

Konzept Erstellung Grundwassermodell

Christian Gmünder



Bild: WSA Regensburg

Bietergemeinschaft Simultec - tewag

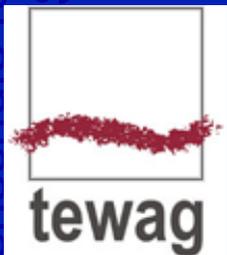
Simultec AG, Hardturmstrasse 261, 8005 Zürich, www.simultec.ch
tewag GmbH, Blumenstrasse 24, 93055 Regensburg, www.tewag.de

Simultec AG



- 1987 gegründet, Sitz in Zürich
- Team aus Ingenieuren und Naturwissenschaftlern (7 Mitarbeiter / innen)
- International tätig
- Schwerpunkt Grundwassermodellierung

tewag GmbH



- 2006 gegründet
- Niederlassungen in Regensburg und Starzag
- Team aus Geologen und Ingenieuren (12 Mitarbeiter / innen)
- Schwerpunkte Altlasten und Erdwärmennutzung

Grundwassermodellierung bedeutet:

- Zusammenstellung des vorhandenen Wissens über den Grundwasserleiter und die hydrologische Wasserbilanz

Verknüpfung über bekannte physikalische Gesetze

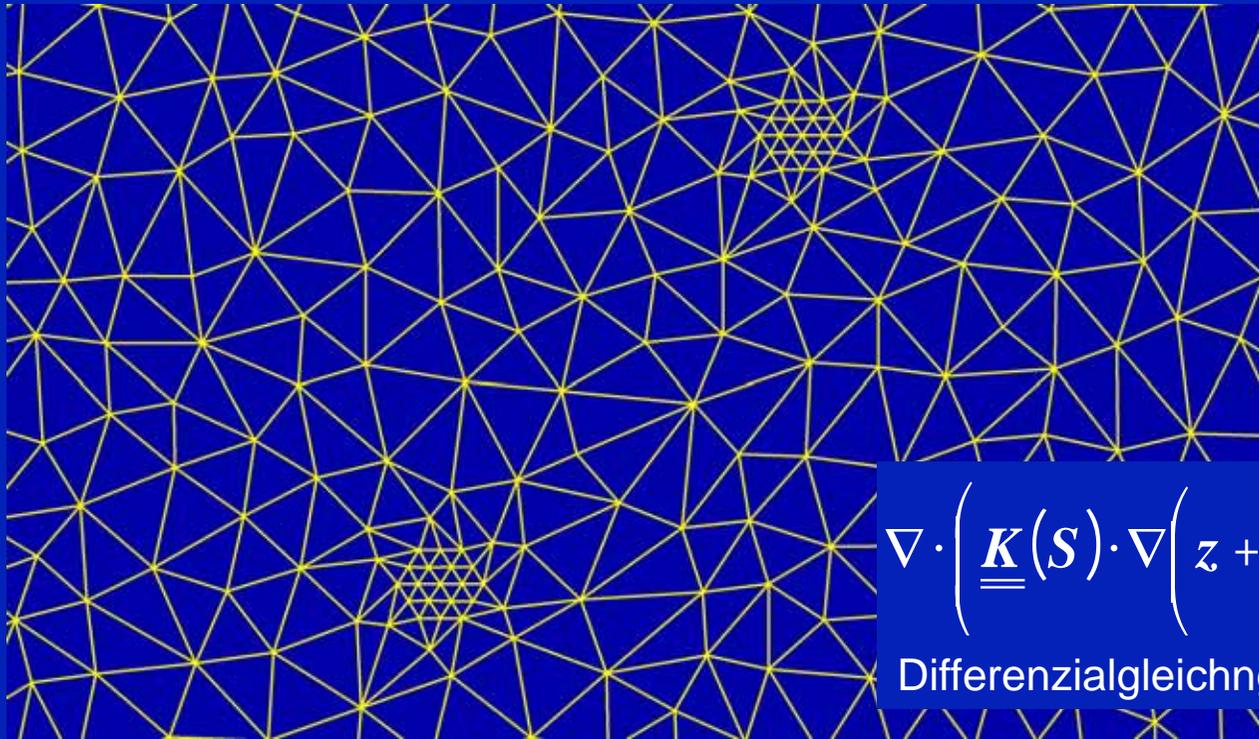
– Strömung ist proportional zum hydraulischen Gradienten und zur Durchlässigkeit des Untergrunds (Darcy-Gesetz)

– Die Masse bleibt erhalten (Massenerhaltungsgesetz)

Lösung der damit formulierten Gleichungen mit der Methode der Finiten Elemente

Wie erfolgt die Verknüpfung?

- Lösung von physikalischen Gleichungen im Raum durch Unterteilung des Untersuchungsbereiches in kleine Zellen (sogenannte Finite Elemente oder Finite Differenzen)



$$\nabla \cdot \left(\underline{\underline{\mathbf{K}}}(S) \cdot \nabla \left(z + \frac{p}{\rho \cdot g} \right) \right) = n \frac{\partial S}{\partial t}$$

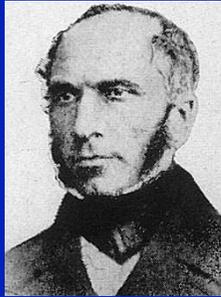
Differenzialgleichung der Strömung

Antoine de Lavoisier:
Massenerhaltung



1789

Henry Darcy:
Darcy-Gesetz



1856

Boris Galerkin:
Finite-Elemente-Methode



1915

Konrad Zuse:
Erste Computer



1941

Erste Modelle der Simultec (100 El.)

