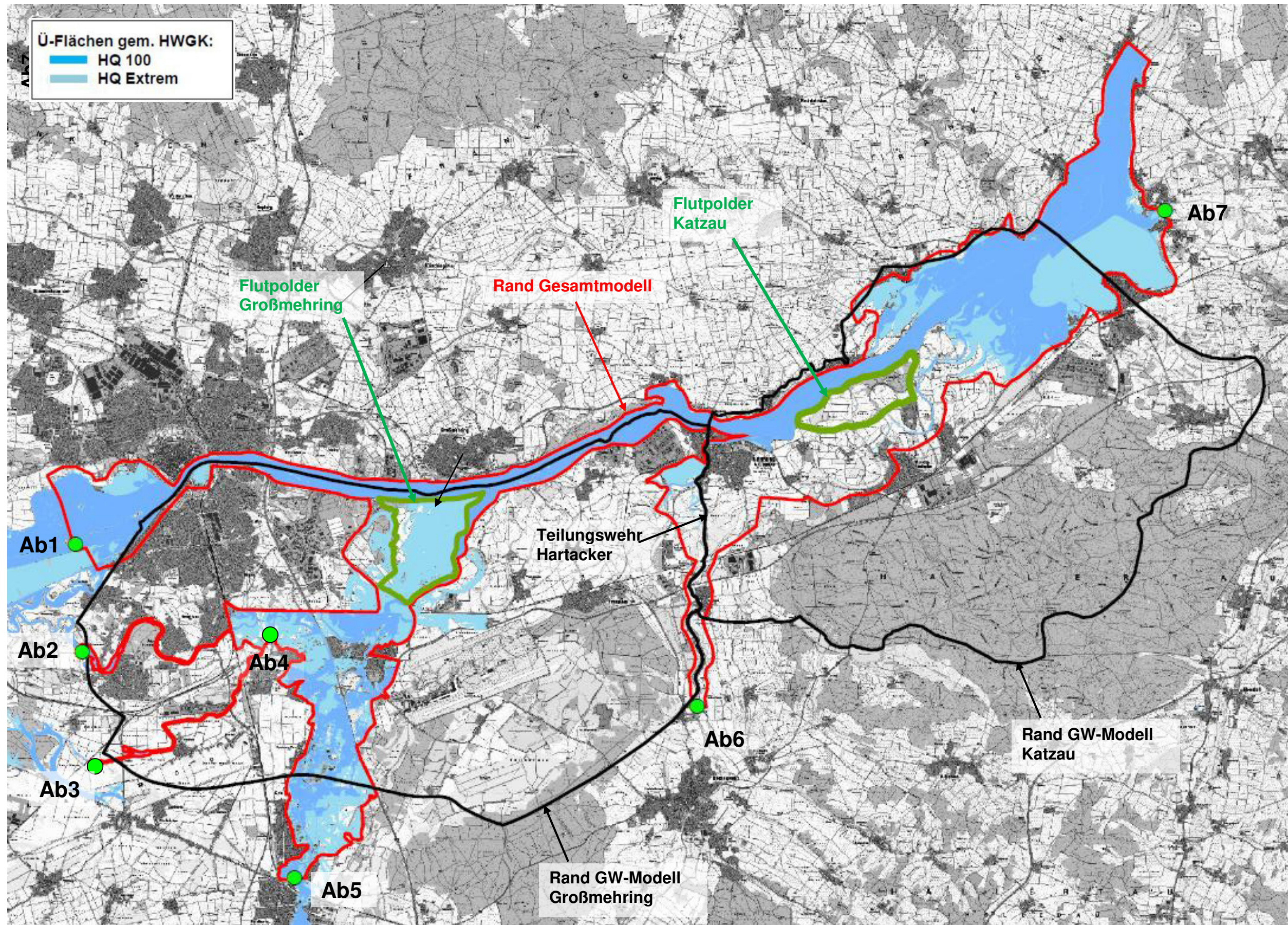
Anlage 1 Übersicht Umgriff der Grundwassermodelle Großmehring und Katzau



Anlage 2 Übersicht Umgriff der einzelnen Modelle und Gesamtmodell

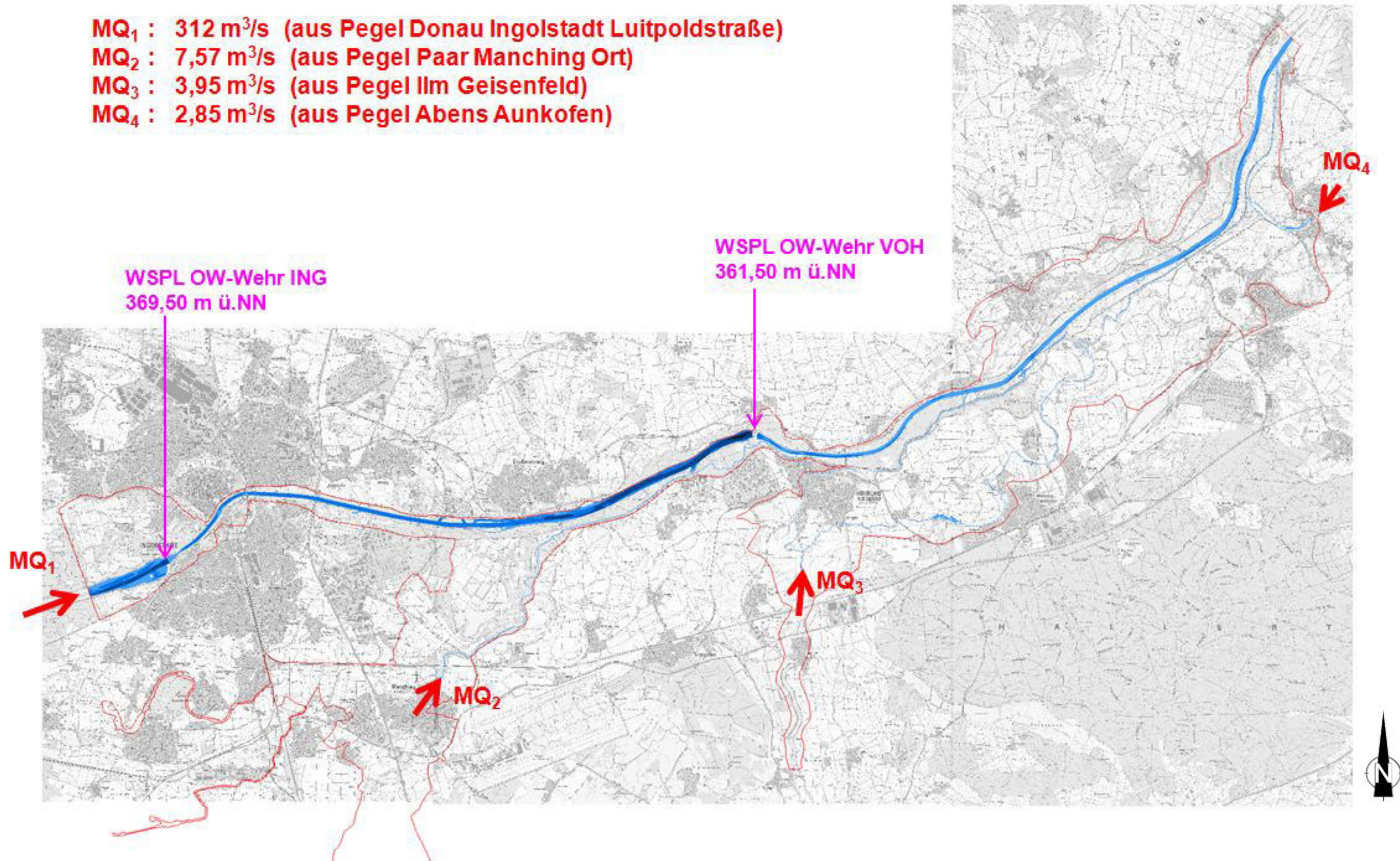


Anlage 3 Übersicht Umgriff der Grundwassermodelle und Gesamtmodell

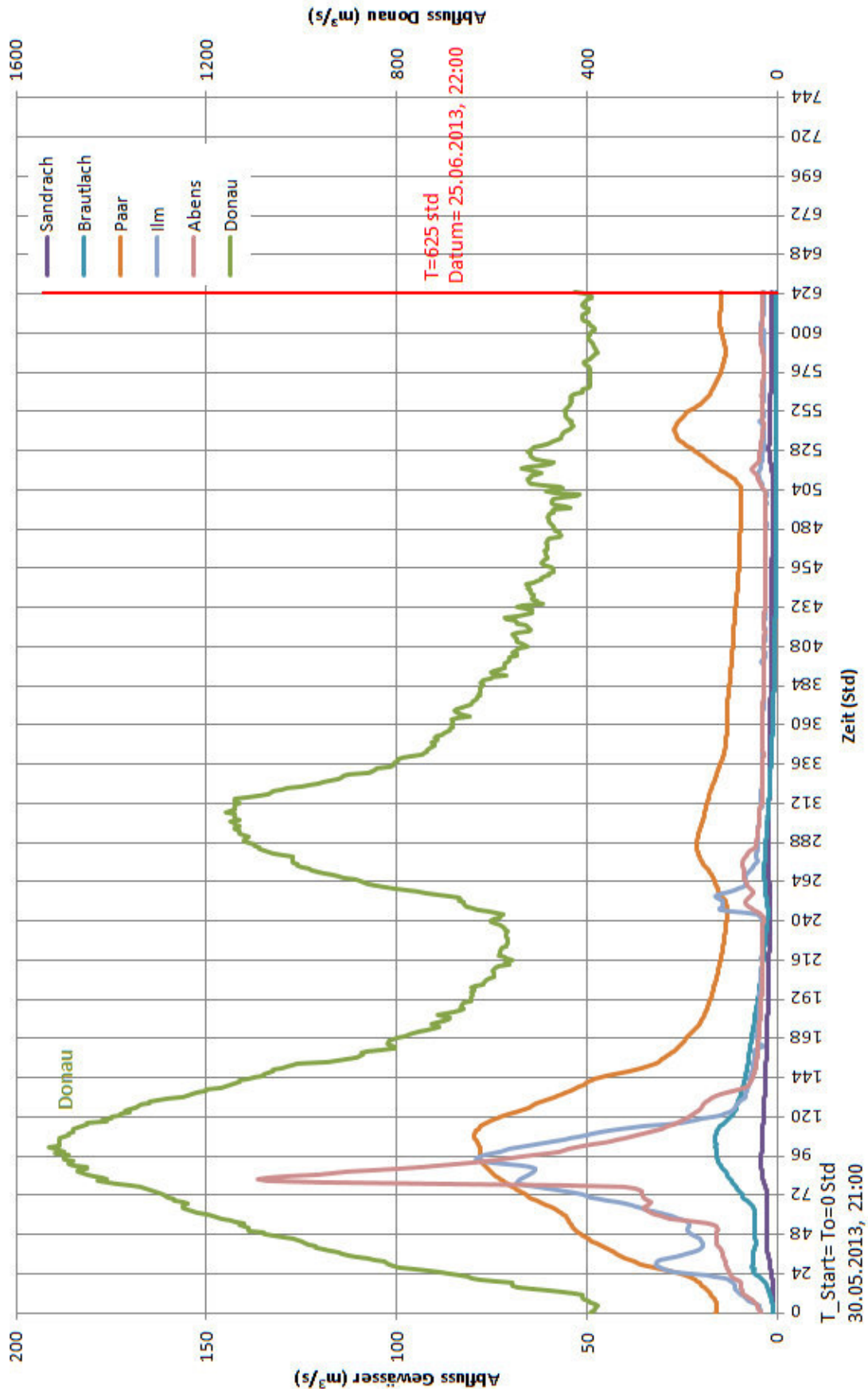


Anlage 4 Hydrologie: Zuflüsse MQ Istzustand

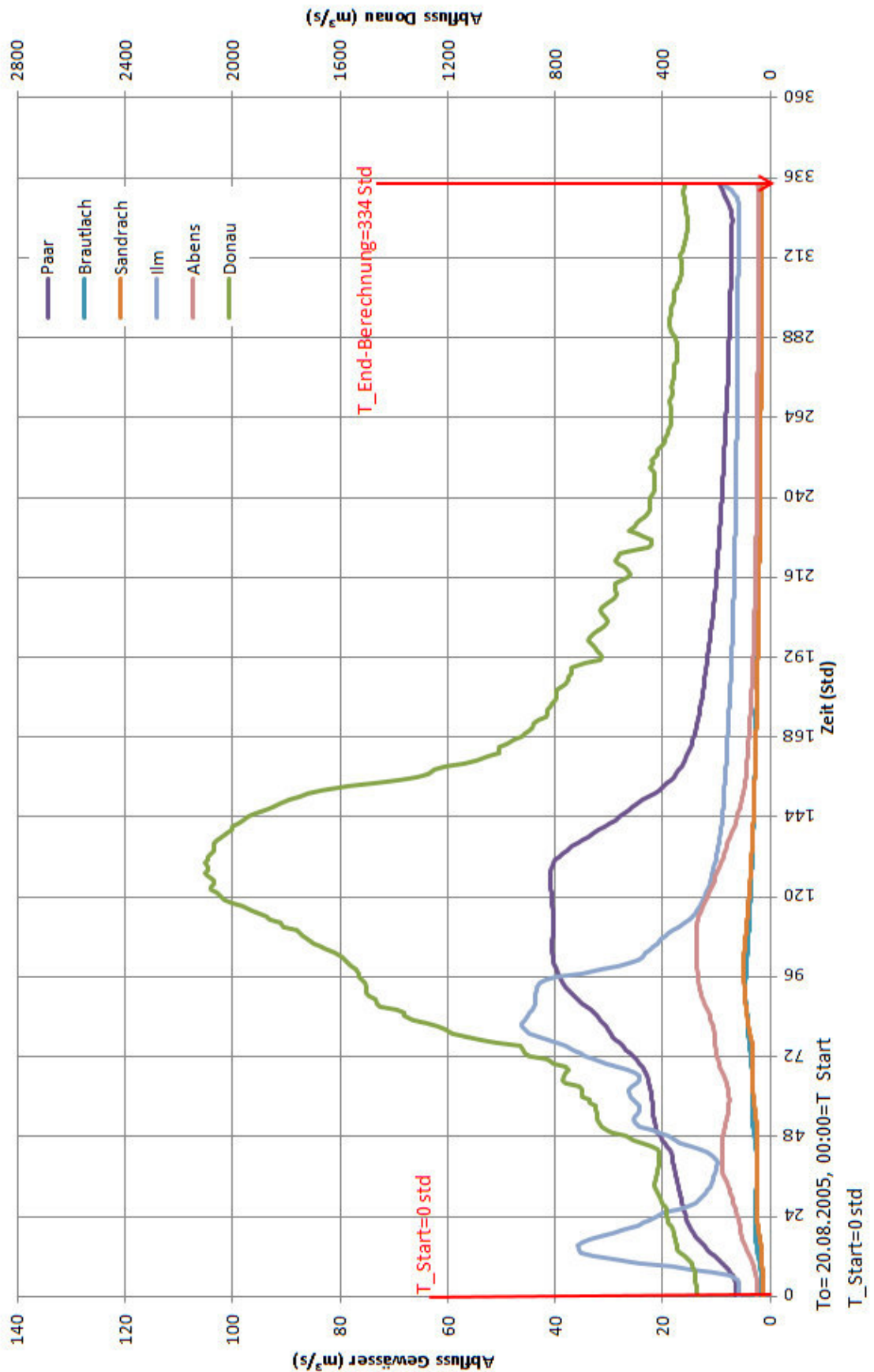
MQ₁ : 312 m³/s (aus Pegel Donau Ingolstadt Luitpoldstraße)
MQ₂ : 7,57 m³/s (aus Pegel Paar Manching Ort)
MQ₃ : 3,95 m³/s (aus Pegel IIm Geisenfeld)
MQ₄ : 2,85 m³/s (aus Pegel Abens Aunkofen)



