

Mitfinanziert durch die
Bundesrepublik Deutschland



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Wasserwirtschaftsamt
München



im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe
Verbesserung der Agrarstruktur und des
Küstenschutzes

Isar 2020 Deichrückverlegung und -sanierung Freising Süd

Grundwasserbeweissicherung südlich von Freising

Prognoserechnungen zur neuen Planung des BA15a und neuer Oberflächenwasserhydraulik

Projekt-Nr.: **104894**

Bericht-Nr.: **04**

Erstellt im Auftrag von:
**Wasserwirtschaftsamt
München
Heßstraße 128
80797 München**

Dr.-Ing. Klaus Piroth
Johannes Drechsel, M.Sc.

2022-12-13

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	ZUSAMMENFASSUNG 5
2	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG..... 5
3	MODELLHISTORIE 6
4	UNTERLAGEN 7
5	GRUNDLAGEN..... 8
6	PROGNOSERECHNUNGEN 9
6.1	Konzept und Aufbau der instationären Modellrechnungen..... 9
6.1.1	Übertragung der 2-D-Berechnungen in das Grundwassermodell..... 9
6.1.2	Hydraulische Interaktion Oberflächengewässer – Grundwasser 10
6.1.3	Generierung von Zu- und Abflussganglinien..... 10
6.1.4	Geplante Entwässerungsgräben 12
6.1.5	Ansatz der Spundwände 12
6.2	Auswertungen und Bewertung der instationären Modellrechnungen 13
6.2.1	Maximale Grundwasserstände und Flurabstände..... 14
6.2.2	Differenzen der maximalen Grundwasserstände Planung – Bestand 15
6.2.3	Wasserbilanz bei Bemessungshochwasser (HQ100) 20
6.2.4	Spezifische Wassermengen aus der Deichunterströmung..... 20
6.2.5	Wassermengen aus der Grabenentwässerung..... 23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 5-1 Darstellung der Sohlschwelle im Oberflächenwassermodell.....	8
Abbildung 6-1 Übertragung der instationären Gewässerganglinie aus der 2-D-Berechnung in das Grundwassermodell mit Ansatz von Gewässerrandbedingungen	9
Abbildung 6-2 hydraulische Interaktion Oberflächengewässer - Grundwasser.....	10
Abbildung 6-3 Korrelation zwischen Isarwasserstand und Grundwasserstand an der Messstelle 3102Q	11
Abbildung 6-4 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ10.....	16
Abbildung 6-5 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ50.....	17
Abbildung 6-6 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ100....	18
Abbildung 6-7 Dichtwandabschnitte (DW2 bis DW15) für die Ermittlung der spezifischen Wassermengen aus der Deichunterströmung	22
Abbildung 6-8 Maßgebliche Entwässerungsgräben im Modellgebiet.....	24

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 6.1 Grundwasserbilanz des instationären Strömungsmodells - HQ100 Planungsfall am Scheitelpunkt der Hochwasserwelle.....	20
Tabelle 6.2 Spezifische Wassermengen Q_L aus der Deichunterströmung für den Planzustand HQ100 (Blau = geplanter Entwässerungsgraben).....	21
Tabelle 6.3 Maximale Grabenabflüsse [l/s] bei HQ10, HQ50 und HQ100	25

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Ergänzung zum Hydrogeologischen Strukturmodell

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan Deichtrassen, M 1 : 30.000
- Anlage 1.2 Unterkante Dichtwand, M 1 : 30.000
- Anlage 1.3 Randbedingung Gewässer und Entwässerungsgräben, M 1 : 30.000

Anlage 2 Ergebnis Prognoserechnungen HQ10

- Anlage 2.1 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Bestand
 - Anlage 2.1.1 Blatt 1, M 1 : 5.000 (Süd)
 - Anlage 2.1.2 Blatt 2, M 1 : 5.000 (Mitte)
- Anlage 2.2 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Planung
 - Anlage 2.2.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 2.2.2 Blatt 2, M 1 : 5.000
- Anlage 2.3 Differenz maximaler Grundwasserstände Planung gegenüber Bestand
 - Anlage 2.3.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 2.3.2 Blatt 2, M 1 : 5.000

Anlage 3 Ergebnis Prognoserechnungen HQ50

- Anlage 3.1 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Bestand
 - Anlage 3.1.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 3.1.2 Blatt 2, M 1 : 5.000
- Anlage 3.2 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Planung
 - Anlage 3.2.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 3.2.2 Blatt 2, M 1 : 5.000
- Anlage 3.3 Differenz maximaler Grundwasserstände Planung gegenüber Bestand
 - Anlage 3.3.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 3.3.2 Blatt 2, M 1 : 5.000

Anlage 4 Ergebnis Prognoserechnungen HQ100

- Anlage 4.1 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Bestand
 - Anlage 4.1.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 4.1.2 Blatt 2, M 1 : 5.000
- Anlage 4.2 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände, Planung
 - Anlage 4.2.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 4.2.2 Blatt 2, M 1 : 5.000
- Anlage 4.3 Differenz maximaler Grundwasserstände Planung gegenüber Bestand
 - Anlage 4.3.1 Blatt 1, M 1 : 5.000
 - Anlage 4.3.2 Blatt 2, M 1 : 5.000

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Gewässerabschnitt der Isar von Gut Erching (Fluss-km 127) bis Freising (Fluss-km 116) verlaufen die bestehenden Deiche beidseitig mit ca. 100 bis 150 m Abstand zum Isarufer weitgehend parallel zum Flusslauf durch den Auwald. Durch Deichrückverlegungen an den Rand bzw. jenseits des Auwalds soll eine hydraulische und ökologische Verbesserung erzielt werden. Die Vorlandbreiten werden zukünftig ca. 800 bis 1200 m betragen.

Durch die Deichrückverlegungen werden die bestehenden Grundwasserverhältnisse im Vergleich zum Ist-Zustand beeinflusst, da bisher durch die Deiche geschützte Flächen je nach Abflussereignis eingestaut werden. Zur Ermittlung der Beeinflussung wurde 2016 ein großräumiges 3-dimensionales Finite-Elemente-Grundwasserströmungsmodell erstellt [U3]. Das Modell wurde anhand realer Messwerte instationär für 2 ausgewählte Hochwasserereignisse kalibriert.

Das kalibrierte Modell wurde im vorliegenden Bericht für Prognoserechnungen bei Isarhochwasserabflüssen HQ10, HQ50 und HQ100 jeweils für den Bestand und den geplanten Zustand mit rückverlegten Deichtrassen durchgeführt. Dabei wurden die aktuellen Wasserspiegellagen der Oberflächenwasserhydraulik für den BA15 und BA14 berücksichtigt [U7]. Die aktuelle Planung am BA15a und BA15c sowie geplante Drainagegräben entlang der neuen Deichtrasse wurden ebenfalls berücksichtigt und in das Modell integriert.

Aus den Ergebnissen der Modellrechnungen wurden grafische Darstellungen (Grundwasserdifferenzen- und Flurabstandspläne) erstellt, die spezifischen Wassermengen aus der Unterströmung der Deiche sowie der Entwässerung über die Gräben ermittelt und eine Empfehlung für ein Grundwassermonitoring gegeben.

Maßnahmen zur Begrenzung des Wasseranfalles aus der Umströmung der Deiche wurden quantitativ bewertet.

2 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Am Deichsystem der Mittleren Isar, das mit einer Fließstrecke von ca. 36 km durch den Amtsbezirk München geht, sind großräumige Maßnahmen zur Erhöhung der fließenden Retention vorgesehen.

Im Zusammenhang mit den geplanten Maßnahmen der Rückverlegung und Sanierung der Isardeiche südlich von Freising in den Bauabschnitten BA14 und BA15 sollen deren Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse bei ausgewählten Hochwasserereignissen HQ10, HQ50 sowie HQ100 untersucht und bewertet werden.

Zur Ermittlung der bestehenden und zu erwartenden Grundwasserverhältnisse wurde 2016 ein 3-dimensionales Grundwasserströmungsmodell erstellt und anhand realer Messwerte kalibriert.

Mit dem kalibrierten Modell wurden die zu erwartenden Auswirkungen prognostiziert und grafisch in Form von Grundwasserdifferenzen- und Flurabstandsplänen dargestellt.