Modelle mit 10 Mio Elementen auf PC

1988

2015

Das Projekt wird von der Öffentlichkeit kritisch beachtet

- Transparente Darlegung von Modellannahmen
- Gute Abbildung bestehender Verhältnisse schafft Vertrauen in Prognosefähigkeit
- Kritische Begleitung durch Experten

Grosse Bedeutung der Interaktion Gewässer – Grundwasser

- Zeitabhängige Kalibrierung der Sohlendurchlässigkeiten vor und nach dem Donauausbau
- Validierung an Abflüssen der Binnenentwässerung (Schöpfwerke)

Einsatz für Beurteilung von Projektvarianten

- Quantifizierung von Unsicherheiten (Sensitivitäten)
- Gewicht auf mögliche Fehlstellen
- Robuste Lösungen entwickeln

Datenauswertung:

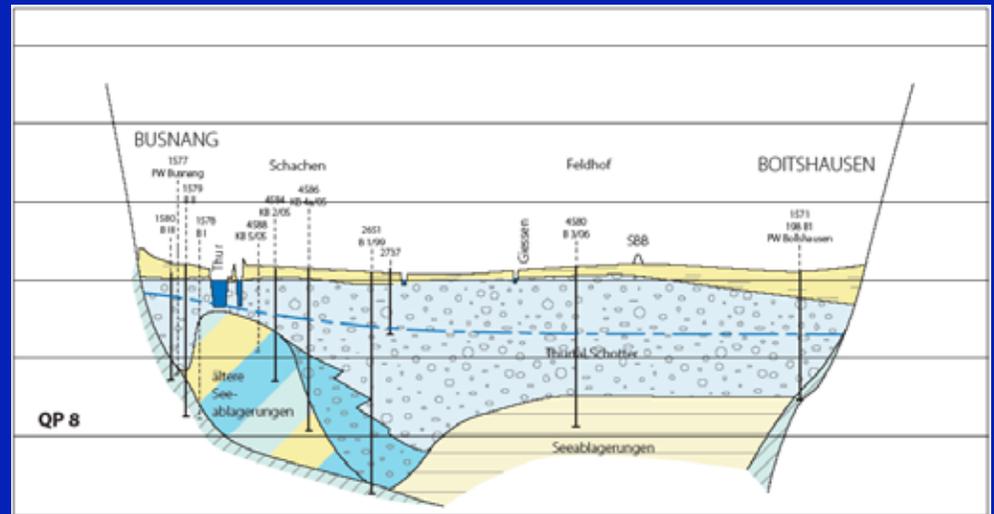
- Geologie, Klima, Gewässer, Brunnen
- Pegeldaten

Geologisches Modell

- Interpolation von Schichtgrenzen
- Interpolation von Mächtigkeiten
- Fehlstellen?