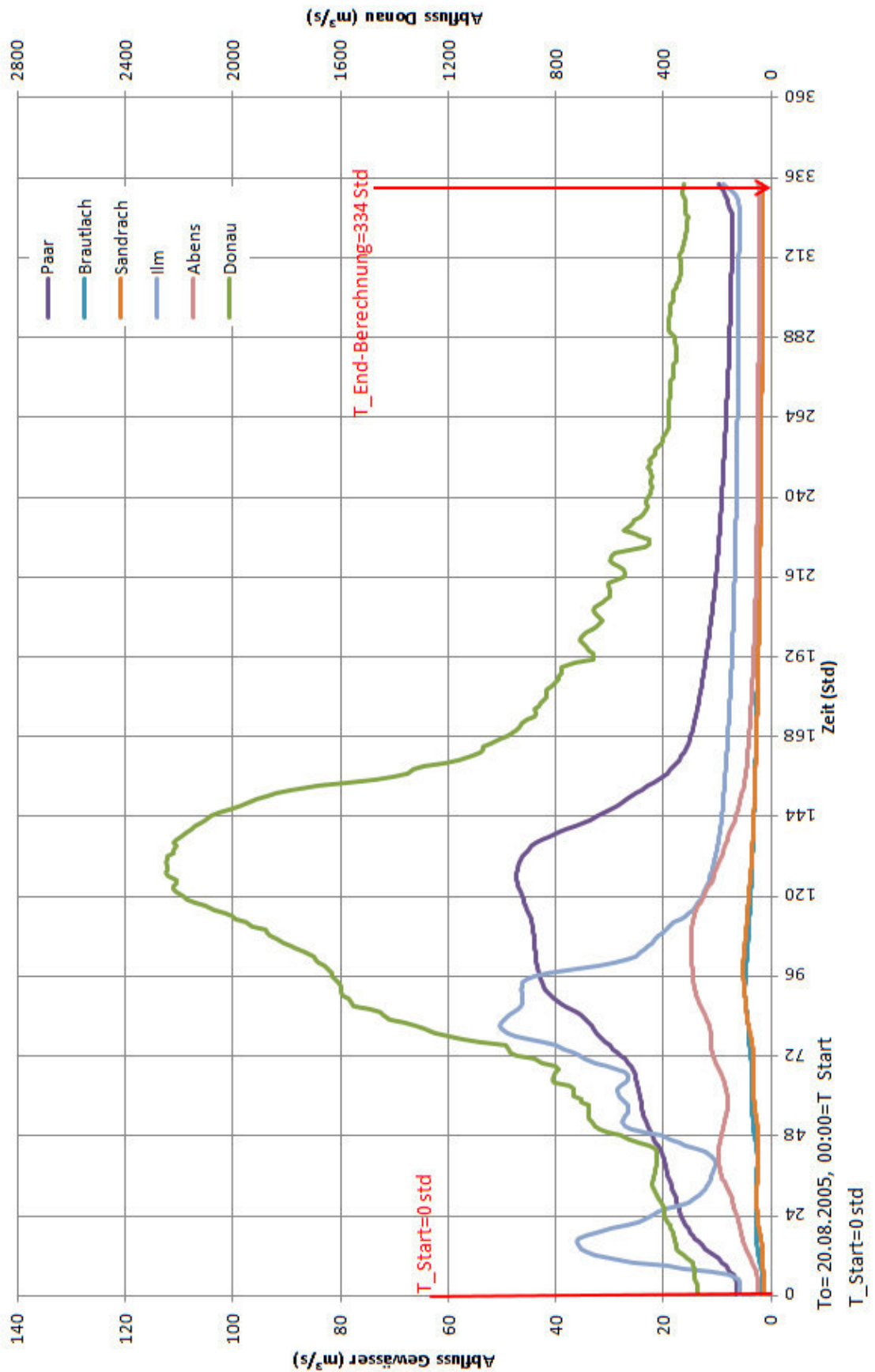
Anlage 5 Hydrologie: Zuflussganglinien, HW-Ereignis 2013 (mit 2 Wellen)



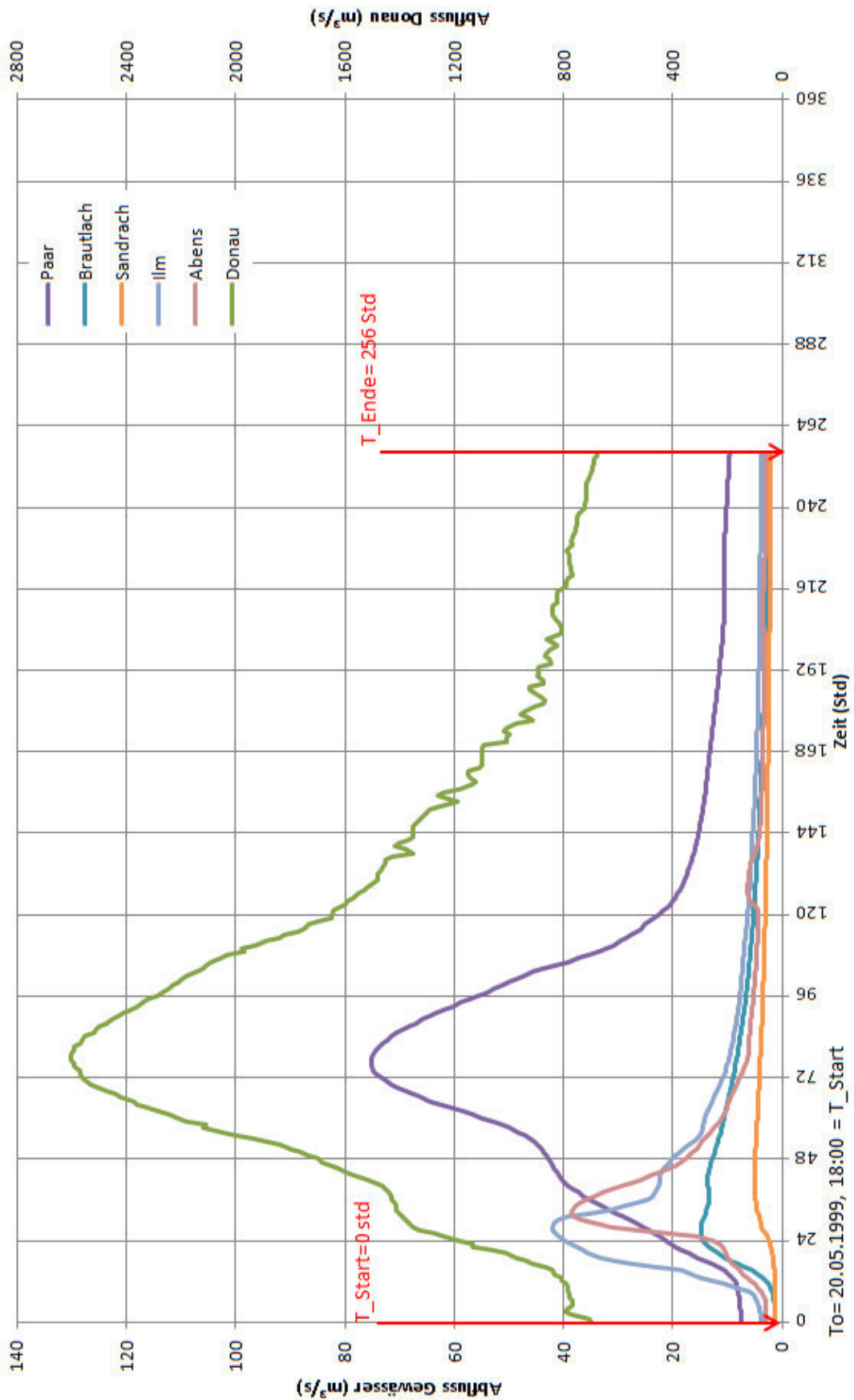
Anlage 6 Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ100



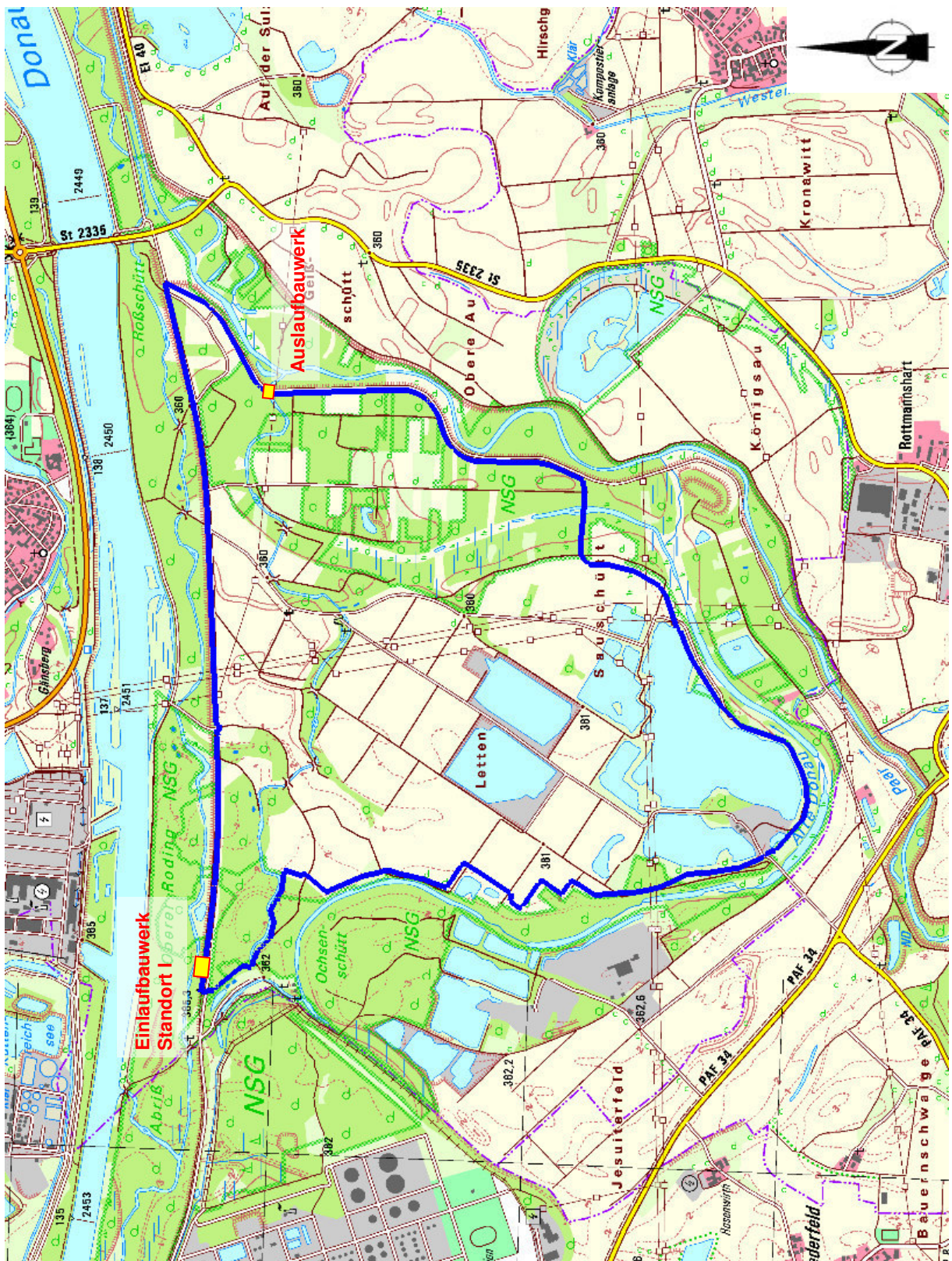
Anlage 7 Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ200



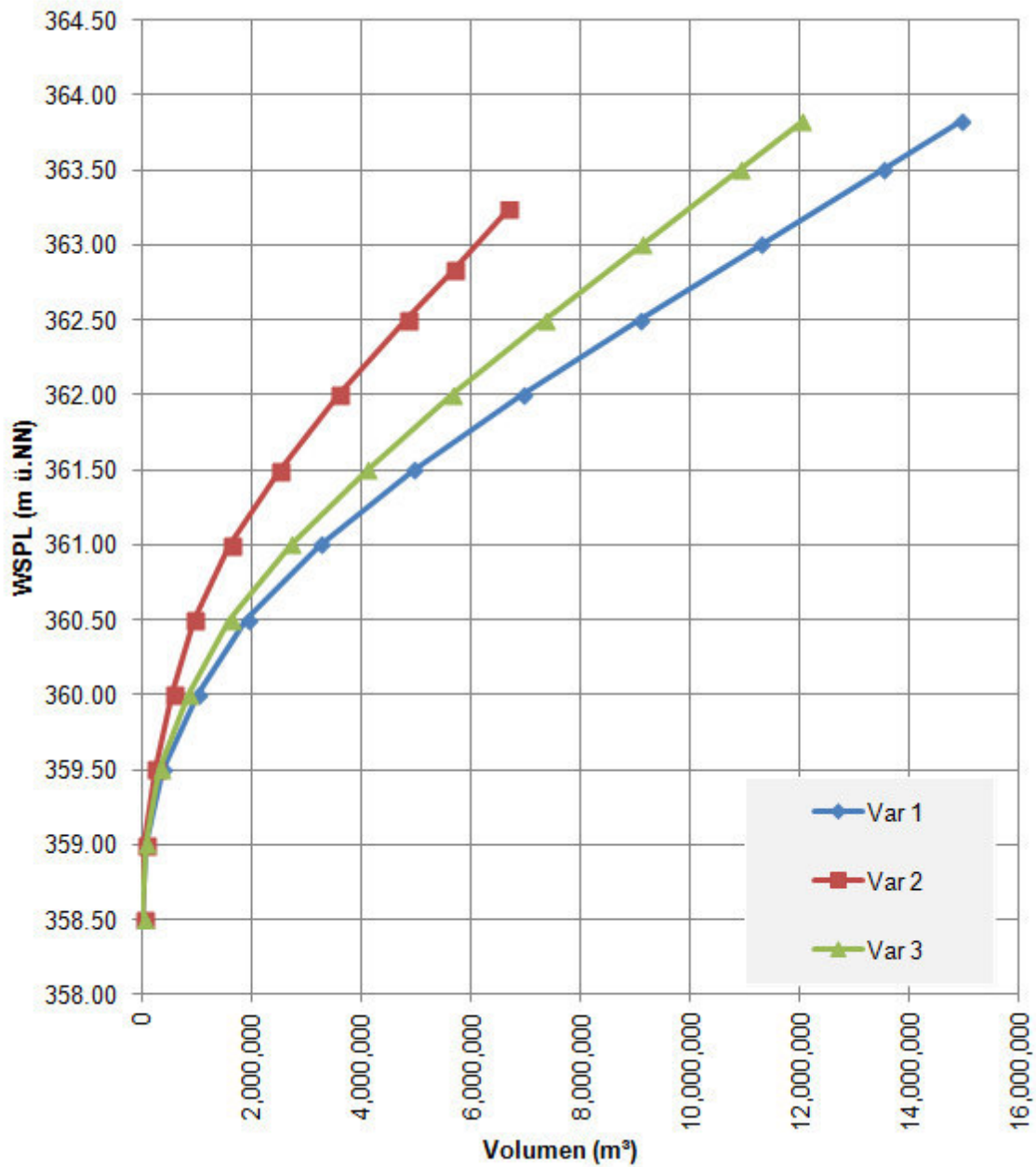
Anlage 8 Hydrologie: Zuflussganglinien, Bemessungsabfluss HQ1000



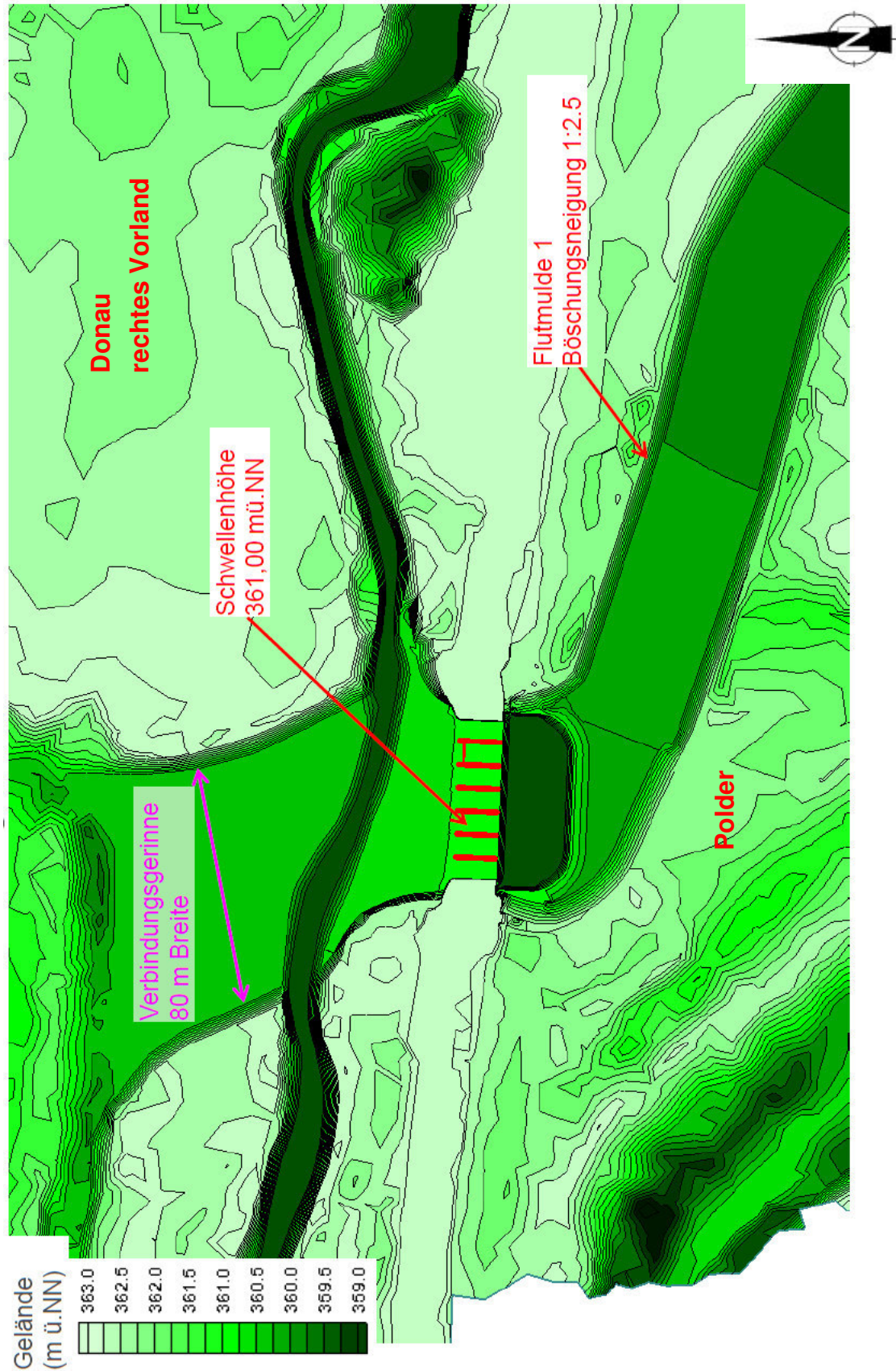
Anlage 11 Lageplan Polderumgriffe Poldervariante 3