Die dokumentierten Ergebnisse werden als Bestandteil eines Wasserrechtsverfahrens Grundlage für Entscheidungen hinsichtlich eventuell erforderlicher Maßnahmen zur Reduzierung der Einflüsse oder berechtigter/unberechtigter Ansprüche auf Entschädigung genutzt.

3 MODELLHISTORIE

Im ersten Schritt wurde 2015 aus der vorhandenen Datenbasis ein erstes, vorläufiges Hydrogeologisches Modell (HGM) erstellt. Die vorläufige Hydrogeologische Modellvorstellung wies einige Kenntnisdefizite auf, zu deren Klärung Erkundungsprogramme vorgeschlagen wurden. Diese Arbeitsschritte sind in einem Zwischenbericht dokumentiert, [U2]. Im weiteren Projektverlauf wurden die Erkundungsprogramme umgesetzt (Zeitraum Februar bis April 2015) und mit den daraus gewonnenen Daten und Kenntnissen die bisherige hydrogeologische Modellvorstellung ergänzt.

Aufbauend auf dem so vervollständigten Hydrogeologischen Modell wurde in einer dritten Projektphase ein 3D-numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt und stationär und instationär kalibriert [U3]. Mit dem kalibrierten Modell wurden instationäre Prognoseberechnungen für die ausgewählten Hochwasserereignisse HQ10, HQ50 und HQ100 jeweils für den Bestand und für den Planungsfall durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Modellrechnungen wurden grafische Darstellungen (Grundwasserdifferenzen- und Flurabstandspläne) erstellt, die spezifischen Wassermengen aus der Unterströmung der Deiche sowie der Entwässerung über die Gräben ermittelt und eine Empfehlung für ein Grundwassermonitoring gegeben.

Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells sowie die Ergebnisse der instationären Prognoserechnungen sind in [U3] dokumentiert und bewertet.

Auf Grund der Umplanung des BA15 [U5] sowie neuer hydraulischer Berechnungen der Isar [U7] für den BA14 und BA15, soll das Grundwassermodell angepasst und neue Grundwasserdifferenzen- und Flurabstandskarten für die Lastfälle HQ10, HQ50 und HQ100 erstellt werden.

4 UNTERLAGEN

- [U1] CDM Smith Consult GmbH (2015): Grundwasserbeweissicherung südlich von Freising, Spundwandbemessung und Standsicherheitsnachweise, Bericht Nr. 02, München, Februar 2016
- [U2] CDM Smith Consult GmbH (2015): Grundwasserbeweissicherung südlich von Freising, Hydrogeologisches Strukturmodell, Bericht Nr. 01, München, Februar 2015
- [U3] CDM Smith Consult GmbH (2016): Grundwasserbeweissicherung südlich von Freising, Hydrogeologisches Fachgutachten, Bericht Nr. 03, München, Juli 2016
- [U4] CDM Smith Consult GmbH (2020): Isar 2020 Deichsanierung und -rückverlegung Freising Süd BA14a – Binnenentwässerung Achering Vorplanung
- [U5] Schlegel GmbH & Co. KG (2018): Isar 2020 BA15c Deichsanierung und -rückverlegung, Entwurfsplanung, Stand Aug. 2018
- [U6] Schlegel GmbH & Co. KG (2022): Isar 2020 BA 15a Deichsanierung und -rückverlegung, Entwurfsplanung, Arbeitsstand Juli 2022
- [U7] Wasserwirtschaftsamt München (2021): Oberflächenwassermodellierung BA 14 und BA 15: Übergabe Hydraulik und Hochwassergefahrenkarte, Juli 2022
- [U8] DHI-WASY GmbH (2015): User's Manual. Wasy Software FEFLOW – Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System, FEFLOW 6.2, 2015.

5 GRUNDLAGEN

Als Grundlage für die Grundwassermodellrechnungen wurde das hydrogeologische Strukturmodell aus [U3] übernommen. Es wurden folgende Änderungen am 3D Modell unternommen:

1. **Neue Lage/Tiefe Dichtwand:** Es wurden die aktuellen Deichtrassen übernommen [U5] sowie Lage und Tiefe der Dichtwand in das Modell integriert.
2. **Entwässerungsgräben:** Die Entwässerungsgräben im Bereich Achering, BA15c und BA15a wurden in das Modell integriert (s. [U4], [U5] und [U6]).
3. **Neue Randbedingungen durch Oberflächenhydraulik:** Die instationären Randbedingungen sind abhängig von der Oberflächenwasserhydraulik. Die instationären Randbedingungen wurden neu ermittelt und in das Modell integriert [U7].

Hinweis:

Im BA14 wurden für den Planzustand Sohlschwellen berücksichtigt. Diese führen zu einem höheren Wasserstand der Isar gegenüber dem Bestand.

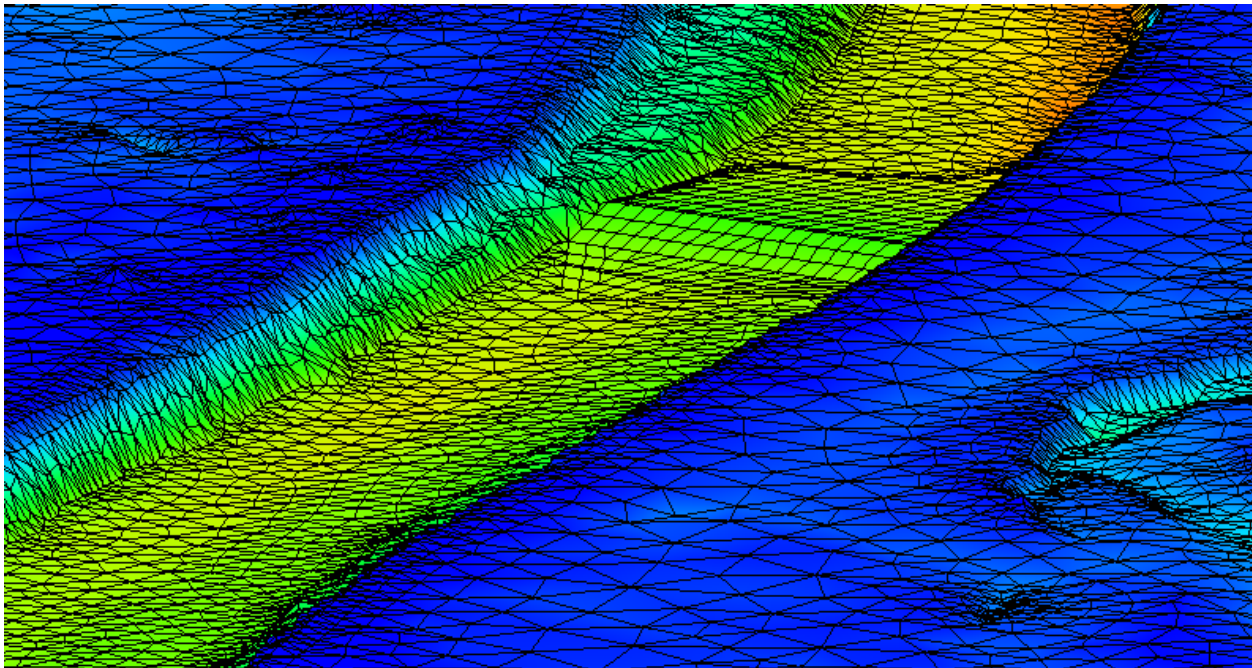


Abbildung 5-1 Darstellung der Sohlschwelle im Oberflächenwassermodell

6 PROGNOSERECHNUNGEN

6.1 Konzept und Aufbau der instationären Modellrechnungen

Das kalibrierte Grundwassermodell wurde eingesetzt, um die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen der Rückverlegung und Sanierung der Isardeiche südlich von Freising auf die Grundwasserverhältnisse bei ausgewählten Hochwasserereignissen HQ10, HQ50 sowie HQ100 numerisch zu berechnen.

Die instationären Wasserstandsdaten wurden als Grundlage für die Grundwassermodellrechnungen vom WWA München übergeben [U7].