Randbedingungsmodelle

- Hydrologische Wasserbilanz
- Gewässermodelle



Frühjahr 2016

Herbst 2016

Frühjahr 2017

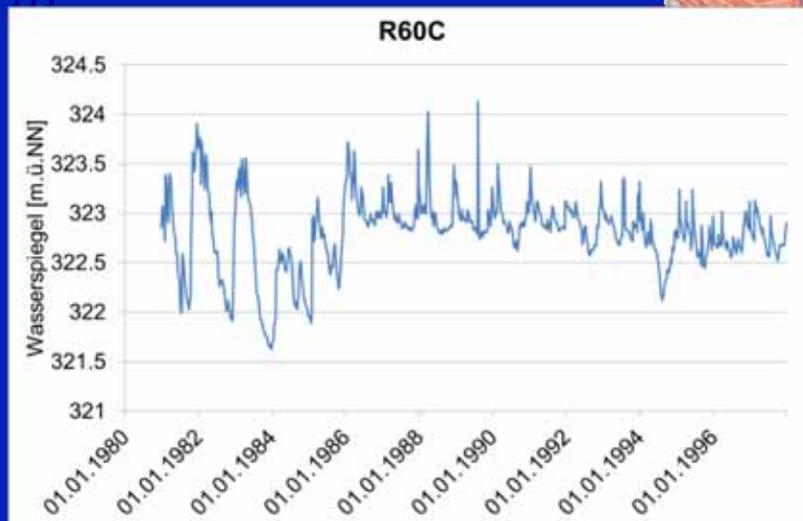
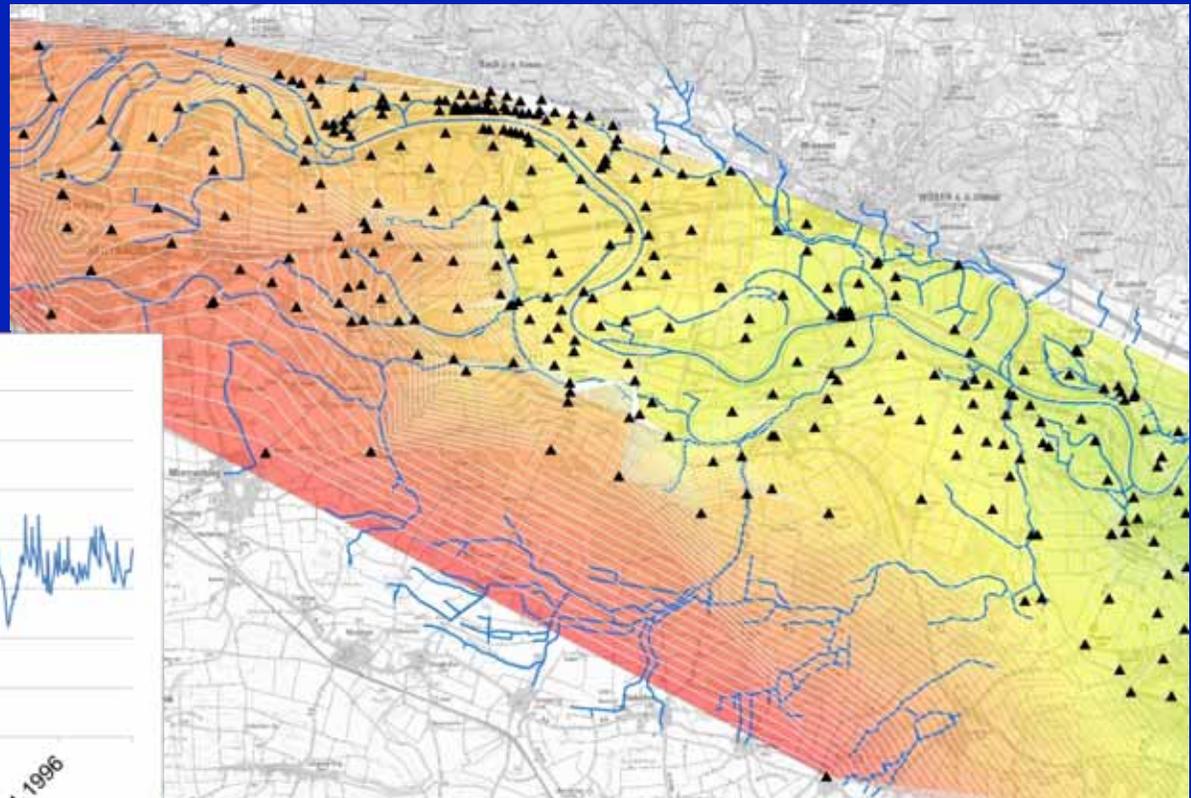
Datenauswertung
Geolog. Modell
Modellkonzepte

Modellaufbau
Kalibrierung
Validierung

Szenarien
Sensitivität
Optimierung

Umfangreiche Datenbasis zum Grundwasserspiegel vorhanden
Heute leider nur noch wenige Messstellen in Betrieb

- Einbau von weiteren Pegelloggern geplant
- Durchführung einer Stichtagsmessung



März 1996

Modellaufbau:

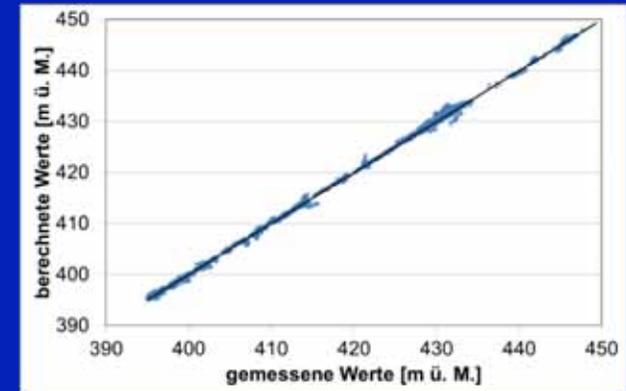
- Geologisches Modell in numerisches Modell umsetzen
- Randbedingungen anwenden

Kalibrierung

- Wahl Kalibrierungszeitraum
- Variation unbekannter Modellparameter
- Vergleich mit Grundwasserspiegel-Messungen

Validierung

- Stimmt das Modell auch für andere Zeiträume?
- Stimmt das Modell auch für Drainagemengen?



