



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



# Auswirkungen gesteuerter Flutpolder auf den Grundwasserhaushalt

Wolfgang Kinzelbach  
ETH Zürich

Gesteuerte Flutpolder in Theorie und Praxis, 11.11.2015, Mertingen bei Donauwörth

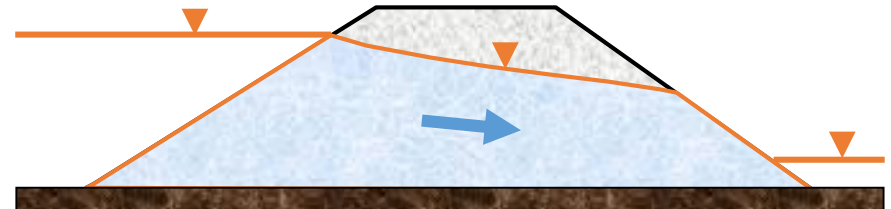
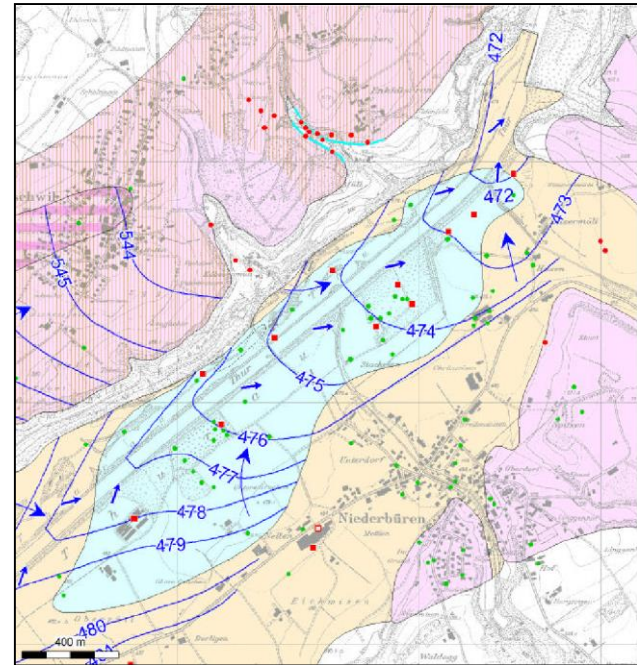
# Inhalt

- Grundlagen der Grundwasserströmung
- Einfluss von Hochwasser auf Grundwasserstände
- Ausgleichsmaßnahmen
- Beispiel: Flutpolder Wörth-Jockgrim, Rheinland-Pfalz
- Rolle von Grundwassermodellen in Modellierung und Prognose
- Schlussfolgerungen

# Wie Grundwasser fließt

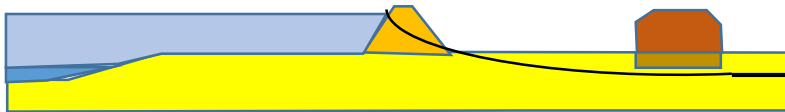
- Fließrichtung gemäss Grundwasserspiegelgefälle, senkrecht zu Linien gleicher Grundwasserhöhe
- Spezifischer Abfluss proportional zu Gefälle

Darcy Gesetz:  $v = k_f I$

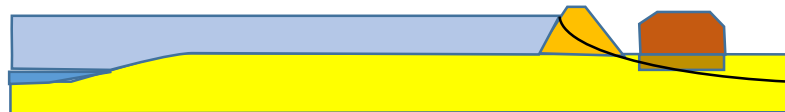


# Einfluss von Hochwasser auf Grundwasserstände

- Hochwasserstand im Fluss breitet sich im Grundwasser auf Landseite des Deichs fort



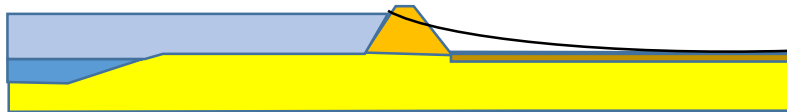
- Rückverlegung des Deichs in Richtung Siedlung führt zu verstärkter Grundwasserspighöherhöhung im Siedlungsbereich



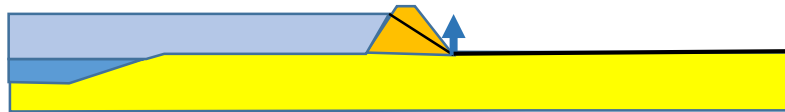
Ein Grund für Opposition gegen Flutpolder

# Druckausbreitung

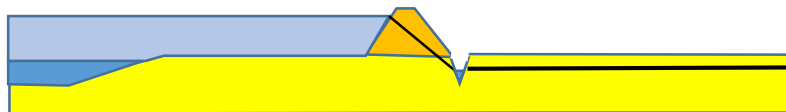
- bei gespannten Verhältnissen unter Auelehm: schnell, grosse Reichweite



- bei freiem Wasserspiegel: Druckabfall durch Austritt von Qualmwasser



- mit zusätzlicher Drainage: Hinterland von Polder entkoppelt



# Prinzip der Ausgleichsmassnahmen

- Bremsen der Druckwelle durch Drainage
- Realisierungsmöglichkeiten
  - dammbegleitendes Drainagegewässer
  - Nutzung vorhandener Baggerseen und Altwasserarme
  - Brunnenreihe
- Rückführung von Dränagewasser in den Polder erforderlich
- Erhöhung der Wirkung durch Vorabsenkung
- Spundwände in Deichen zur Minderung des Wasserandrangs

