

Dimensionierung eines Flood-MAR-Systems für Hochwasserschutz und Dürrevorsorge mit einem numerischen Grundwassermodell

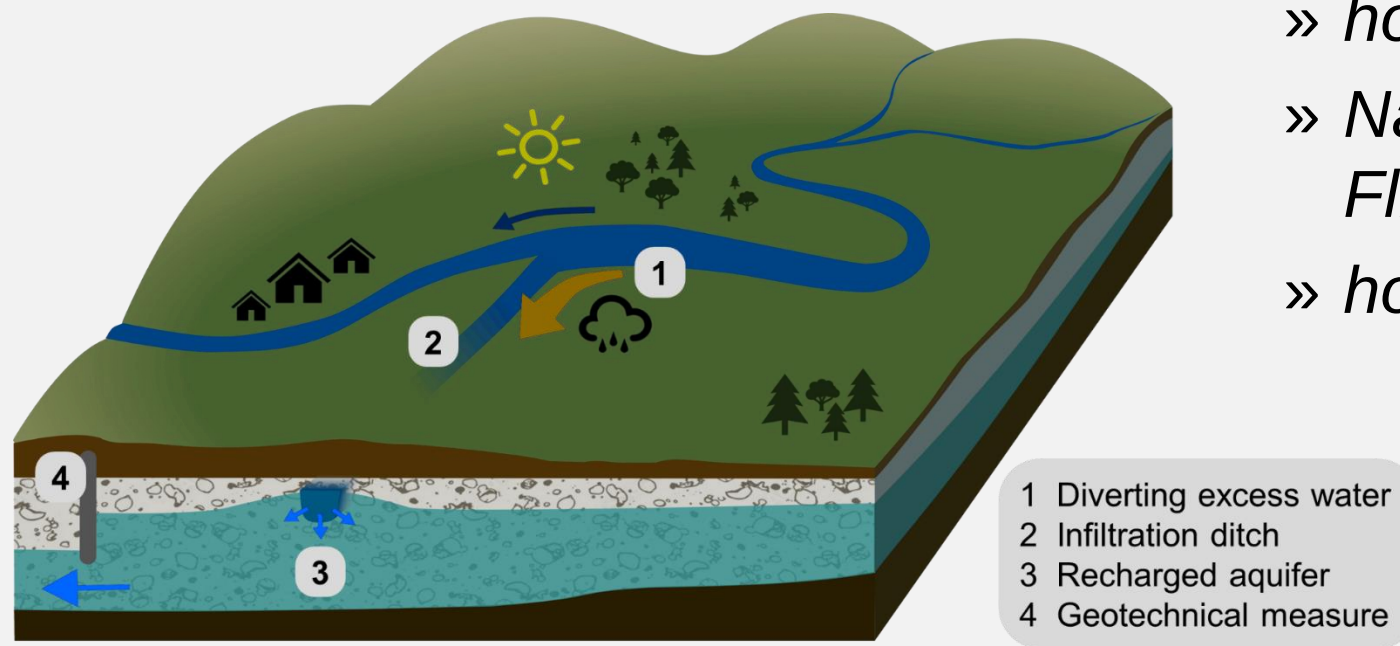
Saulo Vieira, Peter Schätzl, Jörn Bartels
AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH (s.vieira@aquasoil.de)

Hintergrund

Das Potential der Smart-SWS-Kombination von Hochwasserschutz durch Kappung von Flutspitzen mit der Dürrevorsorge durch saisonale Aquiferspeicherung wird an einem Beispielstandort anhand einer Simulationsstudie untersucht. Die Standortauswahl erfolgte auf Basis zuvor gemeinsam mit der TUM entwickelter Auswahlkriterien.

Auswahlkriterien waren

- » hohe Flurabstände im Jahresmittel
- » Nähe zu hochwassergefährdeten Fließgewässern 3. Ordnung
- » hohe k_f -Werte im Grundwasserleiter



Damit ist die Speicherung in der Größenordnung mehrerer 100.000 m³ erforderlich.

Eine Herausforderung besteht in der Kombination von sehr schneller Speicherbeladung mit möglichst langer Rückhaltung des Grundwassers in der Region. Für die saisonale Rückhaltung sind deshalb geotechnische Einbauten oder Modifikationen auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen.

Der ausgewählte Standort liegt beim Bidingen Ortsteil Ob im Allgäu. Das hochwassergefährdete Fließgewässer ist der Hühnerbach. Es besteht ein Hochwasserschutzsystem mit einem oberstromigen Hochwasserrückhaltebecken (HRB) des Zweckverbandes Hochwasserschutz Gennach-Hühnerbach von 358.000 m³ Kapazität.