Frühjahr 2016

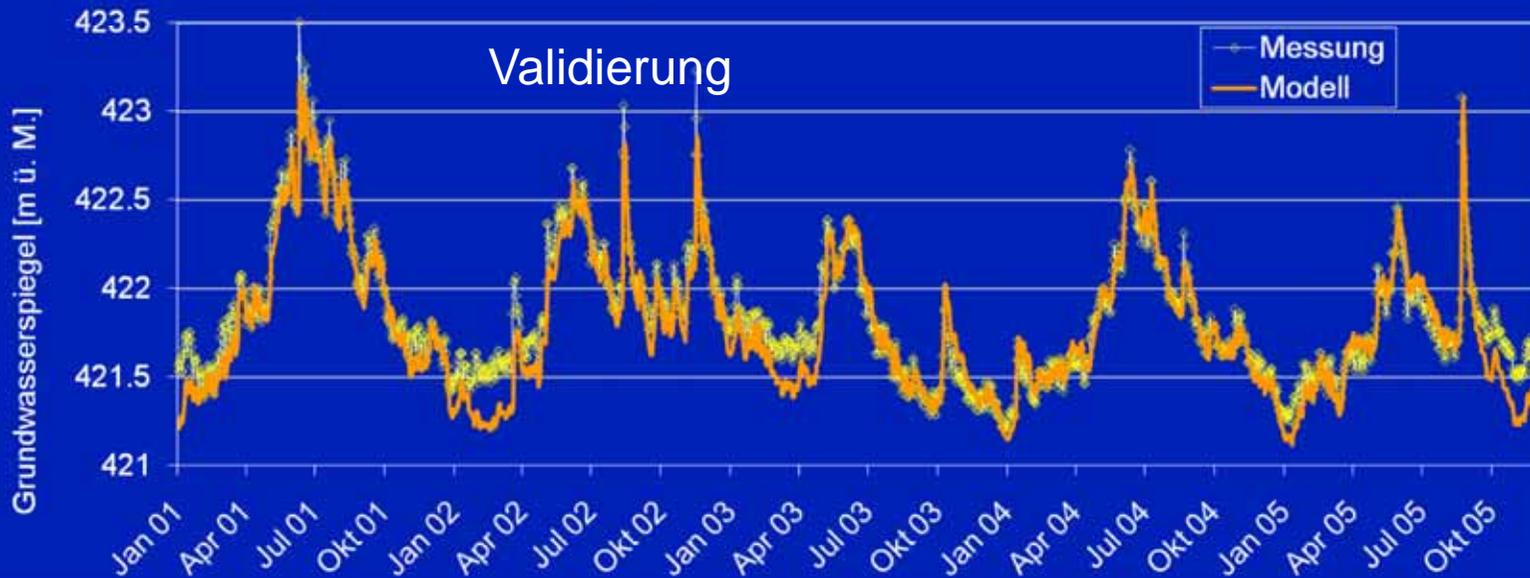
Herbst 2016

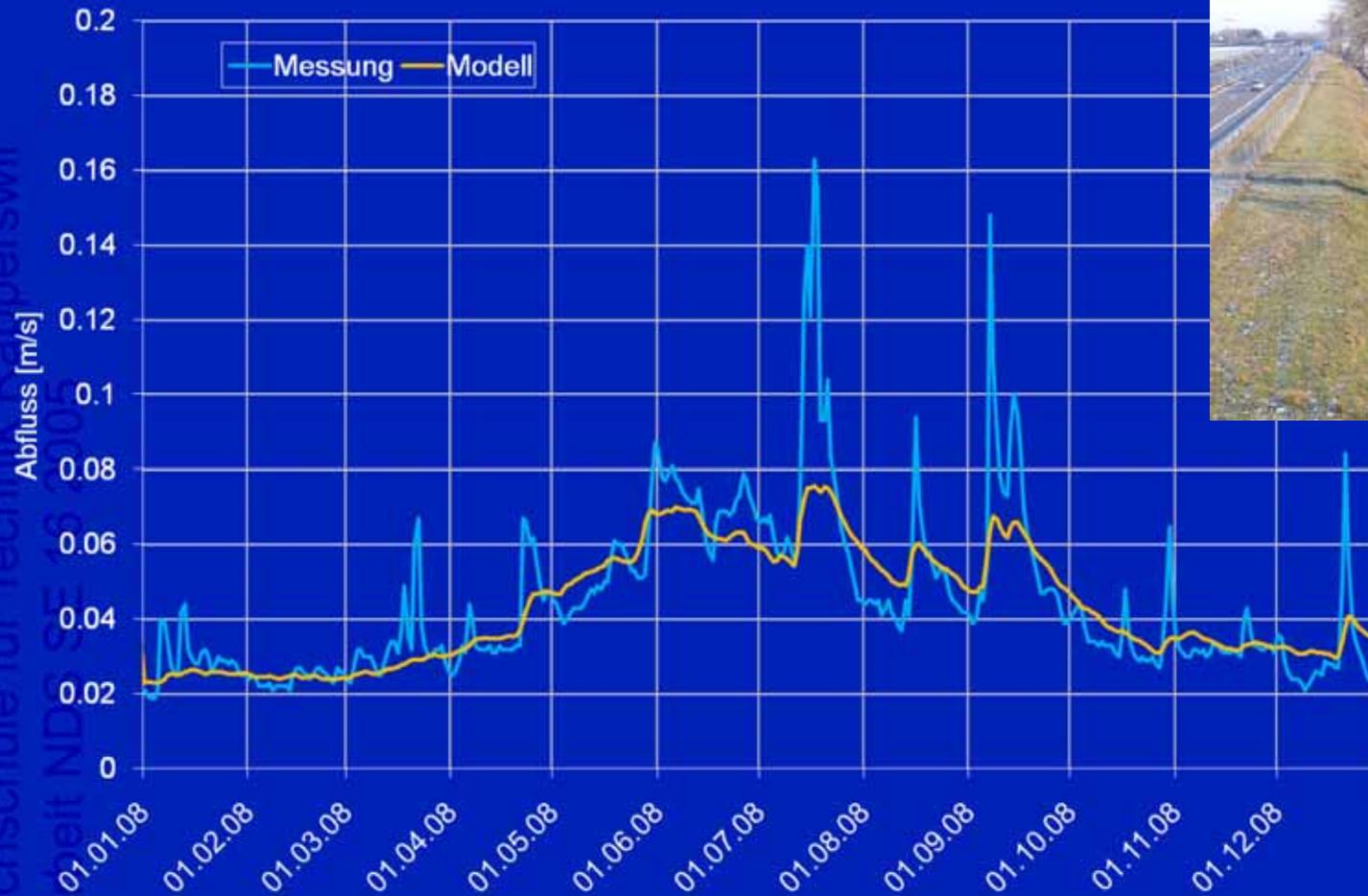
Frühjahr 2017

Datenauswertung
Geolog. Modell
Modellkonzepte

Modellaufbau
Kalibrierung
Validierung

Szenarien
Sensitivität
Optimierung





Ziel: Vertrauen gewinnen, dass das Modell die physikalischen Zusammenhänge richtig abbildet → nur dann ist Prognose möglich!