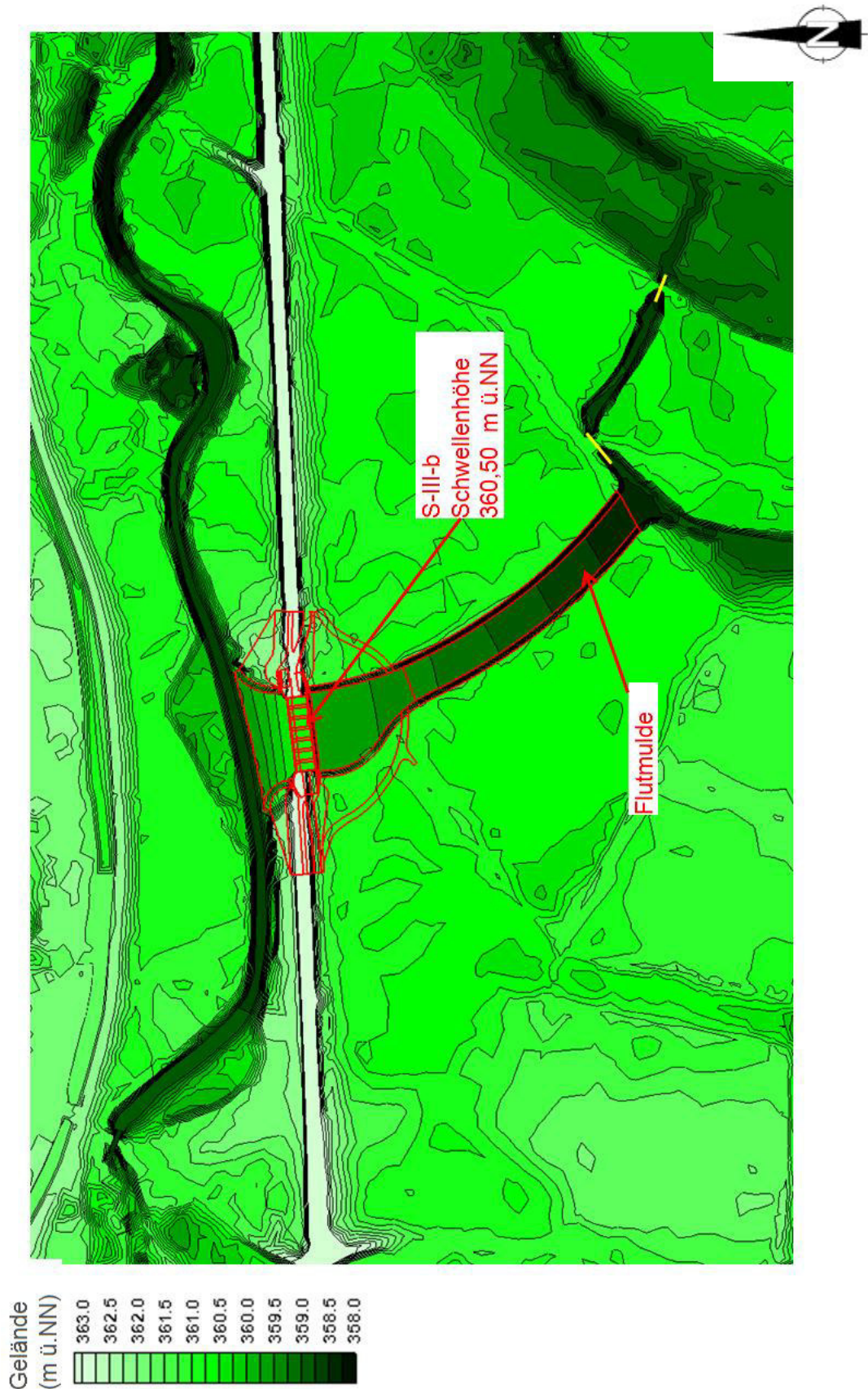
Anlage 12 Poldervolumenkurven Großmehring



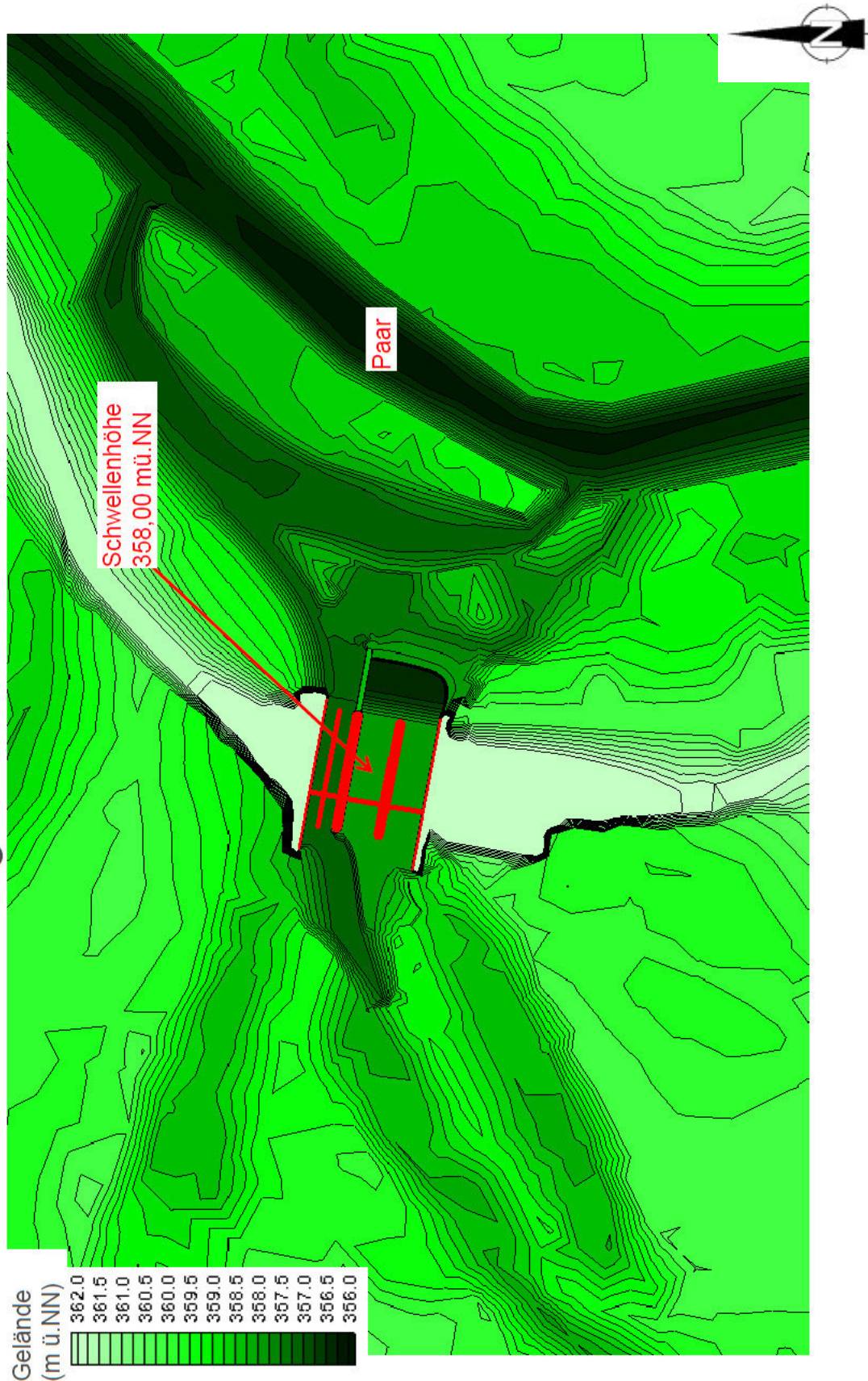
Anlage 13 Übersicht Einlaufbauwerk im Modell, Planzustand Poldervariante 1



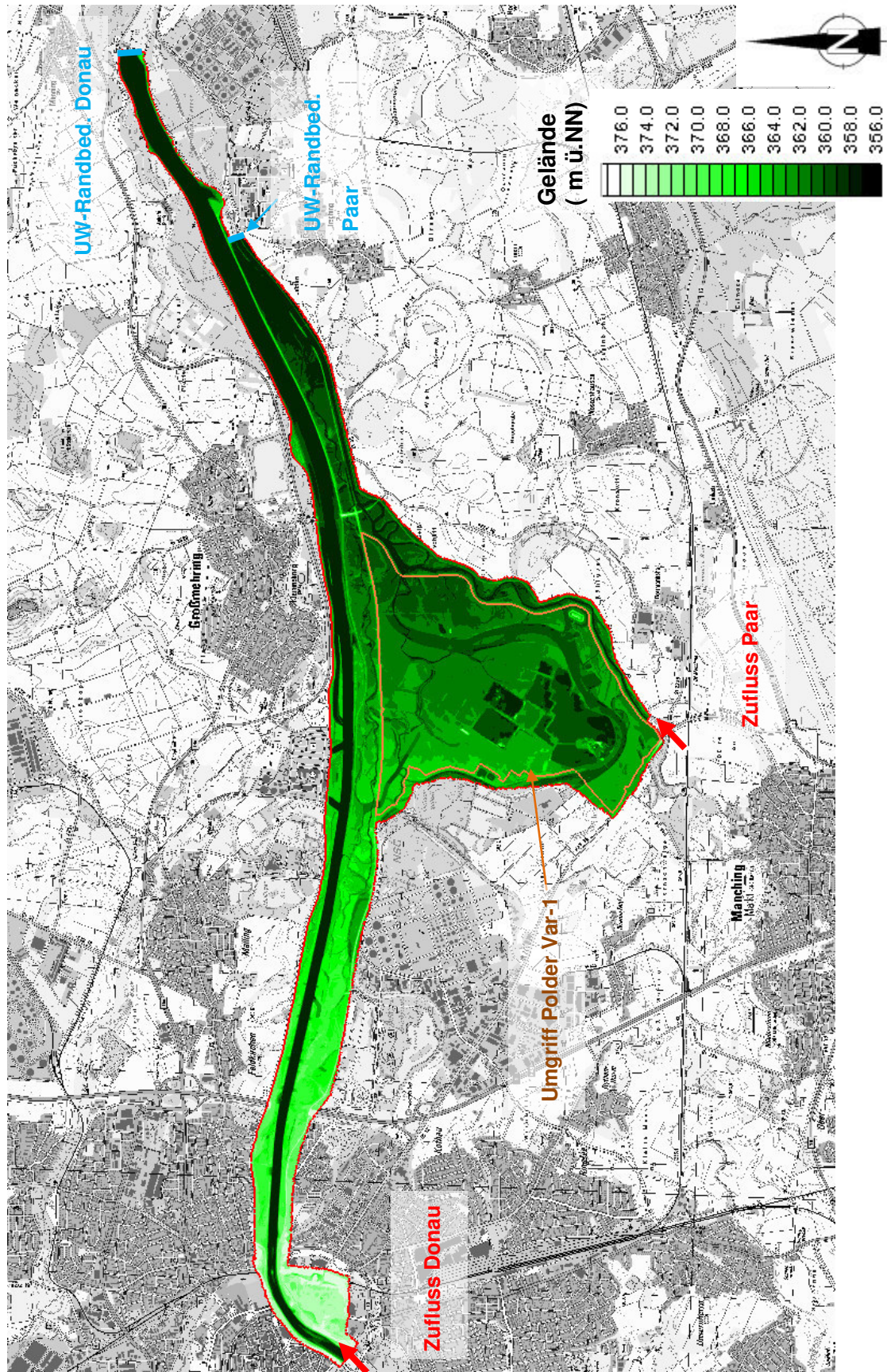
Anlage 14 Übersicht Einlaufbauwerk im Modell, Planzustand Poldervariante 2



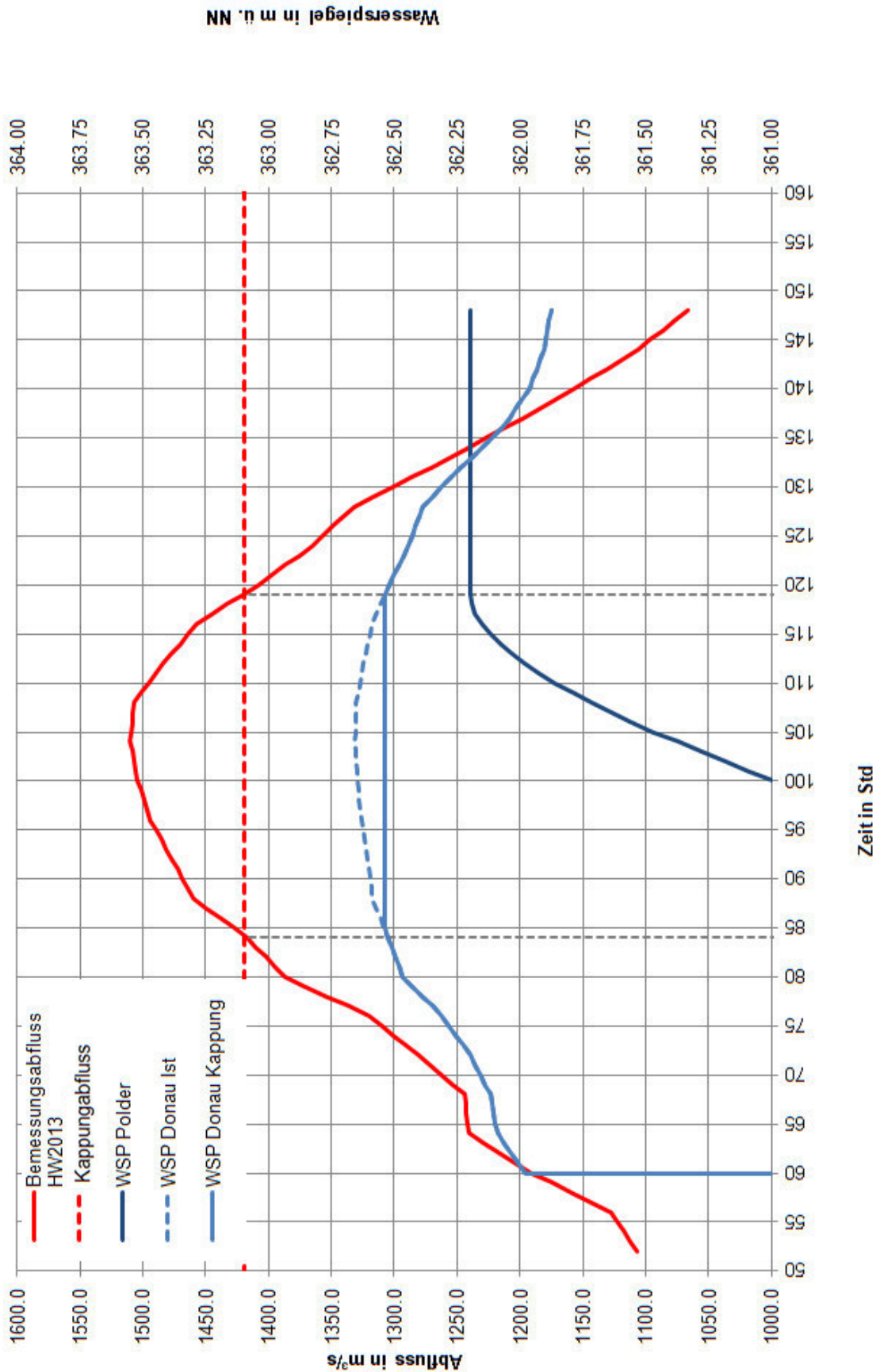
Anlage 15 Übersicht Auslaufbauwerk im Modell, Planzustand



