

# DIGITALISIERUNG, MODELLIERUNG UND VISUALISIERUNG DES GEWÄSSERSYSTEMS DONAUMOOS

**Haus im Moos**  
22.10.2021 | 13:00 Uhr

**Arcadis Germany GmbH**  
Christelle Schuhler  
Chantal Kipp

**Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt**  
Julius Schreiner

# Agenda

1. Veranlassung
2. Berechnungssysteme – *Überblick*–
3. Modellanwendungen
  1. Wiedervernässung in Plangebieten (GW-/HN-Modell)
  2. Moorsackungsprognosen (HN-Modell)
3. Identifizierung von Wiedervernässungsflächen  
– *Potenzialflächenanalyse* –
4. Fazit

# Veranlassung

Digitales Berechnungssystem

**Zielsetzung** **wasserwirtschaftliche Maßnahmen** zielgerichtet entwickeln, modellieren, bewerten und visualisieren zu können.

**Werkzeug** Ermittlung der **Auswirkungen** von Maßnahmen auf Grundwasserstand und Abflussgeschehen.

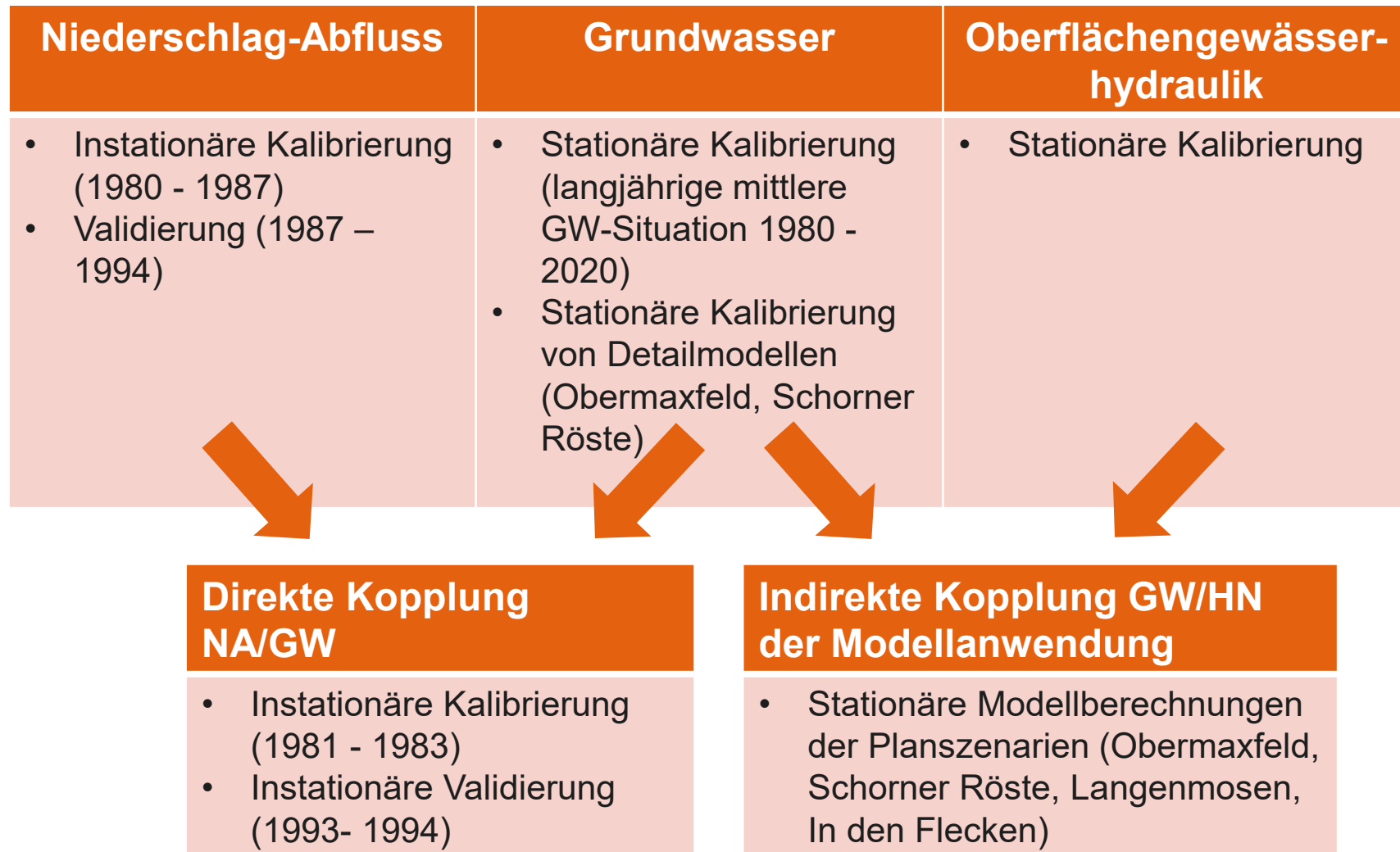
**für** zukünftige Moorschutzplanungen und **wasserrechtliche Verfahren** (negative Auswirkungen auf Privateigentum ausschließen)