Besonderheiten Standort Ob

1. Im Projektzeitraum (Juni 2024) HW-Ereignis der untersuchten Größenordnung (2x100.000 m³ HRB-Füllung) >> Messung und Modellkalibrierung möglich
2. (Resultat Studie) (i) Speicherfüllung durch vorhandenen Versickerungsgraben („Beibach“) und Randzufluss bei großen Flutereignissen in der Größenordnung 300.000 m³; (ii) aber Gefahr der Überflutung durch GW-Anstieg bei kurzzeitig hintereinander auftretenden HW-Ereignissen; (iii) damit Machbarkeit Speicherbeladung über Gräben nachgewiesen
3. HRB hat im Hochwasserfall konstanten, gedrosselten Ausfluss ins Versickerungsgebiet

Standortkonkrete Aufgabenstellungen an das Modell

1. In welchem Umfang ist schadlose zusätzliche Infiltration (=Speicherbeladung) möglich zur Entlastung des aktuellen Versickerungsgebietes entlang des im HW-Fall ortsumströmenden Beibachs? Dort besteht die Gefahr zu hoher GW-Stände.
2. In welchem Umfang ist schadloser zusätzlicher technischer Rückhalt möglich?
3. In welchem Umfang können und sollten kleinere HW-Ereignisse über den bestehenden Graben infiltriert werden?

Hydrogeologie und Simulationsmodell

Geologie

Sedimentbecken: Quartäre Schotterflächen und Flusstalfüllungen

Schmelzwasserschotter, würmzeitlich (Nieder- oder Spätglazialterrassen)

Hochleitfähige Sedimente ($k \geq 10^{-3}$ m/s).

Hydrostratigraphische Einheiten: Grobsand & Kies, schlecht sortierte Moräne und gut sortierte Moräne.

Hydrologische Bedingungen

Starker Oberflächenabfluss und Wechselwirkung mit dem Grundwasser über Austausch in Fließgewässern

Influente Bäche, Fluss und Gräben

Hochwasserrückhaltebecken (Damm) mit gedrosseltem Abfluss im Aufstau von max. 4,5 m³/s

Grundwasserstände langfristig sinkend

Vulnerable Ökosysteme:

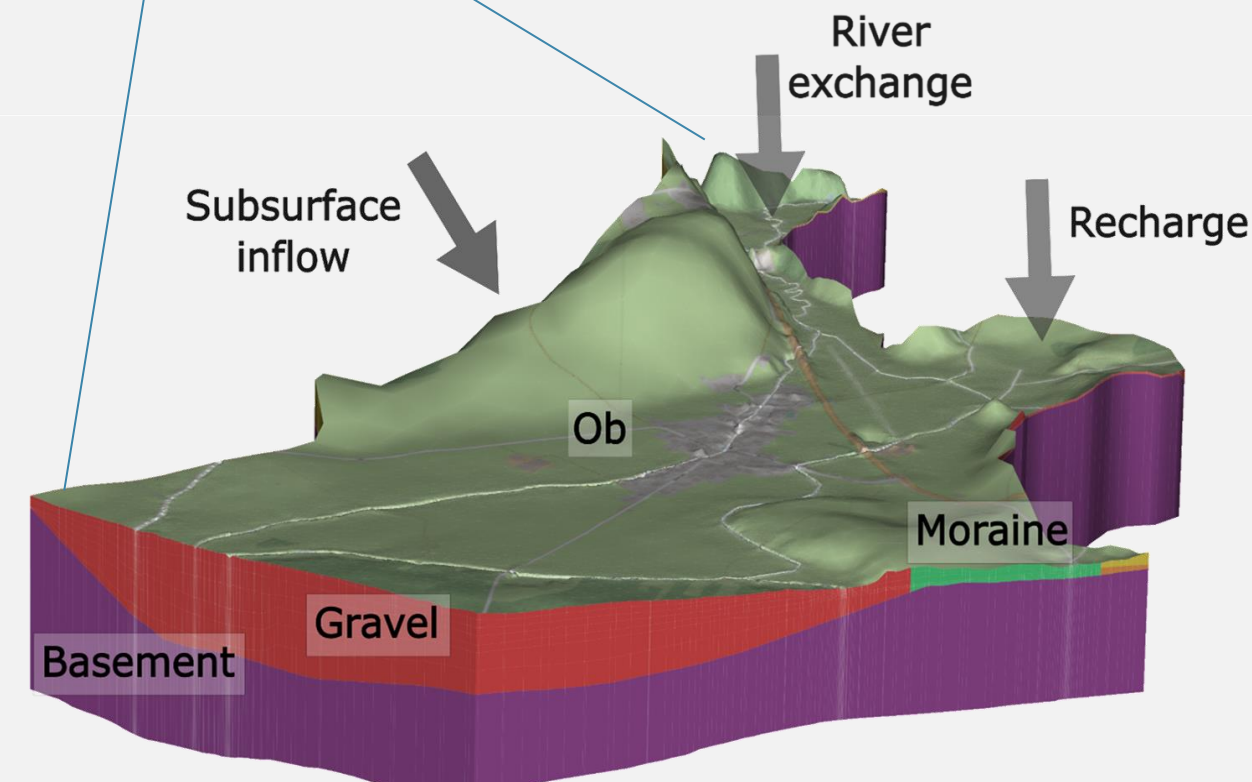
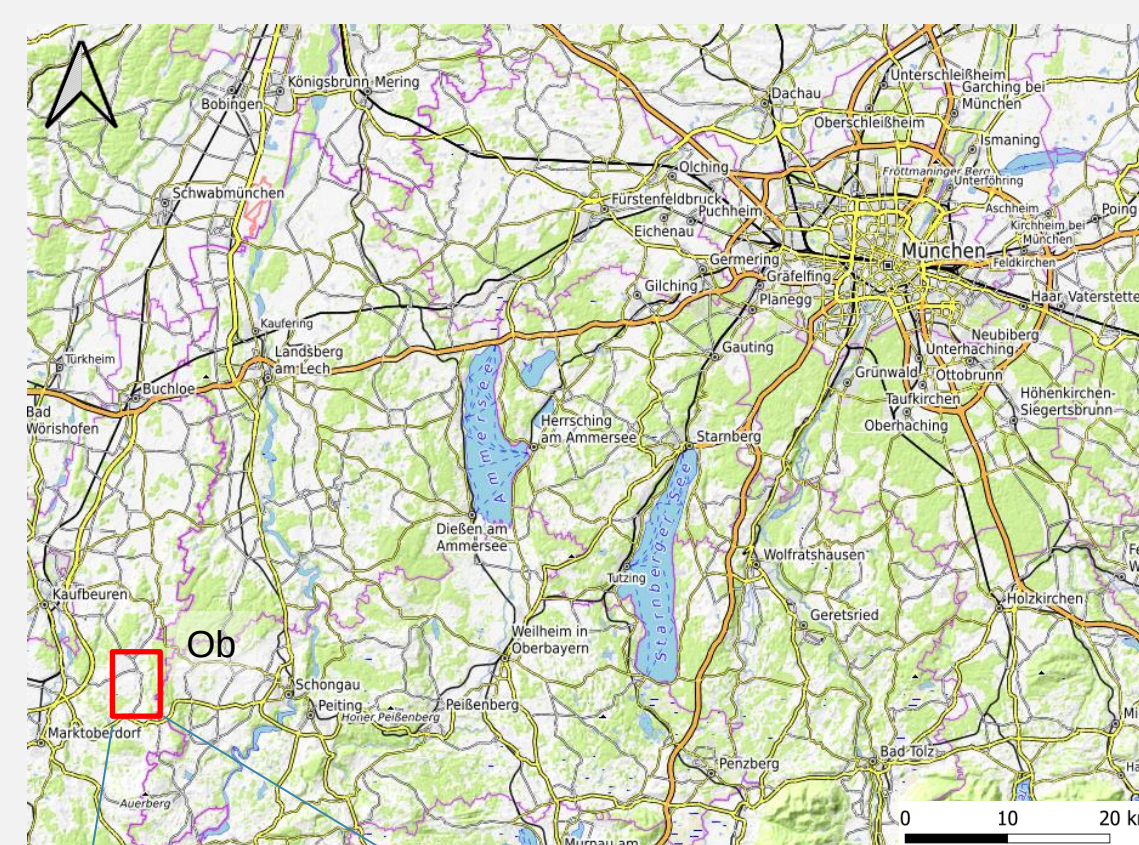
angrenzende Mooregebiete; Entlastung HRB „Engelmaiersee“ mit Biotopüberflutung im Abstrom; Sicherstellung des ökologischen Mindestabflusses bei intensiven Dürren

Finite-Elemente-Modell auf Basis des Simulators FEFLOW

- Die Modellfläche beträgt rund 20 km²
- ungespanntes Modell mit 9 Schichten
- 2,6 Mio. Elemente
- 3 hydrostratigraphische Modelleinheiten



Versickerungsgraben „Beibach“ im HW-Fall: Das Untersuchungsgebiet verfügt über ein Hochwasserschutzsystem, das Hochwasser im Beibach um Ob herumleitet.