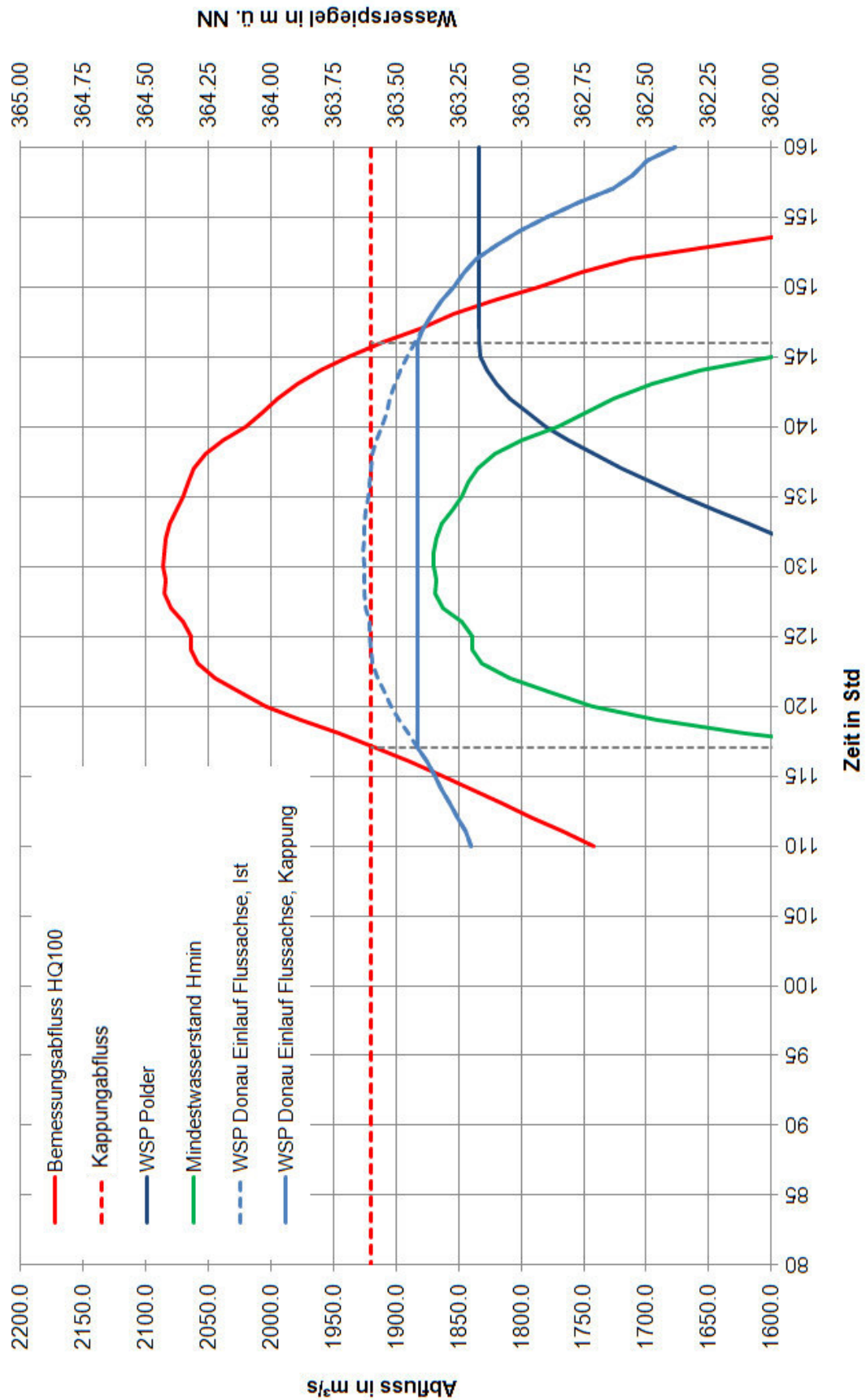
Anlage 16 Untersuchungsbereich Teilmodell Polder Großmehring



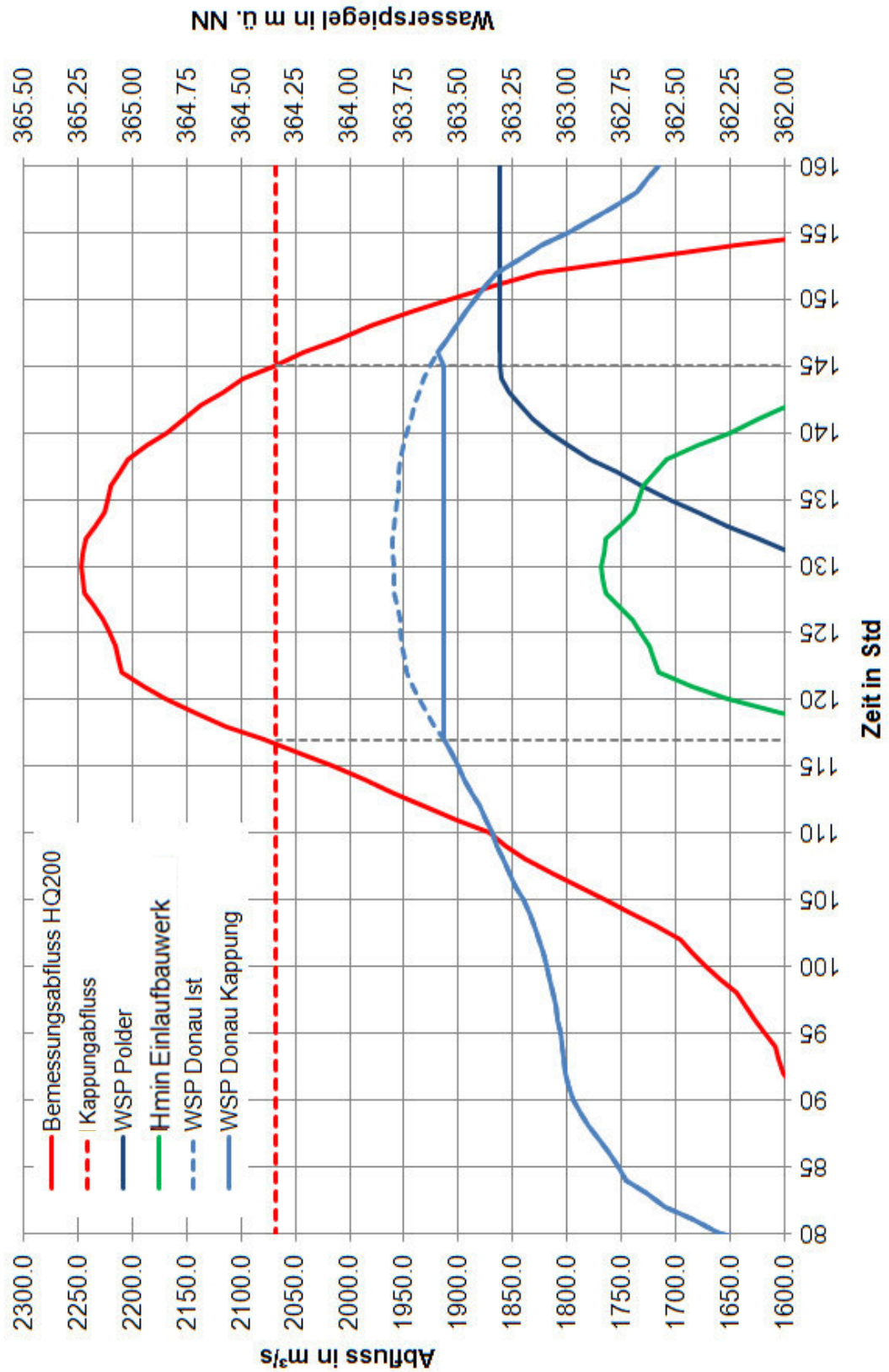
Anlage 17 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Ereignis HW-2013



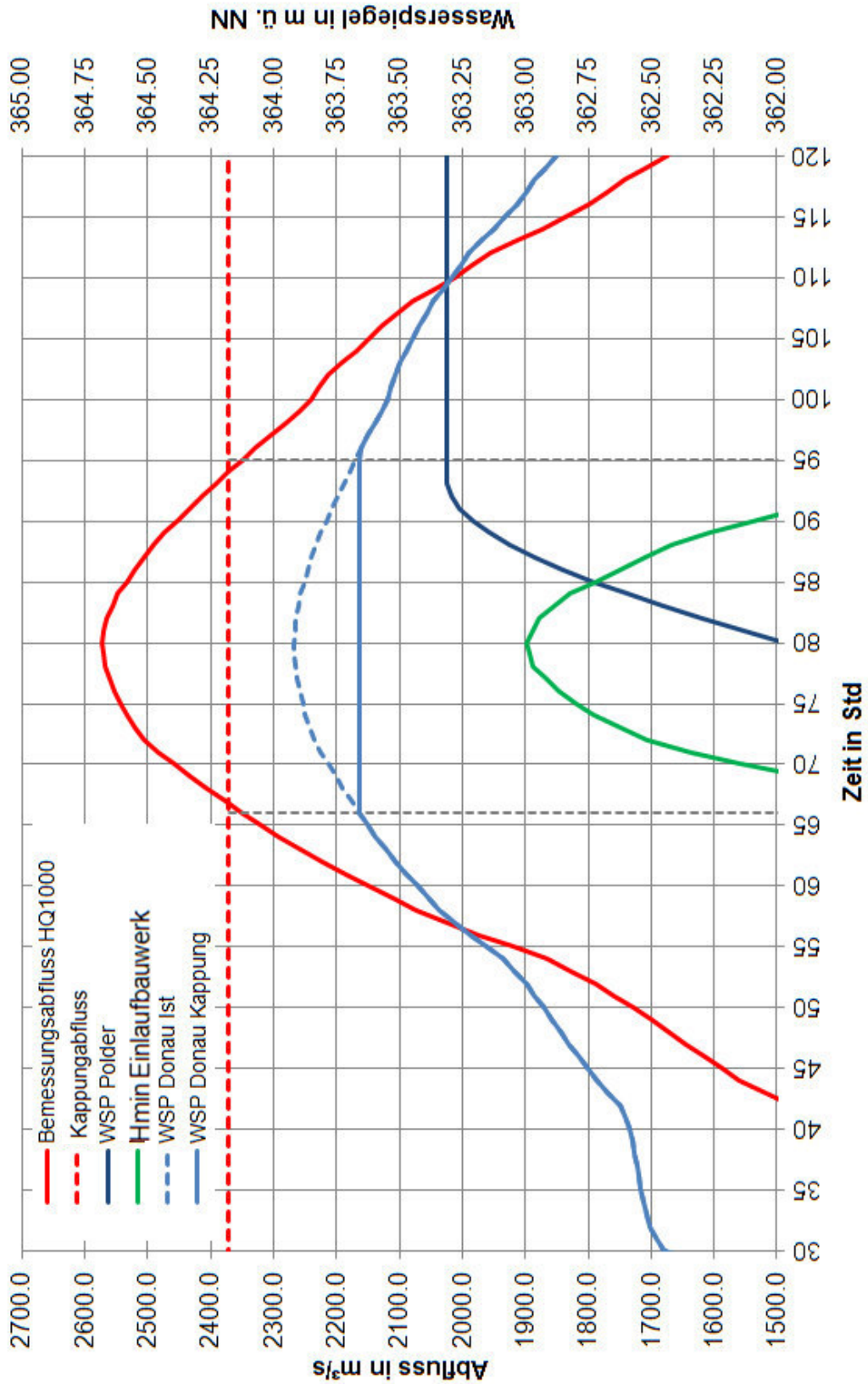
Anlage 18 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ100



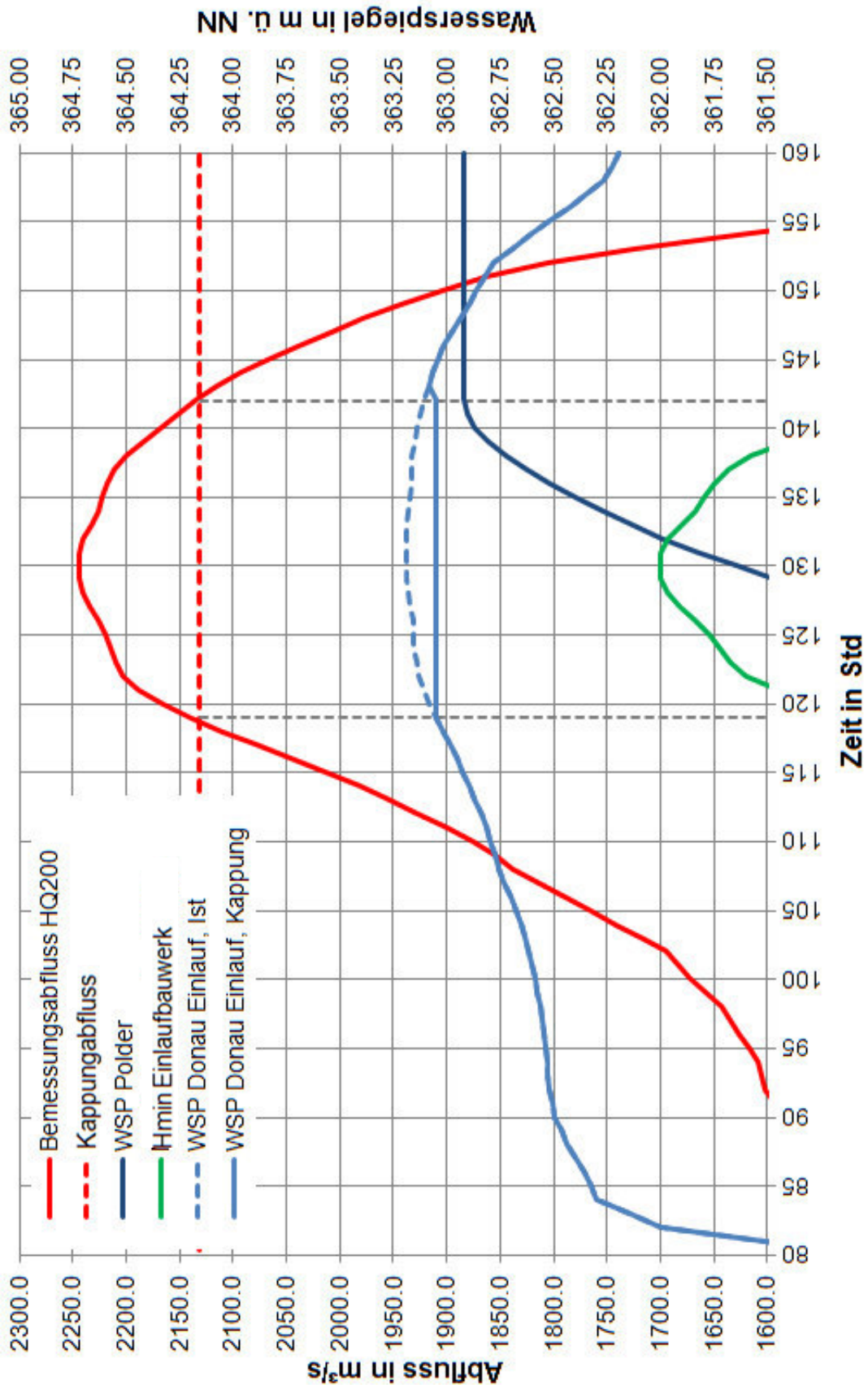
Anlage 19 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ200



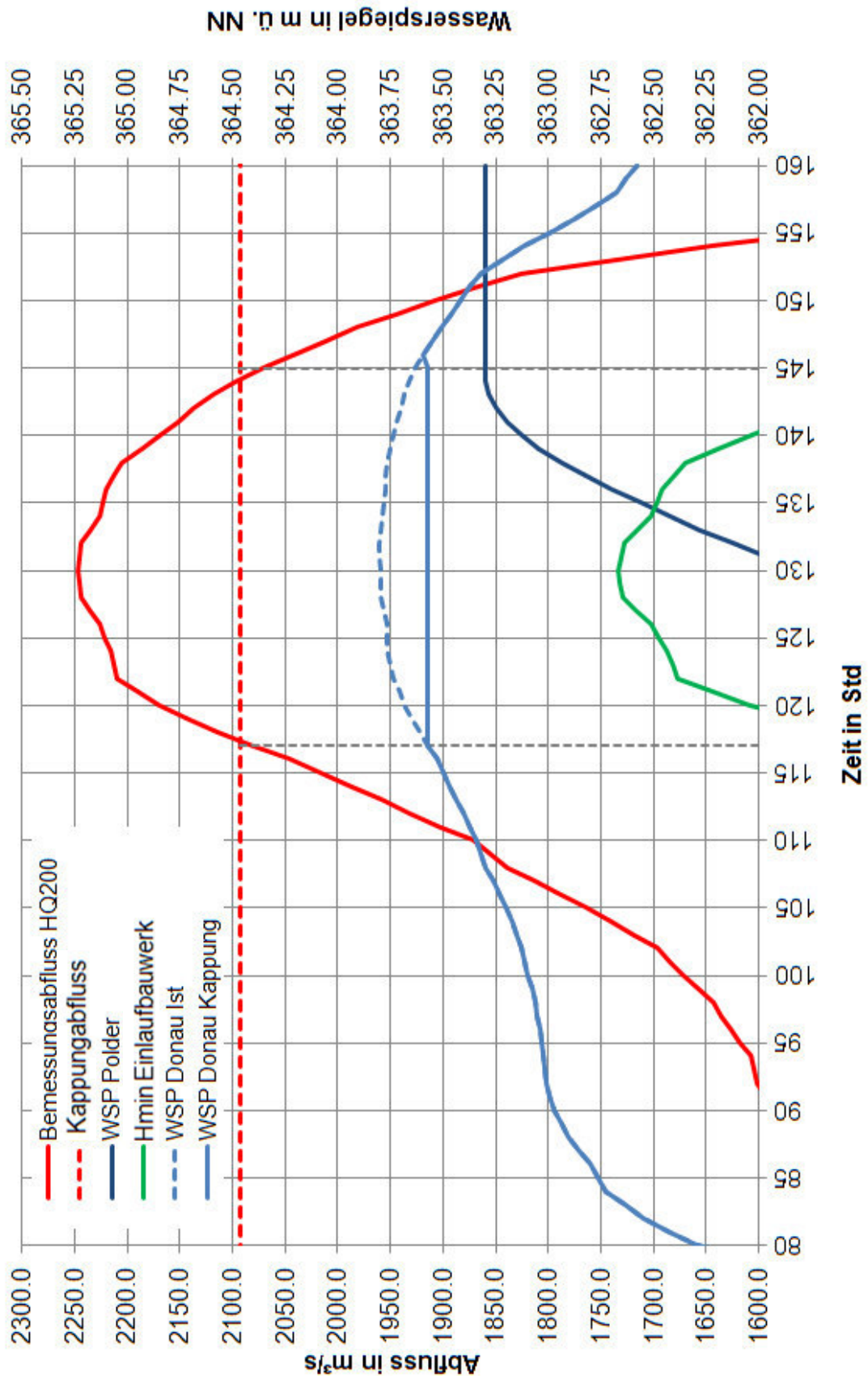
Anlage 20 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-1, Bemess. HQ1000