Werkzeuge zur Untersuchung der Wirkungsweise

# BERECHNUNGSSYSTEME

## Überblick

# Überblick Modelle

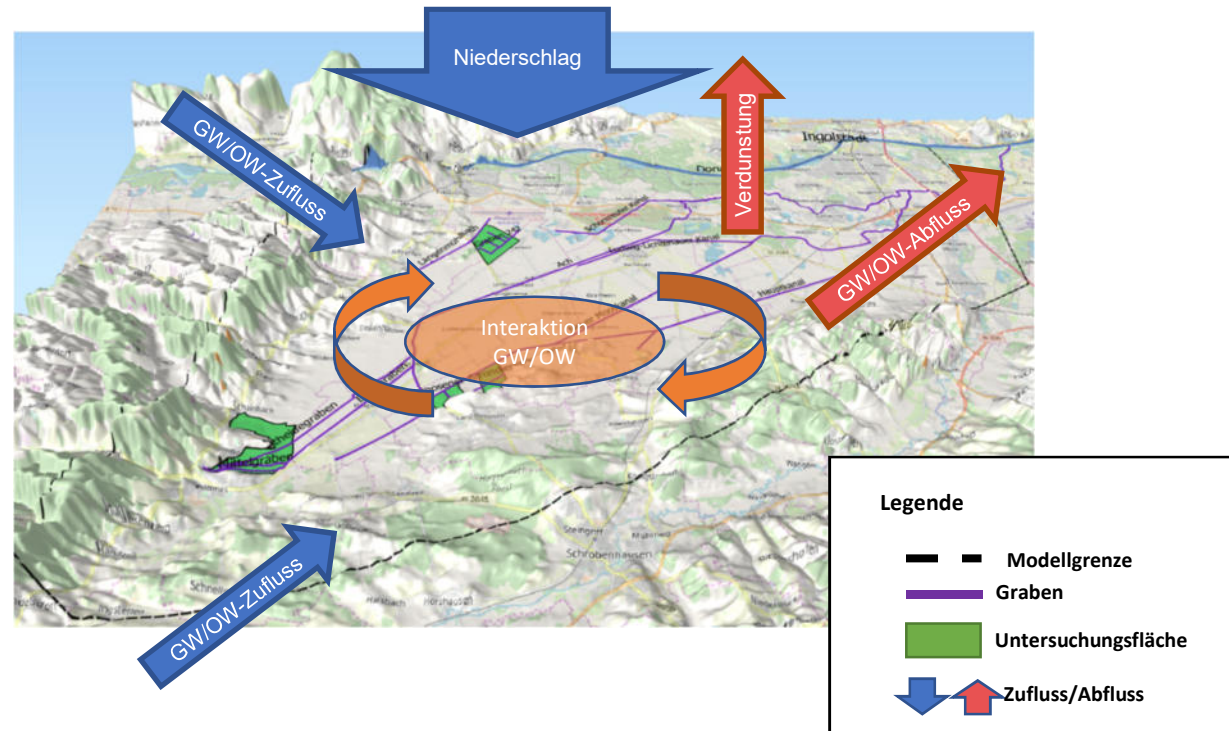


# BERECHNUNGSSYSTEME

Kopplung NA und GW

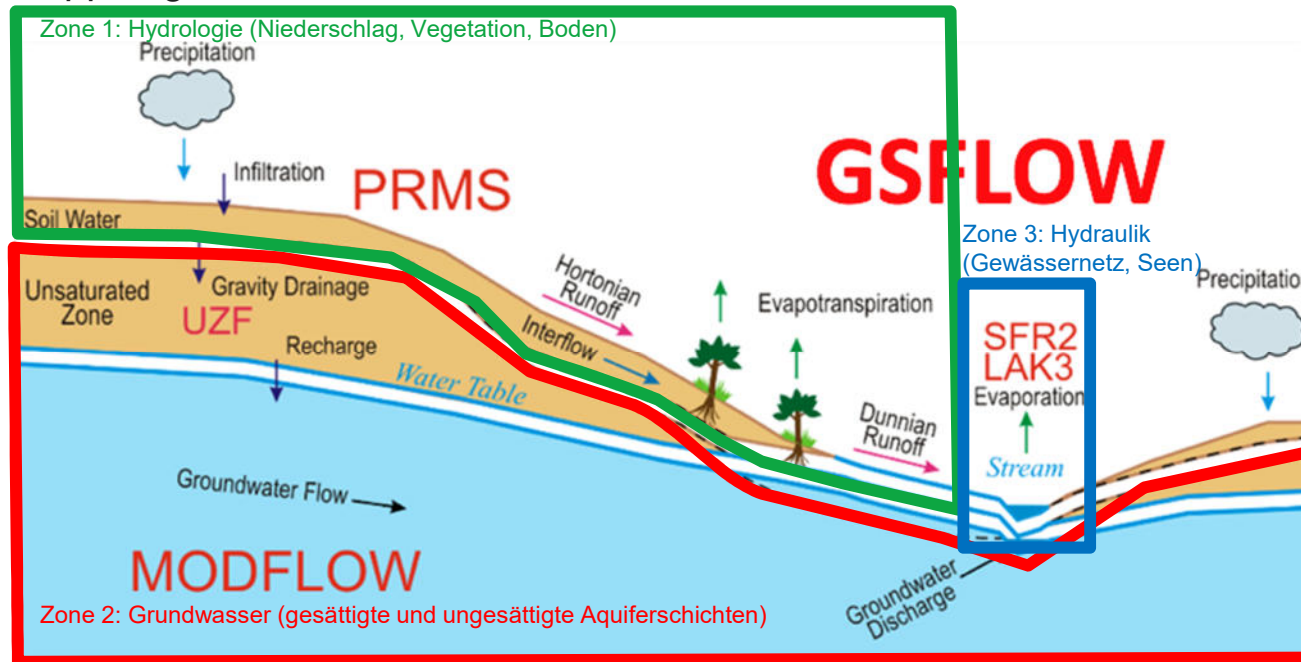


# Kopplung NA und GW



# Kopplung NA und GW

Kopplung beider Einzelkreisläufe mit dem Modell GSFLOW



<https://www.usgs.gov/media/images/gsfLOW-model>



# Datengrundlagen der Modellierung

Abbildung des hydrologischen Kreislaufs (Oberfläche) → PRMS

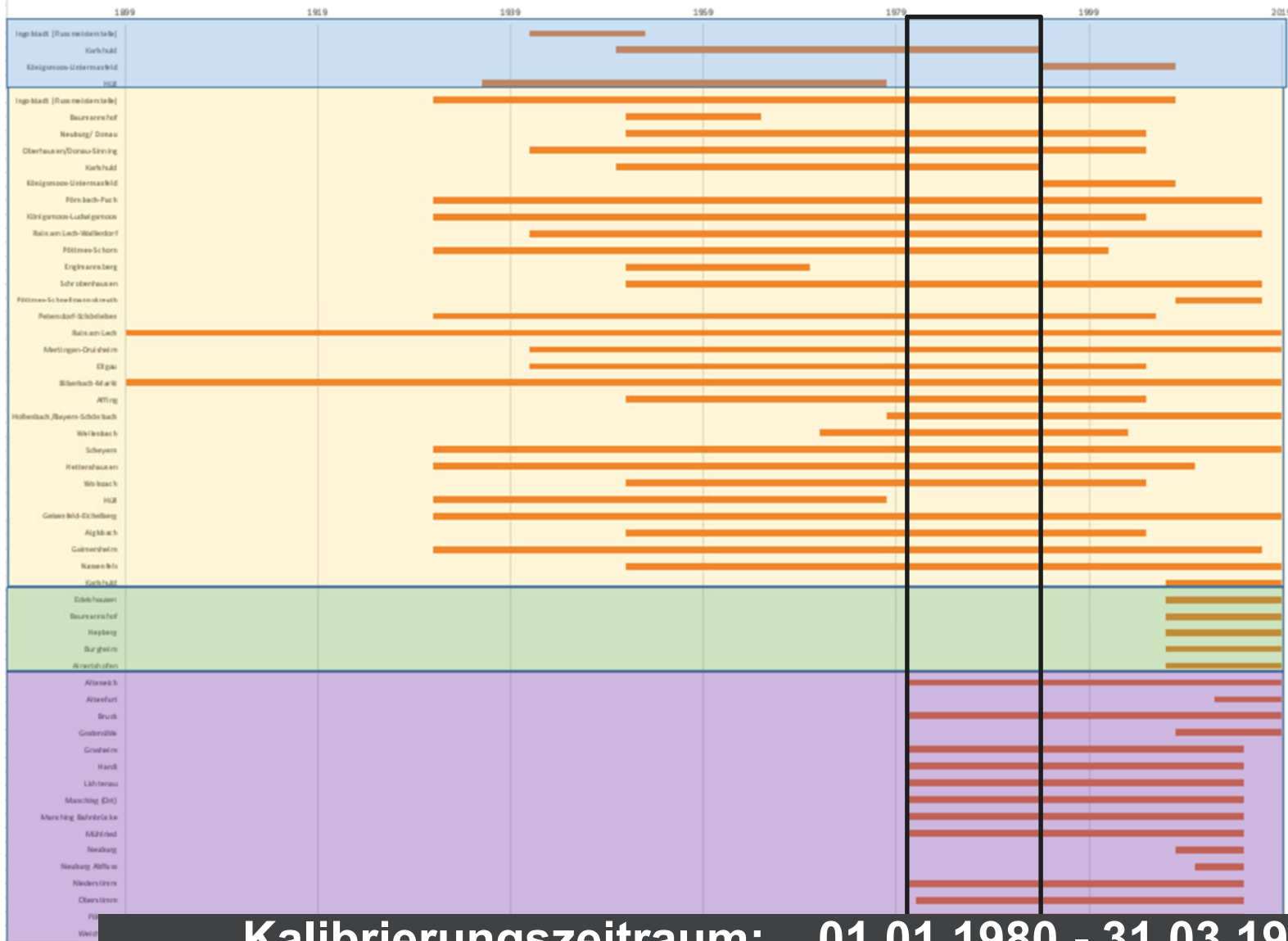
- Geländemodell
- Niederschlag und Klima
- Landnutzung / Versiegelungsgrad
- Vegetation
- Bodenart

Abbildung der Grundwasserverhältnisse → MODFLOW

- Geländemodell
- Grundwasserstände
- Kennwerte des Grundwasserleiters (Durchlässigkeitsbeiwert, Mächtigkeit)
- Grundwasserentnahmen
- Gewässernetz