Kalibrierung

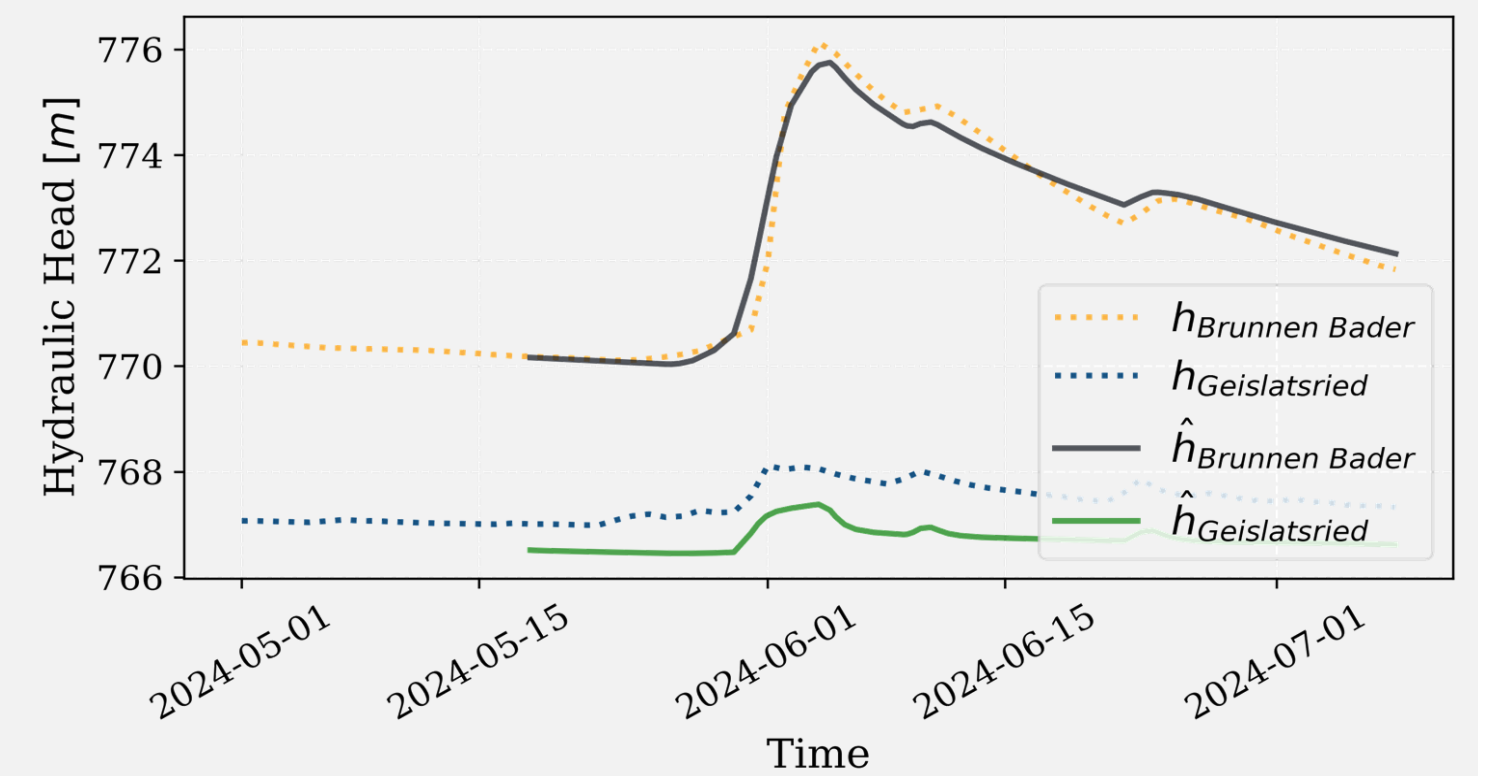
Modelle: (i) stationär, (ii) Hochwasserereignis 2024, (iii) Anfangsbedingungen

empfindlichste Parameter: hydraulische Leitfähigkeit (k_f) und Transferrate zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser (t_r)

Hauptergebnis: $k_{Kies} = 6 \times 10^{-3}$ m/s, $k_{Moräne} = 1 \times 10^{-7}$ m/s, $t_r = [650, 860] \frac{1}{d}$

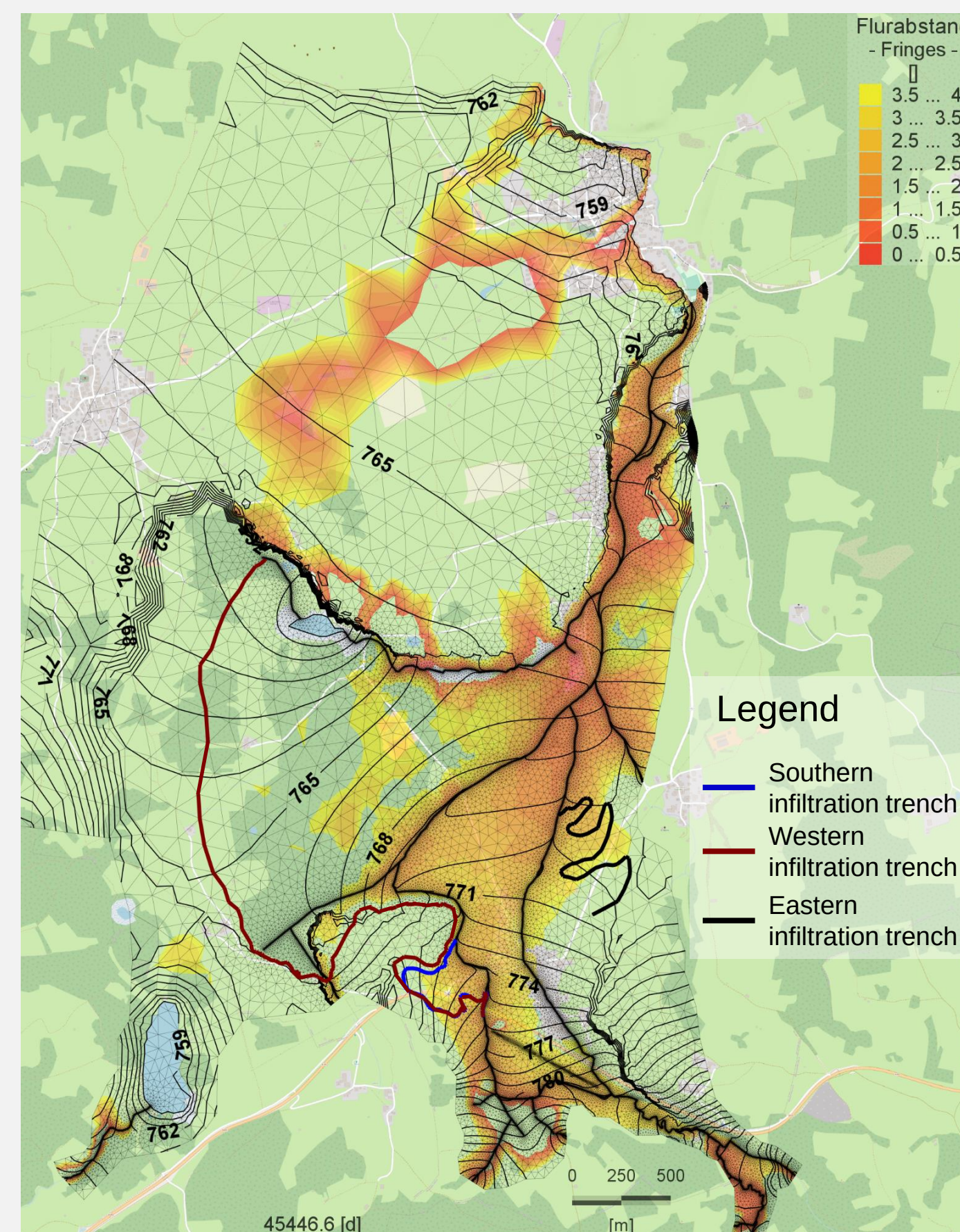
Der **Beibach-Graben** versickert 1,2 hm³