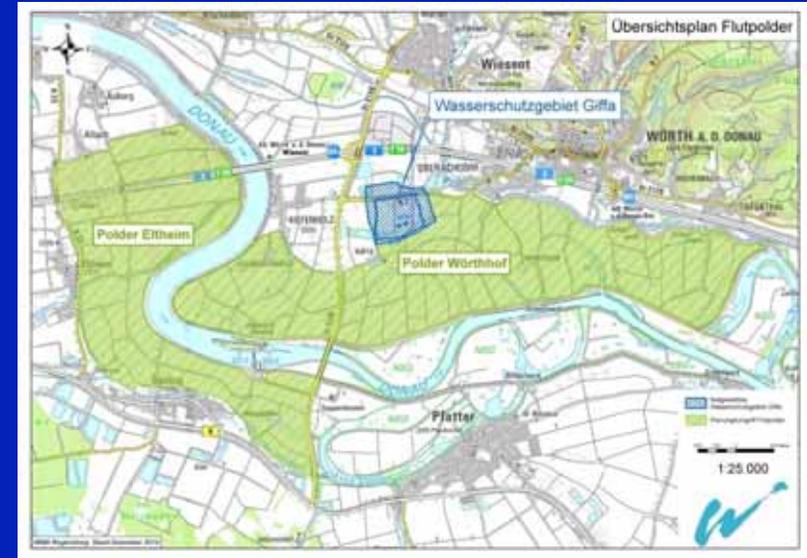
Szenarien

- Einbau der Polderprojekte in das Modell
- Prognose der Auswirkungen, d.h. Differenz Prognose mit Projekt zur Nachbildung ohne Projekt

Unsicherheiten

- Wie wirken sich die Annahmen auf die Resultate aus?
- Welche Variante ist robust gegen Unsicherheiten der Annahmen?