**Modellausdehnung und -diskretisierung des NA-Modells und des GW-Modells muss identisch sein (50 m x 50 m)**

Zeitabschnitte der Messungen 1980 - 1994



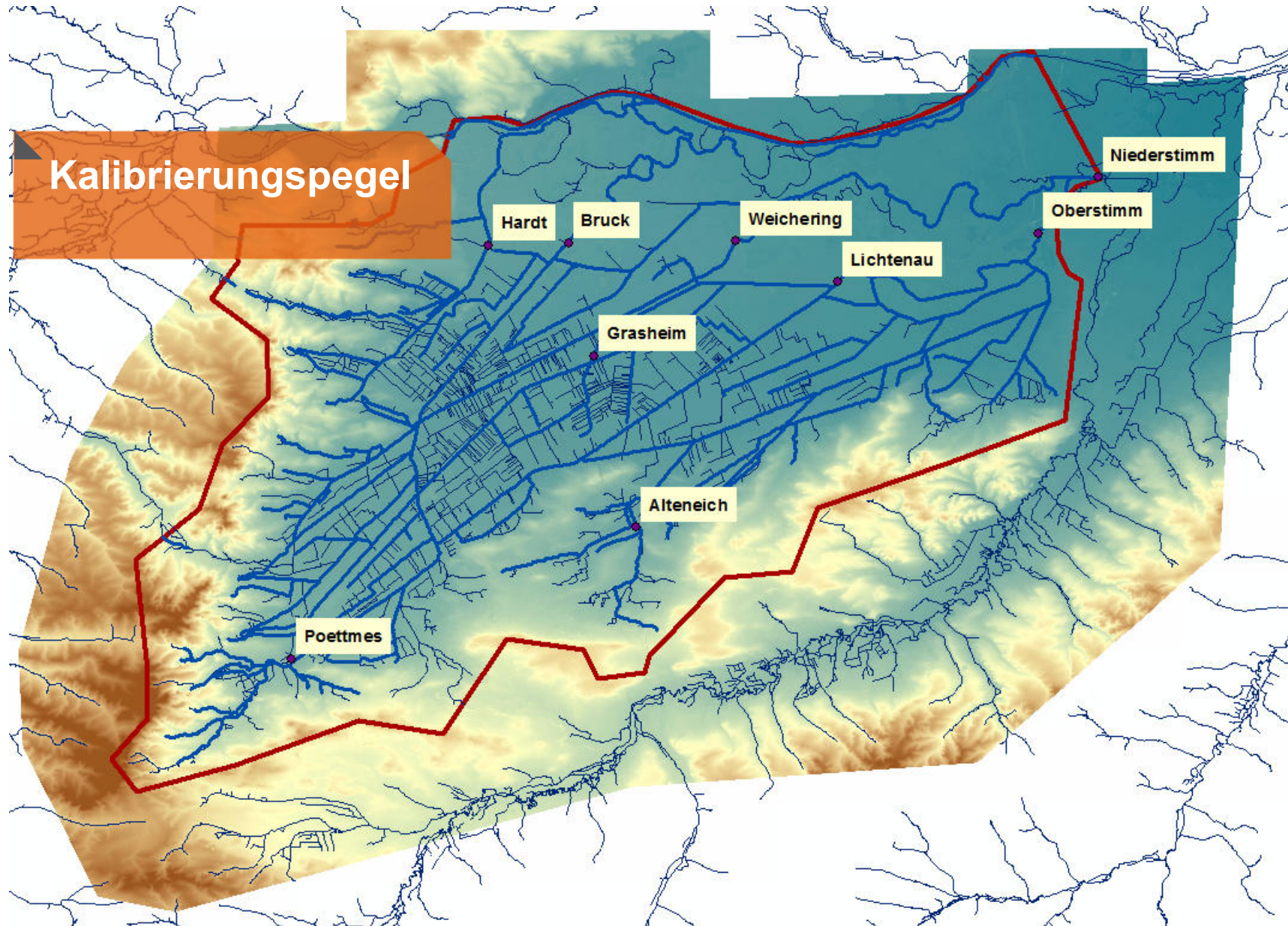
Klimadaten DWD

N-Daten DWD

Klimadaten GKD

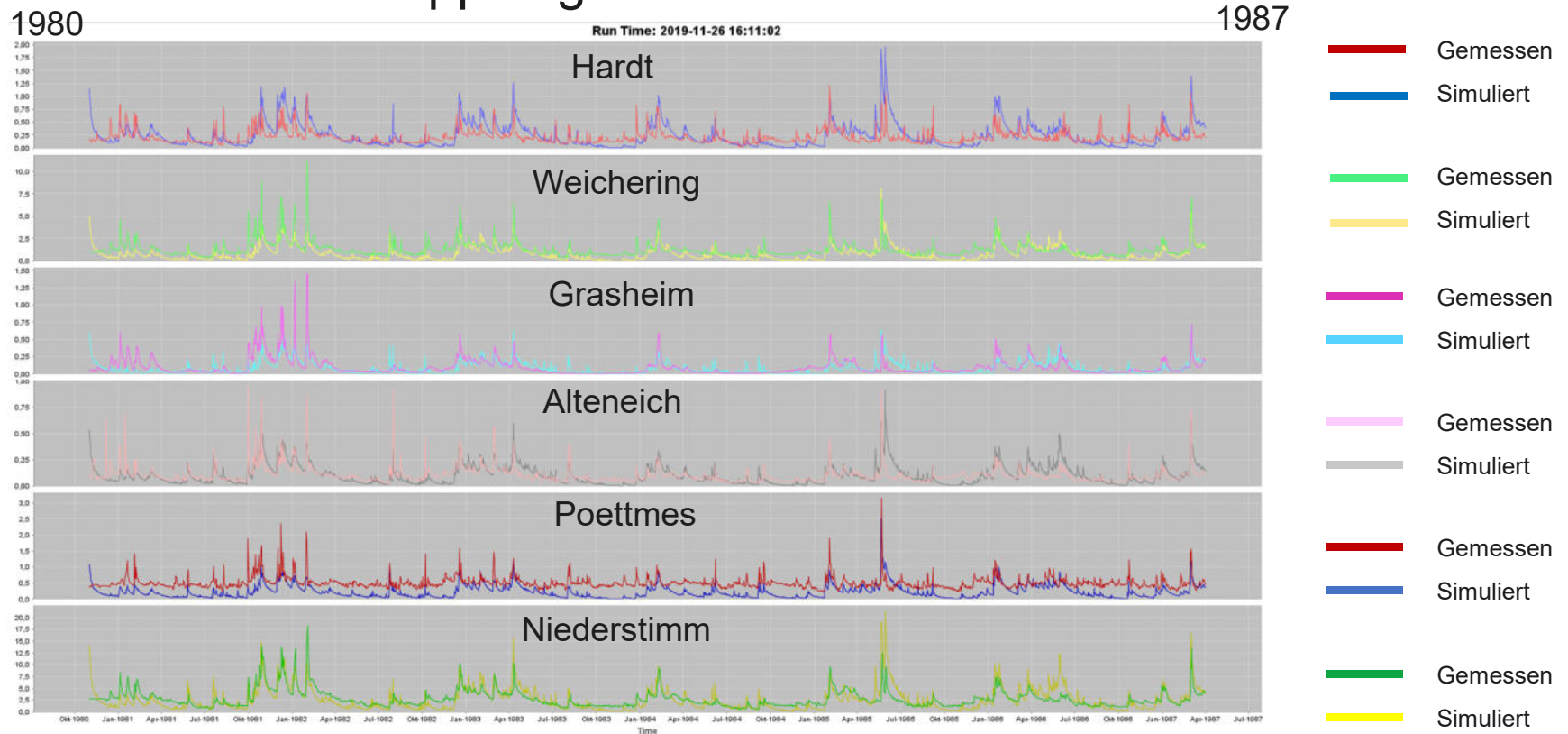
Pegelmessungen  
Q

**Kalibrierungszeitraum: 01.01.1980 - 31.03.1987**  
**Validierungszeitraum: 01.07.1987 - 31.03.1994**



# Kalibrierung

## NA-Modell ohne Kopplung

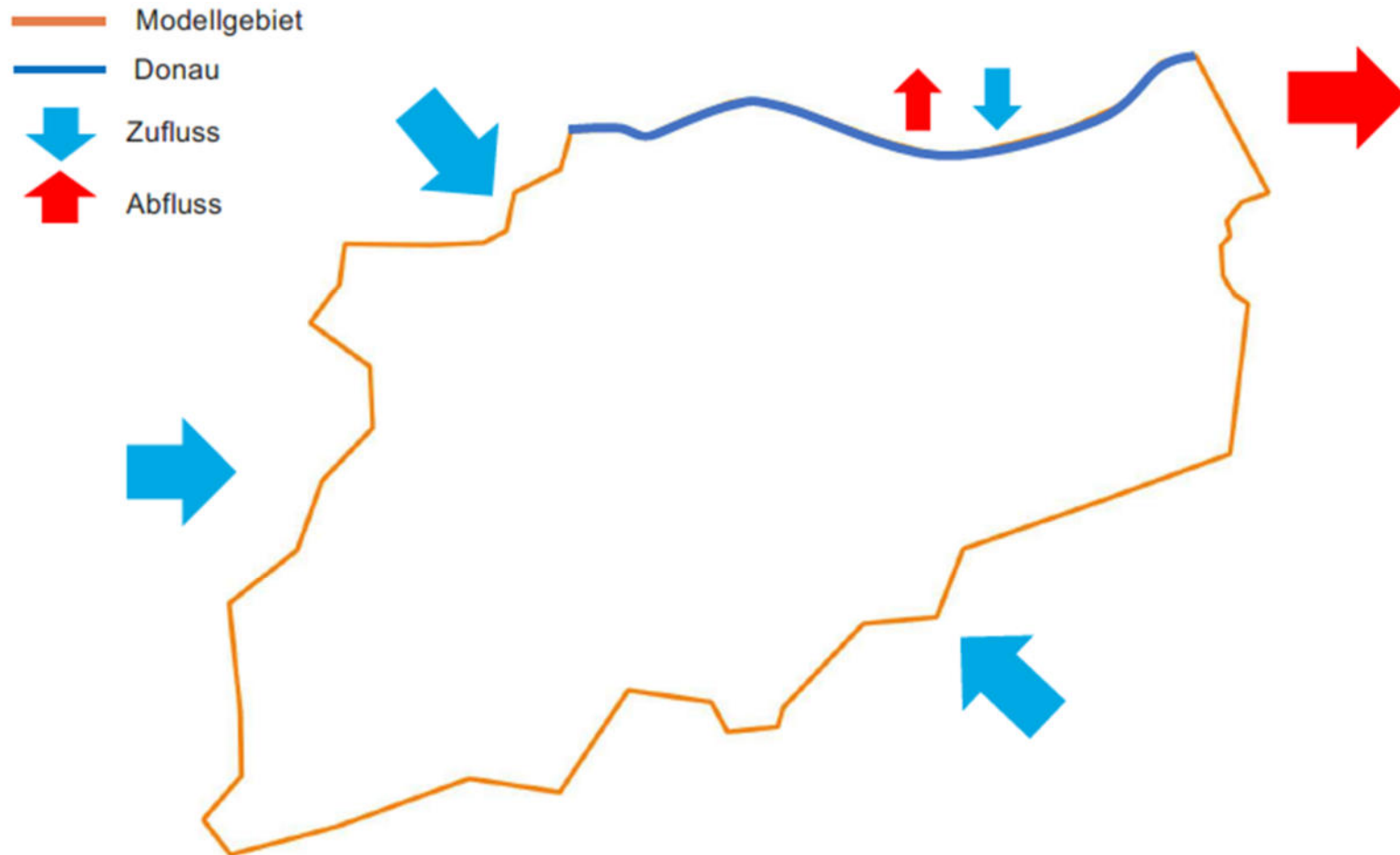


**Kalibrierung bereits sehr gute Überstimmung**

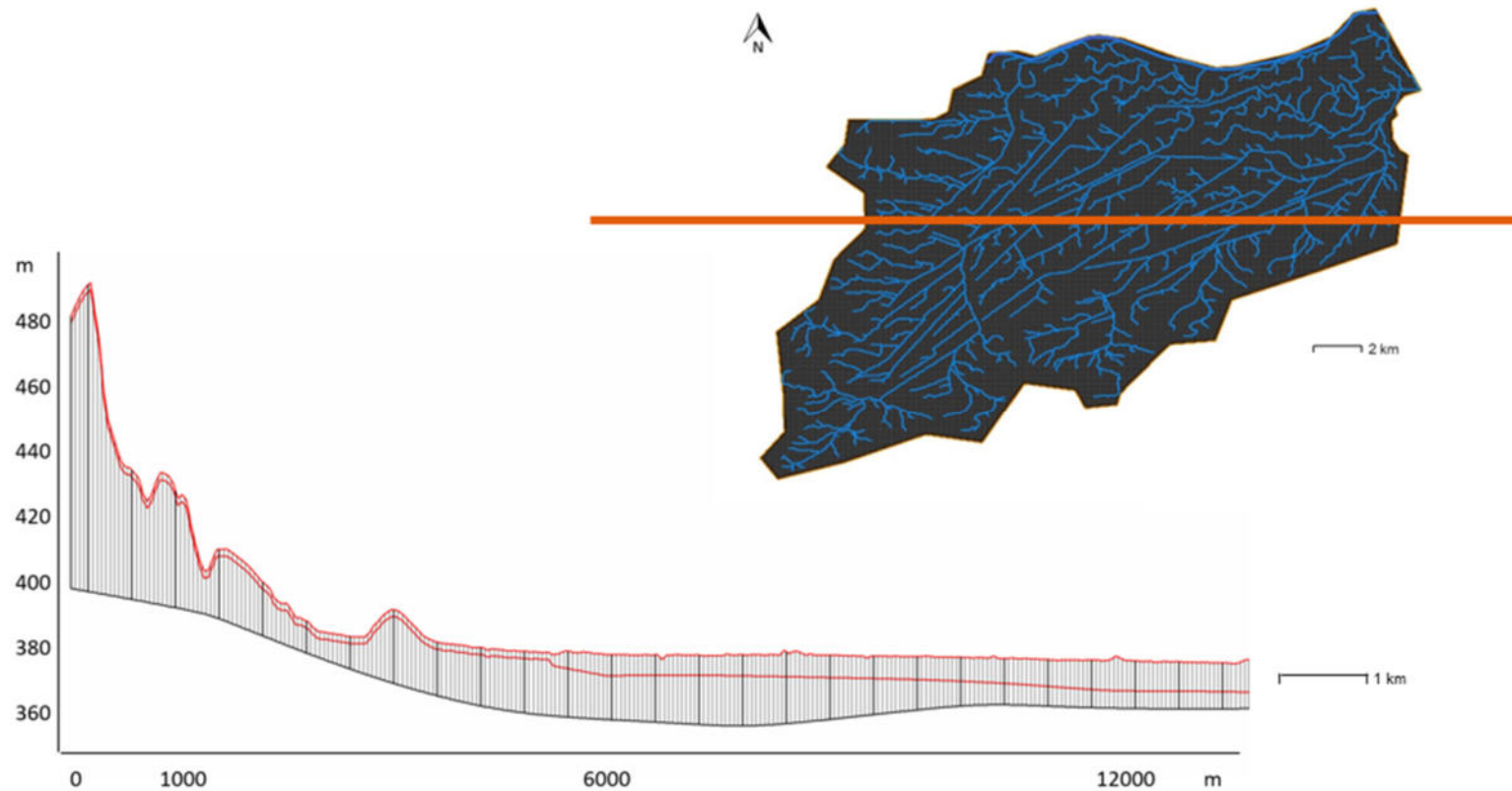


# Aufbau des GW-Modells

## Randbedingungen



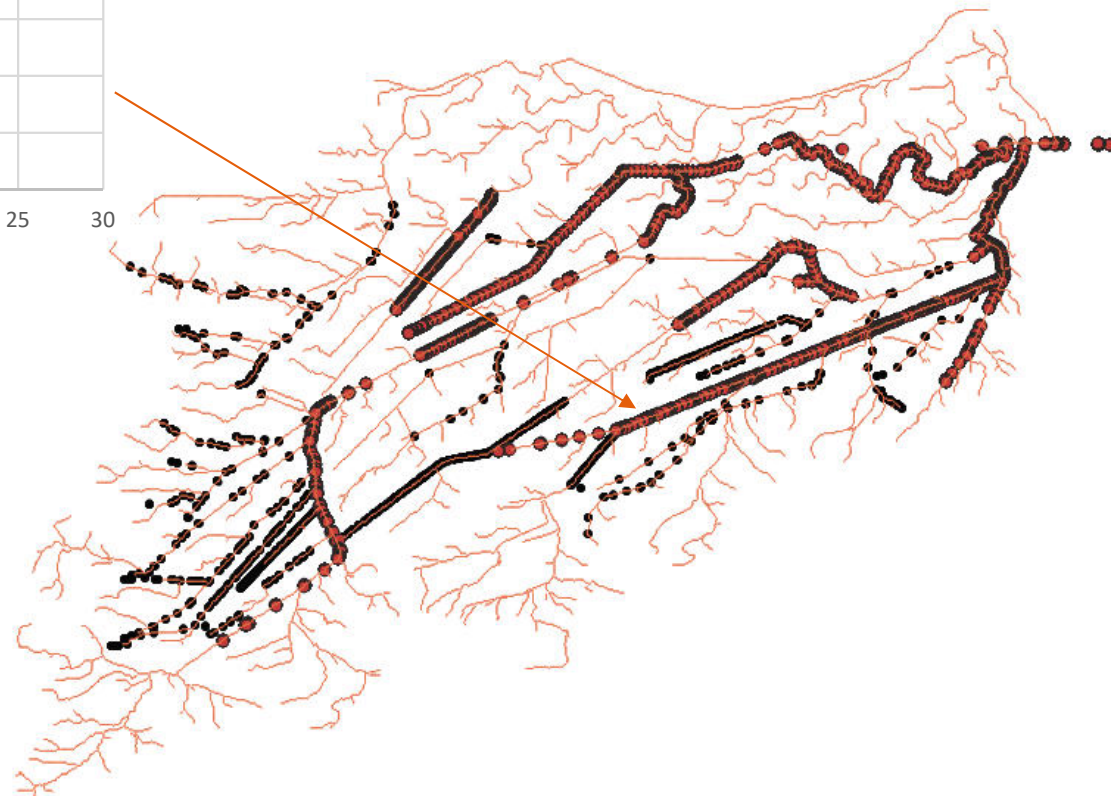
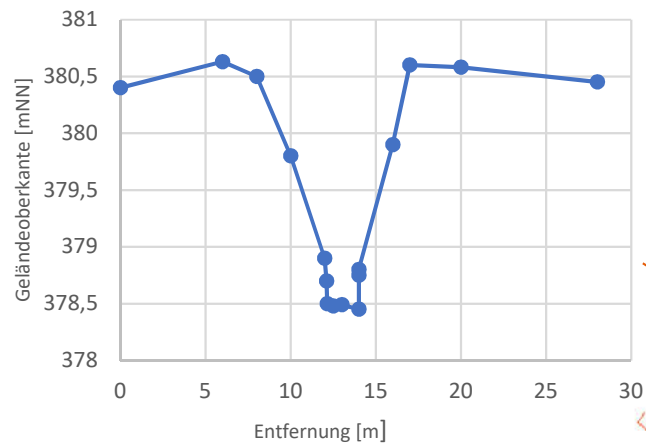
# Aufbau des GW-Modells



- 2 Modellschichten (Quartär/Tertiär)
- Moor keine eigene Modellschicht, da es sich nicht um eine hydraulisch homogen wirkende Schicht handelt