Das Ereignis wird als **Referenzszenario (RS)** für die Planung zusätzlicher Gräben und geotechnischer Retentionsmaßnahmen verwendet.

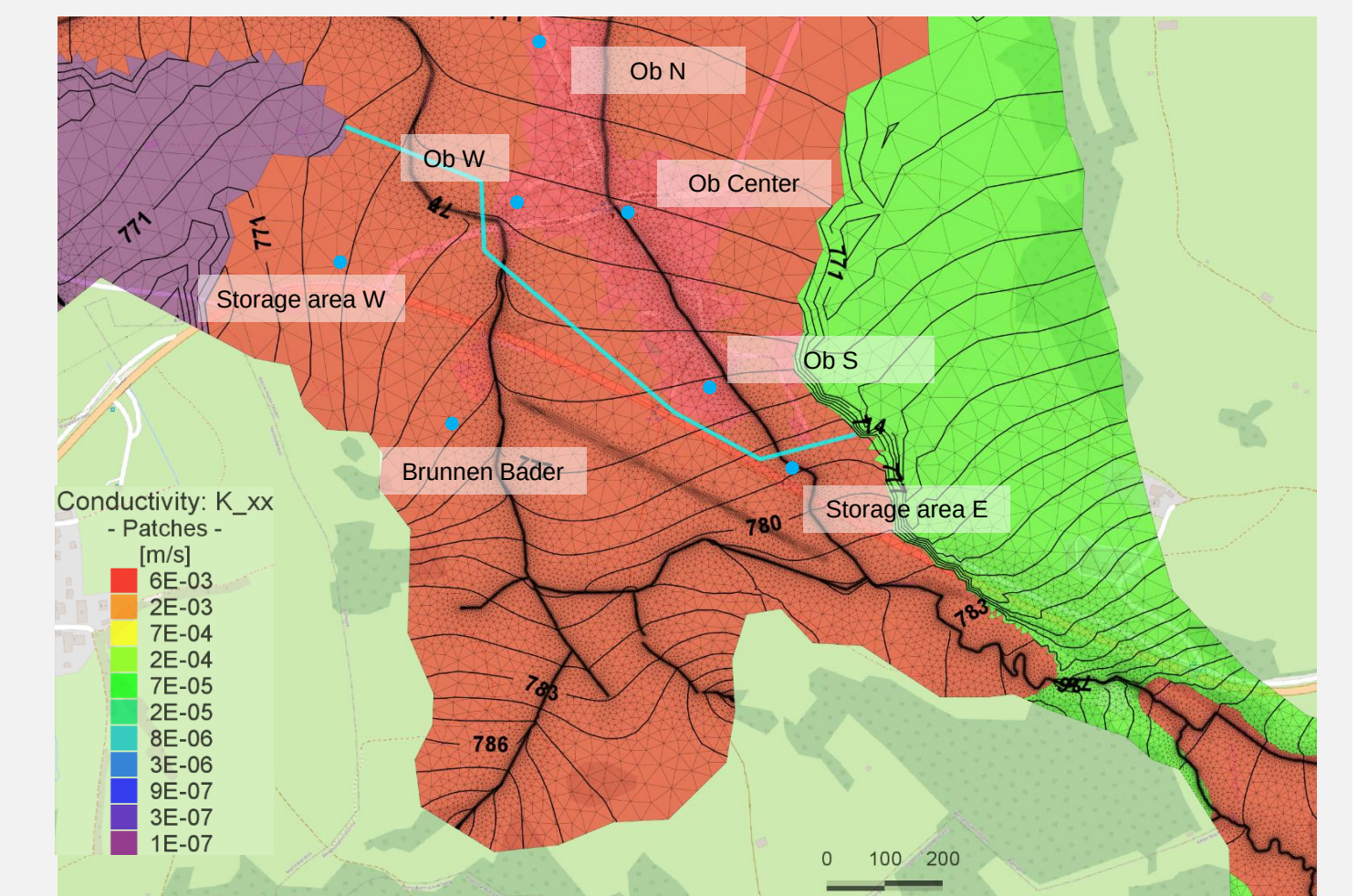
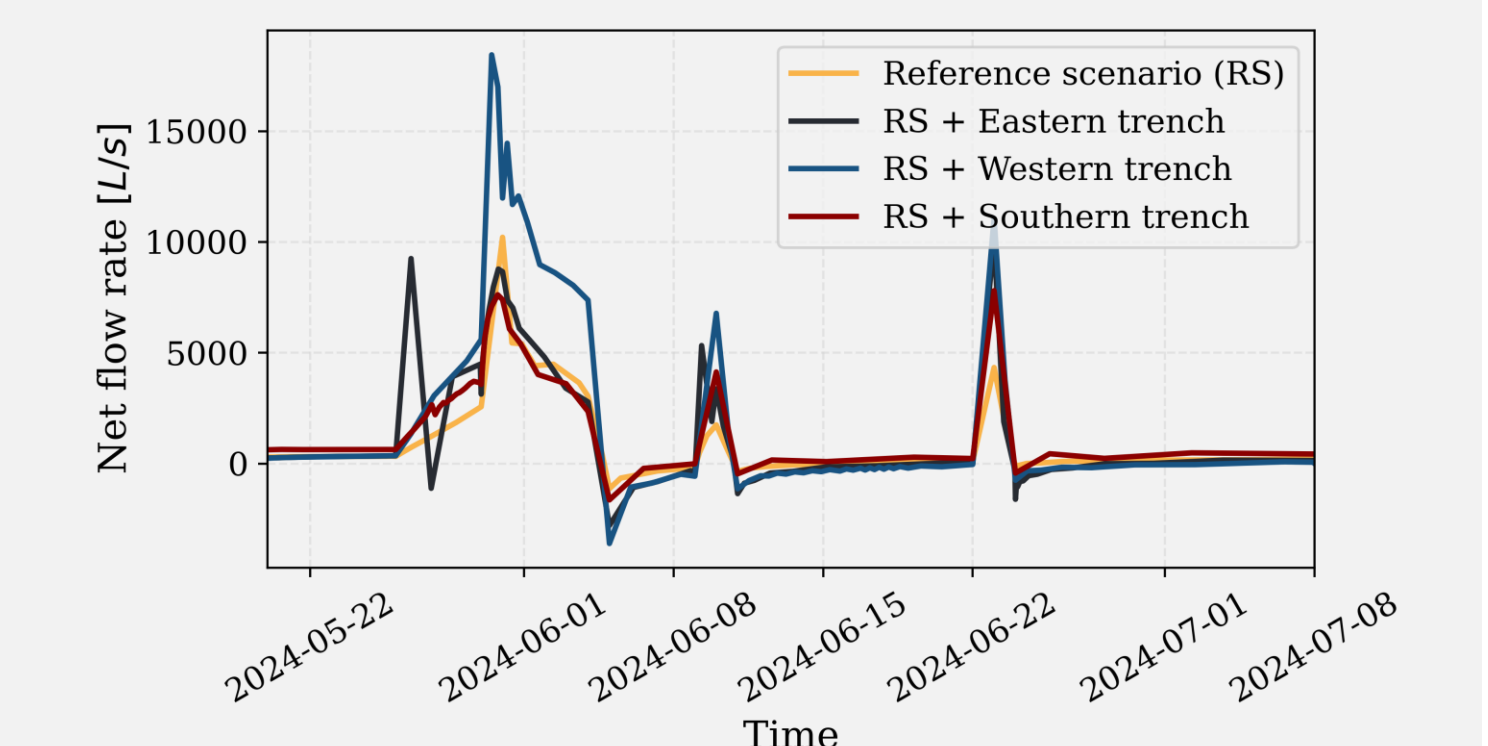


Kalibrierung des HW-Ereignisses 2024 auf Basis von der TUM gemessener GW-Verläufe (Punktklinien; „Brunnen Bader“ im Speichergebiet, „Geisatsried“ im Abstrom). Die Kalibrierung wurde durch Überprüfung des Wasserhaushalts des Grabensystems validiert.