# Beispiel Oberrhein: Flutpolder Wörth-Jockgrim

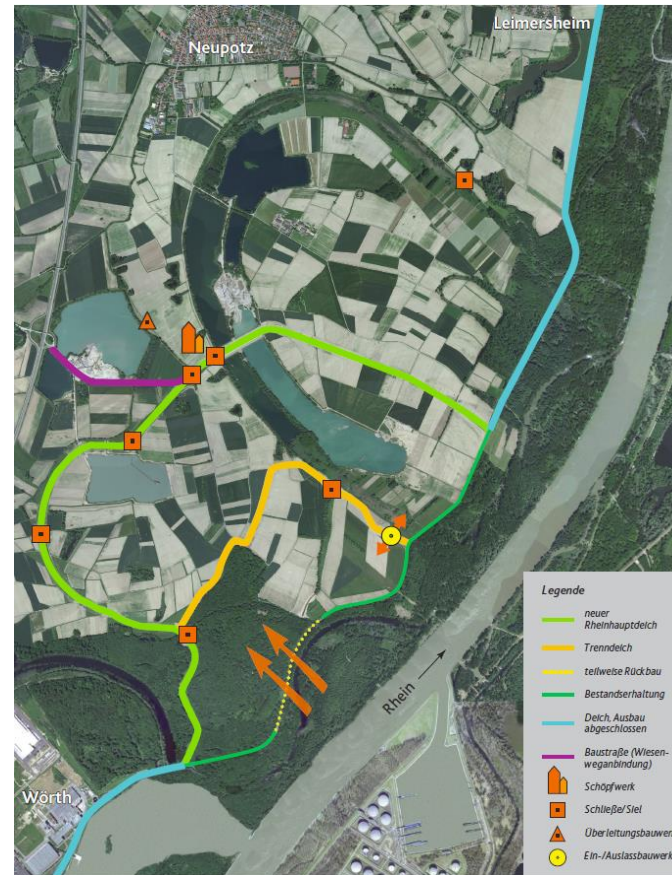
Retentionsvolumen  
18.05 Mio. m<sup>3</sup>, davon  
13.85 Mio. m<sup>3</sup> gesteuert

Bauzeit  
2005-2011

Einsatz bei Rheinabfluss  
5300 m<sup>3</sup>/s am Pegel Worms

(Eintretenswahrscheinlichkeit  
etwa 5 mal pro Jahrhundert)

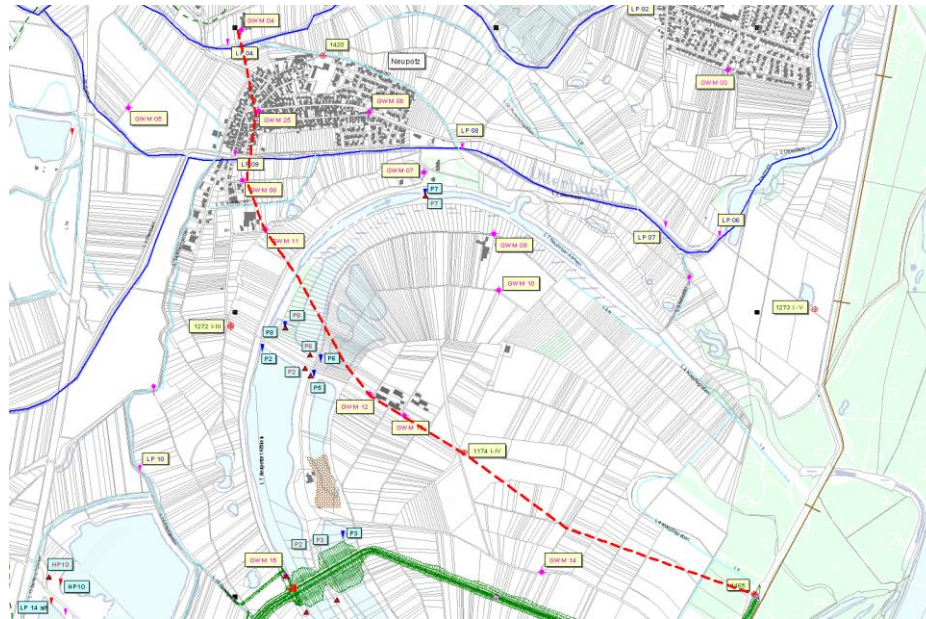
Gesamtkosten rund 50 Mio. Euro



# Günstige Ausgangssituation: Altrhein als Drainagegewässer

Altrhein plus Baggersee mit Schöpfwerkanschluss war schon vor Polderbau als Schutz gegen Grundwasserwelle vom Rhein her wirksam