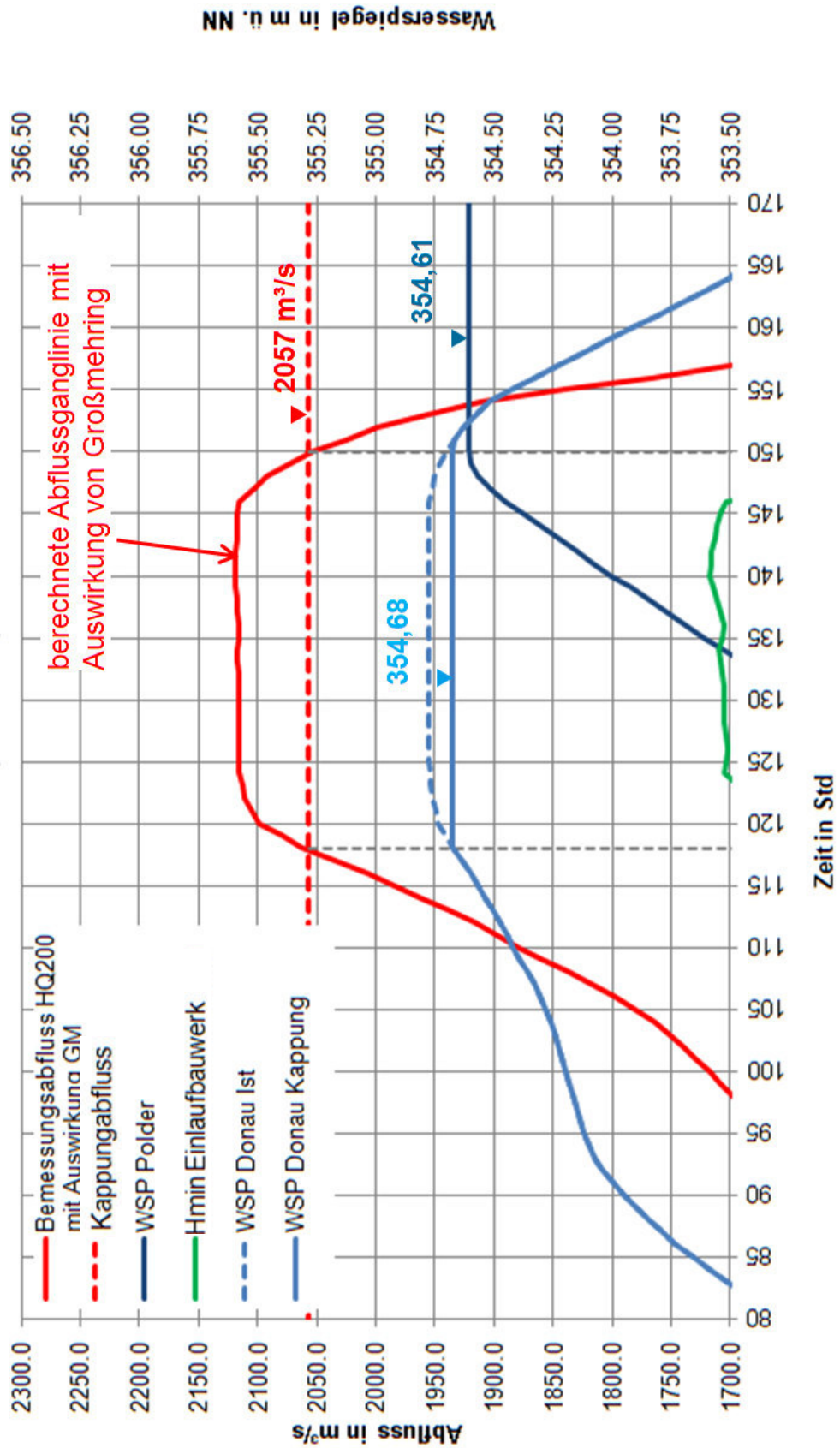
Anlage 21 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-2, Bemess. HQ200



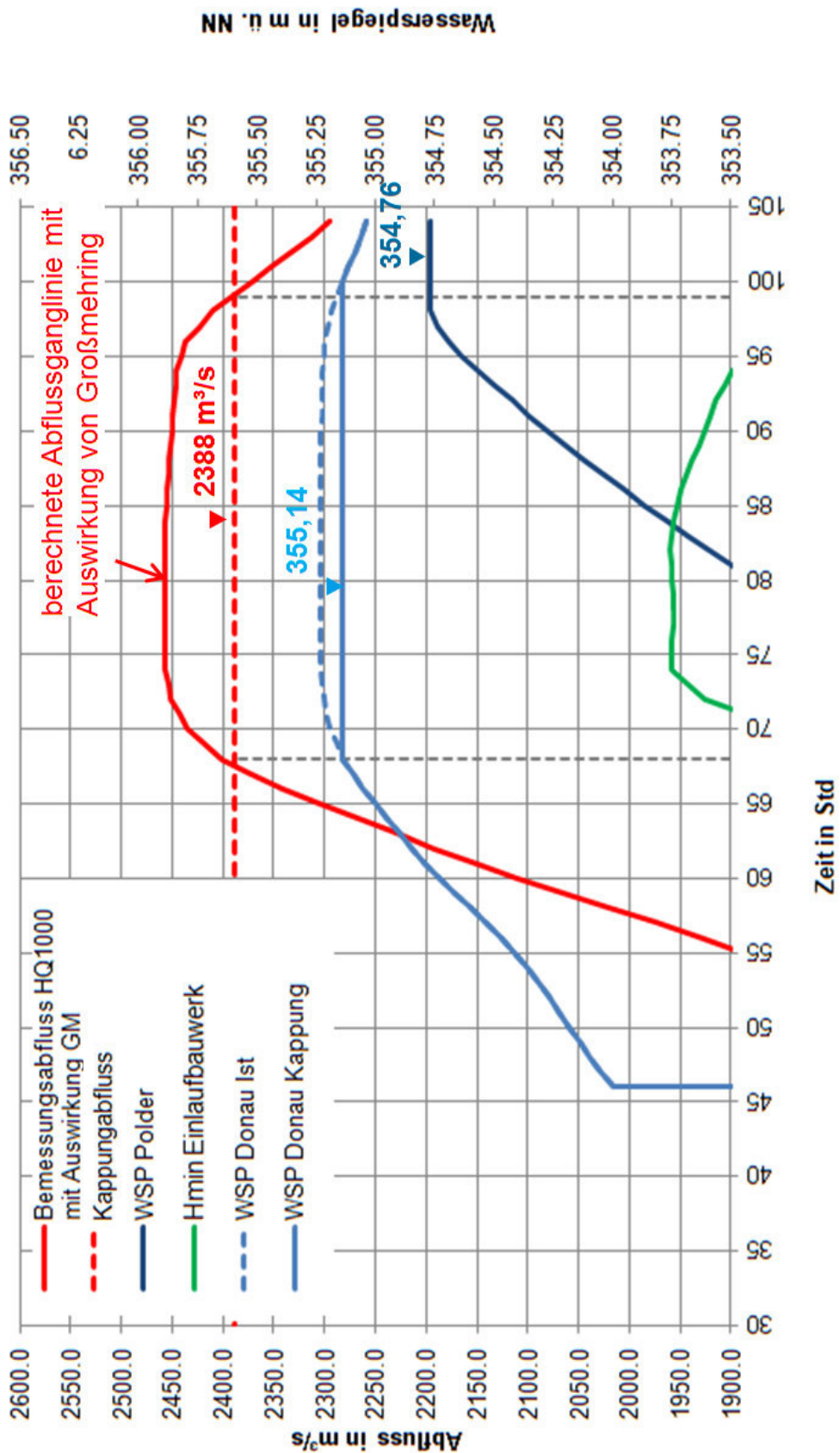
Anlage 22 Vorberechnung Polderfüllung GM PVar-3, Bemess. HQ200



Anlage 23 Vorberechnung Polderfüllung Katzau , Kombination GM+KZ,
 Bemess. HQ200



Anlage 24 Vorberechnung Polderfüllung Katzau , Kombination GM+KZ,
 Bemess. HQ1000



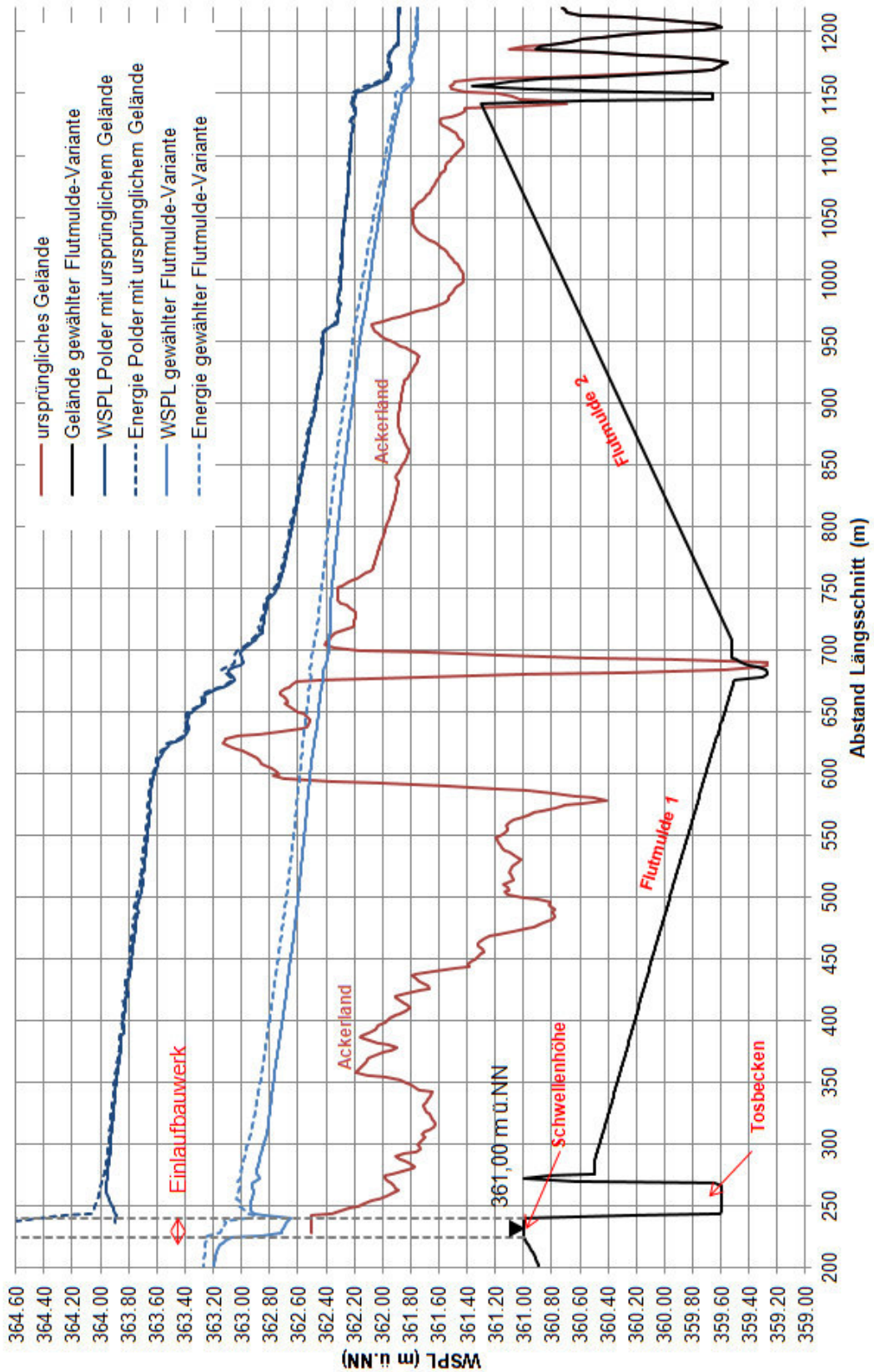
Anlage 25 Liste untersuchter Flutmulde-Varianten für Poldervariante 1

| Flutmulde-Variante Nr. | Name* | Schwellenhöhe (m ü.NN) | Anzahl offener Wehfelder | Untersuchungselement | Vorland Donau | Flutmulden Polder |
|------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| 1 | Var-1 | 362.50 | - | Einlauf ohne Flutmulde im Polder | | - |
| 2 | Var-1 mit Flutmulde | 361.25 | - | Einlauf mit Flutmulde 1 im Polder | | 1 |
| 3 | Var A-1 | 361.60 | 7 | Rechter Vorlandsgraben Donau modelliert | mit rechtem Vorlandsgraben | 1 |
| 4 | Var-A1-0 | 361.60 | 7 | Verbindungsgerinne Donau modelliert | mit Verbindungsgerinne | 1 |
| 5 | Var-A1-1 | 360.50 | 7 | niedrige Schwellenhöhe | mit Verbindungsgerinne | 1 |
| 6 | Var-A1-2 | 361.60 | 7 | UW-Randbedingung im Polder runtergesetzt | mit Verbindungsgerinne | 1 |
| 7 | Var-A1-5 | 360.50 | 7 | UW-Randbedingung im Polder runtergesetzt fest angesetzter Abfluss $Q=167 \text{ m}^3/\text{s}$ in der UW-Randbedingung im Polder | mit Verbindungsgerinne | 1 |
| 8 | Var-A1-6 | 360.50 | 7 | Randbedingung im Polder | mit Verbindungsgerinne | 1 |
| 9 | Var-A0 | 361.60 | 7 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 10 | Var-A1 | 361.60 | 8 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 11 | Var-A2 | 361.60 | 9 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 12 | Var-B0 | 360.50 | 7 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 13 | Var-B1 | 360.50 | 5 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 14 | Var-B2 | 360.50 | 4 | Untersuchung Breite Wehr, zusätzlich mit Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 15 | Var-A2-0 | 361.60 | 9 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 16 | Var-A2-1 | 361.60 | 9 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 17 | Var-A2-2 | 361.60 | 9 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 18 | Var-A2-3 | 361.60 | 9 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 19 | Var-A2-4 | 361.60 | 9 | Optimierung Flutmulde 1 und 2 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 20 | Var-B1-0 | 360.50 | 5 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 21 | Var-B1-1 | 360.50 | 5 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 22 | Var-B1-2 | 360.50 | 5 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | 1+2 |
| 23 | Var-B1-3 | 360.50 | 5 | Optimierung Flutmulde 2 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 24 | Var-B1-7 | 360.50 | 5 | Optimierung Flutmulde 2, Verbindungsgerinne 50 m Breite | schmaller Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 25 | Var-A2-5-0 | 361.00 | 8 | Optimierung Breite Wehr, Flutmulde 1+2 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 26 | Var-A2-5-1 | 361.00 | 8 | Optimierung Breite Wehr, Flutmulde 1 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 27 | Var-A2-5-2 | 361.00 | 7 | Optimierung Breite Wehr, Flutmulde 1+2 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |
| 28 | Var-A2-5-3 | 361.00 | 6 | Optimierung Breite Wehr, Flutmulde 1+2 | mit Verbindungsgerinne | endgültig 1+2 |