Versickerungs- und Rückhalteszenarien für Ob



Links: Flurabstandskarte bei maximaler Speicherbeladung während der Referenzflut 2024; farbig: Gebiete mit Flurabstand <4m (=„Speicher gefüllt“); Lage der zusätzlichen Versickerungsgräben
Rechts oben: Gesamteinfiltrationsrate Modellgebiet; Referenzflut 2024 (RF) und 3 Varianten mit zusätzlichen Versickerungsgräben im Osten, Westen und Süden des geplanten Speicherbereiches
Rechts unten: Lage der Beobachtungspunkte im Modell und der Abflusshinderung für die Variante „Südlicher Versickerungsgraben“.



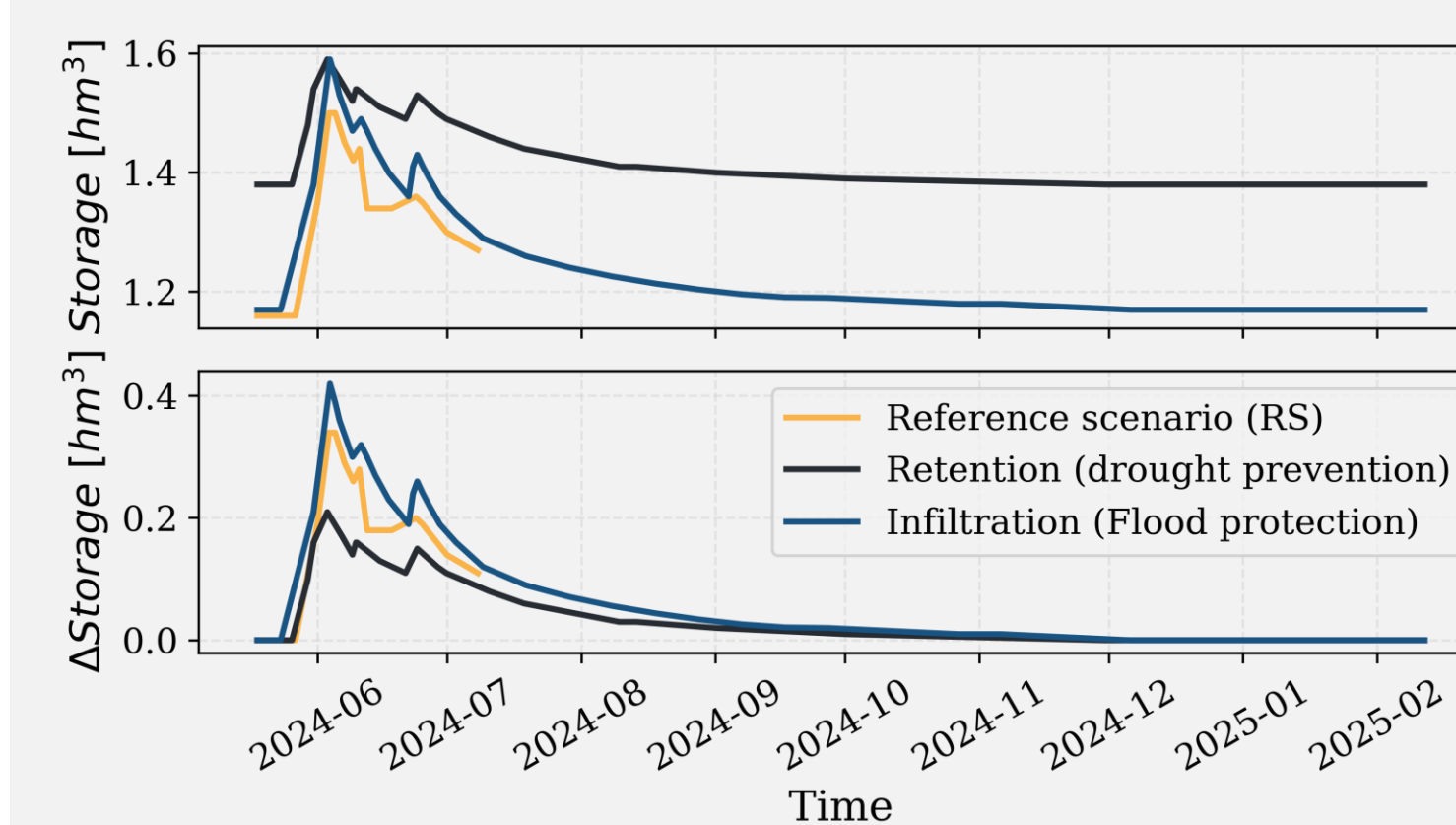
Saisonale Aquiferspeicherung

Erstes Beispiel: Zusätzlicher Südgraben & Rückhaltung ($k \geq 10^{-5}$ m/s) in geologisch günstigste, aber kleinste Fläche, „kleine Lösung“ (Abb. oben)

Zusatzspeicherung von max. 76.000 m³, aber schneller Abfluss wenn keine Rückhaltung

Rückhaltung von 0,2 hm³ ohne Flut aber Reduzierung des Einspeicherpotentials bei einem Flutereignis

Die Optimierung Rückhaltung vs. Zusatzinfiltration steht noch aus.