Schnittspur  
für Animation

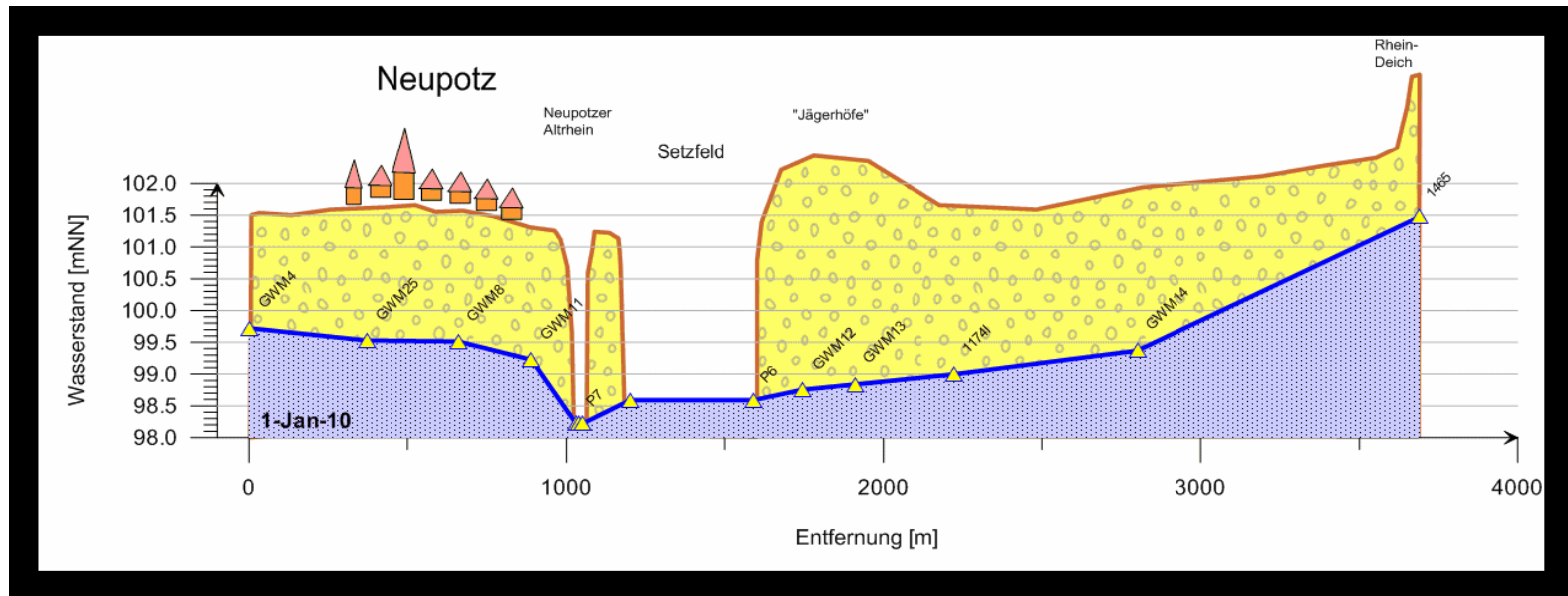


Stephan, hydrag, 2011



# Altrhein und Baggersee als Drainagegewässer: Beobachteter GW-spiegel 2010

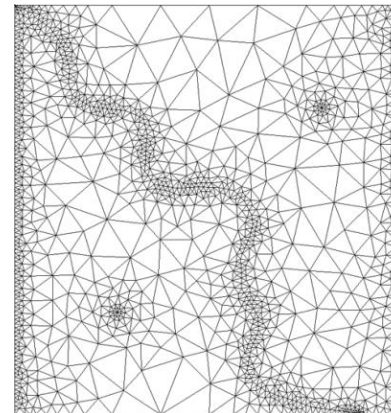
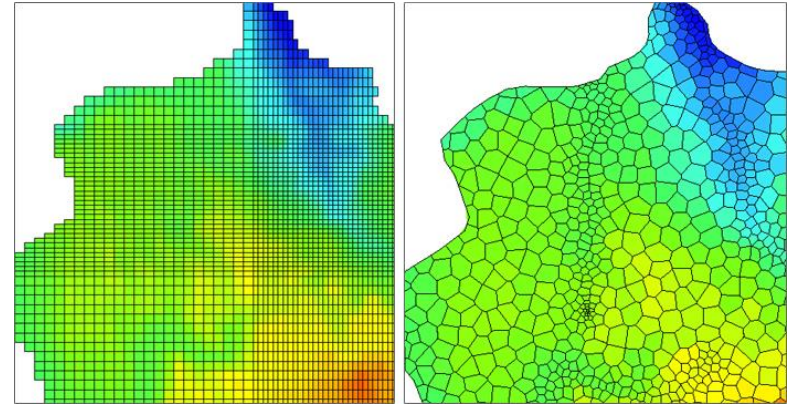
Grundwasserbewegungen im Jahr 2010 (stark überhöht dargestellt)



# Rolle von Grundwassermodellen

- Planungswerkzeug
- Berechnet
  - Grundwasserhöhen
  - Abflüsse/Sickerwasserandrang
  - Grundwasserbilanzen
  - Einzugsgebiete von Brunnen
- 'Buchhalter' für Grundwasserbilanzen
- Numerische Lösung auf diskretisiertem Raumgitter

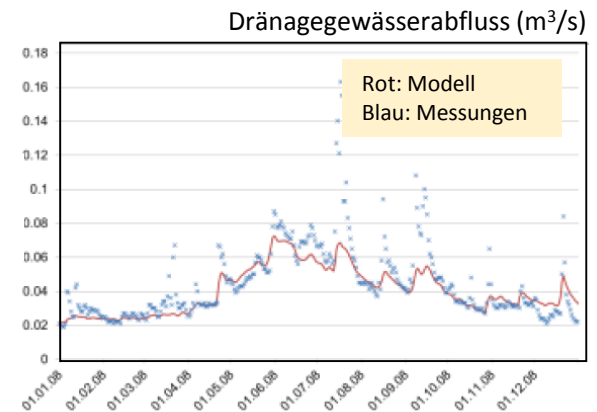
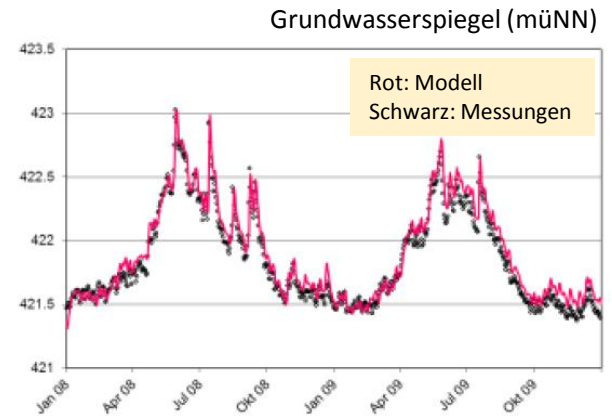
FD und FV (z. B. MODFLOW)



FE (z. B. FEFLOW)

# Rolle von Grundwassermodellen

- Kalibrierung notwendig um nachzuweisen, dass Modell die Vergangenheit korrekt reproduziert
- Nachbildung von Grundwasserganglinien und Abflussganglinien von Drainagegewässern
- Erst dann: Einsatz in der Prognose