6.1.1 Übertragung der 2-D-Berechnungen in das Grundwassermodell

Die Übertragung der 2-D-Berechnungen in das Grundwassermodell ist, wie 2016, wie folgt durchgeführt worden:

- Übergabe der instationären Isarhochwasserwelle HQ10, HQ50 und HQ100, jeweils für Bestands- und Planungsfall durch instationäre Wasserstandsdaten der Isar im 500 m Abstand aus der Gewässermitte
- Übergabe der maximalen räumlichen Ausbreitung der Isar (Überschwemmungsflächen) je Rechenfall
- Übertragung der Hochwasserwelle in das Grundwassermodell unter Ansatz von Gewässer-Randbedingungen (Cauchy-Randbedingung) bei räumlicher (längs und quer zur Isar) Interpolation der Wasserstandsdaten für alle 6 Prognosefälle

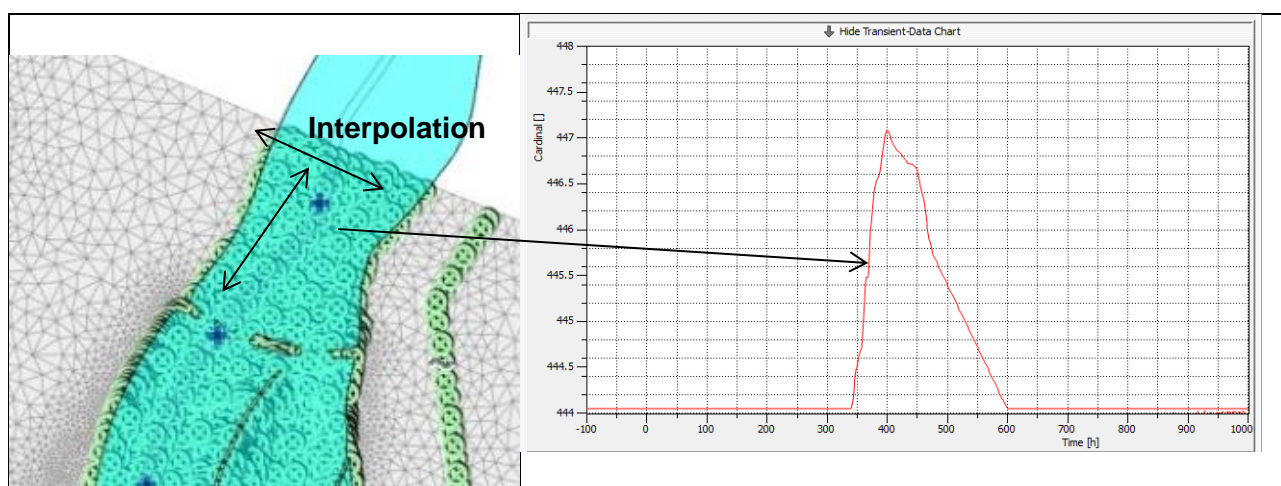


Abbildung 6-1 Übertragung der instationären Gewässerganglinie aus der 2-D-Berechnung in das Grundwassermodell mit Ansatz von Gewässerrandbedingungen

6.1.2 Hydraulische Interaktion Oberflächengewässer – Grundwasser

Die hydraulische Interaktion der Oberflächengewässer (Flüsse, Grabensystem) mit dem Grundwasser wurde mit dem Leakageansatz abgebildet, bei dem der Wasseraustausch als Infiltrationsrate q_{GW} zwischen Oberflächen- und Grundwasser durch die Wasserstandsdifferenz zwischen dem Wasserstand im Gewässer h_F und dem Grundwasserstand h_{GW} und dem Leakagefaktor $L = k_f/m$ als hydraulischen Widerstandsfaktor beschrieben wird. Der Leakagefaktor ist der Quotient aus der Durchlässigkeit k_f und der Mächtigkeit der Gewässersohle m (vgl. **Abbildung 6-2**).

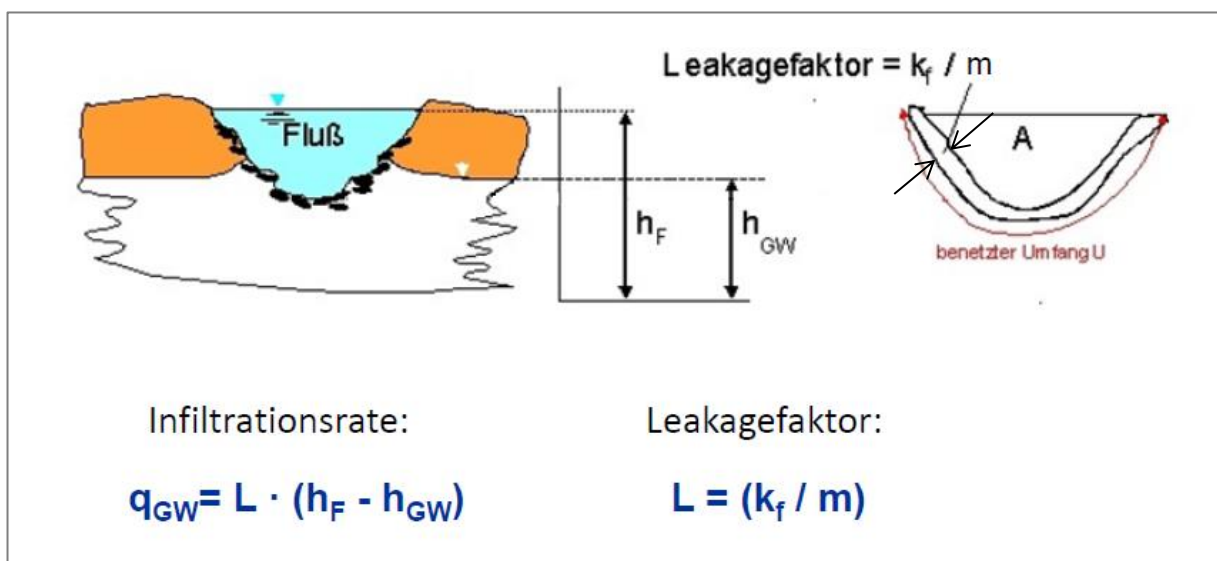


Abbildung 6-2 hydraulische Interaktion Oberflächengewässer - Grundwasser

Das Programm FEFLOW bietet hierbei die Möglichkeit, für die Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser (Leakage IN) und aus dem Grundwasser in das Oberflächengewässer (Leakage OUT) unterschiedliche Werte anzusetzen.

6.1.3 Generierung von Zu- und Abflussganglinien

Die Generierung der Zu- und Abflussganglinien erfolgt wie in [U3] und wird zum besseren Verständnis hier nochmals beschrieben.

Grundlage für die instationäre Generierung der Zu- und Abflussrandbedingung ist die Korrelation und Extrapolation zwischen gemessenen Grundwasserstandsganglinien und Isarganglinien an repräsentativen Grundwassermessstellen im Zu- und Ablauf. Hierfür lag am Modellrand nur eine Messreihe mit ausreichenden Daten an der Messstelle 3102Q (Bereich BA14b) vor. (Bereich Freising-Clemensänger). Der Zusammenhang zwischen der Isarganglinie am Pegel Freising und dem Grundwasserstand an 3102Q ist in **Abbildung 6-3** dargestellt. Aufgrund der vorhandenen Daten und verschiedenen Berechnungen im Zuge der Modellkalibrierung wurde die

folgende Beziehung zwischen Isarwasserstand Pegel Freising H_{Isar} und Grundwasserstand H_{3102Q} an der Messstelle 3102Q festgelegt:

$$H_{3102Q} = -0,0355 \cdot H_{Isar}^2 + 31,792 \cdot H_{Isar} - 6672,4$$

Für die 3 Hochwasserereignisse (Abflussszenarien HQ10, HQ50 und HQ100) wurden anhand dieser Formel die Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle 3102Q berechnet. Dabei wurden jeweils die Hochwasserwellen aus der Oberflächenwasserhydraulik auf den Pegel Freising hochgerechnet. Die normierte Grundwasserstandsganglinie an 3102Q wurde jeweils auf die Modellränder extrapoliert und als instationäre Festpotential-Randbedingung (Dirichlet-Randbedingung) angesetzt.

