

**Anwendertreffen HYDRO\_AS-2D**

# **Hybride Modellierung zur Optimierung von Hochwasserschutzmaßnahmen**

Prof. Dr.-Ing. habil.

**Dirk Carstensen**



Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm

München, 11.11.2014

## Einleitung

- Für Fließgewässer werden i.d.R. im Rahmen der Bearbeitung von Hochwasserschutzkonzepten Untersuchungen
  - zur Leistungsfähigkeit der Gewässerabschnitte,
  - zur vorhandenen Hochwassergefährdung und
  - zu möglichen Maßnahmen der Verbesserung des Hochwasserschutzes im urbanen Raum durchgeführt.
- direkte örtliche Vorsorgemaßnahme → eine Möglichkeit → Errichtung einer am Bebauungsrand verlaufenden Hochwasserschutzanlage
  - Untersuchungen zur fachlichen Klärung strömungsbedingter Zusammenhänge
  - transparenten Darstellung hydraulischer Probleme in Verbindung mit städteplanerischen und landschaftskulturellen Entwicklungen

### Einleitung

Modellwahl

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Einleitung - Definitionen

### Das Modell

- ist eine Nachbildung oder ein Entwurf von Gegenständen aller Art in zum Teil verkleinertem Maßstab;
- ist ein vereinfachtes Abbild der Realität, das durch Setzen von Annahmen (Prämissen) entwickelt wird;
- dient als Hilfe zur Beschreibung über reale Systeme;
- muss stets im Kontext und der damit verbundenen Zielsetzung betrachtet werden.

#### Einleitung

Modellwahl

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl

### Entscheidungskriterien bei der Modellwahl:

- prinzipiell limitierende Faktoren,
- erforderliche Genauigkeit,
- Einfachheit,
- Zeit- und Kostenaufwand,
- Flexibilität,
- Anschaulichkeit,
- Glaubwürdigkeit,
- Rückkopplung zur Natur (Kalibrierung, Validierung) und
- Prognosefähigkeit.

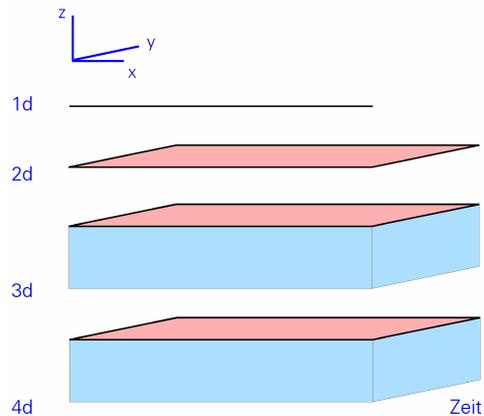
Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl - Approximation der Realität



Dimensionen: ein-, zwei-, drei-, vierdimensional

Abhängigkeit, von wie vielen räumlichen Dimensionen die Zustandsgrößen des Modells (z.B. Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Konzentration etc.) berechnet werden.

1d - Querschnittsmittlung, bewahren aber die Änderungen längs einer ggf. gekrümmten Koordinate (z.B. Flussachse),

2d - beschreibt eine ebene Verteilung (vertikal oder horizontal) und arbeitet mit Mittelwerten senkrecht dazu,

3d - erfasst die räumliche Verteilung,

4d - erfasst die räumliche Verteilung der Zustandsgrößen sowie deren Änderung mit der Zeit.