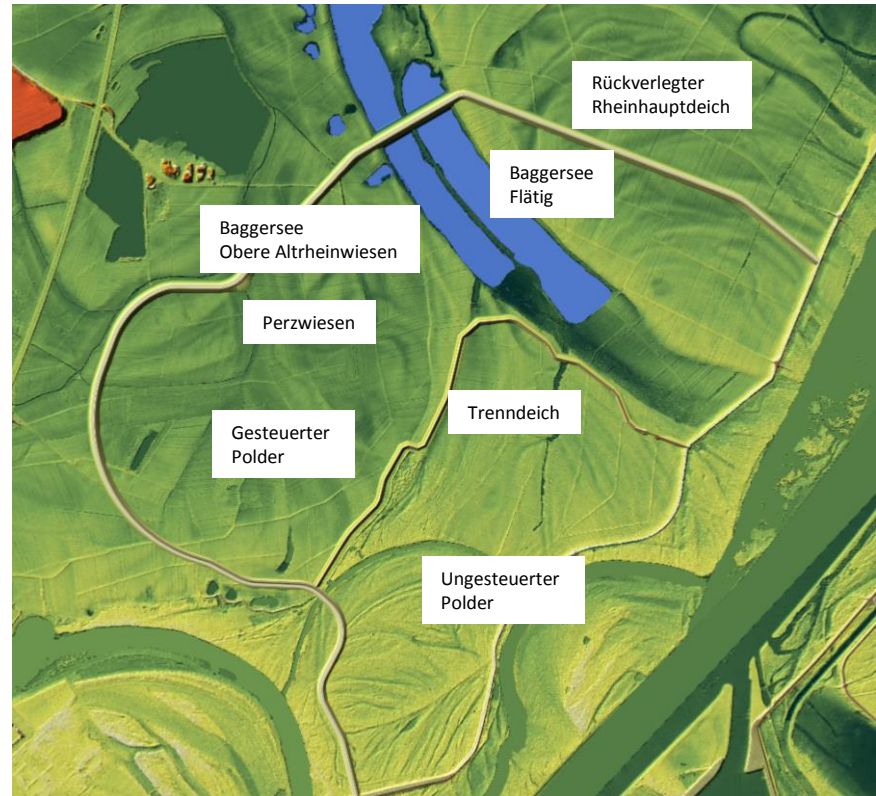
# Zu beachten

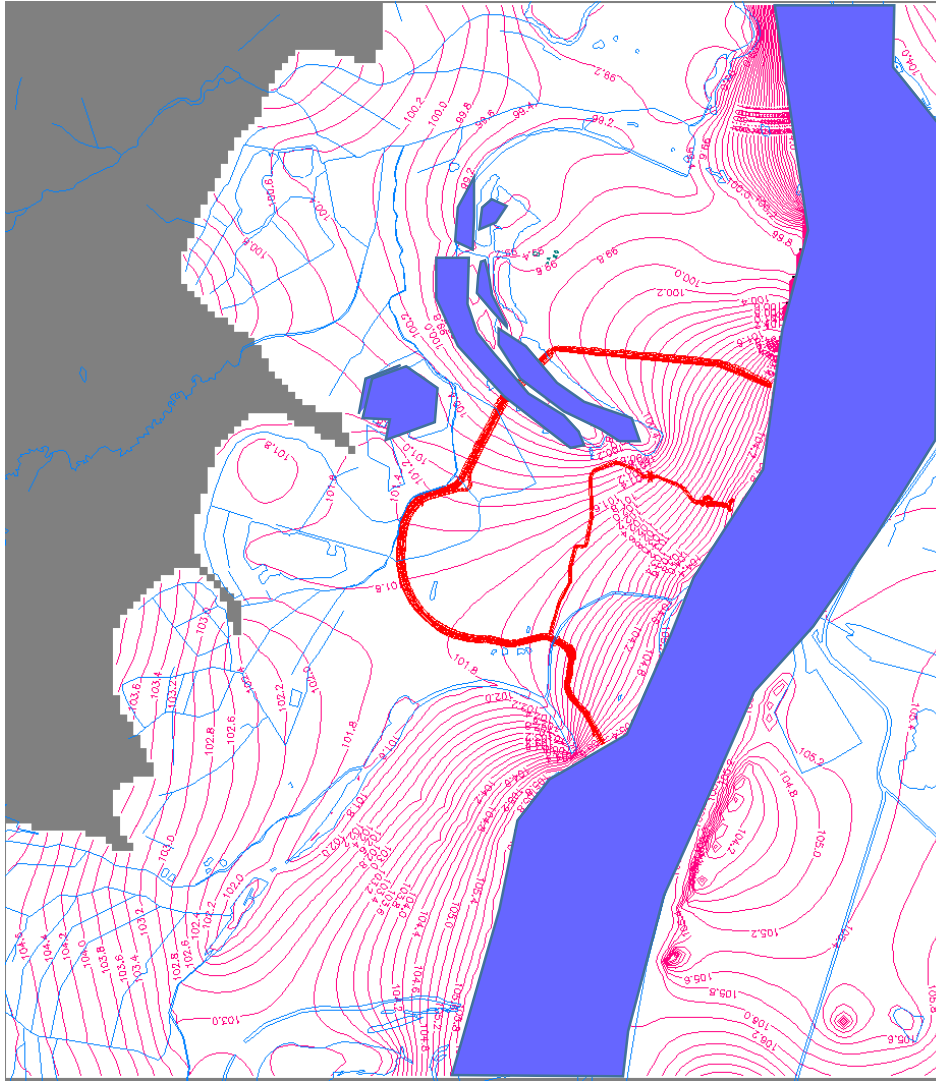
- Auswirkungen von Polder und Ausgleichsmaßnahmen können nur rechnerisch bestimmt werden.
- Nur im Modell kann die Differenz zum Ist-Zustand (wahlweise mit und ohne Ausgleichsmaßnahmen) ermittelt werden

Beispiel Polder Wörth-Jockgrim 

# Wichtige Inputdaten

- Neben hydrogeologischen und hydrologischen Daten:
- Geländeverlauf und Sohlhöhen von Drainagegewässern für Druckwasseranfall und -abfluss entscheidend
- Lidardaten liefern heutzutage genauestes digitales Geländemodell