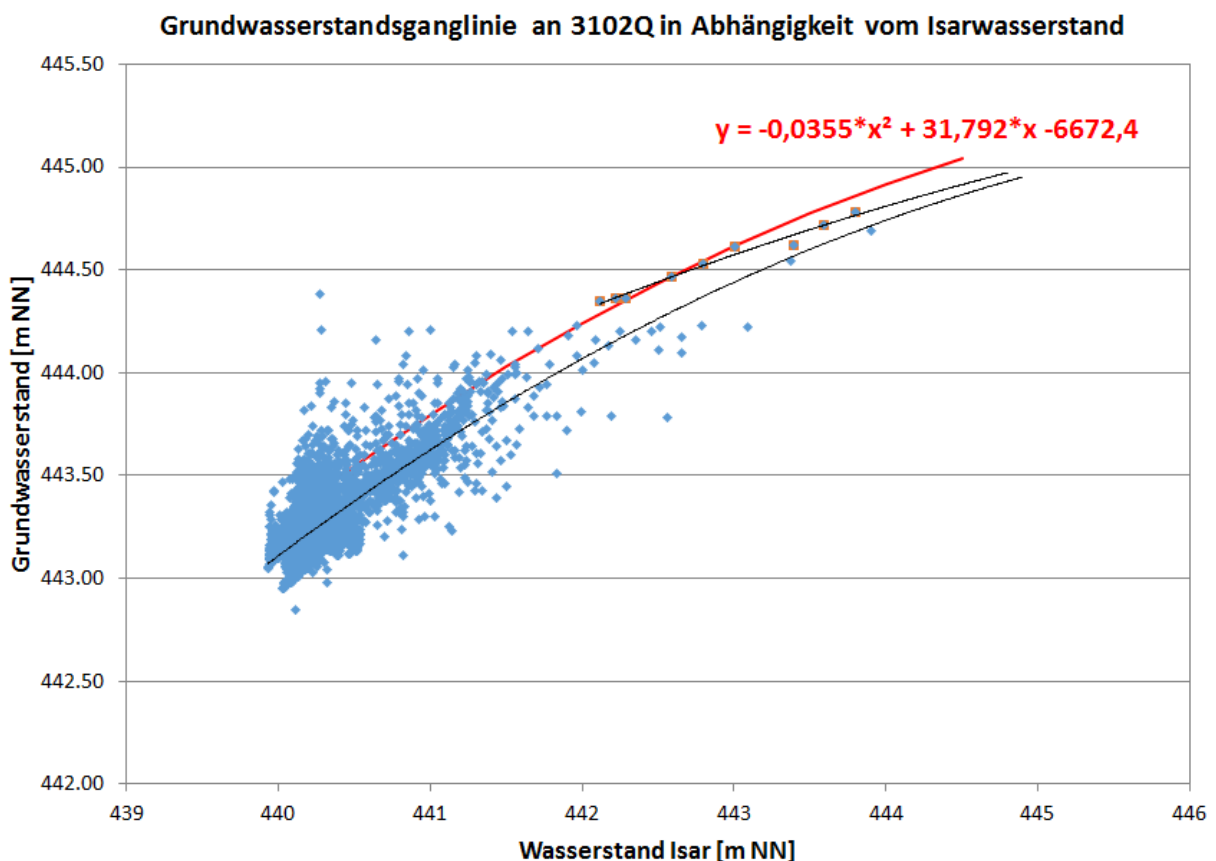


Abbildung 6-3 Korrelation zwischen Isarwasserstand und Grundwasserstand an der Messstelle 3102Q

6.1.4 Geplante Entwässerungsgräben

Die Entwässerungsgräben (s.a. Anlage 1.3) werden über eine Randbedingung 3.Art im Modell berücksichtigt. Als Leakage-Faktor vom Grundwasser in den Entwässerungsgraben wird 1×10^{-3} angesetzt. Dies setzt voraus, dass die Gräben eine gut durchlässige Verbindung zum Grundwasser aufweisen.

Achering (BA14)

Entlang der Deichtrasse im Bereich Achering ist ein Entwässerungsgraben mit einer Länge von ca. 850 m geplant (Deich-Station 4+405 bis 5+250). An der Deichüberführung (Straße „zur Isar“) wird das Schöpfwerk angeordnet, dort weist der Drainagegraben entsprechend seinen Tiefpunkt auf. Gegenüber der Vorplanung von 2020 [U4] wurde in Rücksprache mit dem WWA die Sohlhöhe um 0,1 m angehoben.

Entwässerungsgraben BA15c

Der Entwässerungsgraben hat eine Länge von ca. 2,3 km und entwässert von Süd nach Nord zum geplanten Schöpfwerk. Laut der Planung [U5] weist der Mahlbusen eine Höhe von 454 mNN auf und die Pumpen senken den Wasserstand bis zu einem Niveau von 454,70 mNN ab.

Entwässerungsgraben BA15a

Der Entwässerungsgraben hat eine Länge von 2,3 km (Deichstation 0+120 bis 2+420) und entwässert von Süd nach Nord. Der Entwässerungsgraben mündet am geplanten Sielbauwerk in den Schwaigbach.

Alle im Modellgebiet bestehenden sowie geplanten Gräben sind in Anlage 1.3 dargestellt (s.a. **Abbildung 6-8**).

6.1.5 Ansatz der Spundwände

Für den Planungsfall wurden im Modell die Spundwände der geplanten Deichtrasse angesetzt. Gegenüber dem Modell aus 2016 [U3] wurden neue Spundwandtiefen im Bereich BA15a übergeben und in das Modell integriert. In den weiteren Bauabschnitten wurden die gleichen Spundwandtiefen wie im Modell 2016 angesetzt. Die Spundwandtiefen unter GOK im Bereich BA15a -Süd betragen 4,20 m und im Bereich BA15a-Mitte 6,20 m.

Im Modell wurde hierfür ein zusätzlicher Modelllayer im Quartär eingefügt, um die Einbindetiefe der Dichtwände abzubilden. Die Spundwände wurden als quasi undurchlässige Wände mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s angesetzt.

Die Höhenverläufe der im Modell angesetzten Spundwandunterkante über die geplante Deichtrasse sind in Anlage 1.2 dargestellt. Die Einbindetiefen der Spundwände unter GOK liegen zwischen ca. 2 m und 6,20 m. Bei einer Mächtigkeit des quartären Grundwasserleiters von ca. 6 m bis 15 m im Modellgebiet stellen die Spundwände damit keine Untergrundabdichtung her.

6.2 Auswertungen und Bewertung der instationären Modellrechnungen

Im Ergebnis der instationären Modellrechnungen werden für die 3 Hochwasserereignisse HQ10, HQ50 und HQ100 die instationären Grundwasserverhältnisse im Bestand (vor geplanter Hochwasserschutzmaßnahme) sowie im Planungsfall (nach planmäßig ausgeführter Hochwasserschutzmaßnahme) simuliert, so dass für jeden gerechneten Zeitschritt eine Grundwasserverteilung ermittelt wird. Aufgrund des instationären Verlaufes der Hochwasserwelle und einer instationären und teilweise verzögerten Reaktion der Grundwasserstände, sind somit die maximalen Grundwasserstände an verschiedenen Bereichen im Modell nicht zeitgleich und es können – im Gegensatz zu einer stationären Berechnung - keine Grundwassergleichenpläne herangezogen werden. Die Ermittlung der Maximalwerte der Grundwasserstände an jedem Knotenpunkt des numerischen Modells erfolgte mit einem separaten Programm.

Die Ergebnisse der instationären Modellrechnungen wurden jeweils für die Hochwasserereignisse HQ10, HQ50 und HQ100 in folgender Form dargestellt:

- 1) **Linien gleicher maximaler Grundwasserstände und Flurabstände bei maximalen Grundwasserständen für Bestand (HQ100)** zur Darstellung der Bemessungsgrundwasserhöhen und den entsprechenden Flurabständen für den Istzustand vor den geplanten Maßnahmen.

HQ10: Anlage 2.1

HQ50: Anlage 3.1

HQ100: Anlage 4.1

- 2) **Linien gleicher maximaler Grundwasserstände und Flurabstände bei maximalen Grundwasserständen für den Planungsfall (HQ100)** zur Darstellung der Bemessungsgrundwasserhöhen und den entsprechenden Flurabständen für den Planungsfall mit den geplanten Maßnahmen der Deichrückverlegung.