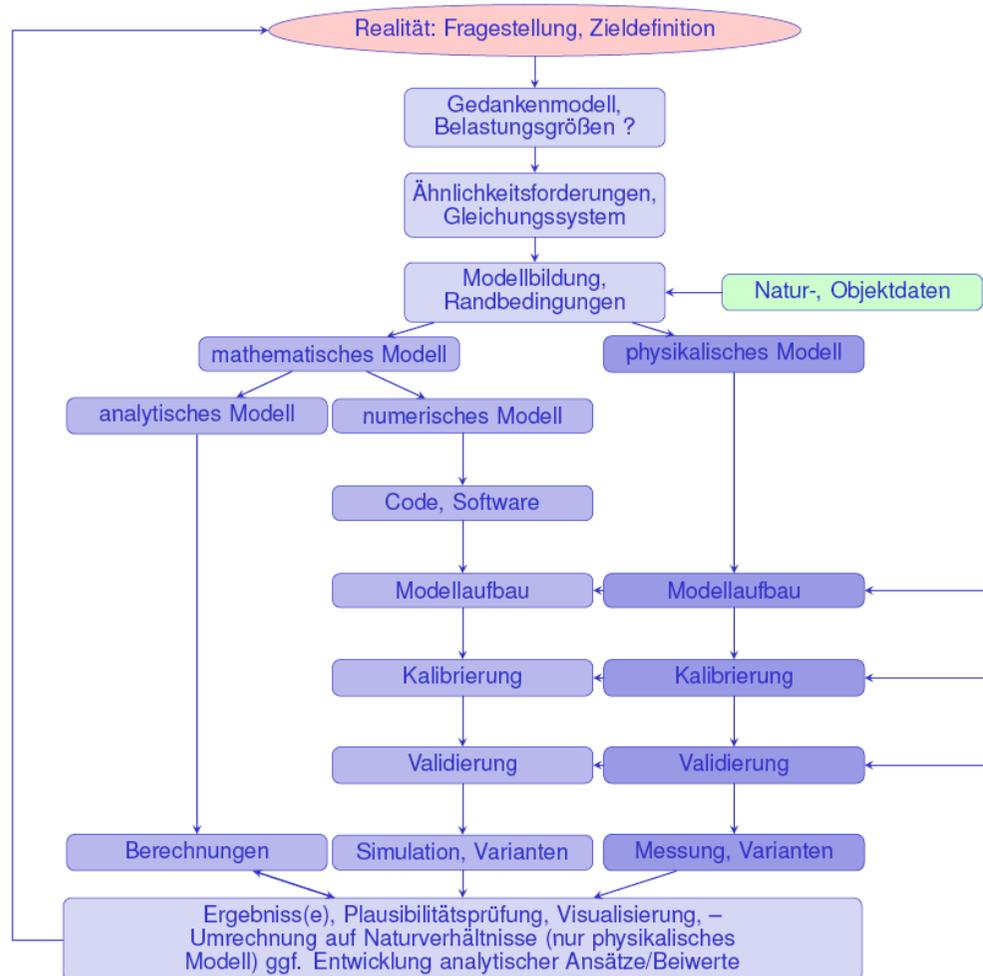
Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl - Approximation der Realität



Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl – Beschränkungen bei der Realitätsabbildung

hydraulisches Modell	mathematisches Modell
<b>Prinzipielle Beschränkungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modellgröße (Labor )</li> <li>▪ Durchfluss (Pumpkapazität )</li> <li>▪ Energiehöhe (Pumpkapazität )</li> <li>▪ Modellgesetze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rechengeschwindigkeit</li> <li>▪ bei vollständigen Gleichungen: Turbulenzhypothese</li> <li>▪ (Speicherkapazität)</li> </ul>
<b>Praktische Beschränkungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mindestmaßstab des Modells (Oberflächenspannung, Zähigkeit, Rauheit)</li> <li>▪ Modellausdehnung (Beschränkung nach oben)</li> <li>▪ Messmethoden und Datenfassung</li> <li>▪ Verfügbarkeit von Rand- und Anfangsbedingungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei vereinfachten Gleichungen: Genauigkeit der Ansätze</li> <li>▪ Verfügbarkeit von Beiwerten</li> <li>▪ räumliches und zeitliches Auflösungs- vermögen</li> <li>▪ numerische Stabilität und Konvergenz des Lösungsschemas</li> <li>▪ Verfügbarkeit von Rand - und Anfangsbedingungen</li> </ul>

Quelle: Kobus, 1984

Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl

Die Qualität der Modellergebnisse hängt ab von:

- der Verfügbarkeit, der Qualität und dem Spektrum an Naturdaten,
- den implementierten theoretischen Grundlagen und Lösungsalgorithmen (mathematisches Modell),
- den gewählten Modellparametern,
- der Erfüllung der Ähnlichkeitsanforderungen und
- der Erfahrung des bearbeitenden Personals.

Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl - physikalisches Modell

Das physikalische Modell dient als Hilfestellung:

- wenn theoretische Lösungsmöglichkeiten für die Ausbildung, Gestaltung oder Bemessung von „Objekten“ im oder am Gewässer nicht oder nur teilweise vorhanden sind,
- um analytische Berechnungsansätze zu bestätigen und/oder in ihnen implementierte Beiwerte zu ermitteln,
- wenn einer breiten Öffentlichkeit hydraulische Phänomene visualisiert und erklärt werden sollen,
- wenn ein schneller und transparenter Weg in der Planung bevorzugt wird.

Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl - mathematisches Modell bzw. Simulationsverfahren

- ist ein „Stück Software“ und kann demzufolge auch fehlerbehaftet sein (redundanter Einsatz von Simulationsverfahren sowie Plausibilitätskontrollen zwingend erforderlich),
- ist in seiner Anwendbarkeit und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit stark von vereinheitlichten Verfahren des Pre- und Postprocessings abhängig,
- ist bei der Machbarkeitsentscheidung, beim Entwurf, der Konzeption, der Planung sowie bei der Bewirtschaftung und Unterhaltung von Wasserbauwerken und wasserwirtschaftlichen Anlagen unverzichtbar geworden.

Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Modellwahl – hybride Modellierung

- Hybrid betont ein aus mindestens zwei Modelltypen zusammengesetztes Untersuchungssystem.
- Besonderheit → Doppel- oder Mehrfachlösungen werden für gleiche Parameter, Prozesse oder Phänomene auf der Grundlage unterschiedlicher Modelltypen erzeugt werden.
- Jedes einzelne Modell (physikalisches oder n-dimensionales hydrodynamisches numerisches Modell) stellt für sich schon eine Lösung dar.
- Durch die Kopplung der Ergebnisse können neue, erwünschte Informationen/Parameter abgeleitet werden.

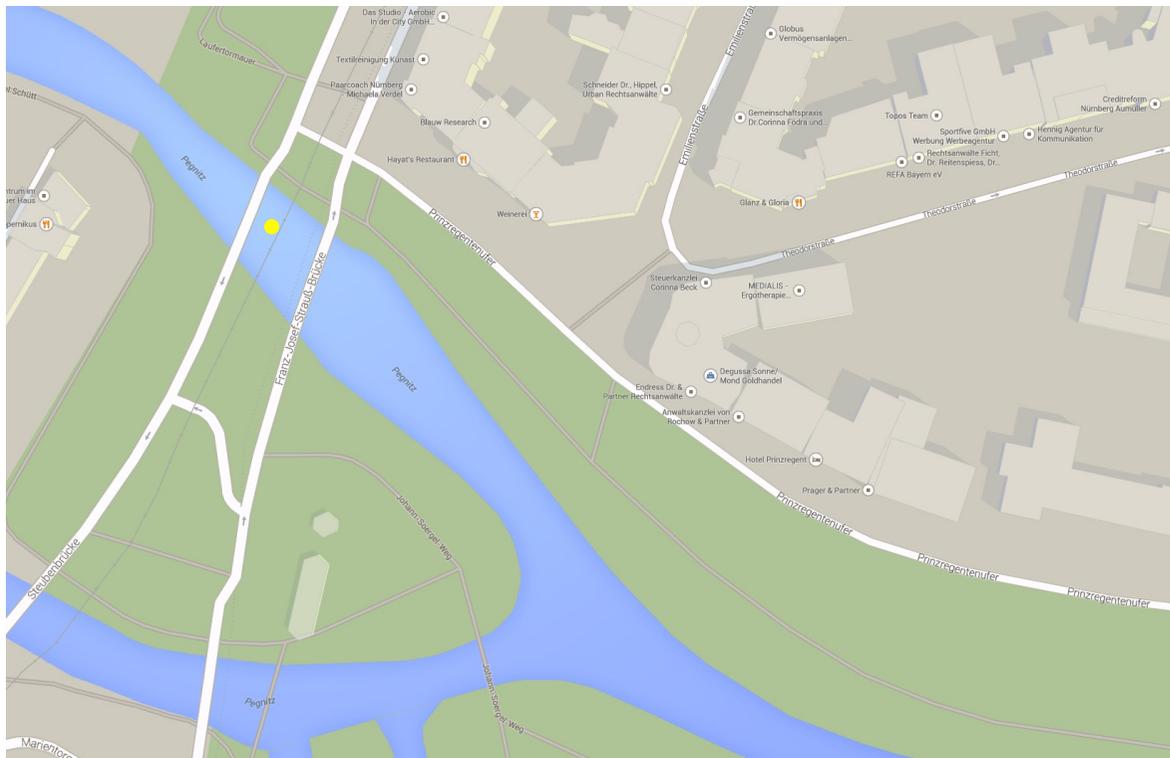
Einleitung

**Modellwahl**

Beispiel (2d & 3d)