# Aufbau des Modells

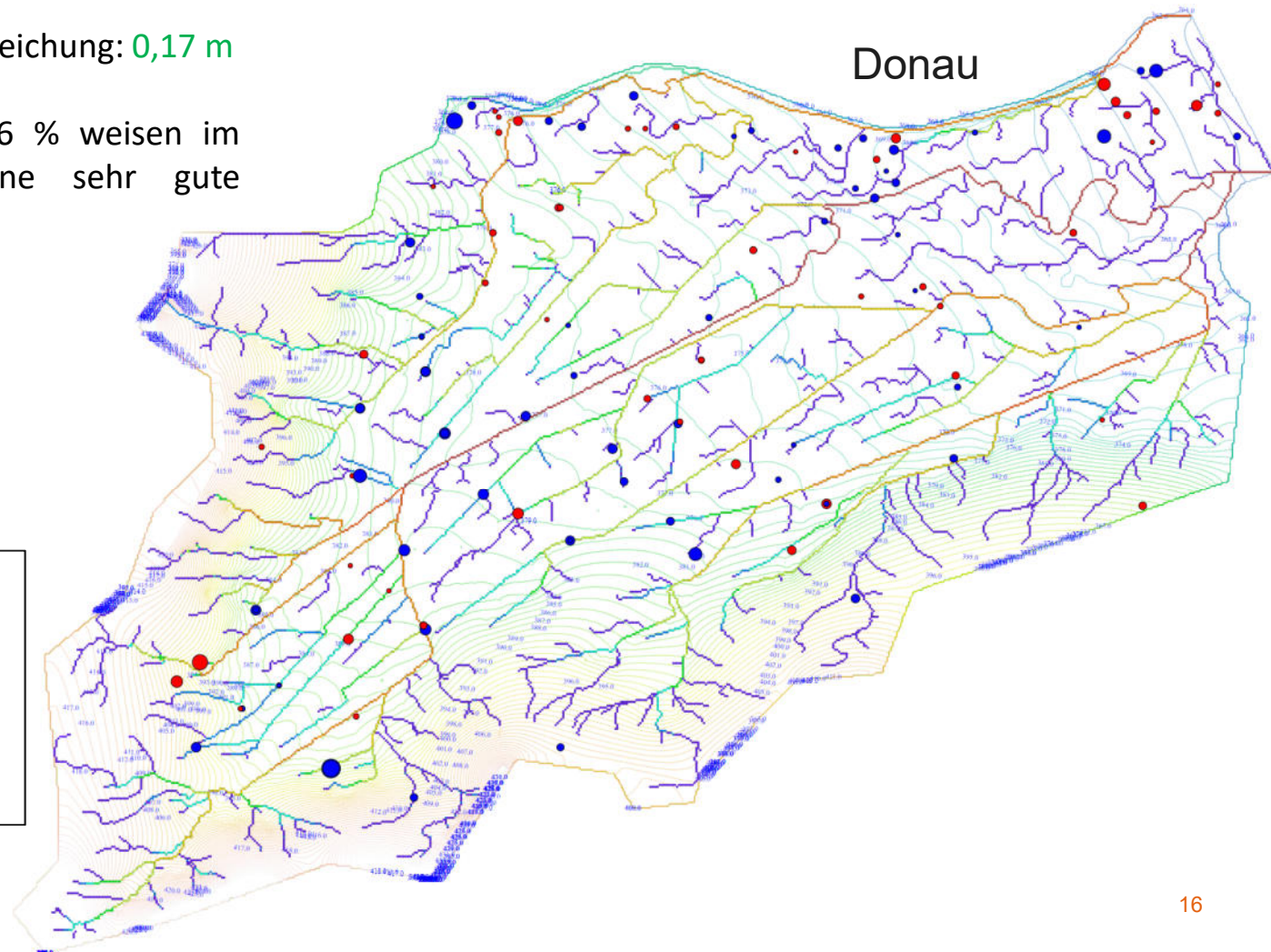
## Implementierung des Grabennetzes: Grabenquerschnitt



# Plausibilisierung GW-Modell

## Stationäre Kalibrierung. Abweichungen zw. gemessenen und berechneten Werten

- Mittlere Absolute Abweichung: 0,17 m
- Modellfehler von 0,46 % weisen im Allgemeinen auf eine sehr gute Modellkalibrierung hin





# Überblick Modelle

Niederschlag-Abfluss	Grundwasser	Oberflächengewässer- hydraulik
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instationäre Kalibrierung (1980 - 1987)</li> <li>• Validierung (1987 – 1994)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationäre Kalibrierung (langjährige mittlere GW-Situation 1980 - 2020)</li> <li>• Stationäre Kalibrierung von Detailmodellen (Obermaxfeld, Schorner Röste)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationäre Kalibrierung</li> </ul>

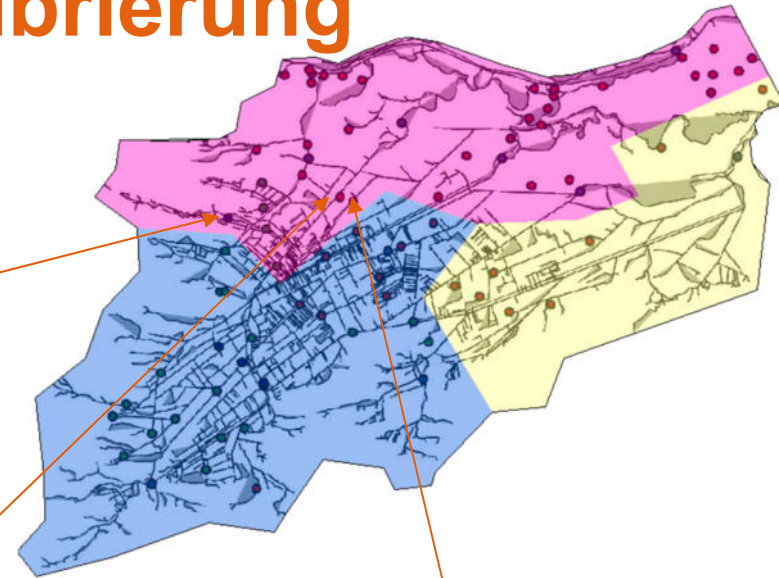
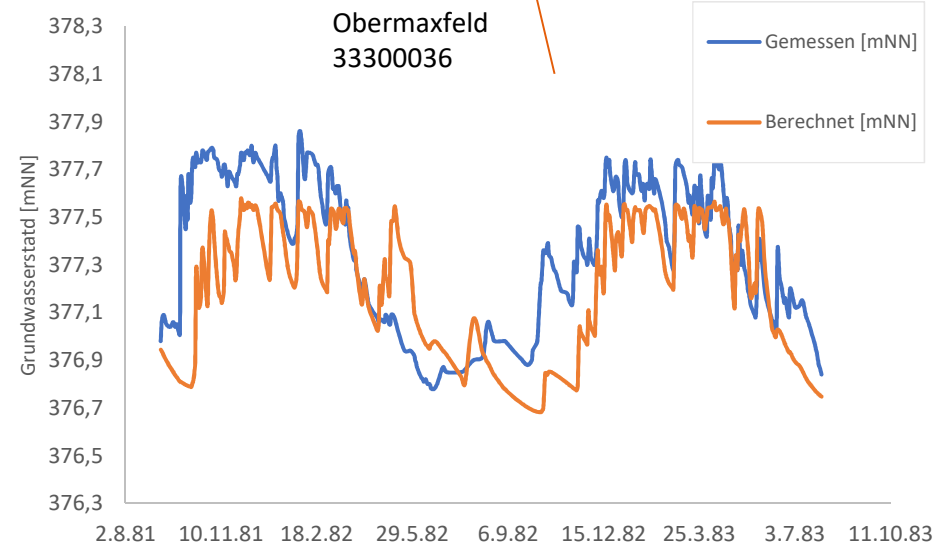
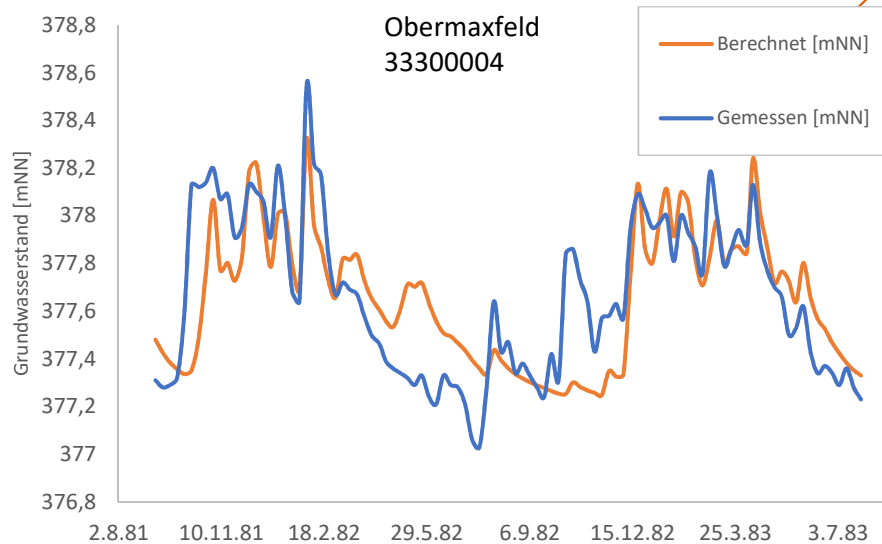
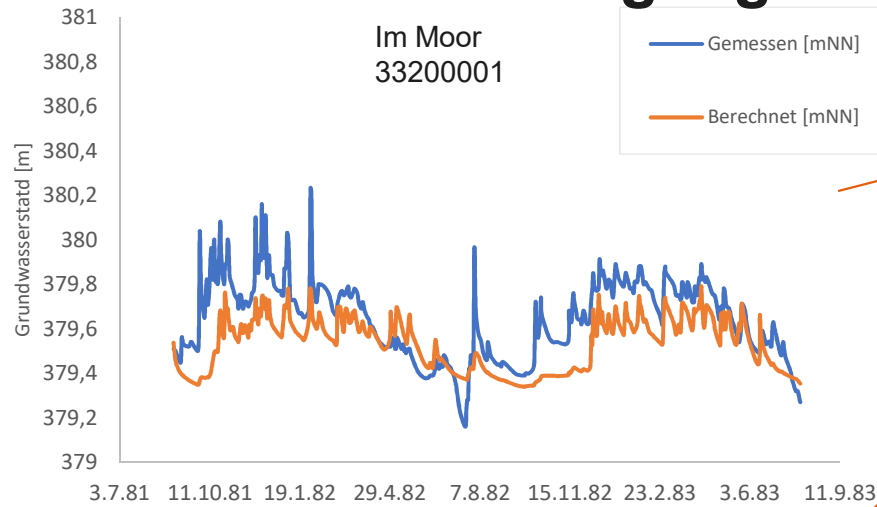
## Direkte Kopplung NA/GW

- Instationäre Kalibrierung (1981 - 1983)
- Instationäre Validierung (1993- 1994)

## Indirekte Kopplung GW/HN der Modellanwendung

- Stationäre Modellberechnungen der Planszenarien (Obermaxfeld, Schorner Röste, Langenmosen, In den Flecken)