→ Sensitivitätsuntersuchungen, Optimierung des Projekts



Frühjahr 2016

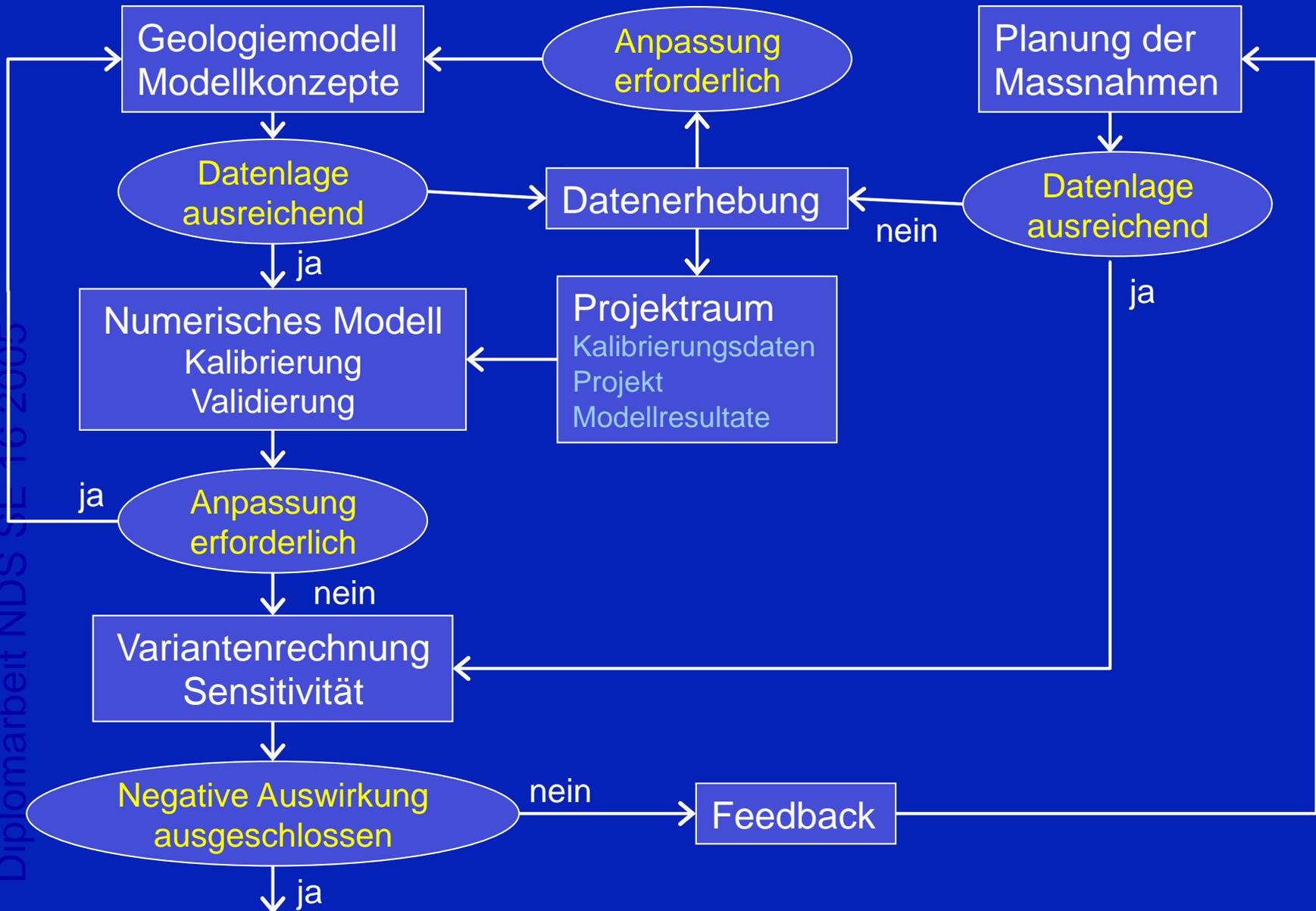
Herbst 2016

Frühjahr 2017

Datenauswertung
Geolog. Modell
Modellkonzepte

Modellaufbau
Kalibrierung
Validierung

Szenarien
Sensitivität
Optimierung



Was kann das Modell?

Ziele des Modells

- Verstehen der Zusammenhänge im Grundwasserleiter
- Entwicklung von robusten Lösungen für Polderprojekt

Stärken eines Grundwassermodells

- Es kann vergangene Zustände gut nachbilden
- Mit dem Modell können die unterschiedlichen Wirkungen verschiedener Projektvarianten aufgezeigt werden

Zu erwartende Resultate

- Angaben über Notwendigkeit von Massnahmen, die erforderlich sind, um ein vorgegebenes Ziel zu erreichen, z.B.
 - Polderausdehnung
 - Dichtwände
 - Binnenentwässerung oder Brunnen

Was kann das Modell nicht?

Grenzen des Grundwassermodells

- Für die Prognose des Polderprojekts müssen Annahmen über die Wirkung der gewählten Massnahmen getroffen werden
- Annahmen sind mit Unsicherheiten verbunden

Konsequenzen

- Es soll eine Projektvariante gewählt werden, welche mit möglichst wenig Unsicherheiten verbunden ist
- Die Unsicherheiten der Prognose müssen durch technische Massnahmen aufgefangen werden

Bewertung der Varianten

- Das Modell kann eine Projektvariante nur dann bewerten, wenn vorher die Ziele klar definiert wurden, z.B.
 - Maximal zu erreichender Grundwasserstand
 - Maximal zu bewältigende Wassermenge in Binnengewässern

Beispiel 1: Hochwasserschutz Alpenrhein

Auftraggeber: Internationale Rheinregulierung

Modell:

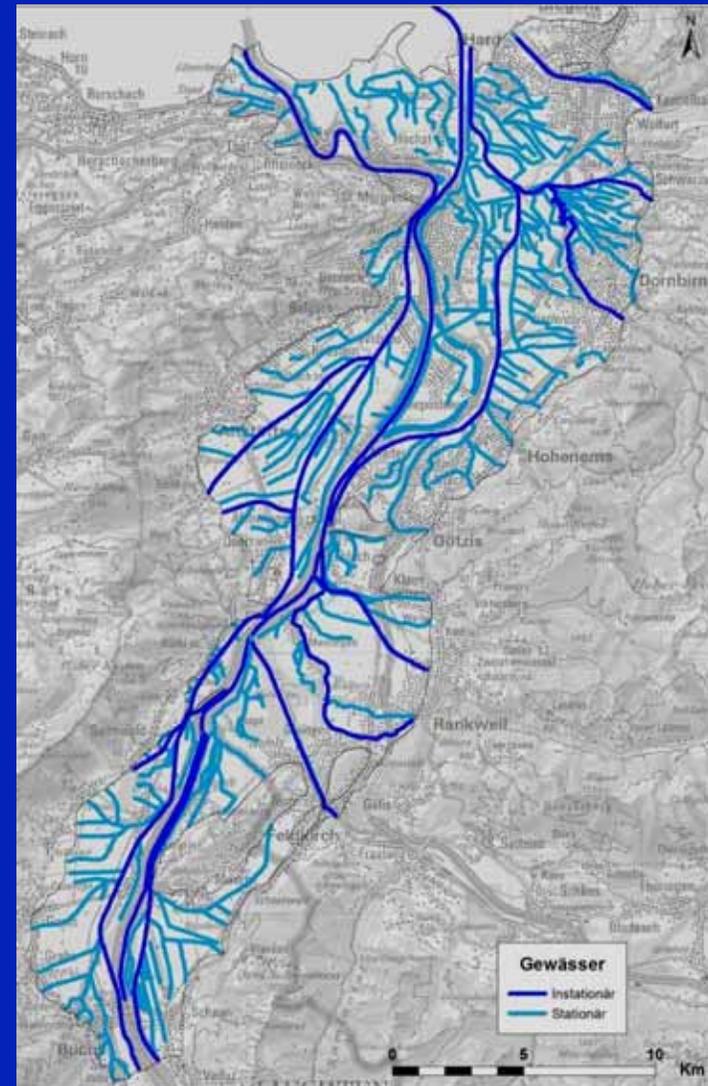
- Fläche 344 km²
- Instationäres Modell 2008 – 2013

Projekt:

- Variantenstudium Hochwasserschutz

Aufgaben:

- Kontrolle Grundwasserspiegel
- Begleitgewässer erhalten
- Schutz der Trinkwasserfassungen