HQ10: Anlage 2.2

HQ50: Anlage 3.2

HQ100: Anlage 4.2

- 3) **Differenzen der maximaler Grundwasserstände Planung – Bestand inklusive Flurabstände im Planungsfall (HQ100)** zur Darstellung der maßnahmebedingten Auswirkungen auf das Grundwasser (Grundwassererhöhung = positive Differenz, Grundwasserabsenkung = negative Differenz) im Zusammenhang mit den künftigen Flurabständen.

HQ10: Anlage 2.3

HQ50: Anlage 3.3
HQ100: Anlage 4.3

Des Weiteren wurden ermittelt:

- die maximalen spezifischen Wassermengen aus der Deichunterströmung in l/s je lfdm. Deich für den Planungsfall bei Bemessungsgrundwasser (HQ100)
- die maximalen spezifischen Wassermengen für die vorhandenen Entwässerungsgräben für den Bestand und den Planungsfall bei Bemessungsgrundwasser (HQ100)

6.2.1 Maximale Grundwasserstände und Flurabstände

Die Linien gleicher maximaler Grundwasserstände und Flurabstände sind jeweils in Zusammenhang mit der Flurstückskarte fein aufgelöst im Maßstab 1: 5.000 dargestellt, so dass die Betroffenheit für alle Grundstückseigentümer eindeutig erkennbar ist.

BEWERTUNG:

Die *maximalen Grundwasserstände* steigen – beeinflusst durch die Infiltration aus der Isar – mit zunehmender Jährlichkeit von HQ10, bis HQ50 und HQ100 insbesondere im Bereich der Isar an. In Richtung zum Modellrand wird dieser Einfluss immer geringer.

Bei *HQ10* liegen die Flurabstände überwiegend bei $\geq 0,5$ m, am südwestlichen Rand bei ≥ 3 m. An einigen wenigen Bereichen (zentraler westlicher Rand im Bereich des Freisinger Moores, am nördlichen linken Isarufer) steigen die Wasserstände zur Geländeoberkante und teilweise geringfügig darüber (bis Flurabstand ca. $< -0,1$ m). Unterschiede zwischen Bestand und Planungsfall sind nur in Deichnähe sichtbar bzw. innerhalb des Überflutungsgebietes sichtbar, da das Überflutungsgebiet bei HQ10 innerhalb der Altdeiche liegt.

Bei *HQ50* sind die Flurabstände ebenso überwiegend bei $\geq 0,5$ m und am südwestlichen Rand bei ≥ 3 m, der Flächenanteil mit Flurabstand $\geq 0,5$ m ist gegenüber dem HQ10 jedoch geringer. In den Bereichen mit Wasserständen \geq GOK steigen die Wasserstände gegenüber dem HQ10 an (bis Flurabstand ca. $> -0,5$ m). Unterschiede zwischen Bestand und Planungsfall sind stärker als beim HQ10. Dies macht sich vor allem durch die Anhebung des Wasserstandes im BA14 durch die Sohlschwellen bemerkbar.

Bei *HQ100* liegen die Flurabstände etwa zur Hälfte bei $\geq 0,5$ m, am südwestlichen Rand bei ≥ 3 m. In der anderen Hälfte liegen die Wasserstände nahe der Geländeoberkante oder darüber. Unterschiede zwischen Bestand und Planungsfall gibt es vor allem in neu geschaffenen Überflutungsbereichen durch die Deichrückverlegung (BA15) und im BA14 durch den höheren Wasserstand im Planungszustand. Bei HQ100 haben die Entwässerungsgräben entlang der Deiche im BA15c und BA15a sowie der Drainagegraben im BA14 bei Achering ihre größte Wir-

kung. Nur im Bereich des BA15c sind leichte Erhöhungen des max. Grundwasserstandes (ca. 0,1 bis 0,2 m) feststellbar. Die Sohlschwellen haben im Lastfall HQ100 einen geringeren Einfluss als im Lastfall HQ50.

6.2.2 Differenzen der maximalen Grundwasserstände Planung – Bestand

Um die Auswirkungen der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen genauer zu untersuchen, werden die Differenzen der maximalen Grundwasserstände Planung – Bestand (**Anlage 2.3, Anlage 3.3, Anlage 4.3**) analysiert und bewertet. Die vorgenannten Differenzenpläne sind jeweils zusammen mit den Flurabständen im Planungsfall und fein aufgelöst im Maßstab 1: 5.000 dargestellt, so dass die Betroffenheit für alle Grundstückseigentümer eindeutig erkennbar ist.

Wie die, in den **Abbildung 6-4, Abbildung 6-5** und **Abbildung 6-6** im Kleinformat dargestellten, Differenzenpläne zeigen, sind die Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen auf die Grundwasserstände wie nachfolgend beschrieben.

Maximale maßnahmenbedingte Auswirkungen bei HQ10 (Abbildung 6-4):

- außerhalb der Deiche nur sehr geringe Grundwasserstandserhöhungen um max. ca. 0,2 m, diese liegen im Bereich der natürlichen Grundwasserstandsschwankungen von 1 bis 2 m in diesem Gebiet,
- die stärksten Grundwasserstandsanstiege um max. 0,5 m am Anfang des BA14 im Bereich der Sohlschwelle,
- keine signifikanten Auswirkungen im Bereich BA15a, d.h. Änderungen < 0,1 m

Maximale maßnahmenbedingte Auswirkungen bei HQ50 (Abbildung 6-5):

- außerhalb der Deiche überwiegend geringe bis mäßige Erhöhung der Grundwasserstände um ca. 0,3 m bis 0,5 m, die im Bereich der natürlichen Grundwasserstandsschwankungen liegen,
- die stärksten Auswirkungen befinden sich am nördlichen Bereich des BA15 rechts am Übergang zum BA14 mit Erhöhungen um max. 1 m,
- geringer bis mäßiger Grundwasserstandsanstieg im Bereich BA15a von < 0,1 m (im Süden) bis max. 0,5 m (im Norden)
- Grundwasserstandsabnahme bei Acherling und im nördlichen Bereich des BA15c durch die geplanten Entwässerungsgräben von -0,3 m bis -1,0 m im direkten Bereich des Entwässerungsgrabens.

Maximale maßnahmenbedingte Auswirkungen bei HQ100 (Abbildung 6-6):

- außerhalb der Deiche überwiegend geringe Erhöhung der Grundwasserstände um ca. 0,3 m, diese liegen im Bereich des natürlichen Jahresganges
- am stärksten am südlichen und nördlichen Abschnitt des BA15a am rechten Ufer (Erhöhung max. 1 m)

- geringe Absenkung des Grundwasserstandes bei BA15c bis ca. max. -0,3 m aufgrund des Entwässerungsgrabens
- Absenkung des Grundwasserstandes in Achering durch geplanten Entwässerungsgraben von max. 1 m.