# Instationäre Modellkalibrierung u.a. Grundwasserganglinien



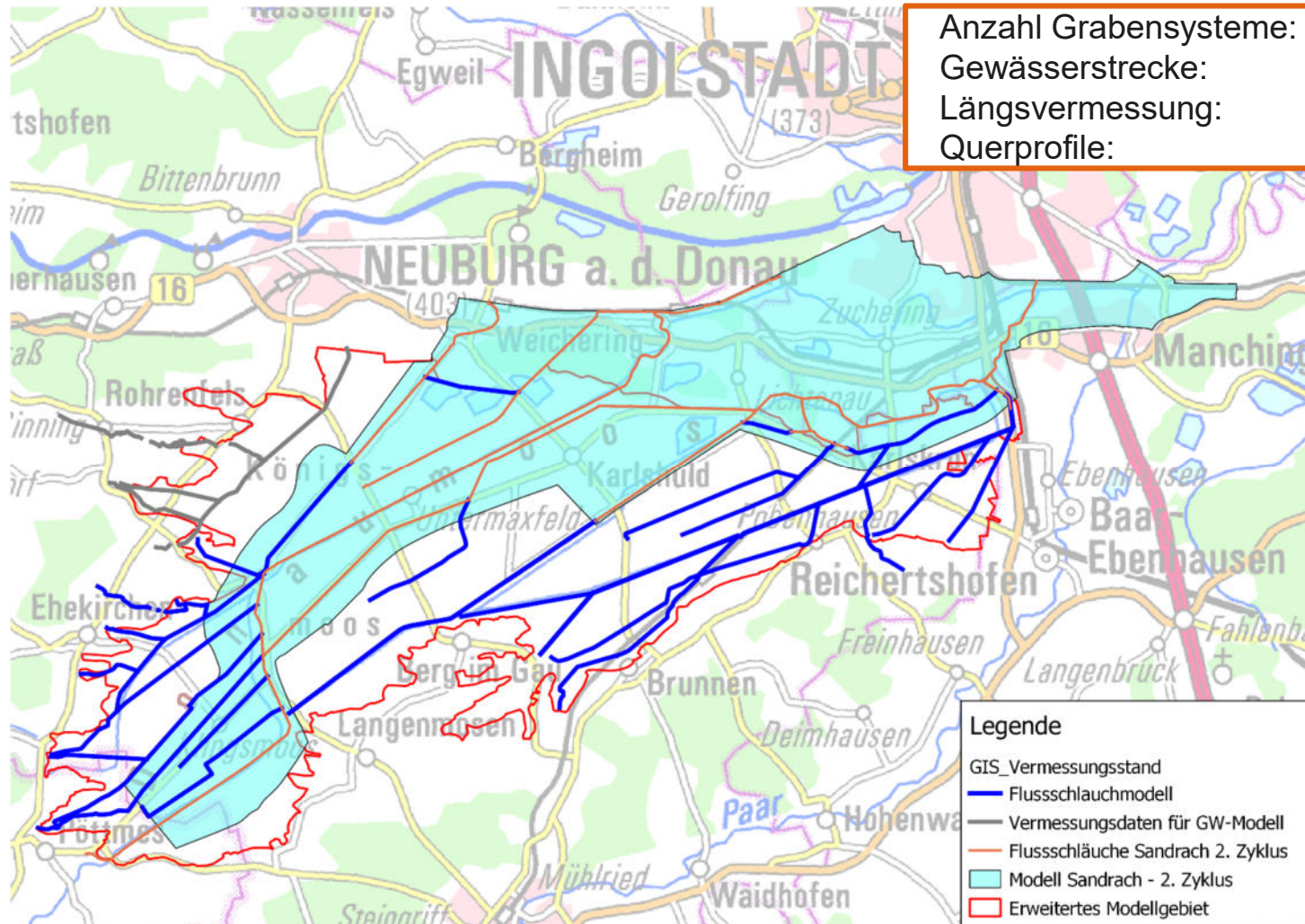
# BERECHNUNGSSYSTEME

HN-Modell - Oberflächenwasser

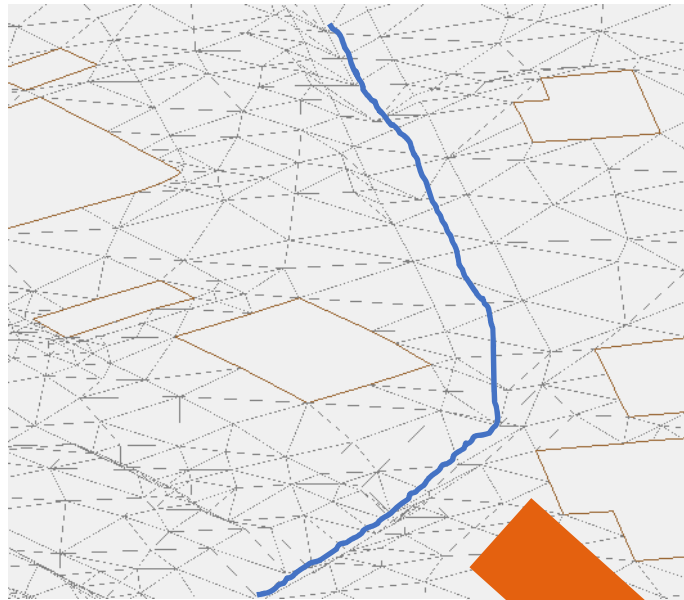
# Datengrundlagen der Modellierung

- Laserscan-Daten (Befliegungsdaten; 2019) – für Vorländer
- ALKIS-Nutzungsdaten → Oberflächeninformation für Hydraulik
- Vermessungsdaten Fließgewässer aus terrestrischer Vermessung
- Vermessungsdaten von Bauwerken (z. B. Durchlässe, Brücken)
- Bauwerksinformationen Dritter (z.B. Gewässerverband Donaumoos)
- Vorhandene Modelldaten (Bestandsmodell Sandrach ID 2292, LfU)
- Hydrologische Grundlagen für Berechnungen

# Vermessungsdaten

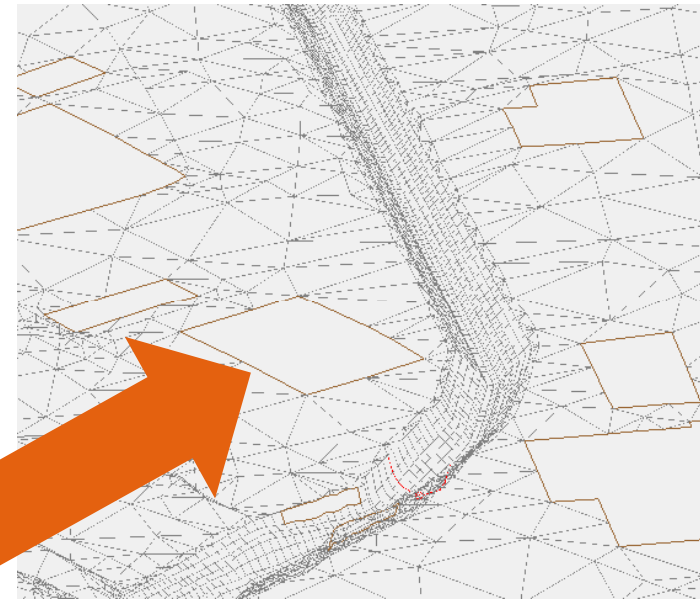


# Modellaufbau zur Abbildung der Fließwege



Gelände aus  
Befliegungsdaten

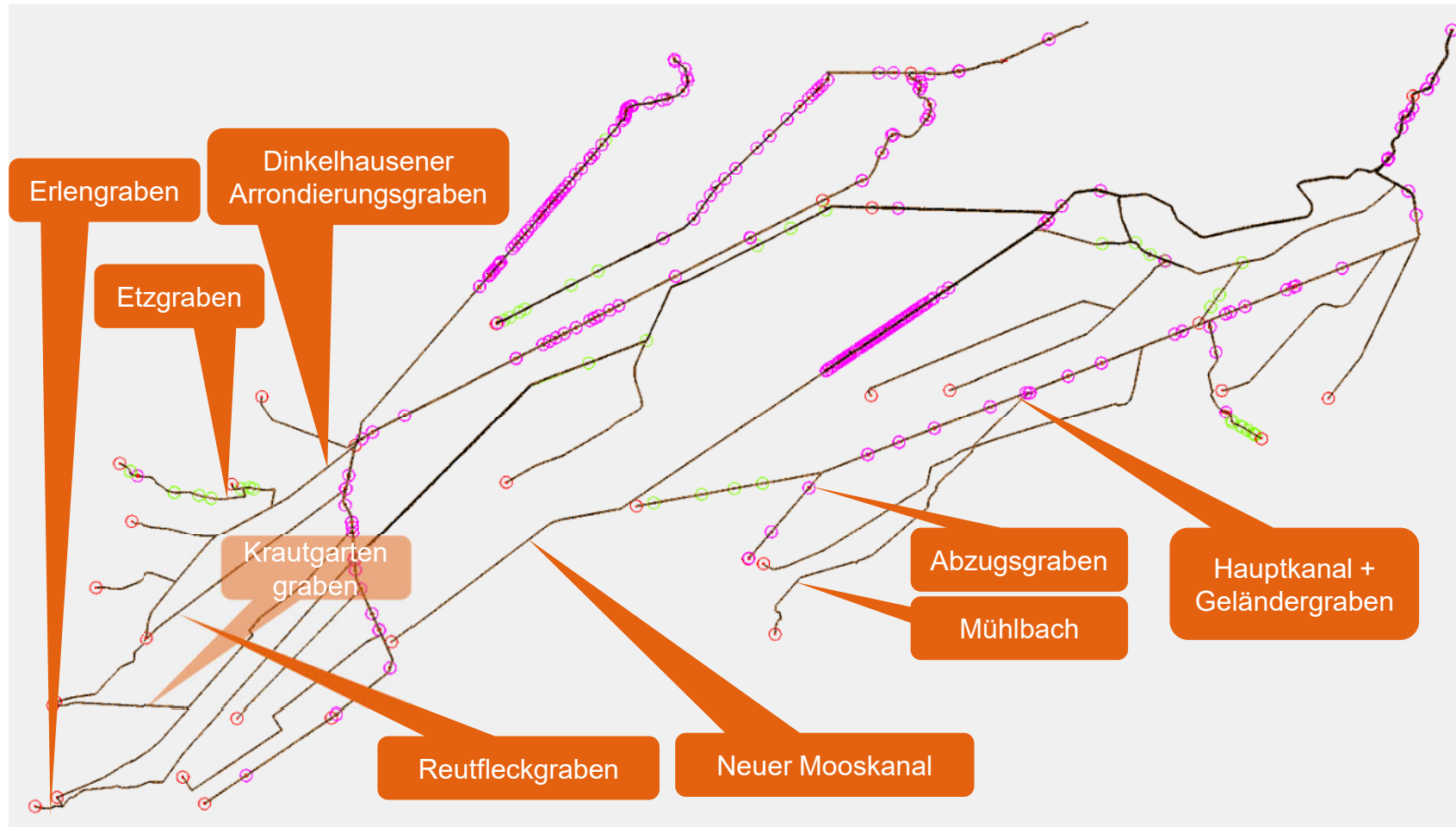
Modellierter Fließweg  
aus Vermessung



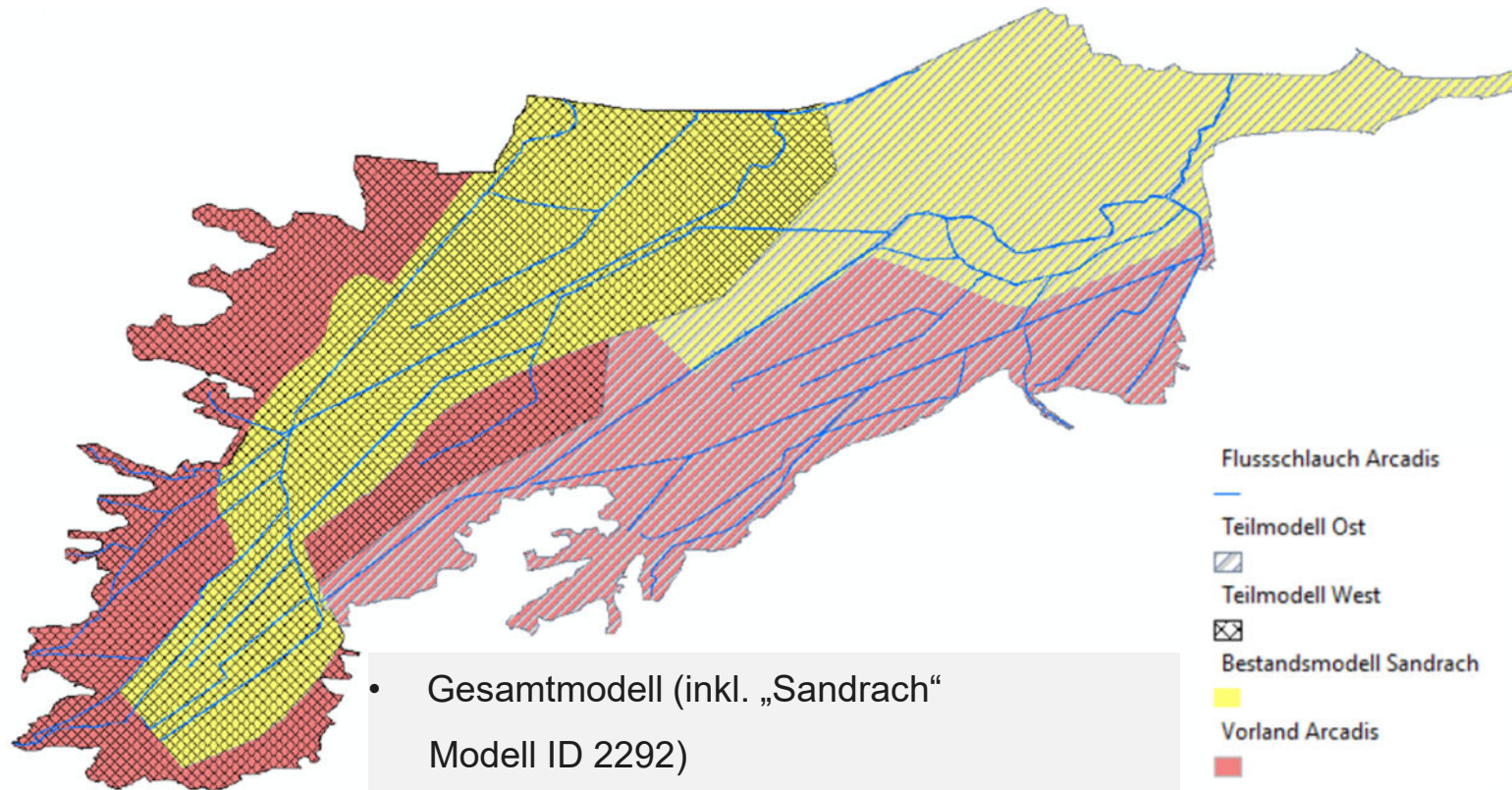
Genauere Abbildung der  
Fließwege (Gräben,  
Kanäle, Fluss)