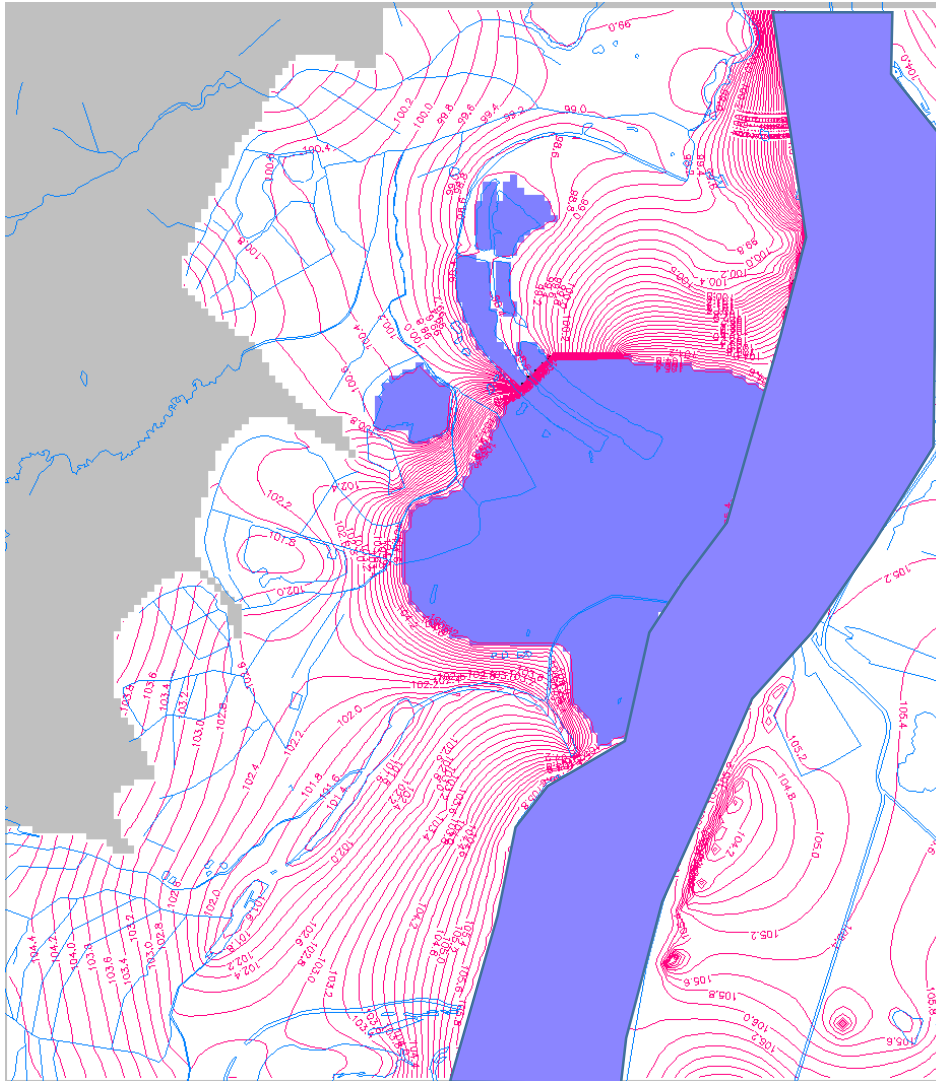




# GW-stände ohne Flutpolder

Berechnung der  
Grundwasserhöhen bei  
Bemessungsbedingungen

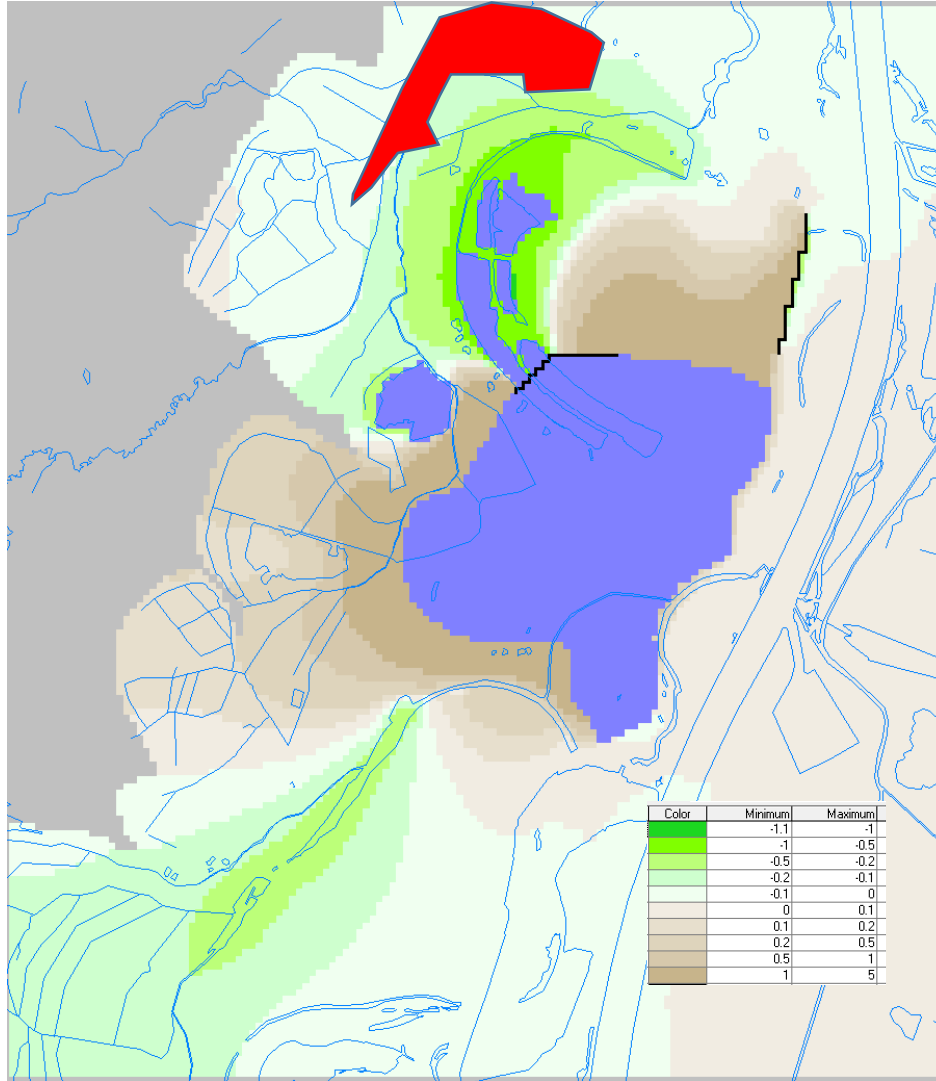
HQ = 5000 m<sup>3</sup>/s,  
20-jährliches  
Niederschlagsereignis  
berücksichtigt landseitiges  
Hochwasser: Erhöhung  
der Randzuströme