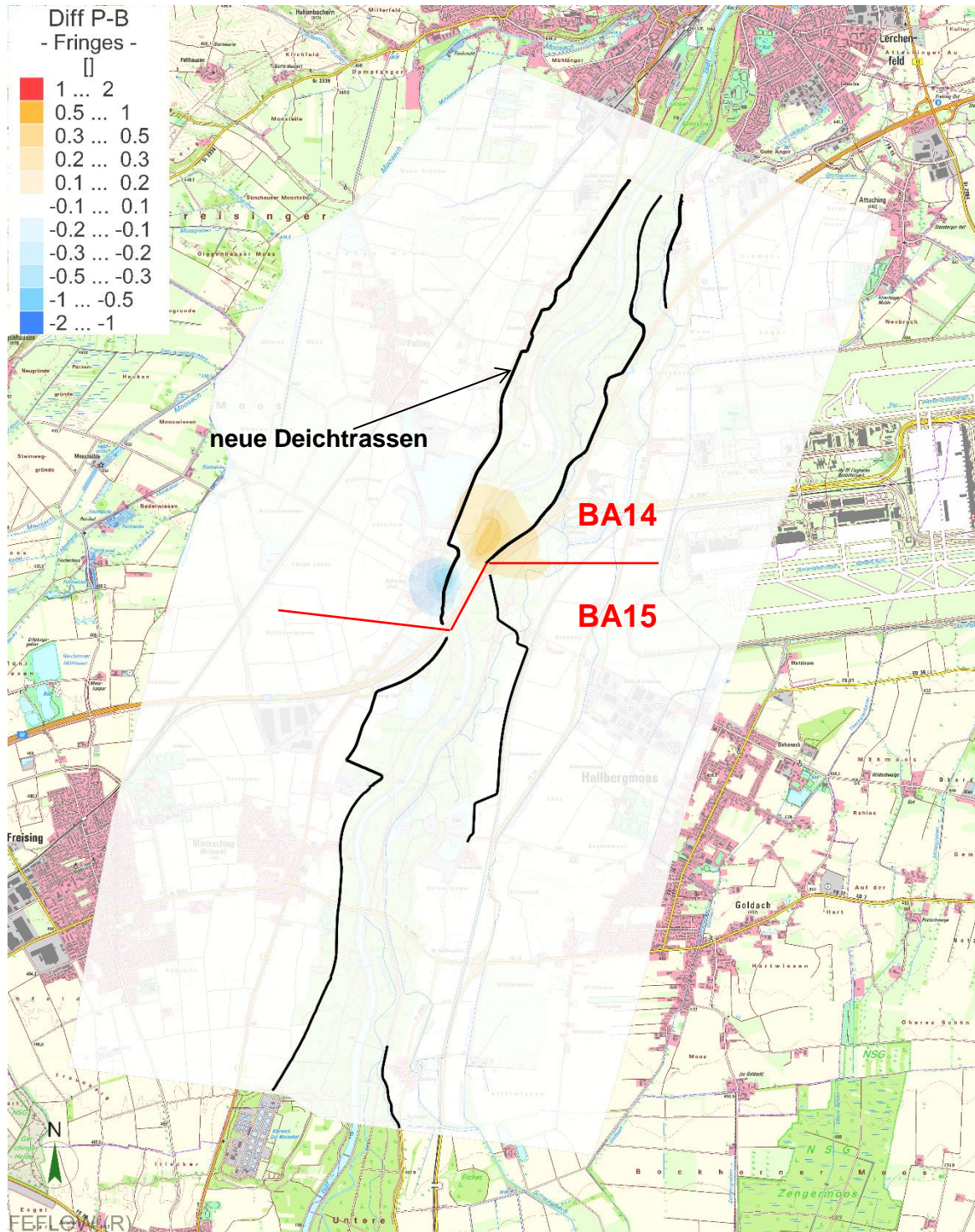


Abbildung 6-4 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ10

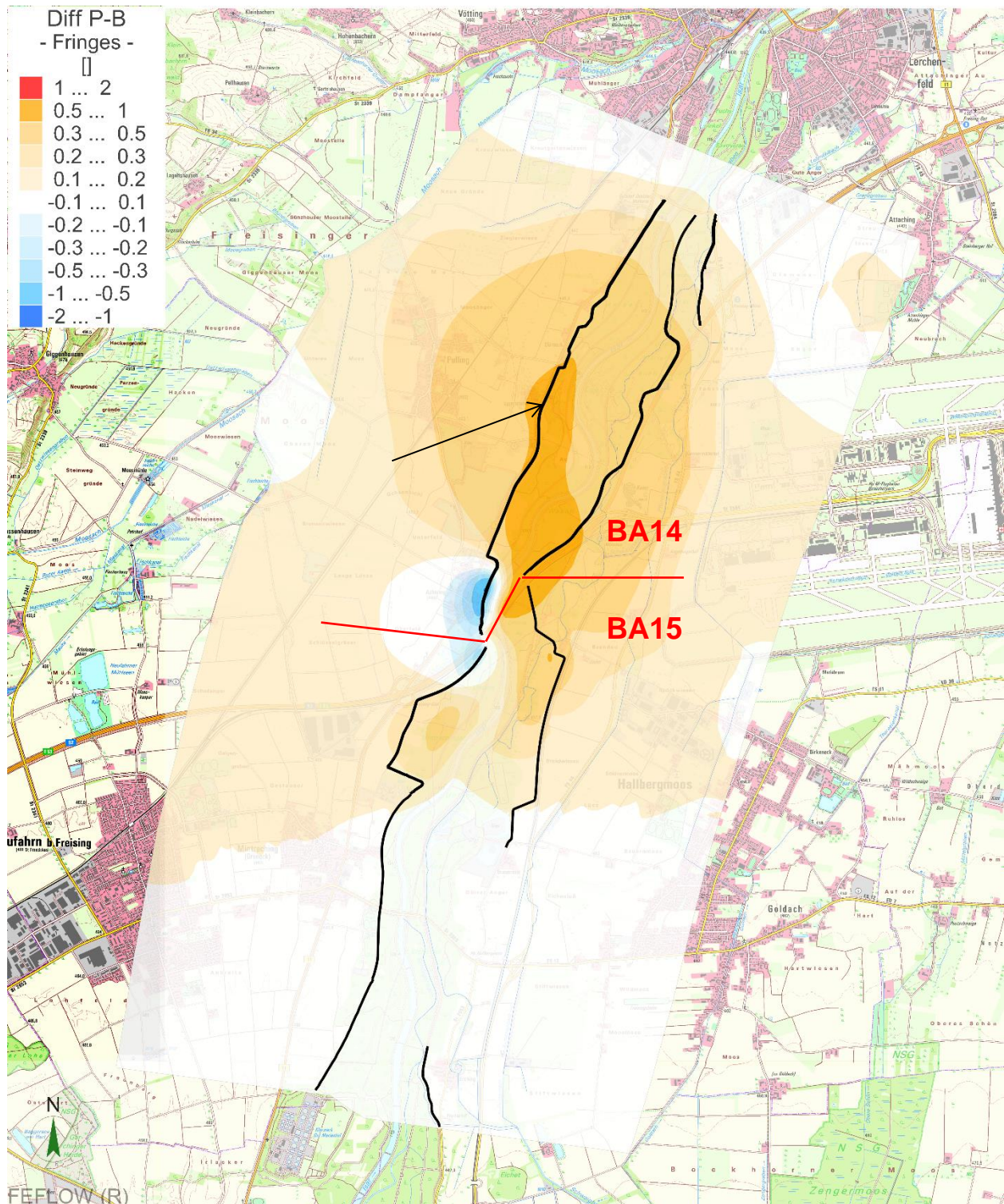


Abbildung 6-5 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ50

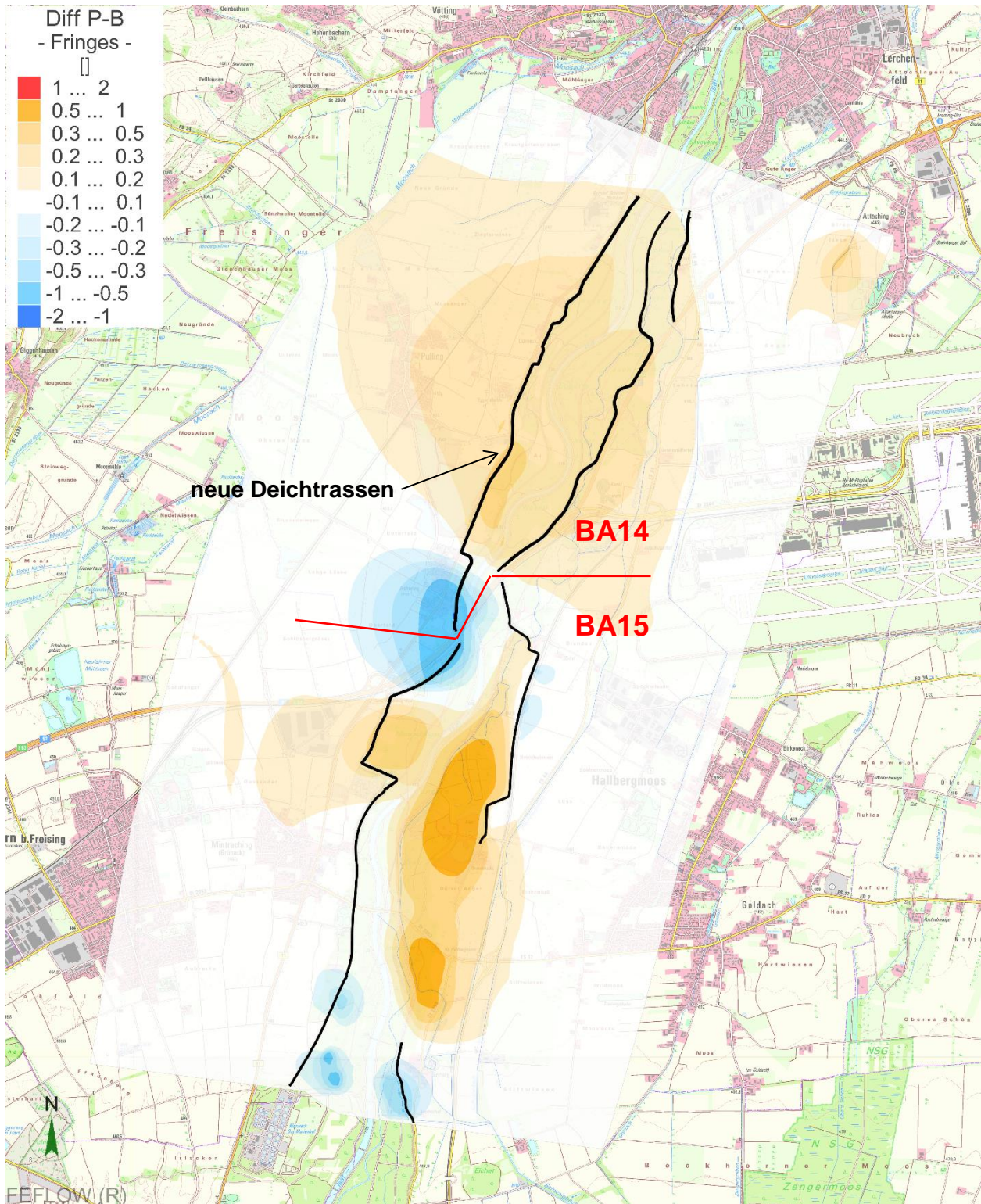


Abbildung 6-6 Differenzen der max. Grundwasserstände Planung – Bestand bei HQ100

Bewertung:

Die maximalen maßnahmebedingten Auswirkungen - bei einem Bemessungshochwasserstand HQ100 - liegen überwiegend innerhalb der Modellgenauigkeit und in vielen Bereichen bei < 10 cm.

Die stärksten Auswirkungen liegen im Bereich des BA15 mit einer vergleichsweise stärkeren Rückverlegung der Deiche. Hier sind Grundwasseraufspiegelungen außerhalb der Deichtrassen bis max. 1 m in Deichnähe sichtbar. Bereiche mit stärkeren Aufspiegelungen sind bspw. am BA15, linkes Ufer am südlichen Teil des BA15c sowie am BA15, rechtes Ufer am nördlichen Deichabschnitt.

In einem weiteren Bereich am rechten Ufer des südlichen BA15a werden zwar stärkere Aufspiegelungen prognostiziert, hier liegen jedoch überwiegend Flurabstände > 1 m vor, so dass die Auswirkungen nicht kritisch sind. In einem sehr kleinen Bereich zwischen dem Deich und der Ortschaft Erching sind lokal geringere Flurabstände vorhanden. Hier sollten die Grundwasserstände mittels Grundwassermonitoring (siehe [U3]) überprüft und überwacht werden.

6.2.3 Wasserbilanz bei Bemessungshochwasser (HQ100)

Die Grundwasserbilanz beim Durchgang der Hochwasserwelle bei HQ100 im Planungsfall ist in **Tabelle 6.1** tabellarisch zusammengestellt. Der maßgebliche Wasserzufluss wird mit ca. 97 % aus der Infiltration der Isar gebildet. Ein erheblicher Teil hiervon (ca. 45 %) wird im Untergrund gespeichert, ca. 29 % strömen nach Norden hin ab und ca. 25 % werden über Gräben abgeführt.