# Flussschlauchgesamtmodell

inkl. modellierter Bauwerke, mit Pegelpunkten der Abflussmessung zur Modellkalibrierung



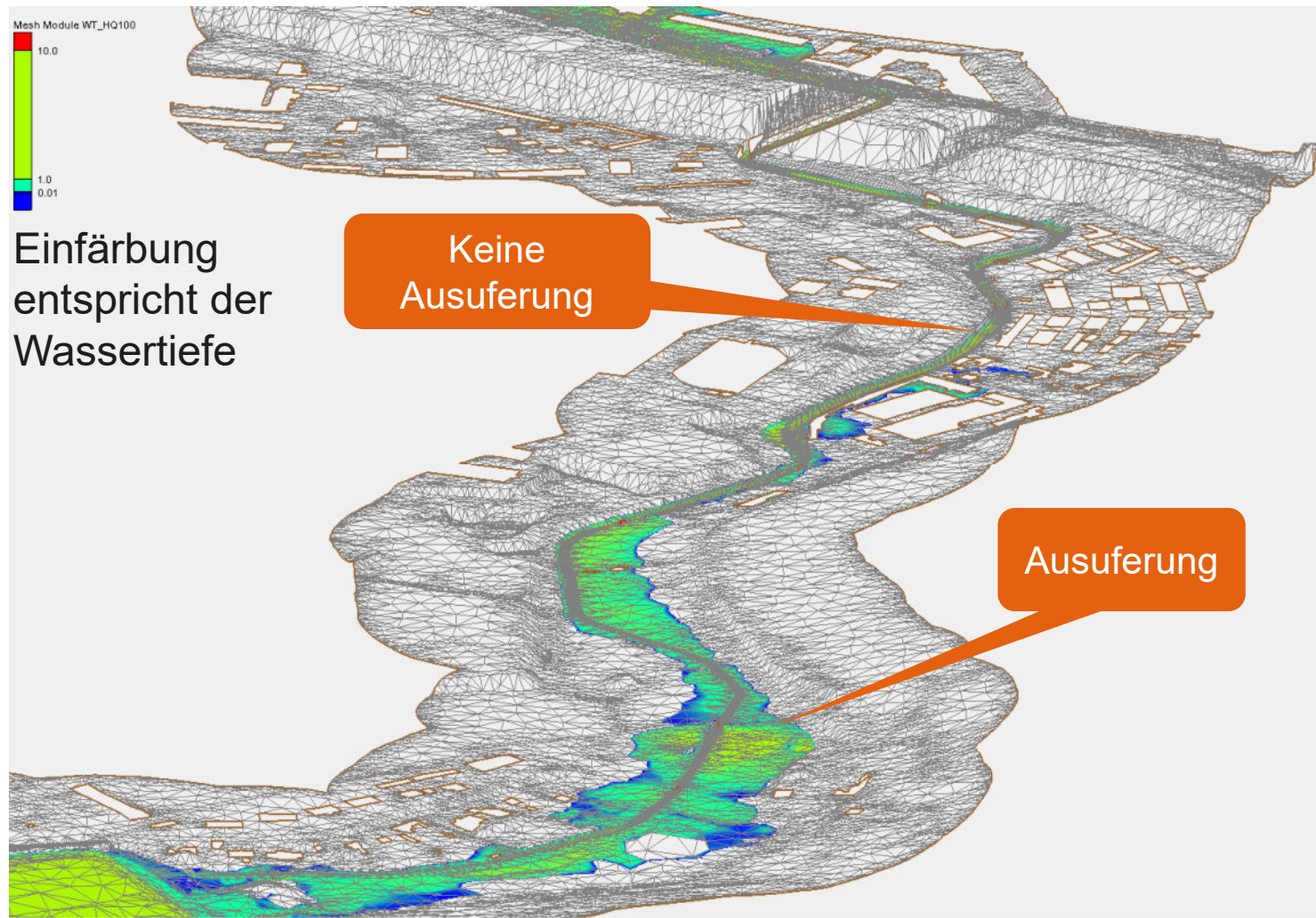
## Übersicht Gesamtmodell / Modellteilung



- Gesamtmodell (inkl. „Sandrach“  
Modell ID 2292)
- Anzahl Netzelemente 4657553 + 4396595 →  
ca. 9 Mio. Stück
- Anzahl Netzknoten 4,8 Mio. Stück
- Größe \*.2dm Datei ca. 600 MB



## Modell zur Ermittlung – Wo, fließt wann, wieviel Wasser?



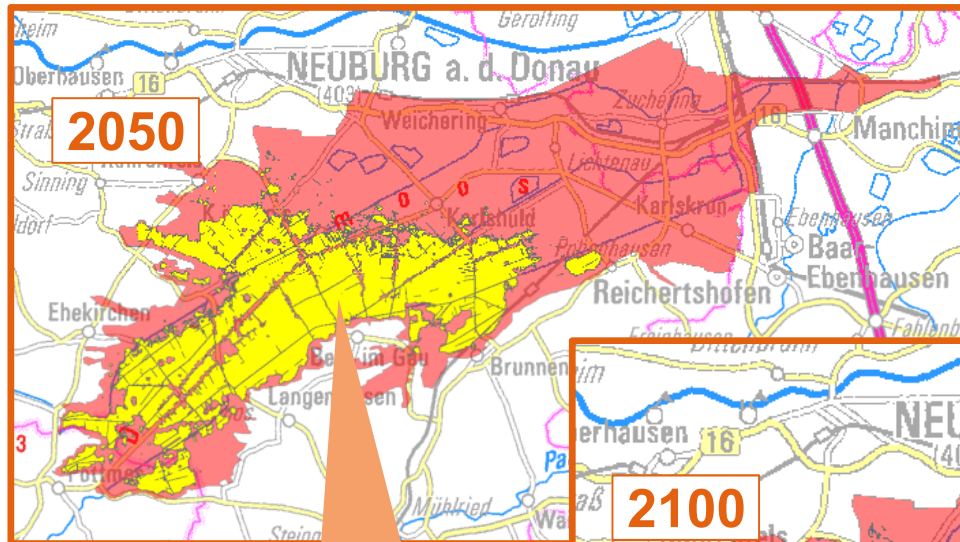
# MODELLANWENDUNGEN

## Zukunftszenarien und Wiedervernässung

## 2.1 ERGEBNISSE MOORSACKUNGEN

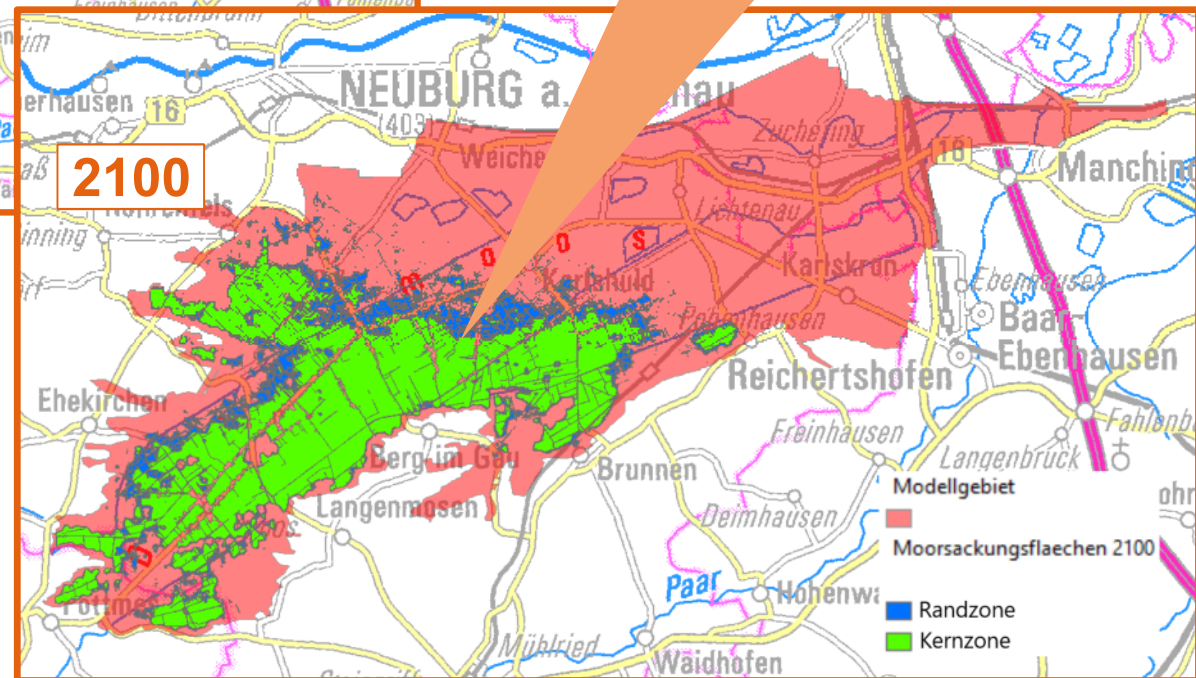
Prognosen 2050 und 2100

# Moorsackungsbereiche



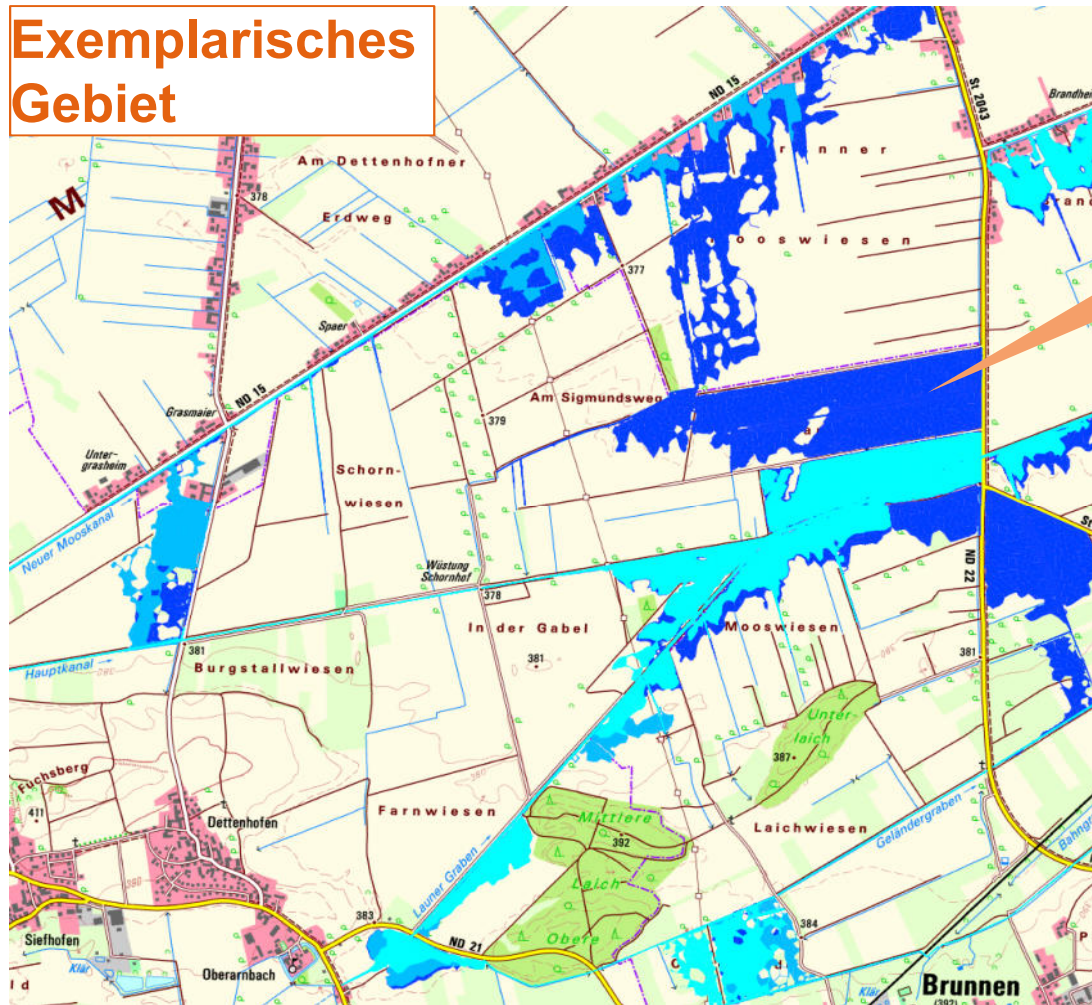
Differenzierte  
Geländeabsenkung in  
landwirtschaftlich genutzten  
Flächen um 42 cm / 100 cm