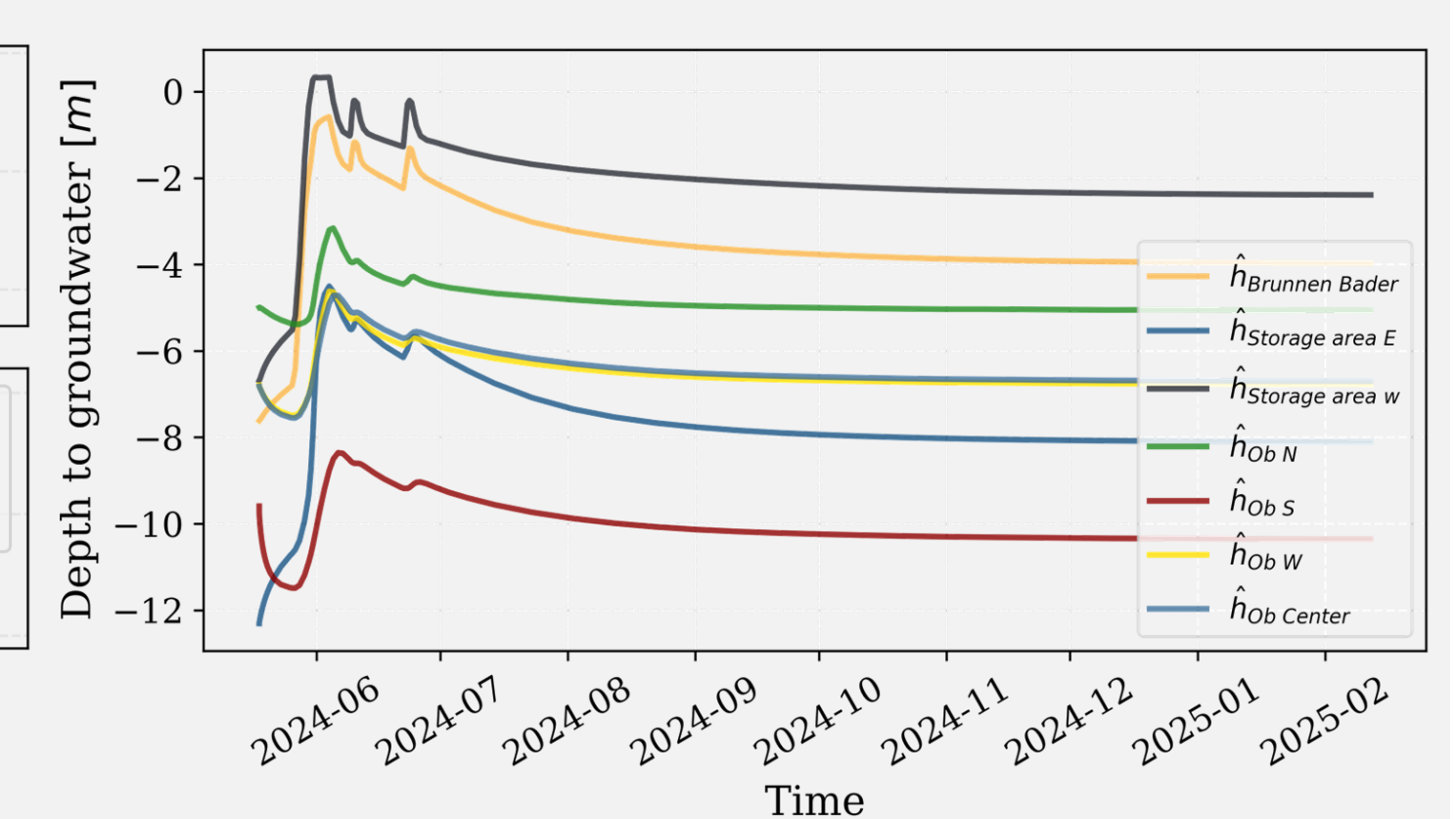


Hochwasserschutz

Potential für zusätzliche Infiltration (aus Ratenkurven oben, bezogen auf gesamtes Modellgebiet).

Keine Vernässungsgefahr in der Ortslage Ob (Flurabstand > 3 m in Ob - Ganglinien unten).

	Gesamtes Gewässernetz	Indiv. Graben
Westgraben	6,9 hm³ (186% RS)	5,8 hm³
Südgraben	4,4 hm³ (119% RS)	1,1 hm³
Ostgraben	4,3 hm³ (116% RS)	2,6 hm³



Fazit und Ausblick

Fazit

Der ausgewählte Aquifer am Standort Bidingen-Ob eignet sich zur Einspeicherung von Flutwasser in der angestrebten Größenordnung. Der Nachweis erfolgte an einem Ereignis in 2024 (Kombination von Punktmessdaten & kalibriertem Simulationsmodell)

Ausblick

Optimierung des Verhältnisses von Aquiferspeicherung (Dürrevorsorge) zu Infiltrationspotential im Flutfall (Hochwasserschutz) über Variation der Abflusshinderung und Berücksichtigung kleinerer HW-Ereignisse und Speicherdynamik in Trockenzeiten