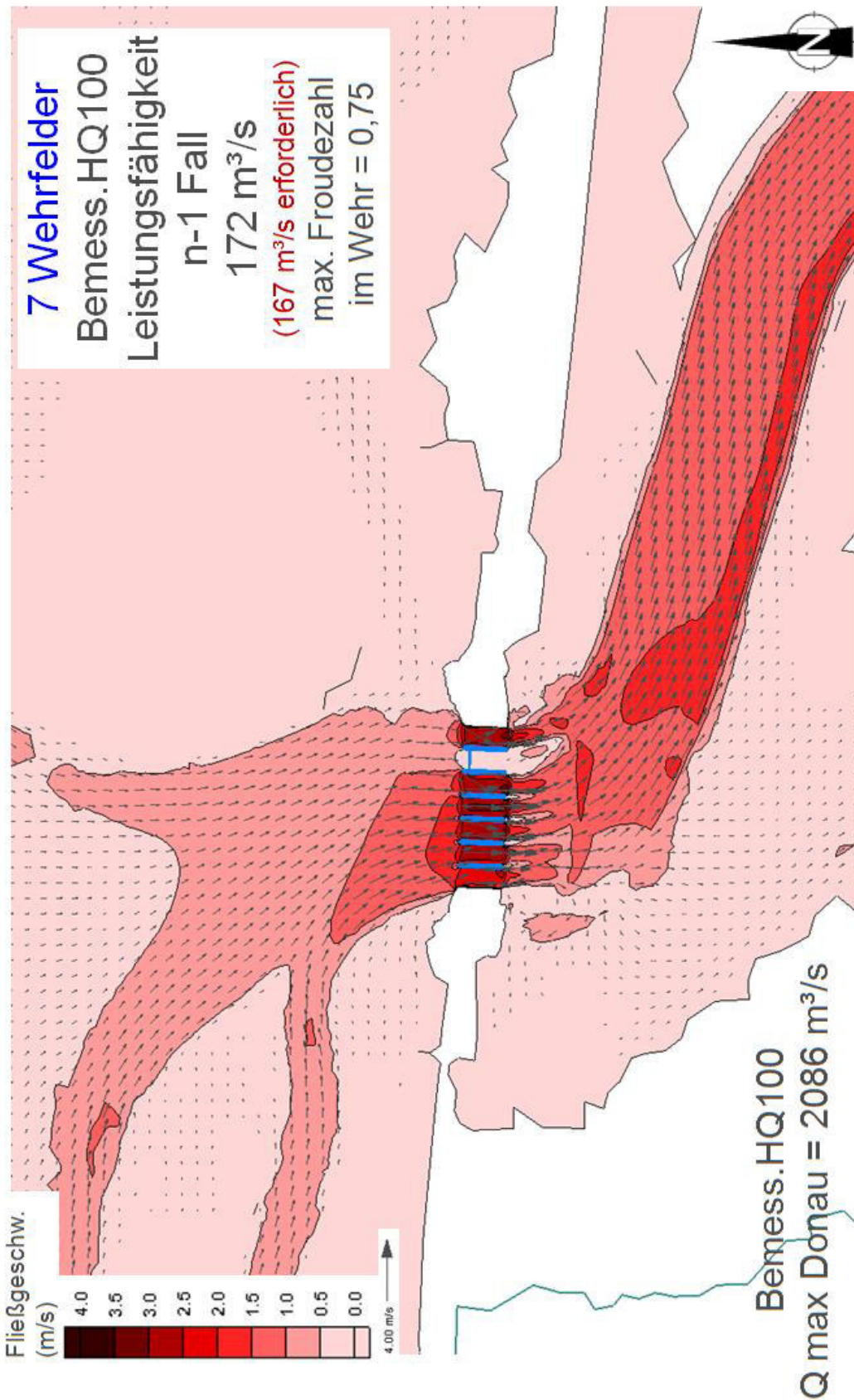
* Var A, Schwellenhöhe über MW Donau
Var B, Schwellenhöhe unter MW Donau

n-1 -Fall berücksichtigt

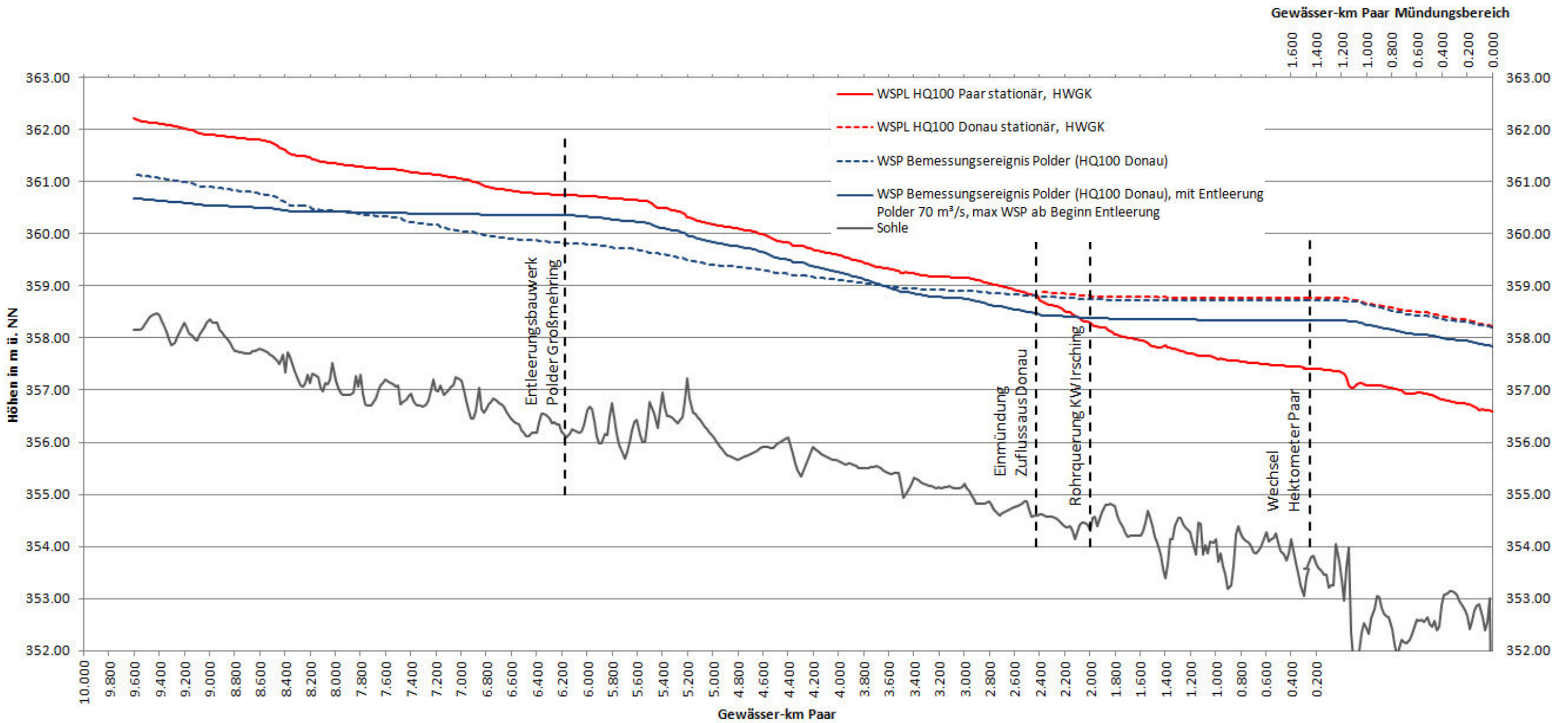
Anlage 26 WSPL-Längsschnitte, Einlaufbauwerk und Flutmulden
 Poldervariante 1



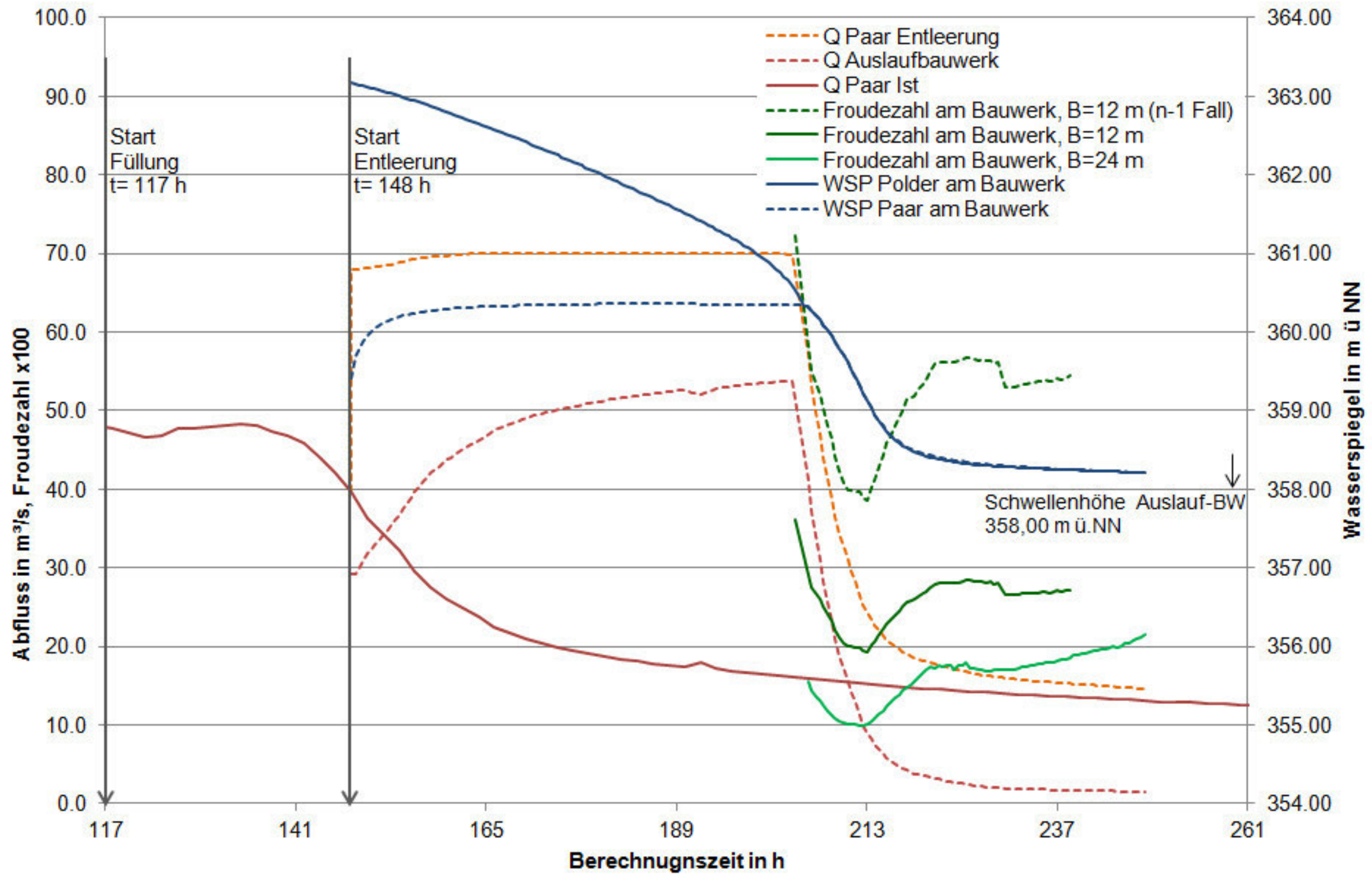
Anlage 27 Lageplan Fließgeschwindigkeiten, Planzustand Poldervariante 1
 beim maximalen Zufluss in den Polder, Bemess. HQ100



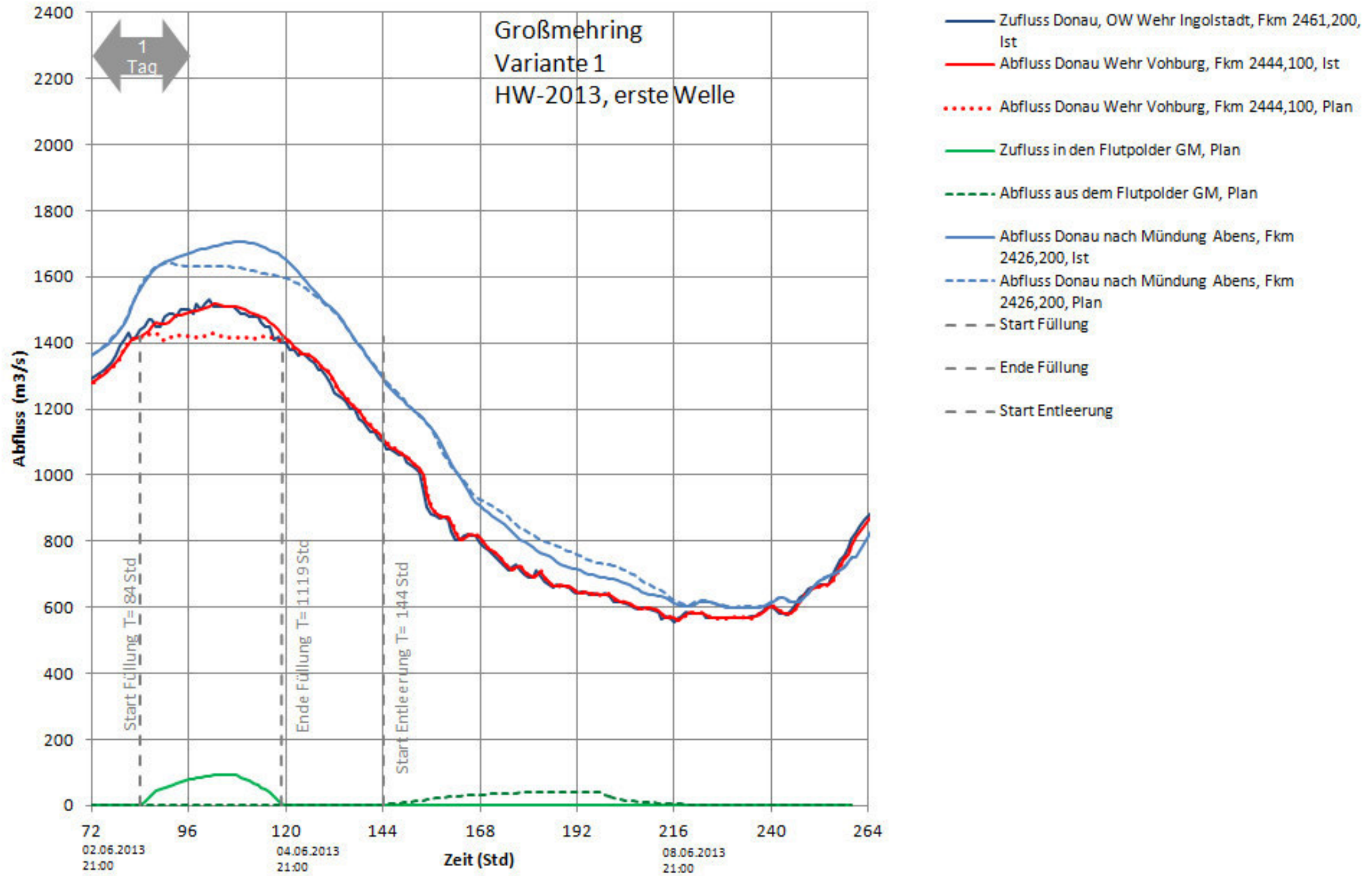
Anlage 28 Längsschnitt maximaler WSPL an der Paar



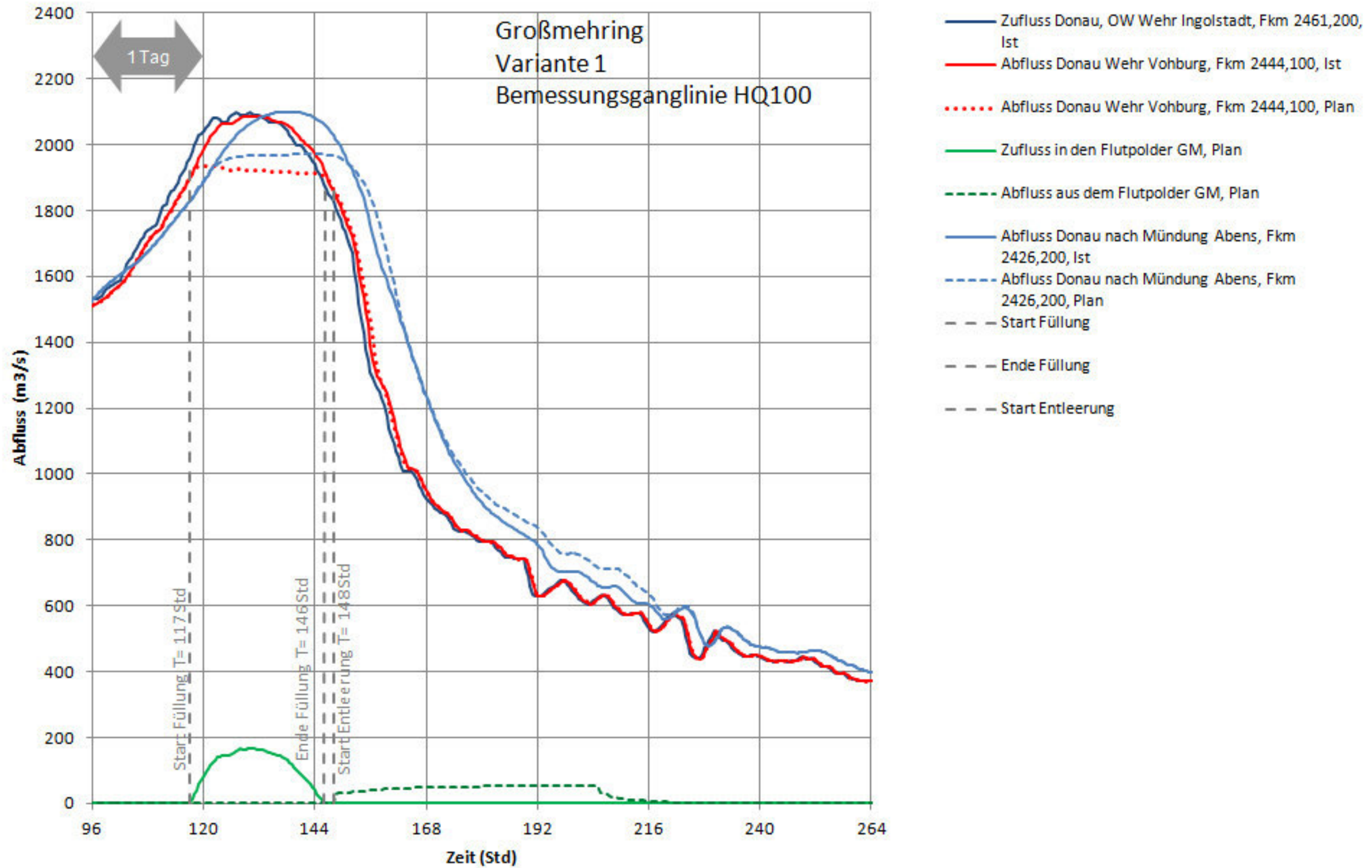
Anlage 29 Vorberechnung Polderentleerung GM PVar-1, Bemess. HQ100