Geländeabsenkung  
in landwirtschaftlich  
genutzten Flächen  
um 42 cm



# Moorsackungsprognose - 2050

Exemplarisches  
Gebiet



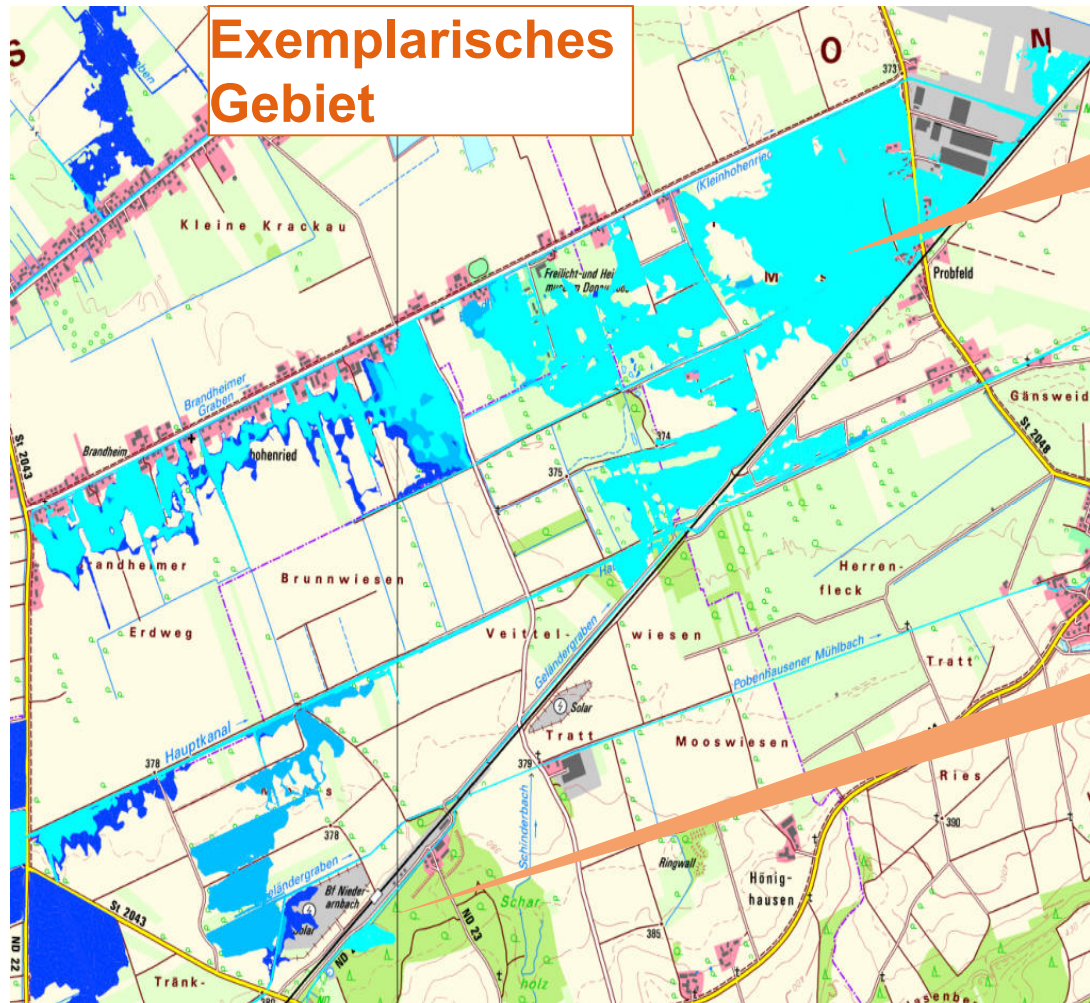
Größere  
Überschwemmungsaus-  
dehnungen möglich



- Retentioneffekte
- „Positiv“ für  
Reaktionszeit  
Hochwasserabwehr
- „Negativ“ bzgl. Schäden  
Landwirtschaft

IST, Moorsackung mit u. ohne  
Flussschlauchabsenkung

# Moorsackungsprognose - 2050



Vermeintliche  
Verbesserung keine  
Überflutung mehr



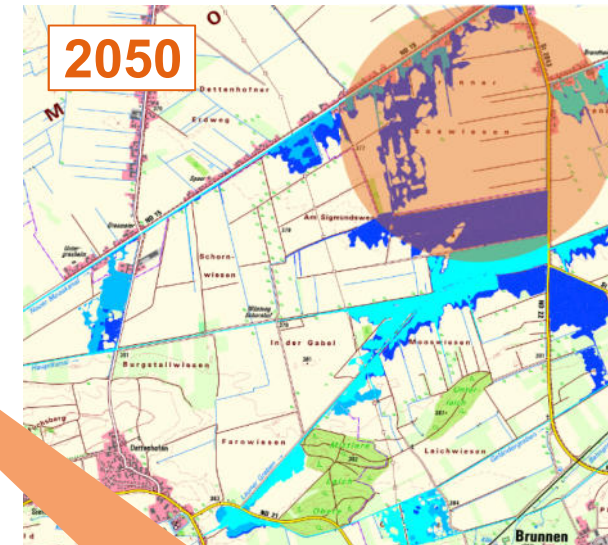
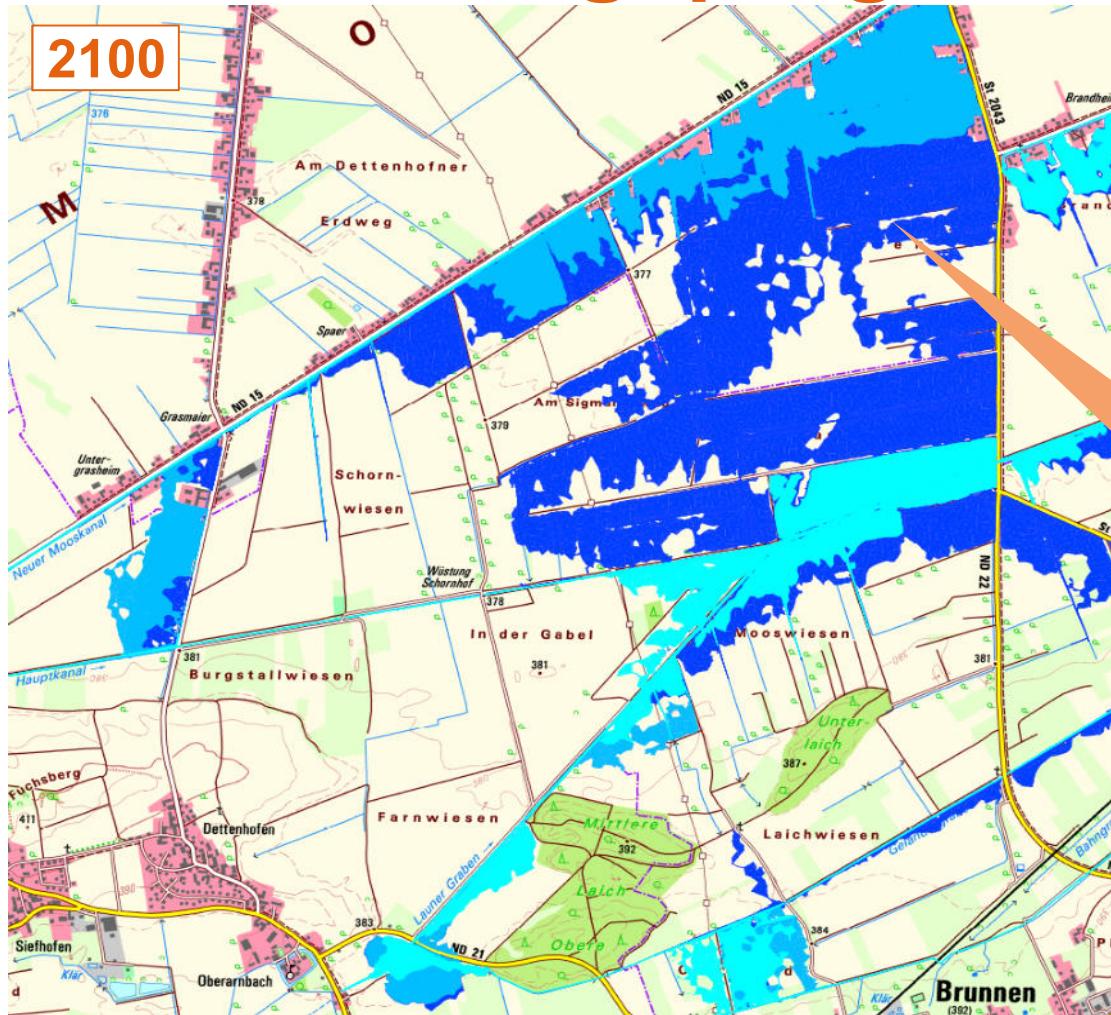
A B E R !

- Nur durch Retentionseffekte
- Verlagerung von Fließwegen / benetzten Flächen
- „Negativ“ - zusätzlich benetzte Flächen