Beispiel 1: Fragestellungen

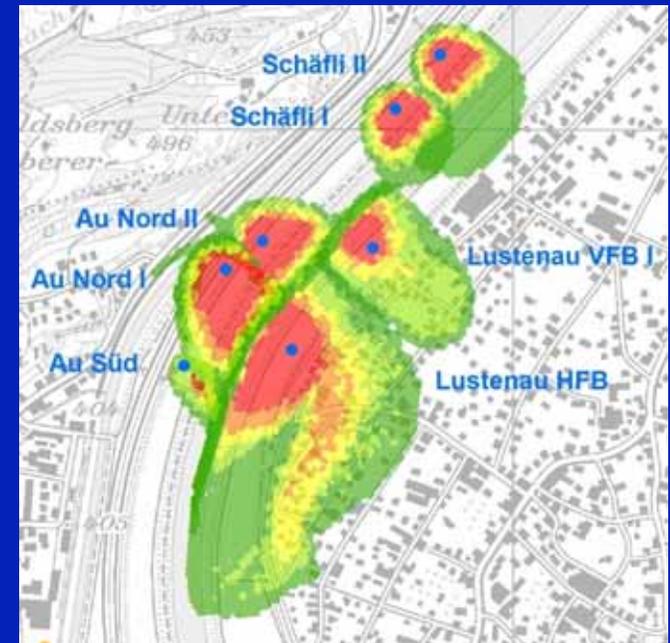
Beeinflussung Grundwasserspiegel?

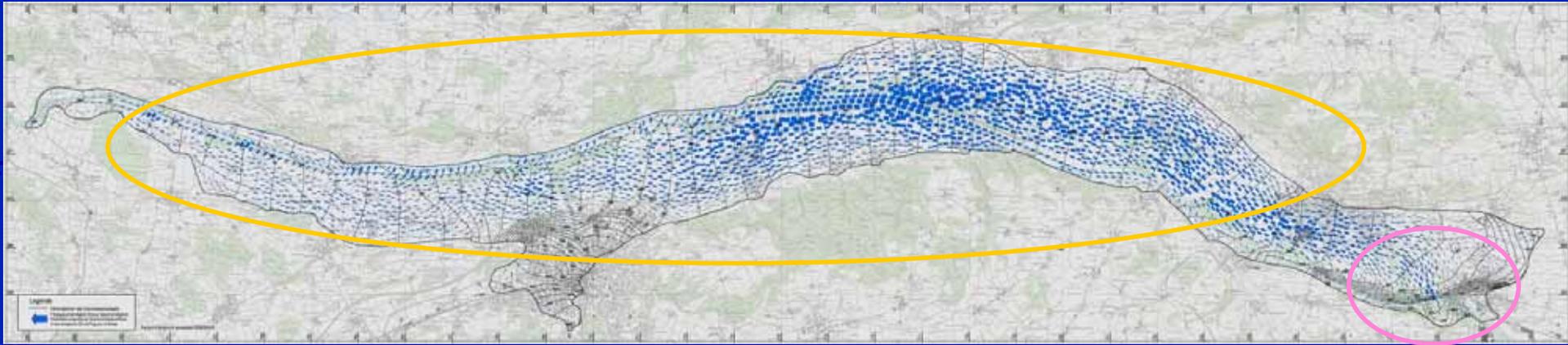


- Dammerhöhung bewirkt Sohlenabsenkung
- Grundwasserspiegelsenkung
- Lösung: Gerinneaufweitung und Geschiebemanagement

Beeinflussung Trinkwasserbrunnen?

- Verkürzung Fließzeit
- Lösung: Verschiebung von Brunnen mit heute schon schlechter Qualität





Auftraggeber: Amt für Umwelt Kanton Thurgau

Modell:

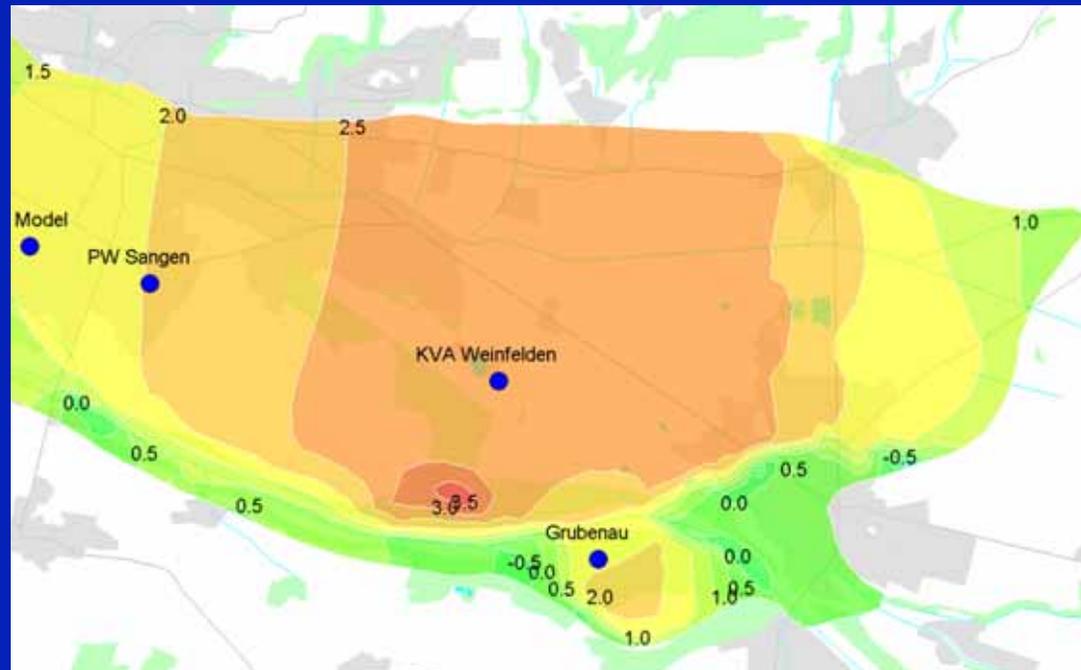
- Fläche 64 km²
- Instationäres Modell 1995 – 2013