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg– 2d-HN & 3d-HN



Einleitung

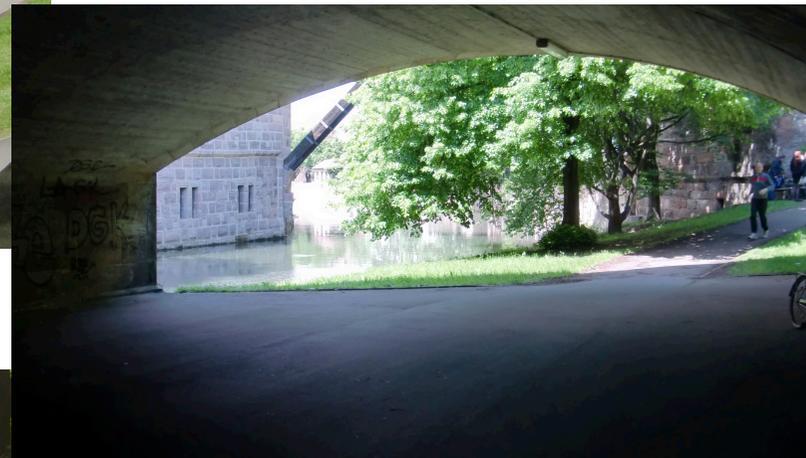
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

Quelle Bild: [www.google.de/maps/...](http://www.google.de/maps/)

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg – 2d-HN & 3d-HN



Einleitung

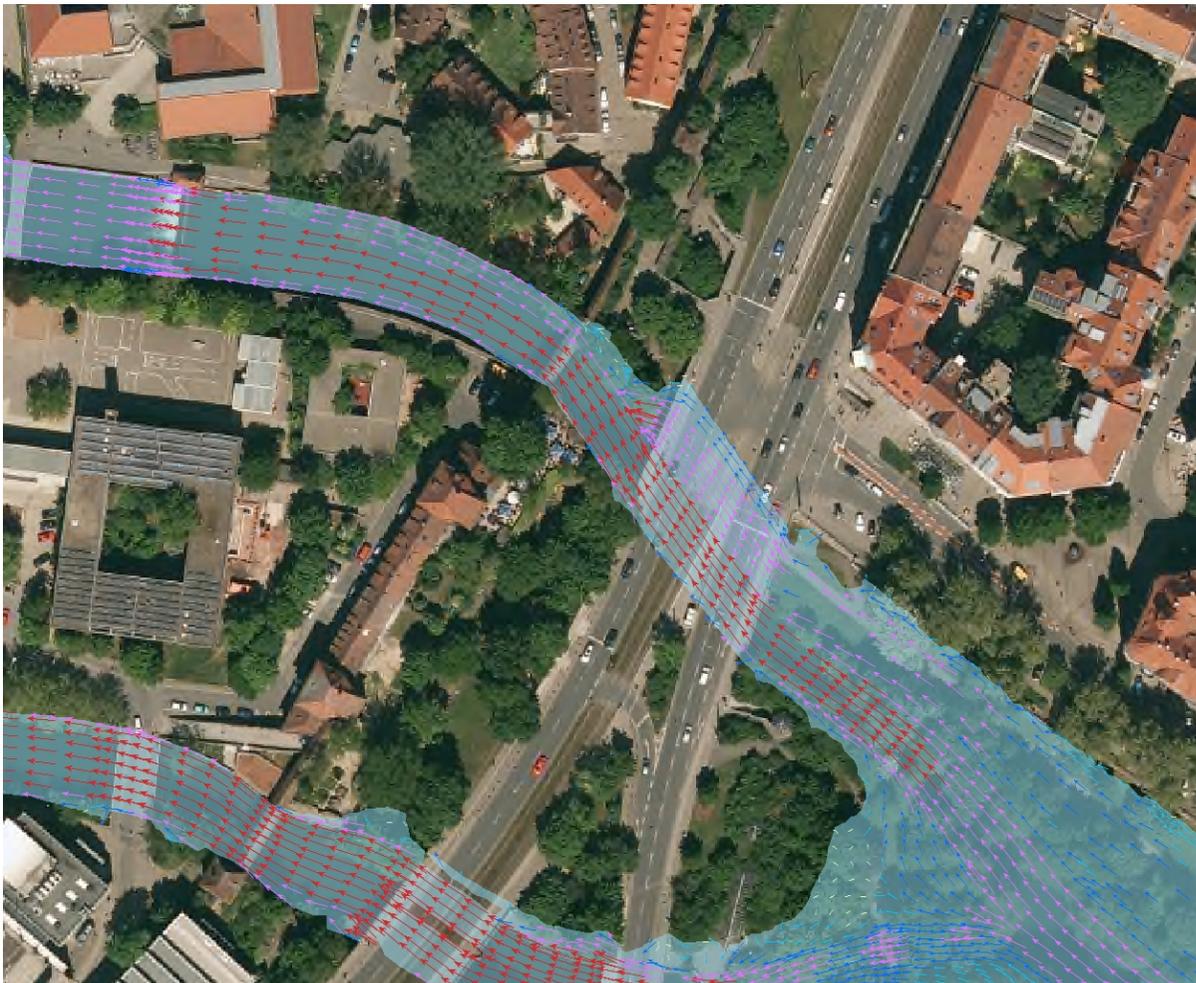
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