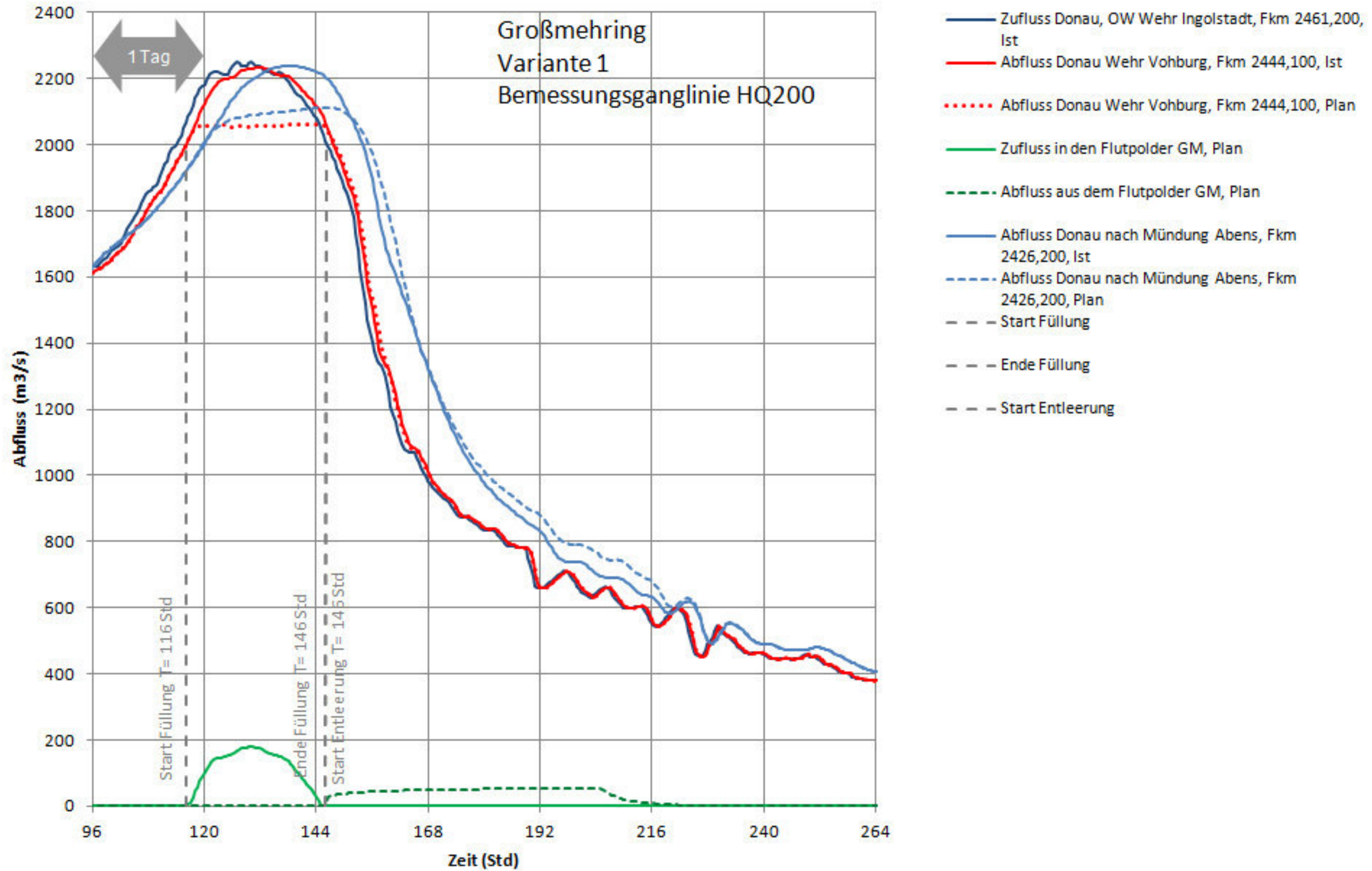
Anlage 30 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, HW2013



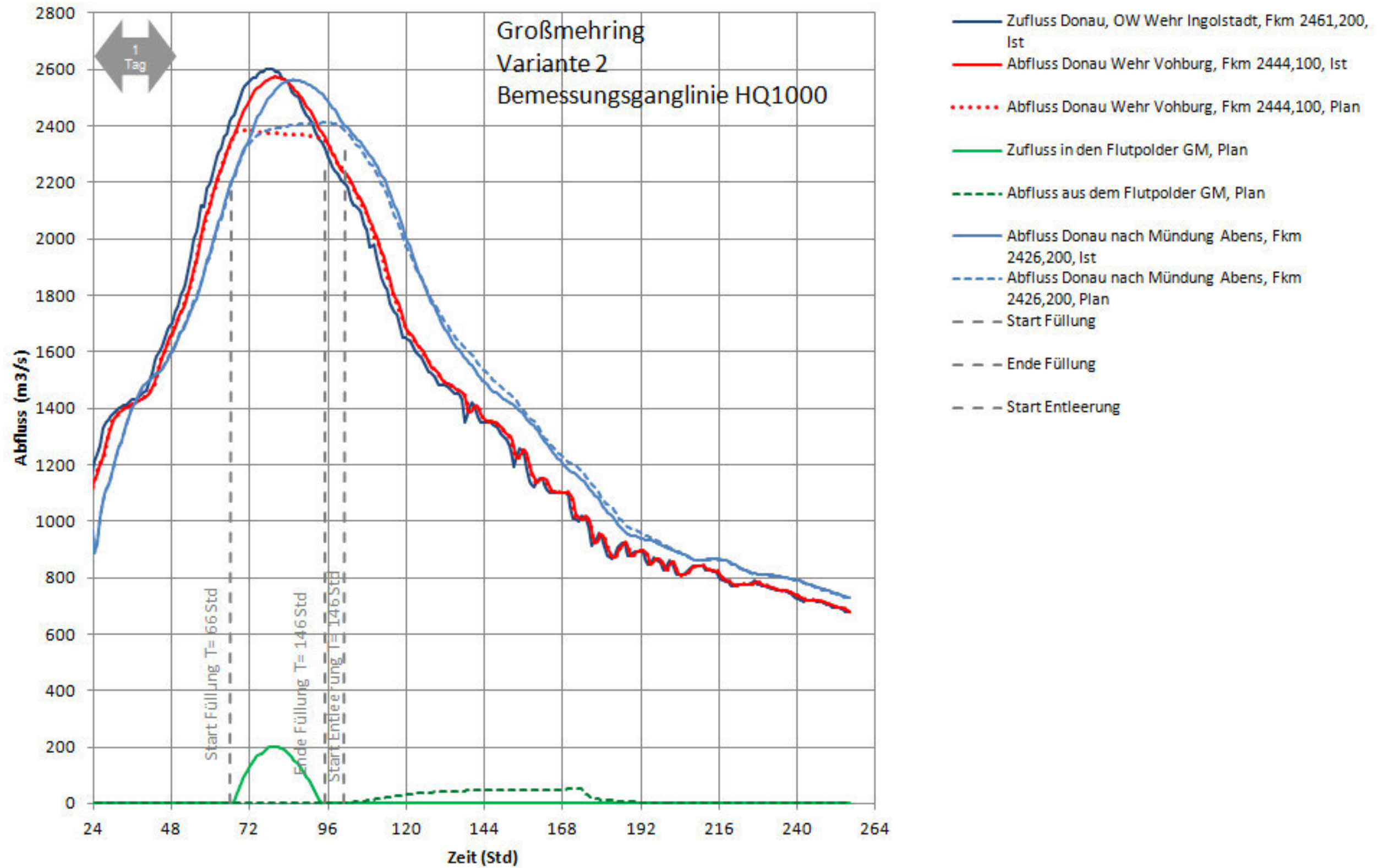
Anlage 31 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ100



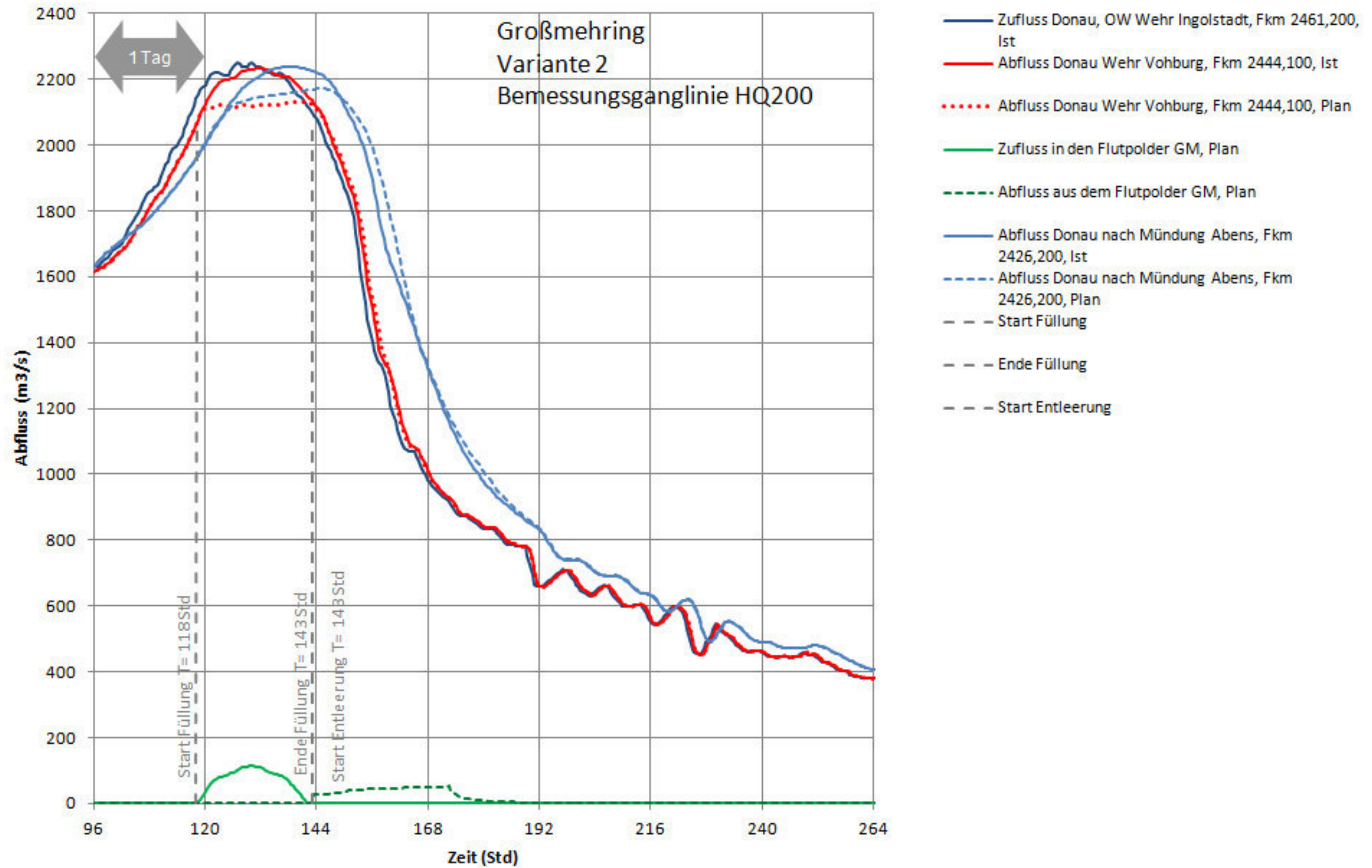
Anlage 32 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ200



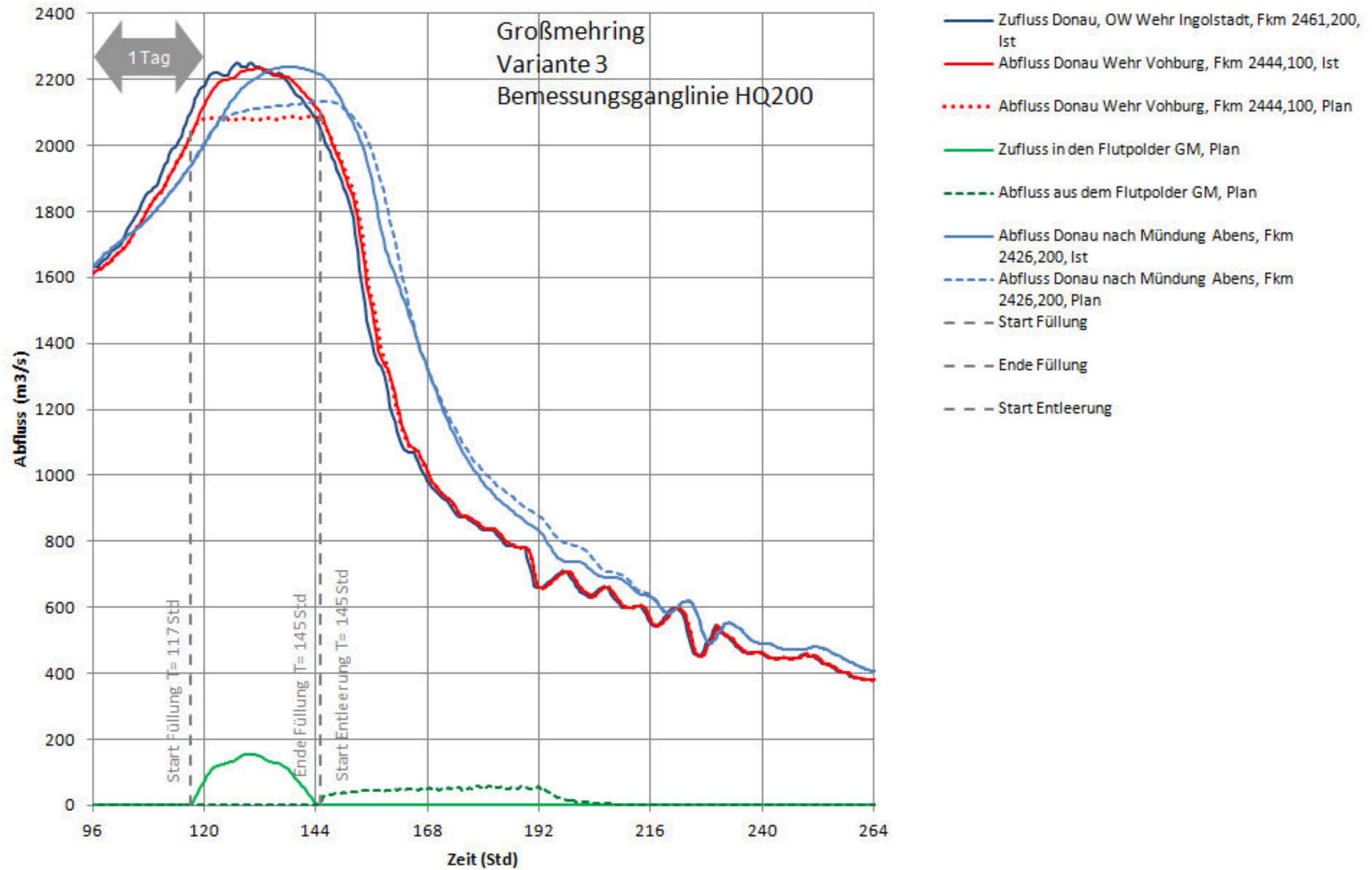
Anlage 33 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-1, Bemess. HQ1000



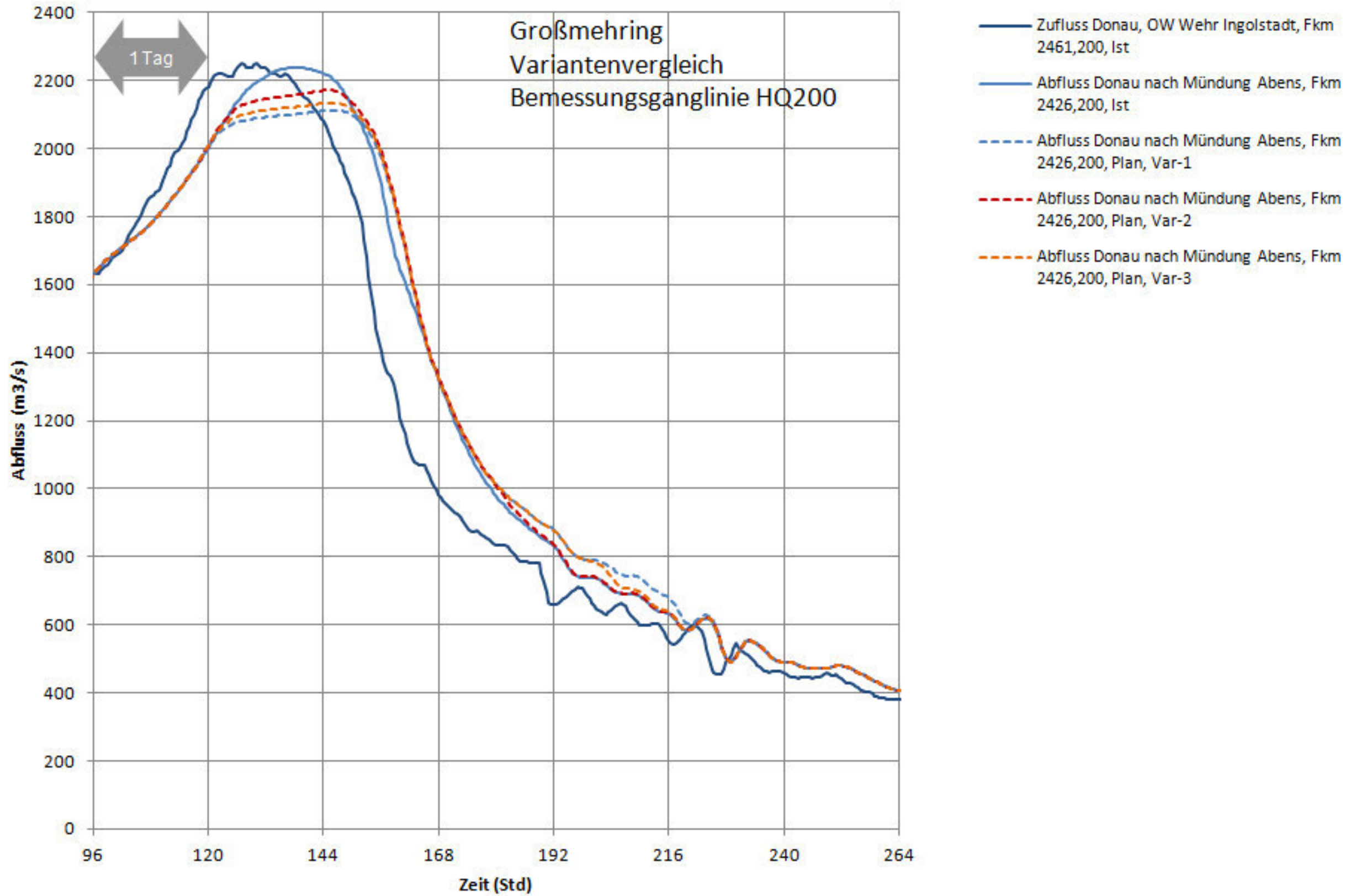
Anlage 34 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-2, Bemess. HQ200