Projekt:

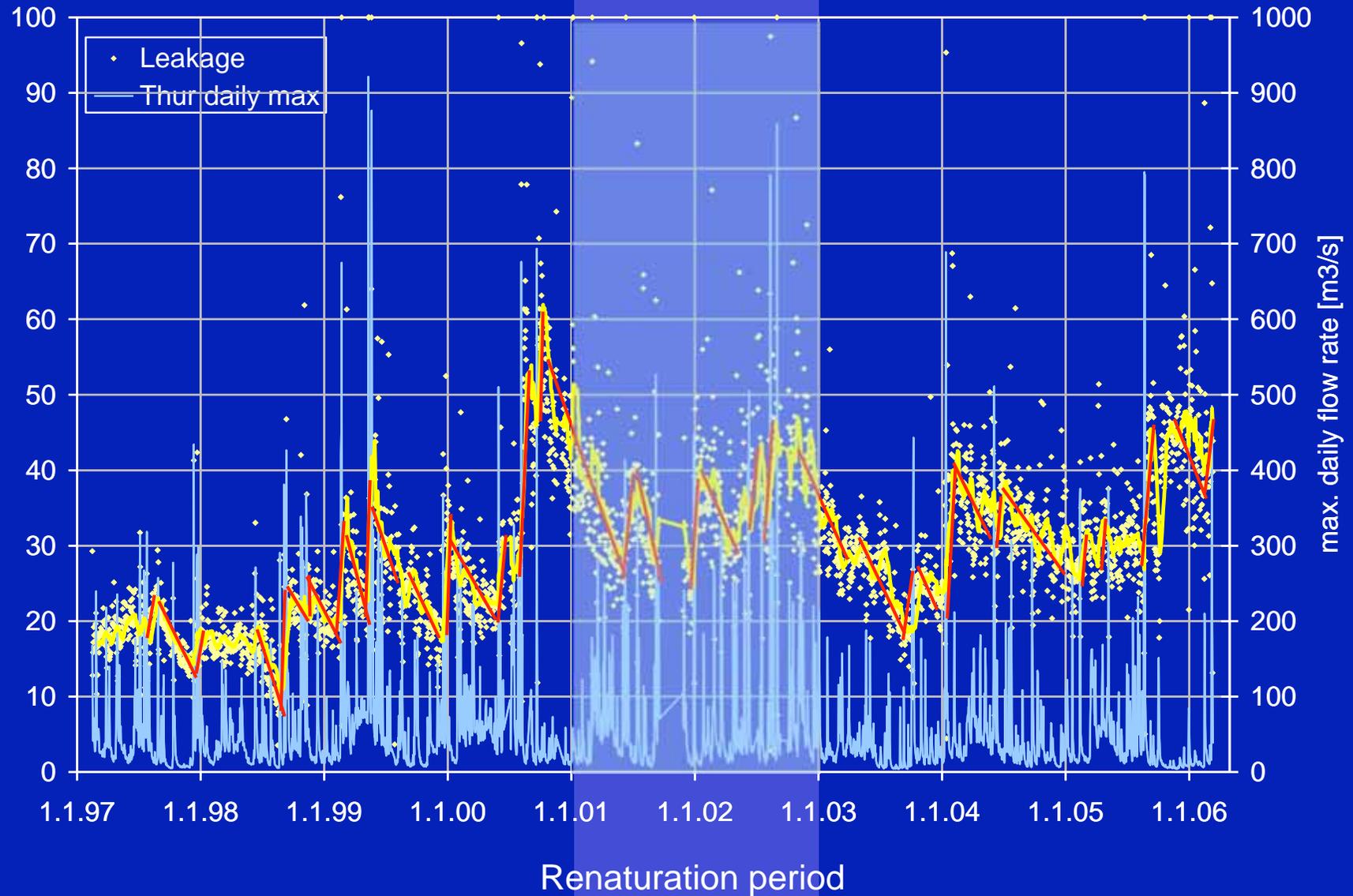
- Hochwasserschutzprojekt mit Rückhaltebecken (Polder)
- Gerinneaufweitung gesamte Tallänge

Örtliche Besonderheiten:

- Im Bereich des Rückhaltebeckens befindet sich eine Schotterrinne
- Der Grundwasserspiegel liegt tiefer als die Thursohle
- Das Grundwasser wird erst 10 km weiter unten wieder drainiert
- Das Projekt führt zu einem Grundwasseranstieg
- Lösung: Gerinneaufweitung im unterliegenden Bereich



Beispiel 2: Ändert sich Sohlendurchlässigkeit?



Danke für die Aufmerksamkeit
Fragen
Diskussion

das Projektteam



Bietergemeinschaft Simultec - tewag