Quelle Bilder: Max Heß

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg



Quelle Bild: WWA Nürnberg

Einleitung

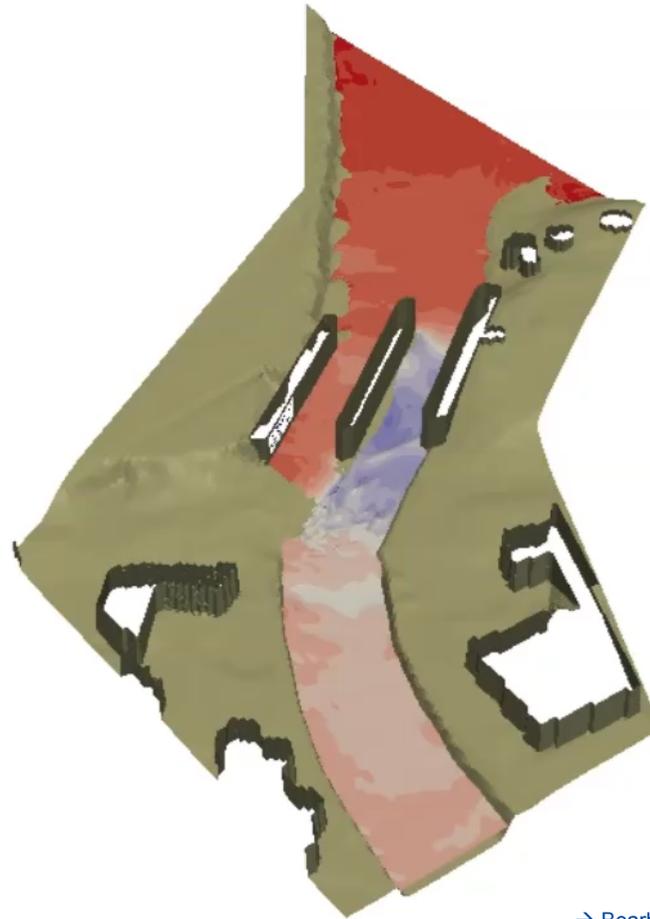
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg

- Situationsanalyse



→ Bearbeiter am LWN: Max Heß M. Eng. (OpenFOAM)

Einleitung

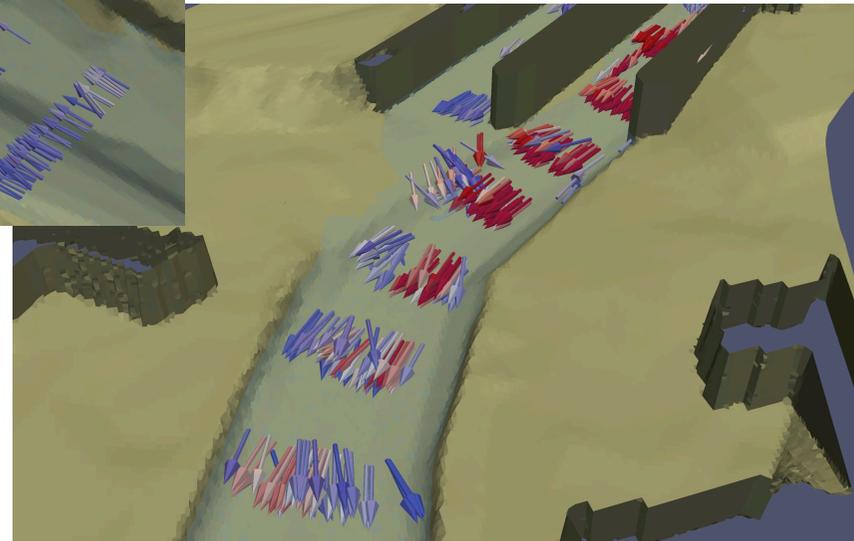
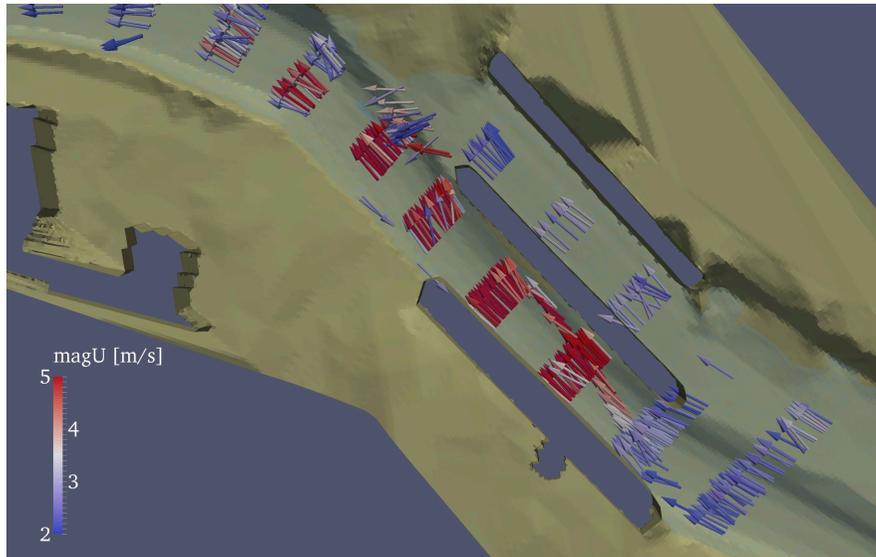
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg

- Optimierung Strömungssituation (3d-Modell)



→ Bearbeiter am LWN: Max Heß M. Eng. (OpenFOAM)

Einleitung

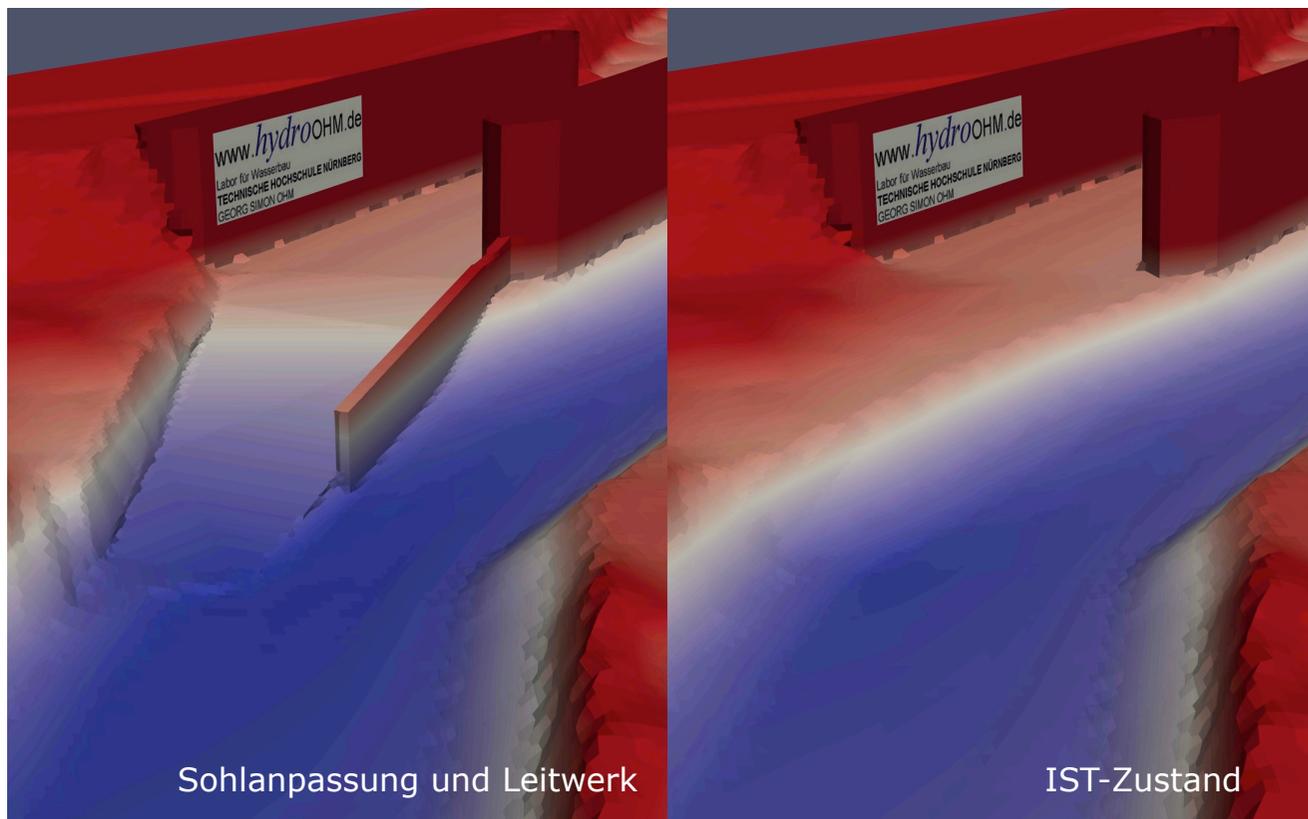
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg

- Optimierung Strömungssituation (3d-Modell) - Bathymetrie



→ Bearbeiter am LWN: Max Heß M. Eng. (OpenFOAM)

Einleitung

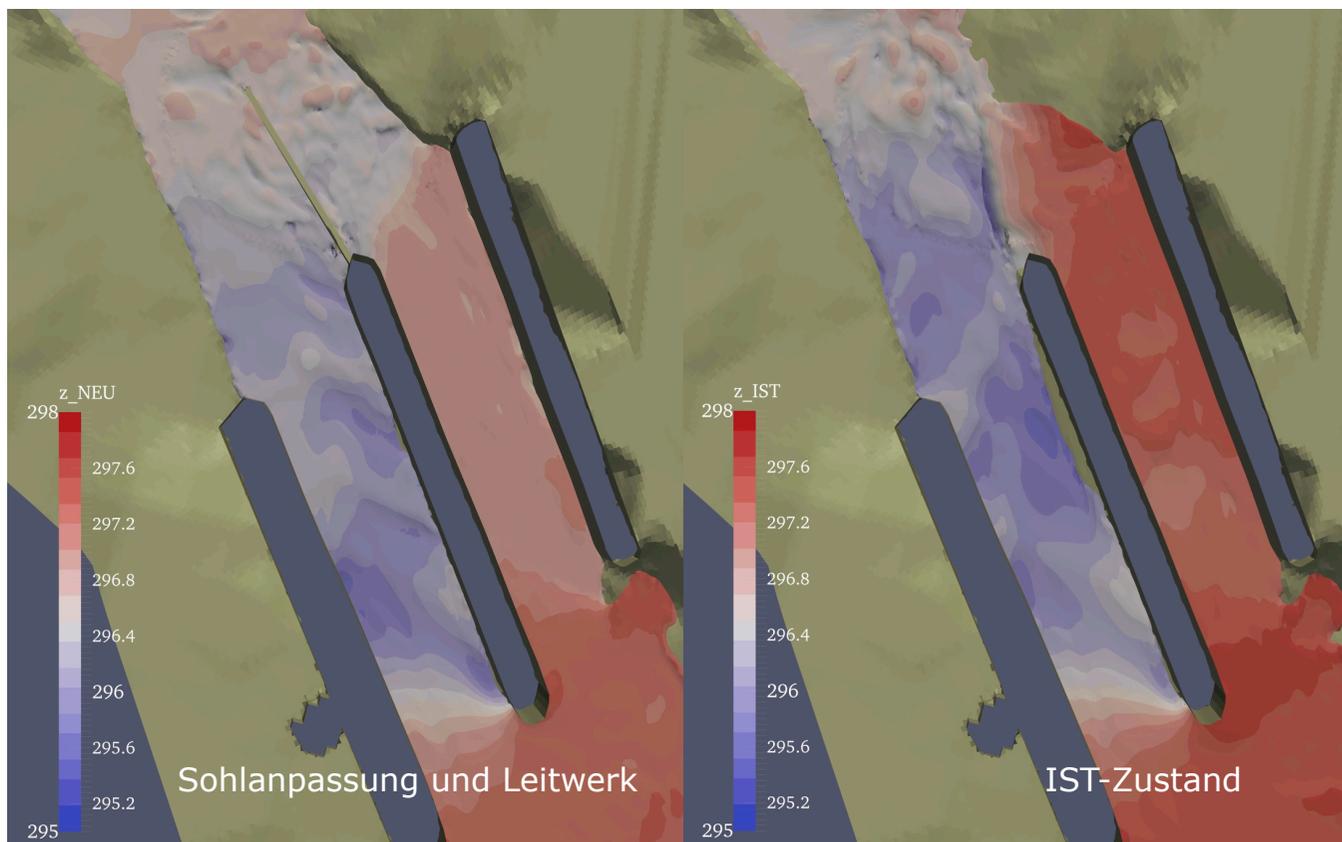
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg

- Optimierung Strömungssituation (3d-Modell) - Bathymetrie



→ Bearbeiter am LWN: Max Heß M. Eng. (OpenFOAM)