Tabelle 6.1 Grundwasserbilanz des instationären Strömungsmodells - HQ100 Planungsfall am Scheitelpunkt der Hochwasserwelle

Bilanzterm	Zustrom [l/s]	Abstrom [l/s]
Grundwasserneubildung	450	-
Oberflächengewässer	32.319	-8.439
Entnahmen	-	-130
Randzu- bzw.-abstrom	481	-9.665
Untergrundspeicher	91	-15.106
Summe	33.341	-33.340

6.2.4 Spezifische Wassermengen aus der Deichunterströmung

Als Grundlage zur Bemessung der Binnenentwässerung wurden die maximalen spezifischen Wassermengen je lfm. Deich aus der Deichunterströmung bei dem Bemessungshochwasser (Abflussszenario HQ100) im Planungsfall abgeschätzt. Hierfür wurde die Deichunterströmung für ausgewählte Deichabschnitte DW2 bis DW15 – wie in **Abbildung 6-7** dargestellt - berechnet. Die Ergebnisse in der **Tabelle 6.2** zeigen Folgendes:

- Die maximale Deichunterströmung liegt bei ca. 0,3 bis 1,5 l/s pro lfm. Deich.
- Im nördlichen BA14 – im Bereich höherer k_f -Werte - sind stärkere maximale Deichunterströmungen von bis zu 2 l/s/m ermittelt worden,
- Im südlichen BA15 – im Bereich geringerer k_f -Werte – sind niedrigere Deichunterströmungen von rd. 0,1 l/s/m vorhanden.

Tabelle 6.2 Spezifische Wassermengen Q_L aus der Deichunterströmung für den Planzustand HQ100 (Blau = geplanter Entwässerungsgraben)

Deichabschnitt	Q [l/s]	L [m]	Q_L [l/s/m]
BA14			
DW1	-	-	-
DW2	2487	1200	2,07
DW3	2290	1470	1,56
DW4	2077	1650	1,26
DW5	745	1370	0,54
DW6	1533	1380	1,11
DW7	1279	1673	0,76
DW8	603	1220	0,49
DW9	1827	1010	1,81
BA15			
DW10	402	750	0,54
DW11	1667	2400	0,69
DW12	57	900	0,06
DW13	2300	2100	1,10
DW14	1640	1800	0,91
DW15	273	1850	0,15