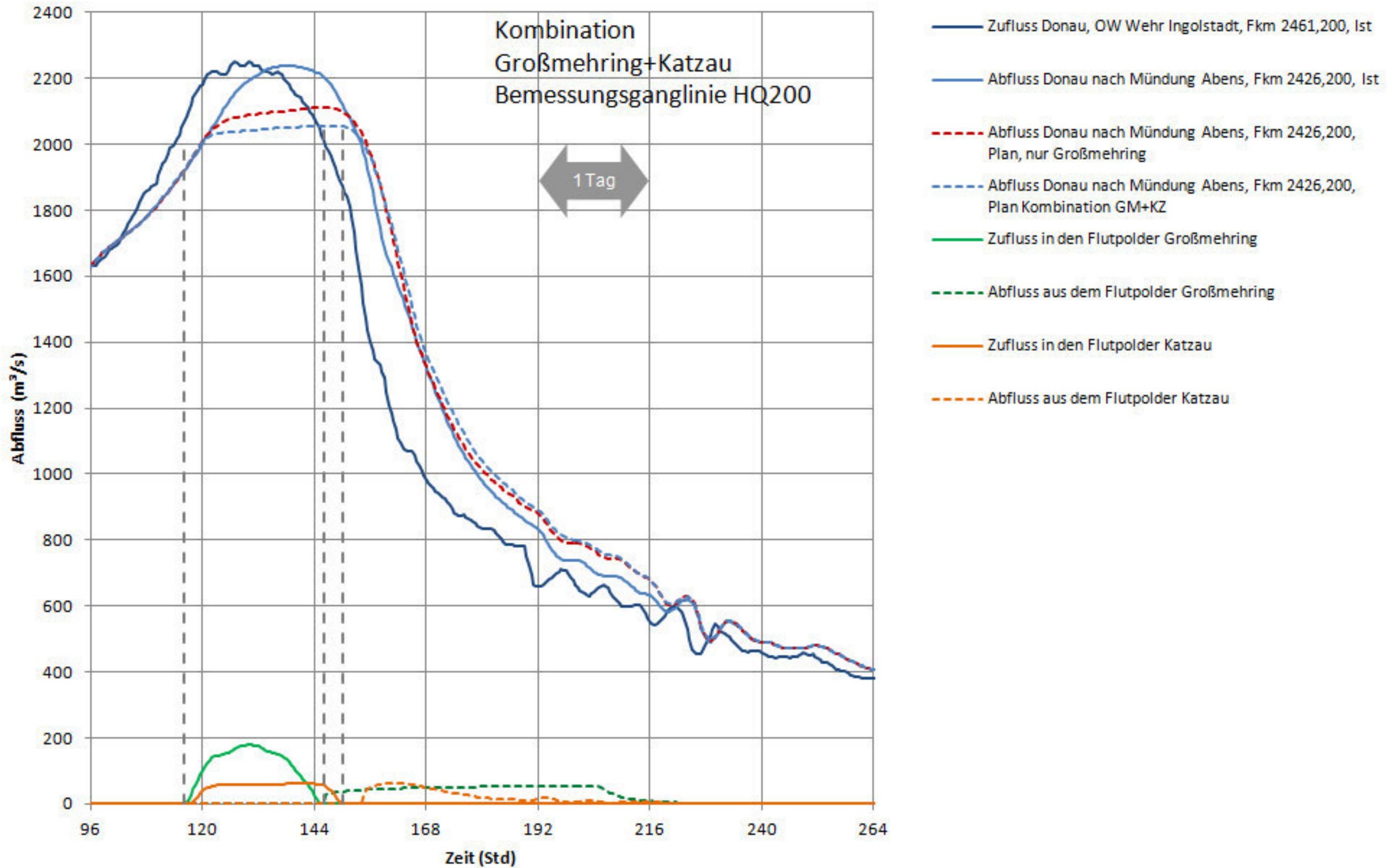
Anlage 35 Auswirkung Polder Großmehring, PVar-3, Bemess. HQ200



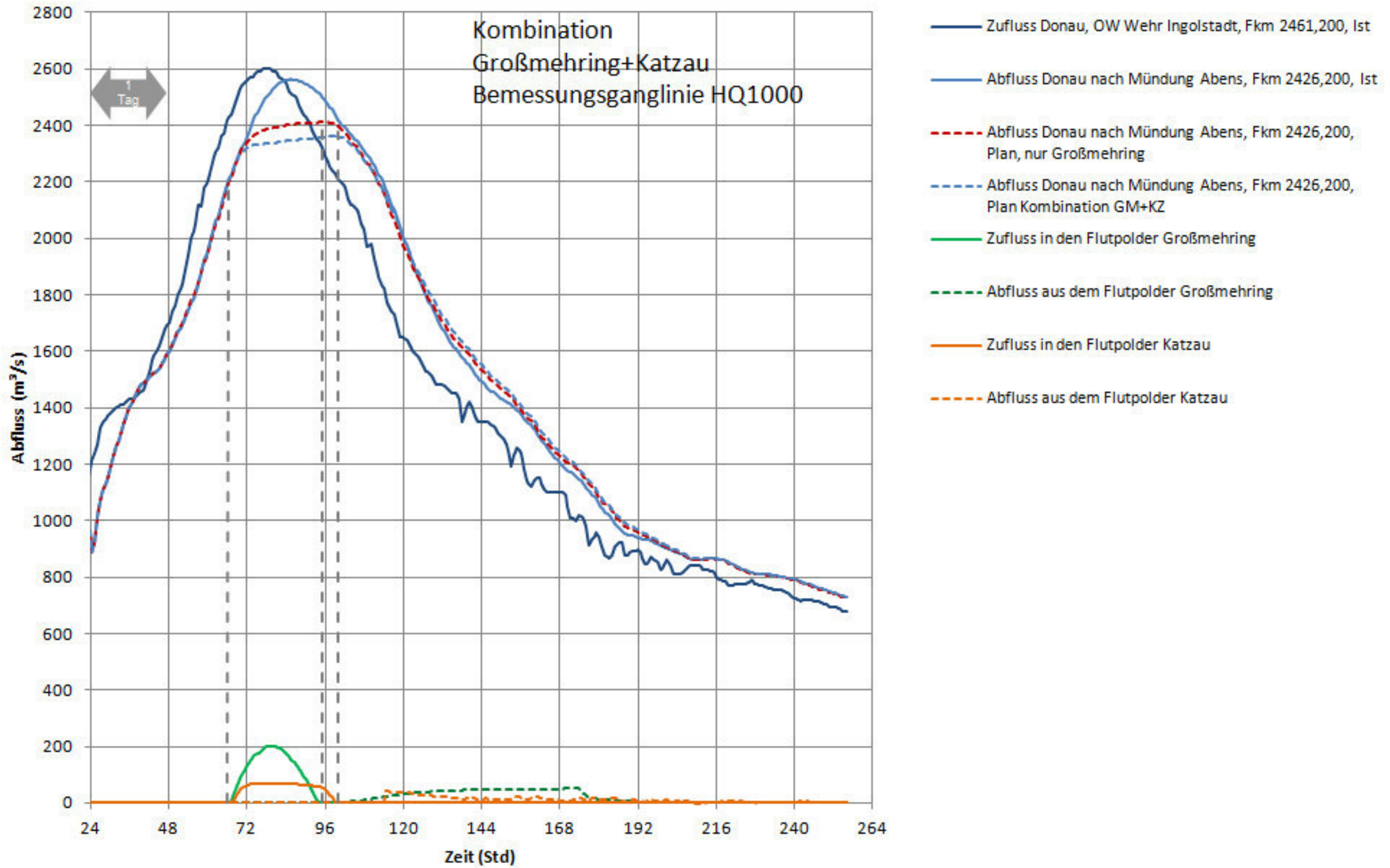
Anlage 36 Vergleich Auswirkung Varianten Polder Großmehring, Bemess. HQ200



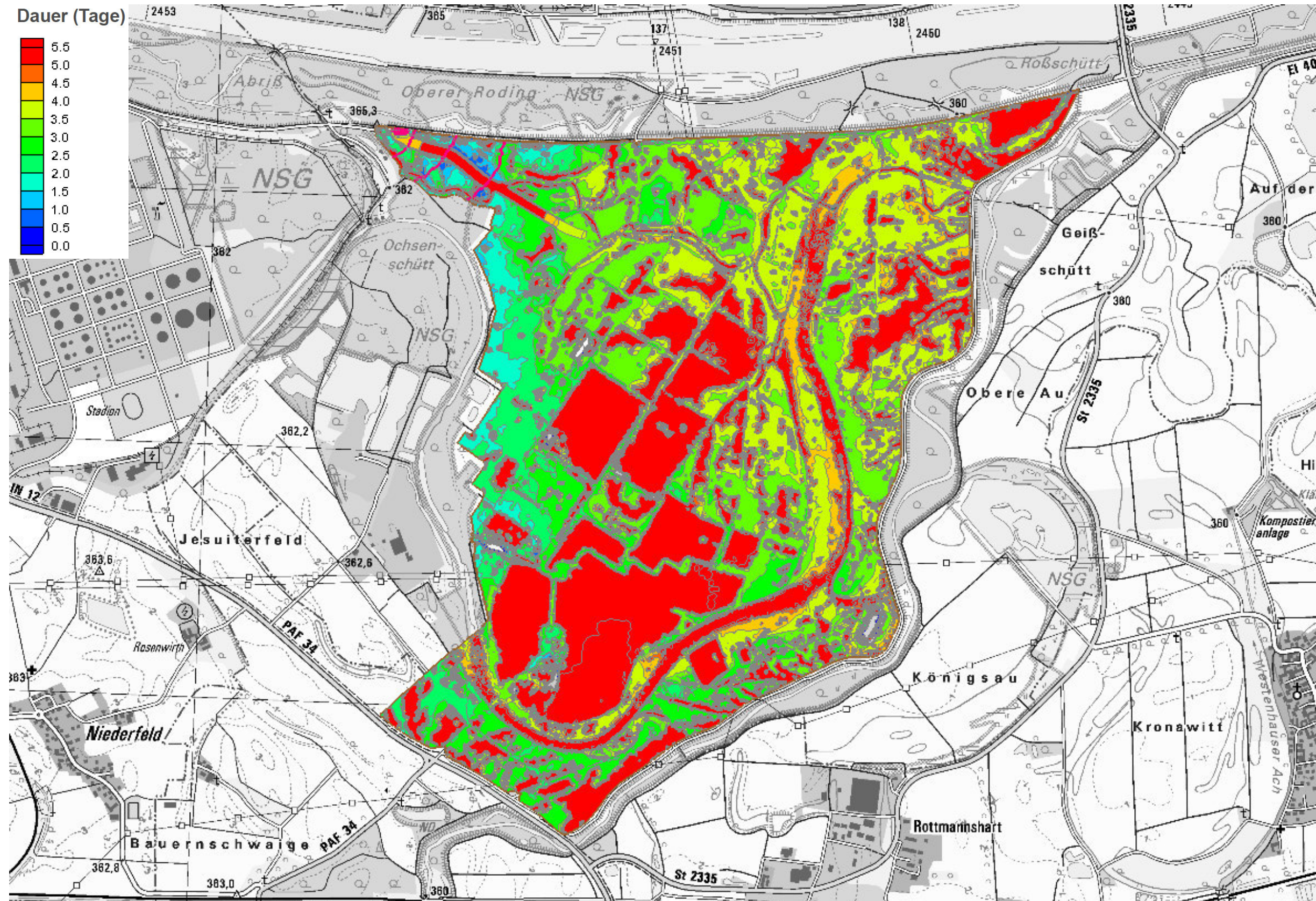
Anlage 37 Auswirkung Kombination GM+KZ, Bemess. HQ200



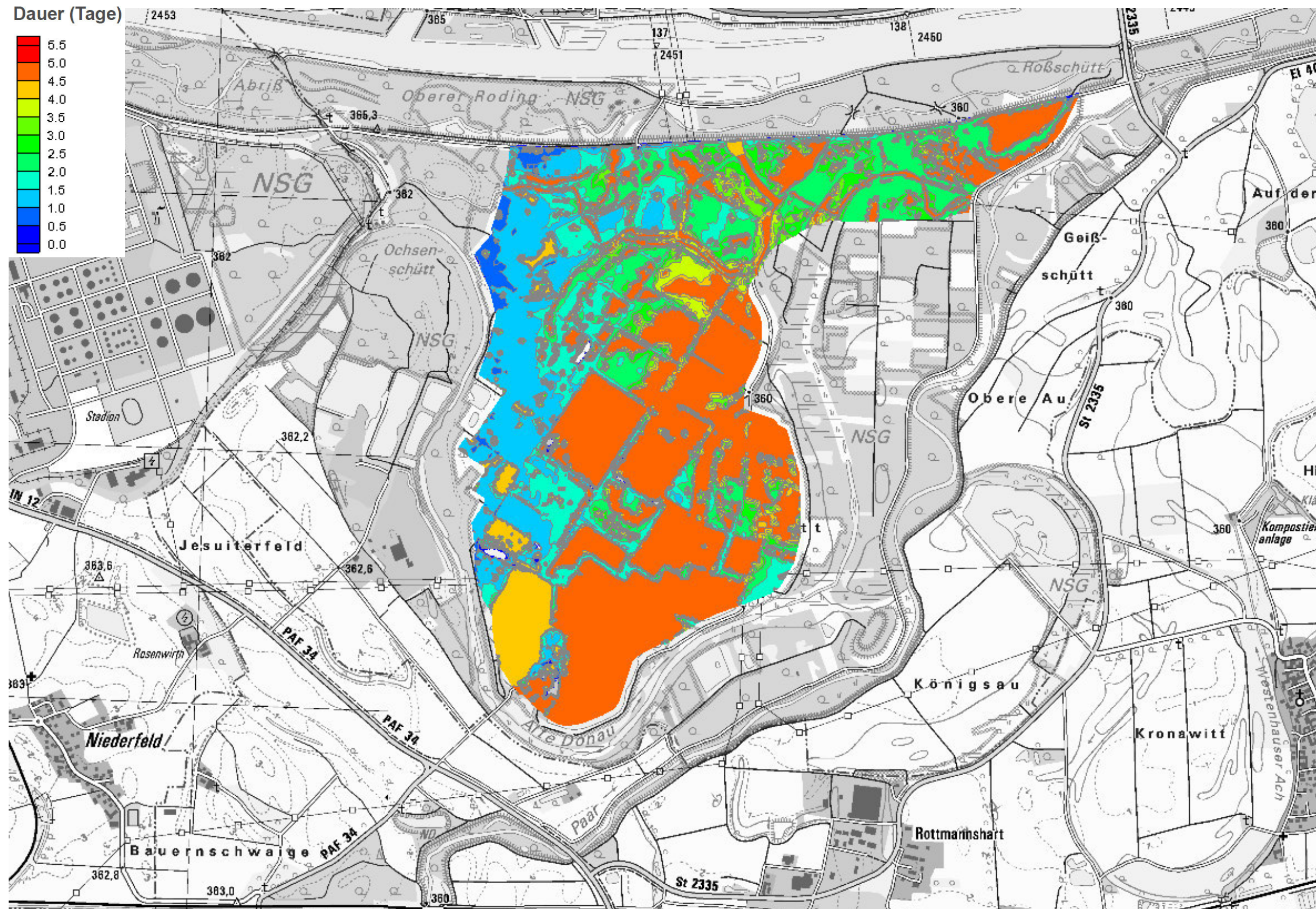
Anlage 38 Auswirkung Kombination GM+KZ, Bemess. HQ1000



Anlage 39 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 1, HQ200



Anlage 40 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 2, HQ200



Anlage 41 Überflutungsdauer (in Tagen) Poldervariante 3, HQ200