Einleitung

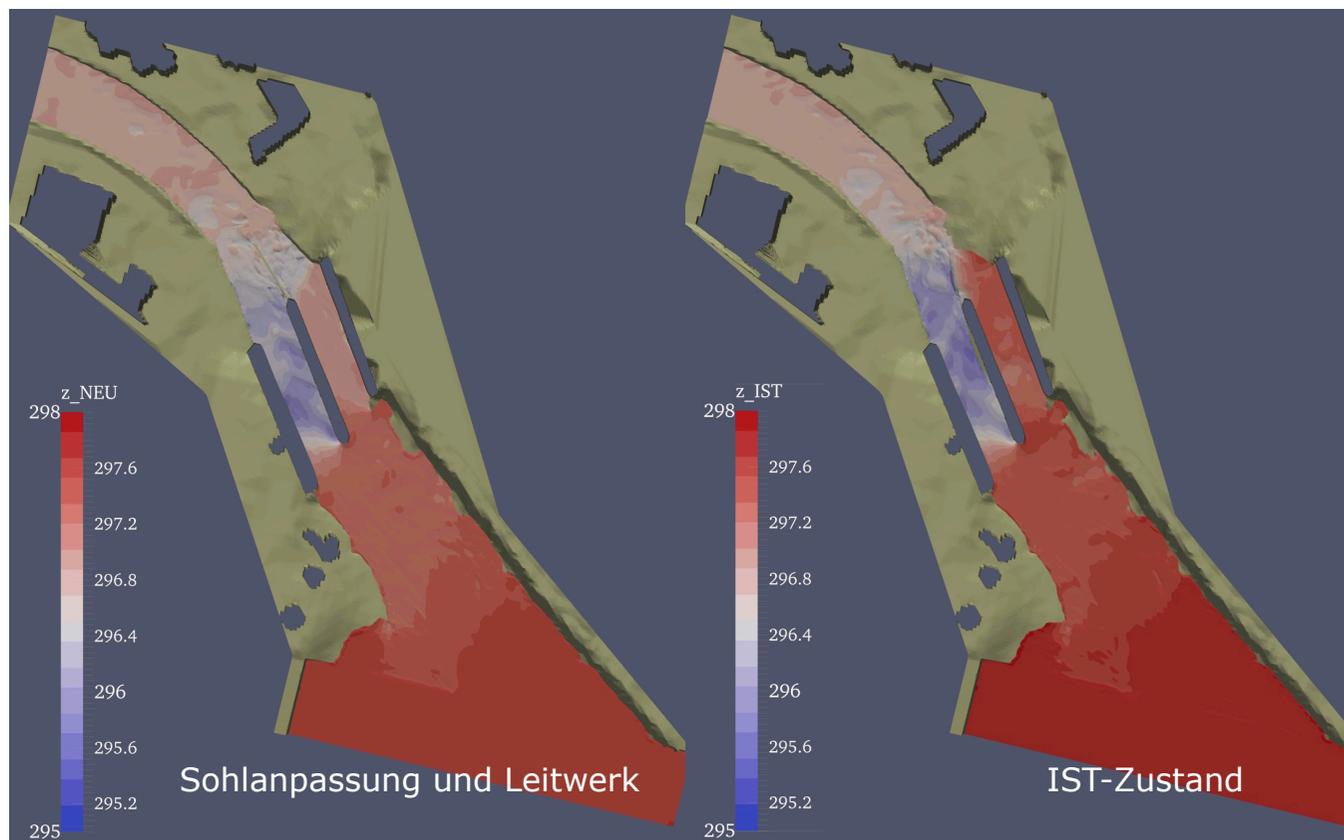
Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Beispiel (2d & 3d) – Pegnitz/Steubenbrücke/Nürnberg

- Optimierung Strömungssituation (3d-Modell) - Bathymetrie



→ Bearbeiter am LWN: Max Heß M. Eng. (OpenFOAM)

Einleitung

Modellwahl

**Beispiel (2d & 3d)**

Resümee

## Resümee

- Die hybride Modellierung ist im Fall von vielfältigen Modellparametern zu empfehlen.
- Hybride Modellierung hilft ggf. Kosten einzusparen (z.B. infolge der Vermeidung von Umbaumaßnahmen am physikalischen Modell).
- Hybride Modellsysteme garantieren zuverlässige und hochqualitative Ergebnisse.
- Die Transparenz des Planungsprozesses ist im Zusammenhang mit der öffentlichen Beteiligung unter Anwendung der hybriden Modellierung i.d.R. verbessert.

Einleitung

Modellwahl

Beispiel (2d & 3d)

**Resümee**