# GW-stände mit Flutpolder und Anpassungsmassnahmen

Berechnung der  
Grundwasserhöhen bei  
Bemessungsbedingungen

Wasserhaltungen:  
Beinbrech-See (Abschlag  
über feste Schwelle),  
Obere Altrheinwiesen und  
angeschlossene Gewässer  
(Pumpbetrieb)  
Absenkung Schöpfwerk  
Wörth (im Süden)



# Differenz

Grün markiert: Bereiche mit niedrigeren Wasserständen (Folge der Anpassungsmassnahmen)

Braun markiert: Bereiche mit höheren Wasserständen (Hier ausschließlich landwirtschaftlich genutzte Flächen).

Druckwasseraustritte am unmittelbaren Deichfuß, werden z.T. gefasst (morphologische Anpassungen) und zum Unterwasser Schöpfwerk geleitet.



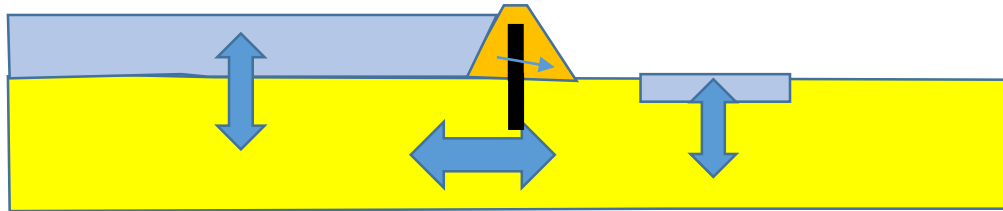
# Dimensionierung der Wasserhaltungen

## Problem der Unsicherheit von Grundwassermodellen

- Uneindeutigkeit bei Kalibrierung lediglich mit gemessenen Grundwasserhöhen
- Abhilfe: Kalibrierung auch mit gemessenen Grundwasserabflüssen in Drainagegewässern und Bächen
- Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse zur konservativen Auslegung unerlässlich
- Eventuell Unsicherheitsanalyse durch stochastische Modellierung