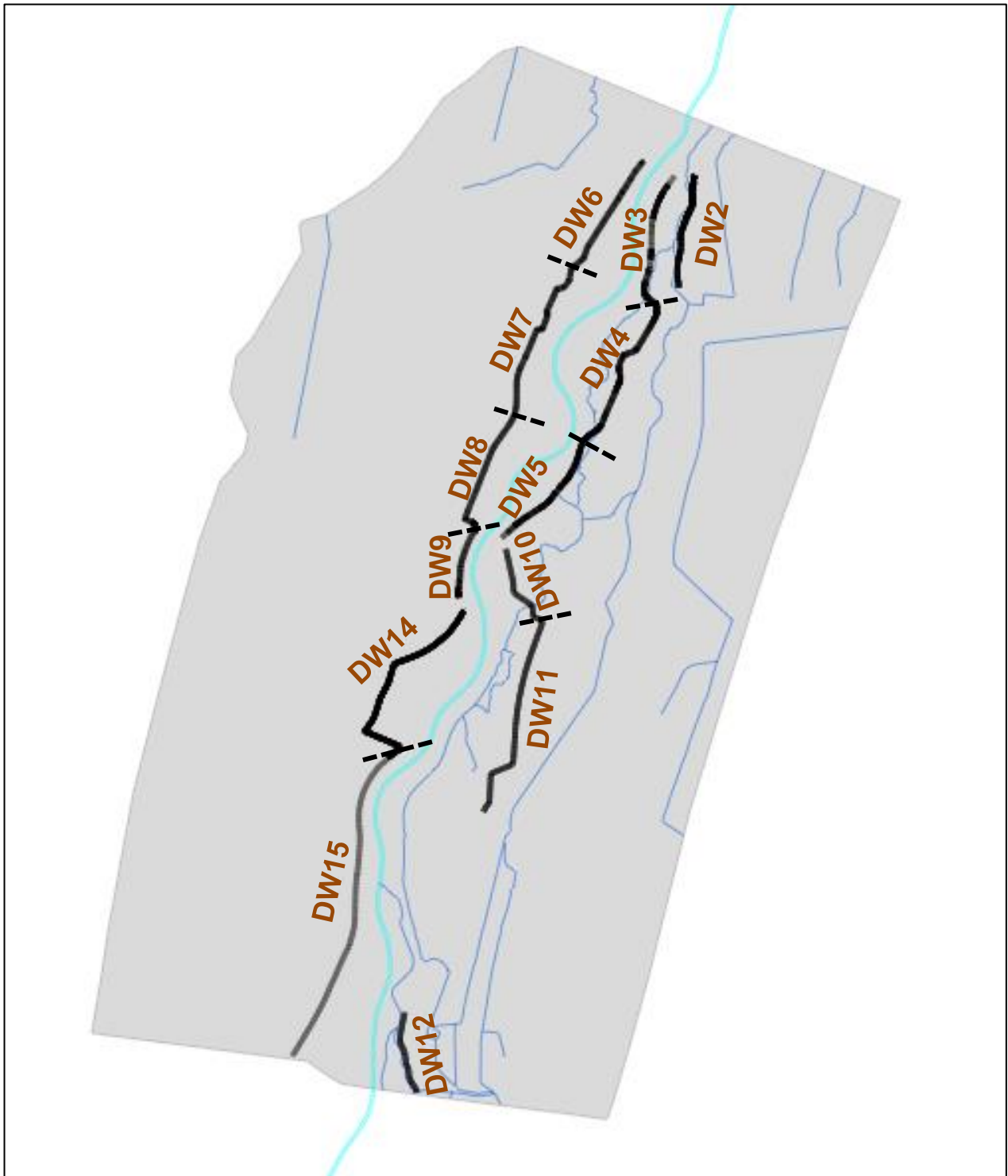


Abbildung 6-7 Dichtwandabschnitte (DW2 bis DW15) für die Ermittlung der spezifischen Wassermengen aus der Deichunterströmung

6.2.5 Wassermengen aus der Grabenentwässerung

Für die im Modellgebiet maßgeblichen Entwässerungsgräben (siehe **Abbildung 6-8**) wurden die maximalen Abflussmengen bei Bemessungshochwasser (Abflussszenario HQ100) für den Bestand und den Planungsfall ermittelt.

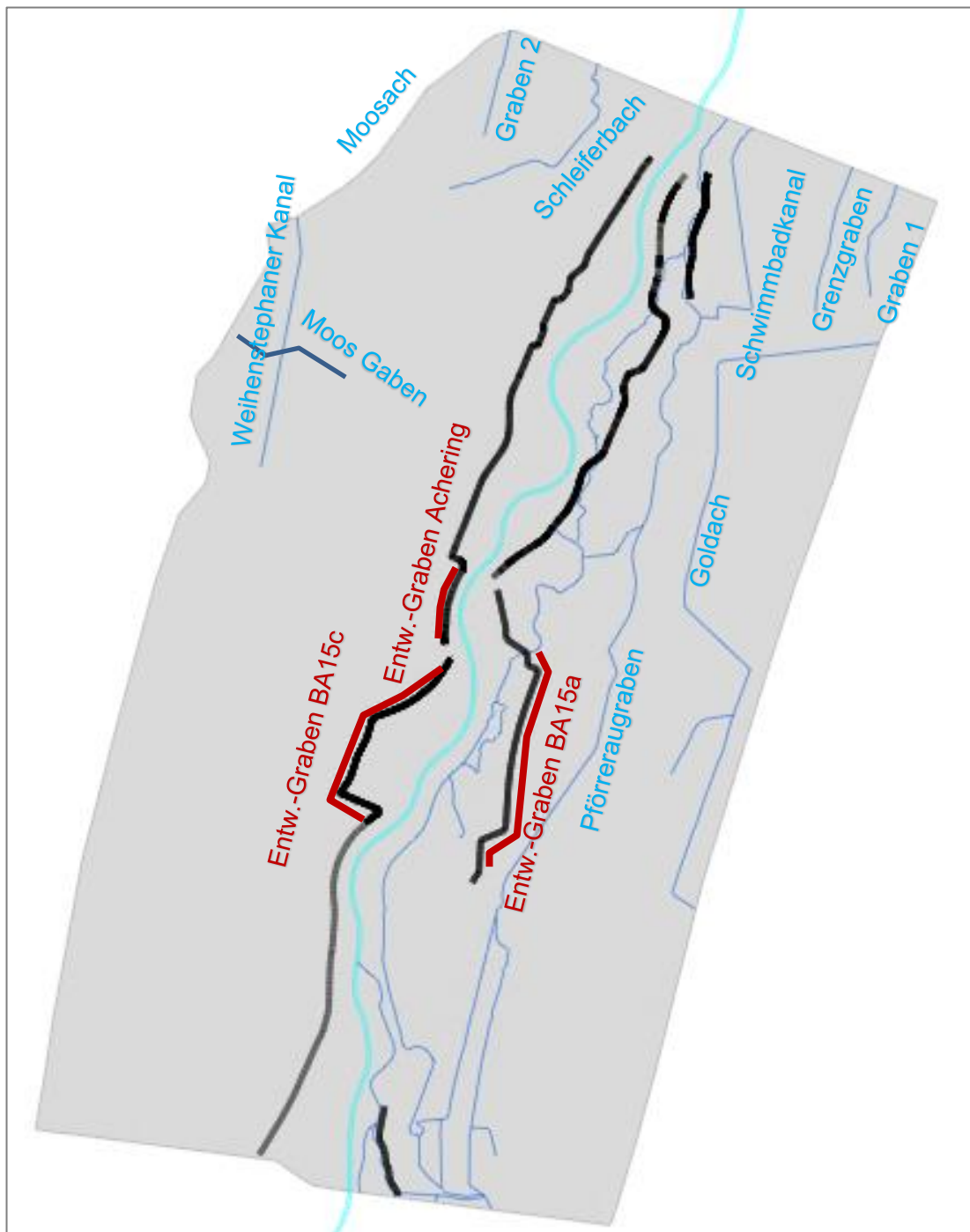


Abbildung 6-8 Maßgebliche Entwässerungsgräben im Modellgebiet (**Blau** = bestehende Gräben; **Rot** = geplante Entwässerungsgräben)

Die Ergebnisse in der **Tabelle 6.3** zeigen Folgendes:

- Generell ist die Binnenentwässerung (vorhandenes Grabensystem) rechts der Isar um ca. ein 4-faches größer als die Entwässerung am linken Ufer. Hier liegt ein dichteres Grabennetz vor.
- Durch die geplanten Entwässerungsgräben am BA15c und Achering schwächt sich dieses Bild jedoch ab.
- Die Grabenabführung steigt mit zunehmendem Wasserstand der Isar von HQ10 bis HQ100 an.
- Es sind jedoch keine maßgeblich höheren Grabenabflüsse durch die geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen zu verzeichnen.

Tabelle 6.3 Maximale Grabenabflüsse [l/s] bei HQ10, HQ50 und HQ100

Entwässerungsgräben	Bestand			Planung		
	HQ10	HQ50	HQ100	HQ10	HQ50	HQ100
Ufer links						
Schleiferbach	127	148	246	135	218	274
Graben 2	9	11	20	9	15	25
Moosach	234	289	385	276	364	439
Weihenstephaner Kanal	198	245	331	211	283	352
Graben zw. Obere/Untere Moos	91	139	218	79	175	234
Entwässerungsgraben Achering	-	-	-	593	1606	1900
Entwässerungsgraben BA15c	-	-	-	0	708	1370
Summe Gräben links	659	832	1200	1303	3369	4594
Ufer rechts						
Schwimmbadkanal	7	8	25	6	9	35
Pförreraugraben	10	22	80	8	57	115
Goldach	160	556	1190	211	1022	1502
Graben 1	872	904	935	876	919	945
Grenzgraben	1277	1526	1830	1300	1658	1912
Entwässerungsgraben BA15a	-	-	-	0	475	1200
Summe Gräben rechts	2326	3016	4060	2401	4140	5709

CDM Smith Consult GmbH
2022-12-13

erstellt:

ppa.

i.A.



Dr.-Ing. Klaus Piroth
Projektleiter



Johannes Drechsel, M.Sc.
Projektingenieur