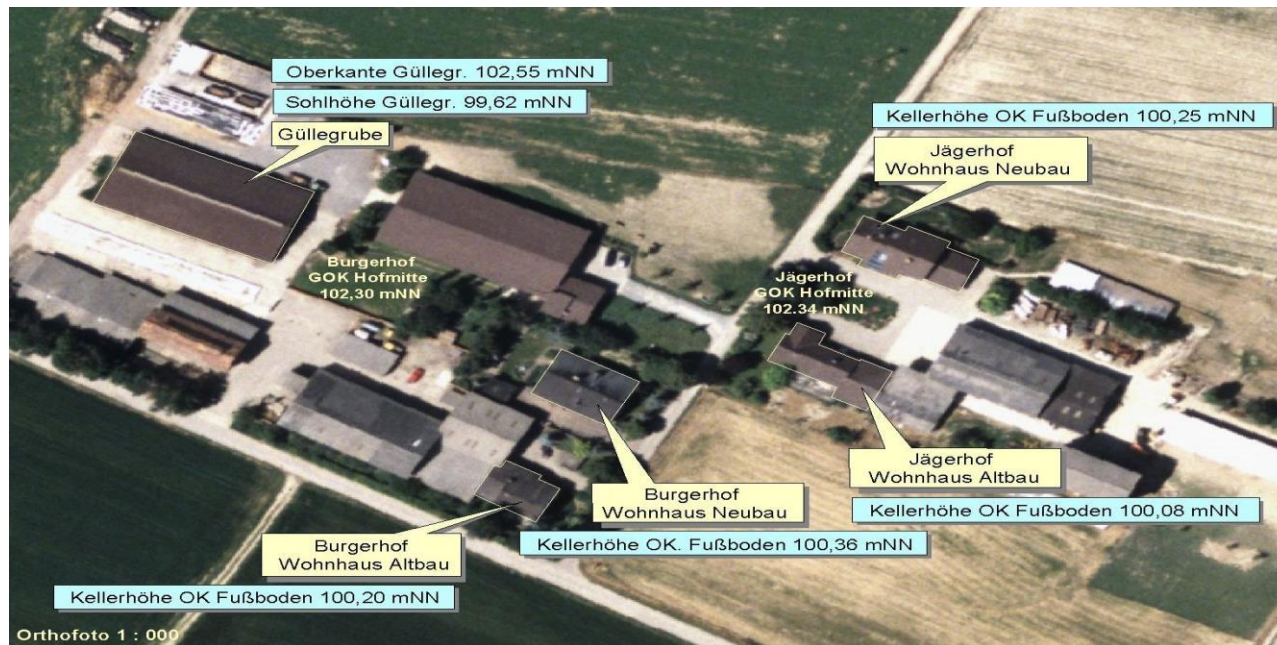
# Dimensionierung der Wasserhaltungen

Prognose der Unterströmung eines noch nicht existierenden Bauwerks

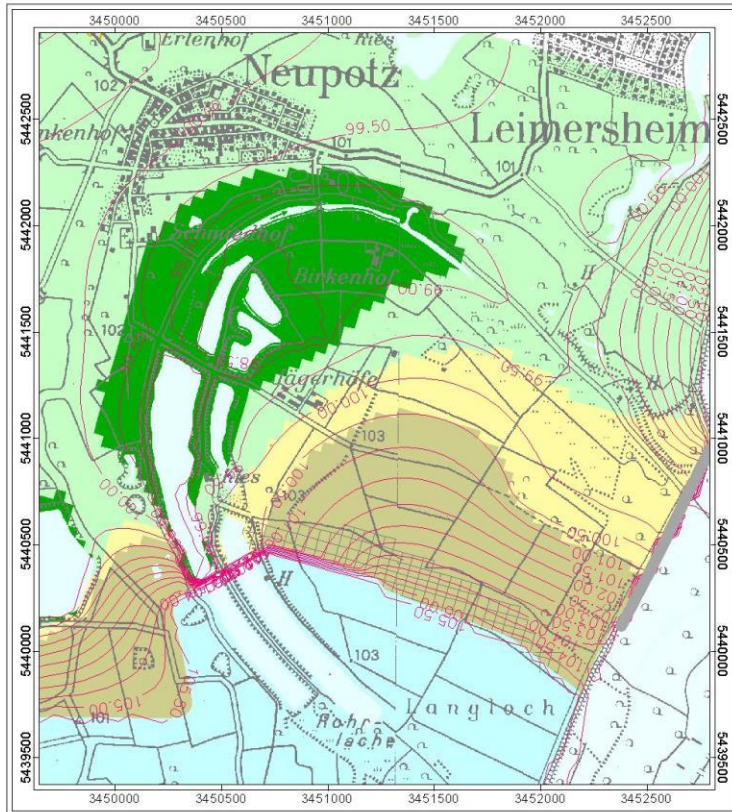


- Zusammenspiel von 3 Durchlässigkeiten
- Prognose von Grundwasserflüssen essentiell für die Dimensionierung von Schöpfwerken
- Grenzen der Prognosemöglichkeit müssen durch technische Massnahmen z. B. Dichtwände, mobile Pumpen etc. aufgefangen werden
- Grundwasserbeobachtungsnetz nach Polderbau zum Monitoring bei Probeflutungen

# Bemessung von Objektschutzmaßnahmen Vertikalbrunnen oder Schmalwand



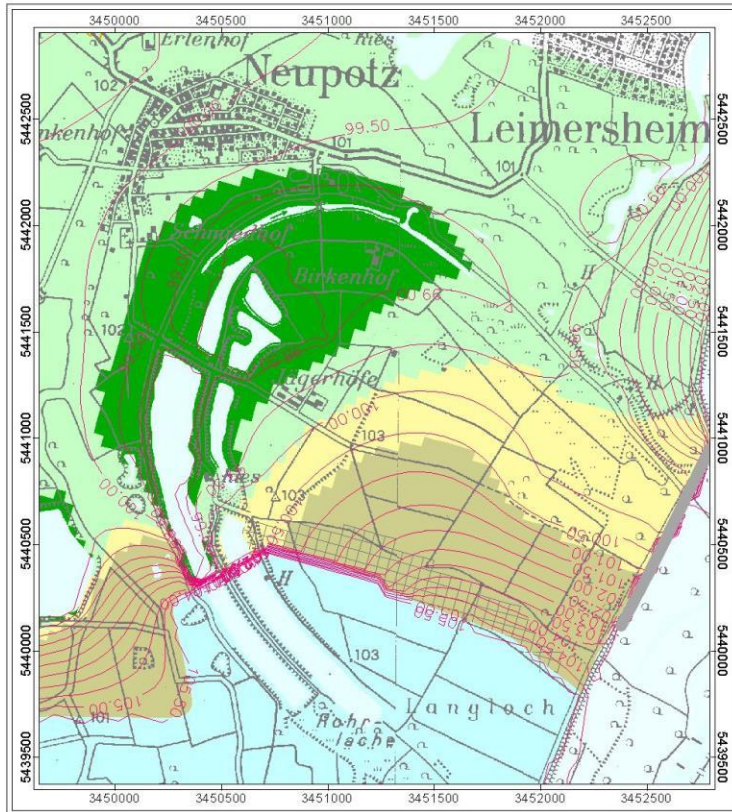
# Objektschutzmassnahme Burgerhof/Jägerhof (Schmalwandlösung)



Differenzenplan  
bei Einbau einer  
**500 m** langen  
Schmalwand



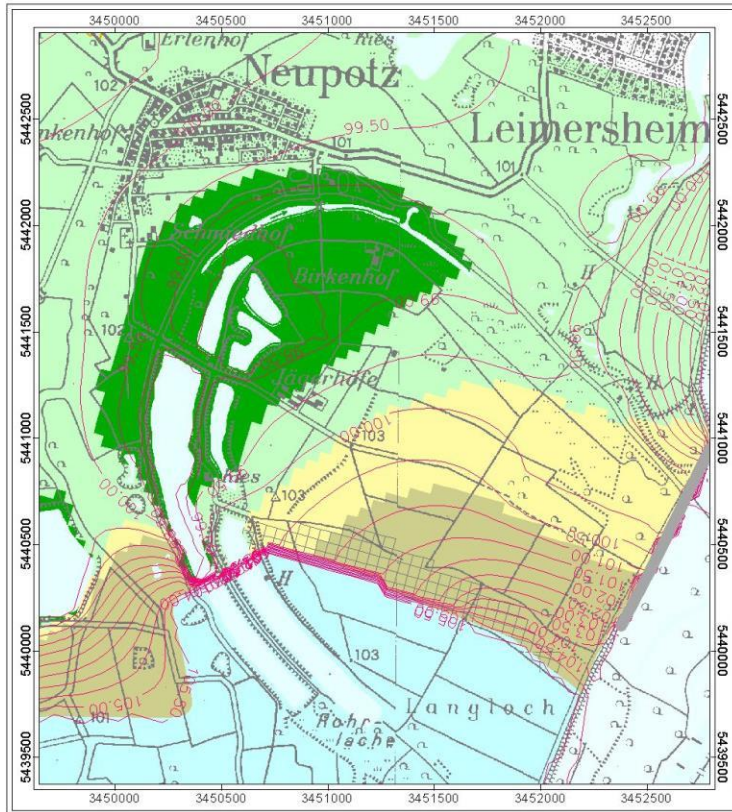
# Objektschutzmassnahme Burgerhof/Jägerhof (Schmalwandlösung)



Differenzenplan  
bei Einbau einer  
**750 m** langen  
Schmalwand

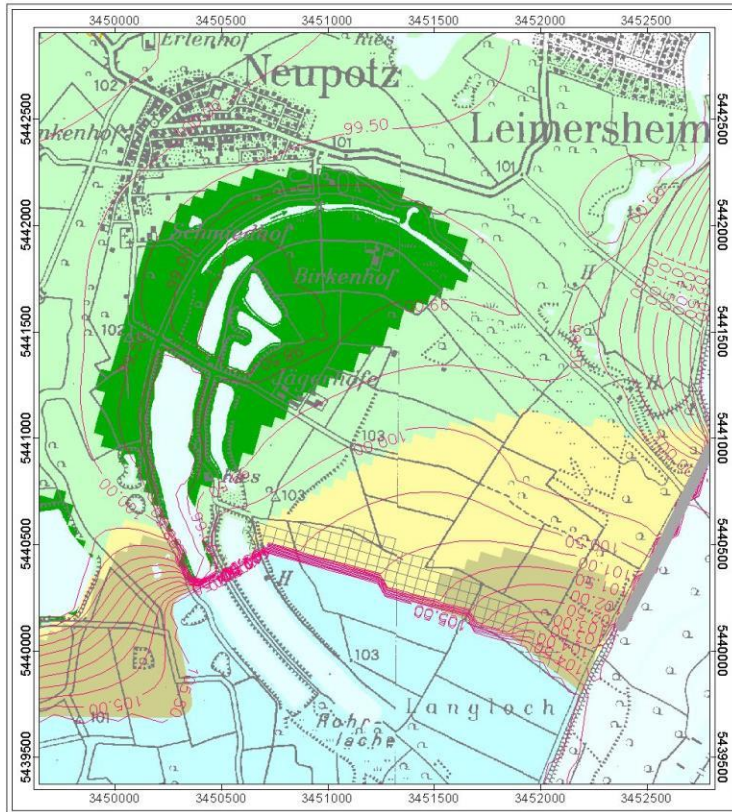


# Objektschutzmassnahme Burgerhof/Jägerhof (Schmalwandlösung)



Differenzenplan  
bei Einbau einer  
**1000 m** langen  
Schmalwand

# Objektschutzmassnahme Burgerhof/Jägerhof (Schmalwandlösung)



Differenzenplan  
bei Einbau einer  
**1250 m** langen  
**Schmalwand**

# Ansichten



Probeflutung 2012



Photos: SDG Süd, hydrag

Monitoring



# Punkte im Bürgerdialog Jockgrim-Neupotz

- Durchführung eines raumplanerischen Verfahrens
- Festlegung der Deichtrasse
- Bauzuwegung – Schonung der Ortslagen
- Ertüchtigung des vorderen Rheinhauptdeiches
- Anpassung von Binnenentwässerung, Schöpfwerkskapazitäten
- Entschädigungsregelung für Landwirtschaft, Forst, Jagd und Fischerei
- Auenrenaturierung durch ökologische Flutungen – Bildung einer Steuerungsgruppe „Ökologische Flutungen“

 Akzeptanzfördernde Maßnahmen

# Erst gehasst, dann geliebt...

Rheinauen- und  
Hochwasserschutz-Informationszentrum Neupotz:  
Haus Leben am Strom

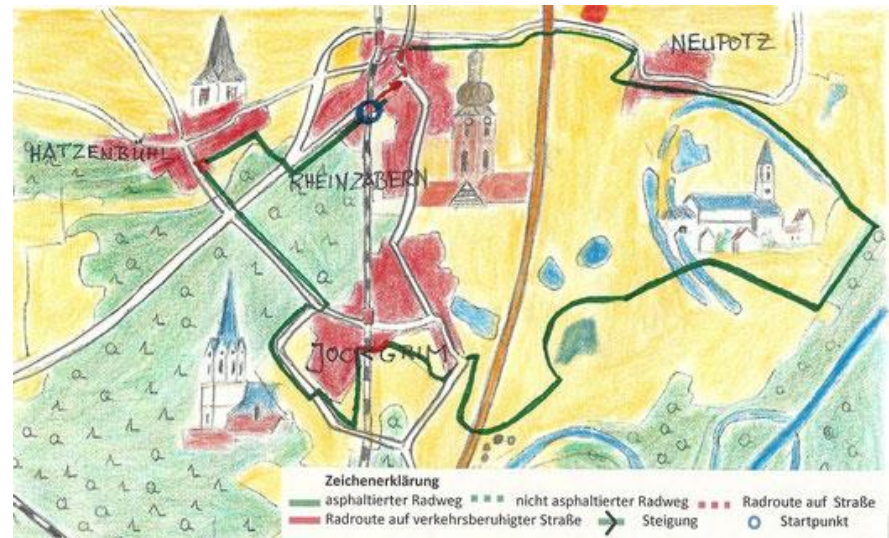


Wegbeschreibung

Radtour Neupotzer Polder:

...Der bestens ausgeschilderte Radweg führt durch das Fischerdorf Neupotz bis zum Rheindamm. Auf dem Rheindamm radeln Sie nur ein kurzes Stück in Richtung Süden. Nach etwa 800m zweigen Sie der Radwegbeschilderung „Jockgrim 8,3 km“ folgend rechts ab. Sie umfahren den Neupotzer Polder, überqueren die B 9 und erreichen den Ortseingang von Jockgrim. ...

Einkehrmöglichkeiten: ....



# Schlussfolgerungen

- Flutpolder sind planbar
- Sie erfüllen ihren Zweck
- Ausgleichsmaßnahmen können die Verschlechterung der Grundwassersituation wirksam verhindern
- Unsicherheiten der Modellierung in der Auslegung müssen durch technische Massnahmen aufgefangen werden
- Durch eine Polderplanung, die bestehende Grundwasserprobleme in die Ausgleichsmaßnahmen mit einbezieht, kann auch die Bevölkerung gewonnen werden