**IST**, Moorsackung mit u. **ohne** Flussschlauchabsenkung



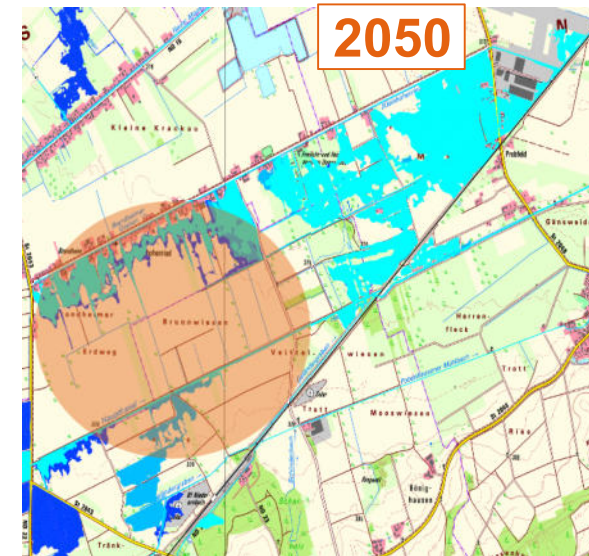
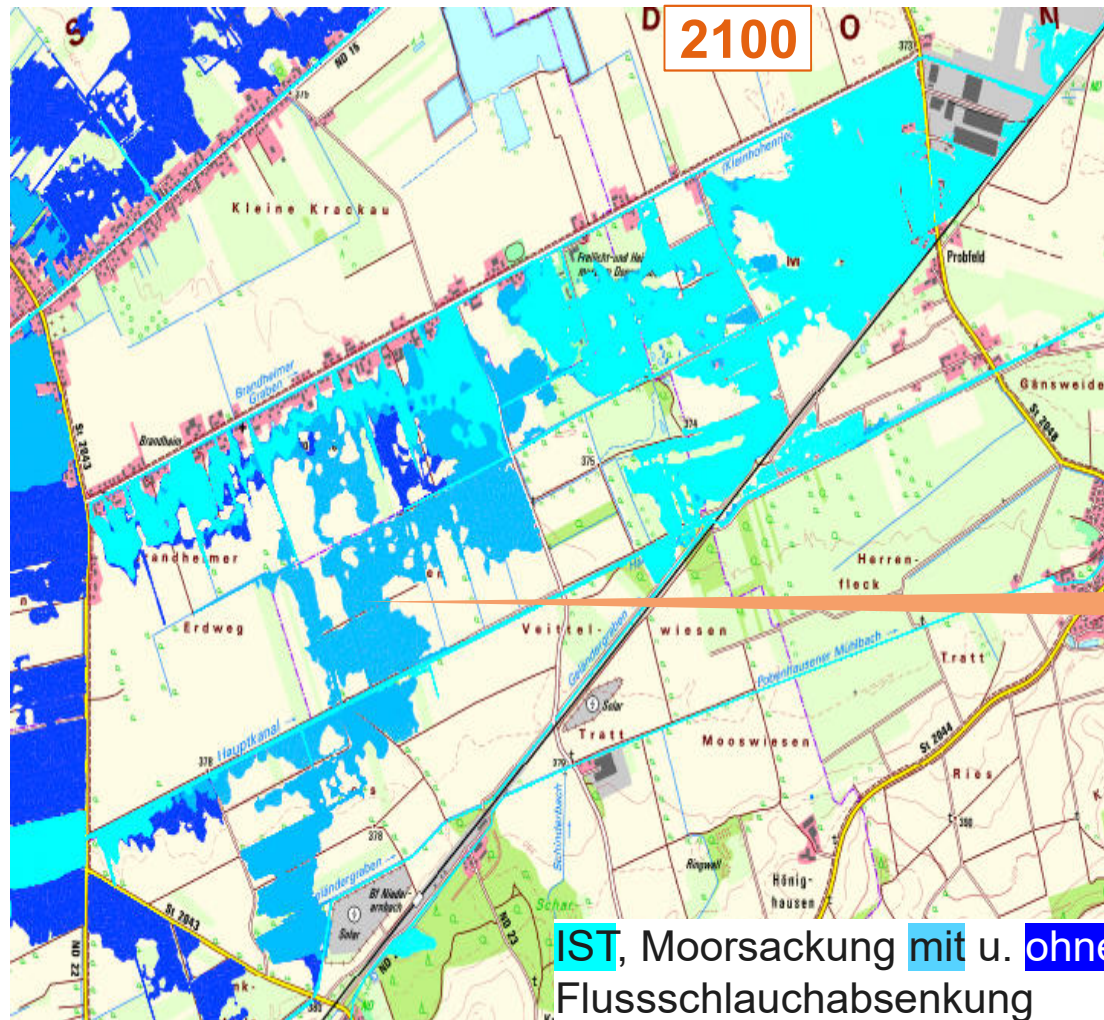
# Moorsackungsprognose - 2100



Zunahme der Effekte  
von 2050

IST, Moorsackung mit u. ohne  
Flussschlauchabsenkung

# Moorsackungsprognose - 2100



Zunahme der Effekte  
von 2050



Verschlechterung im  
Hochwasserfall am  
Übergang zur Vorflut  
(längere Einstauzeiten !)

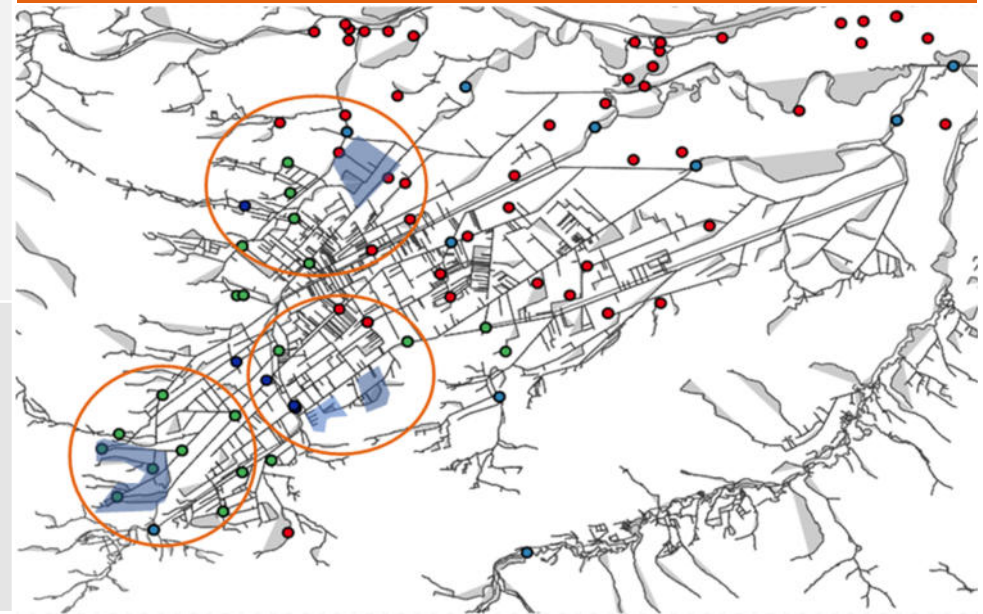


## 2.2 MODELLANWENDUNG

Untersuchung von Wiedervernässungsmaßnahmen

Maßnahmentyp	Anwendungsgebiet
Grabenaufstau (Abflussdrosselung ohne Ausuferung)	Obermaxfeld
Gabenüberstau und Teilverfüllung (mit Ausuferung)	Schorner Röste
Grabenüberstau mit gezielter Ausuferung (Überrieselung)	Langenmosen In den Flecken

# Untersuchte Fragestellung Methodik



# Methodik

## Arbeitsschritte

Bei Grabenanstau und Teilverfüllung mit/ohne Ausuferungen:

- Hydrologische Daten aus gekoppeltem NA-/GW-Modell
- Umsetzung der Grabenmaßnahmen im 2D-Modell,
- Abbildung des erzielten Effektes im GW-Modell

Bei Grabenanstau und Teilverfüllung mit gezielten Ausuferungen:

- Vereinfachte Modellierung (Grundwasserneubildung) im GW-Modell

**Methodik abhängig vom Maßnahmentyp**

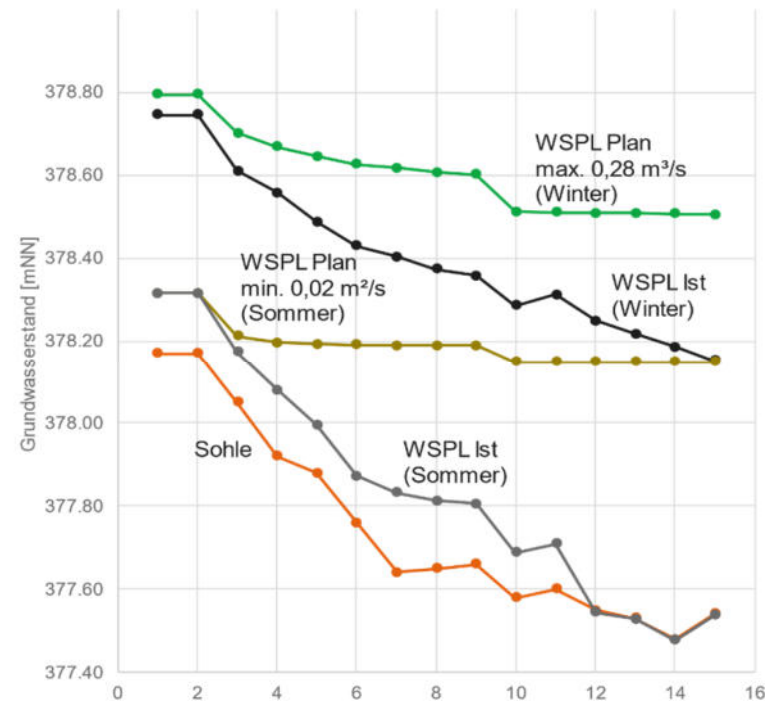
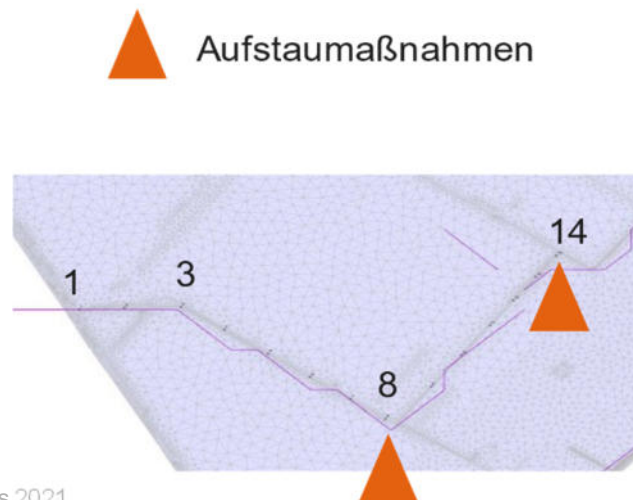
# GRABENANSTAU UND TEILVERFÜLLUNG MIT AUSUFERUNG

Schorner Röste – Obermaxfeld

# Grabenanstau

## Beispiel Abflussdrosselung Obermaxfeld

- Implementierung der berechneten Wasserspiegellagen IST und PLAN aus dem HN-Modell in die Gräben des GW-Modells
- Ermittlung Änderung des GW-Standes durch Berechnung im ungekoppelten Grundwassermodell (stationär)



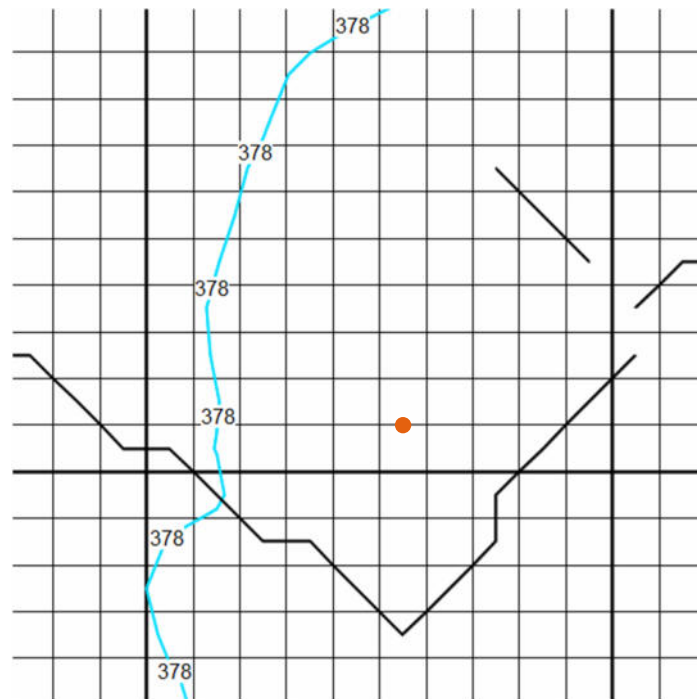


# Grabenauftau Ergebnis

Winter-Szenario (Abfluss max: 0,28 m<sup>3</sup>/s)

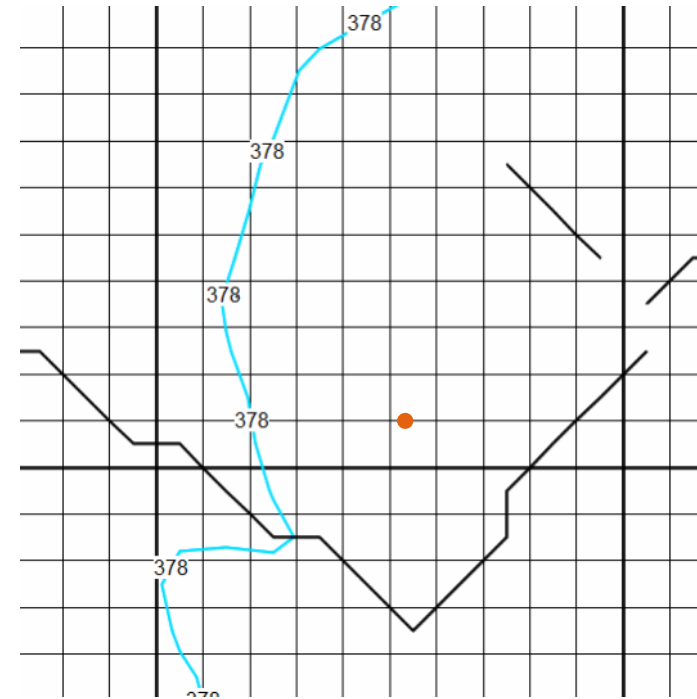
IST-Zustand

Berechneter Grundwasserstand: 377,89 m



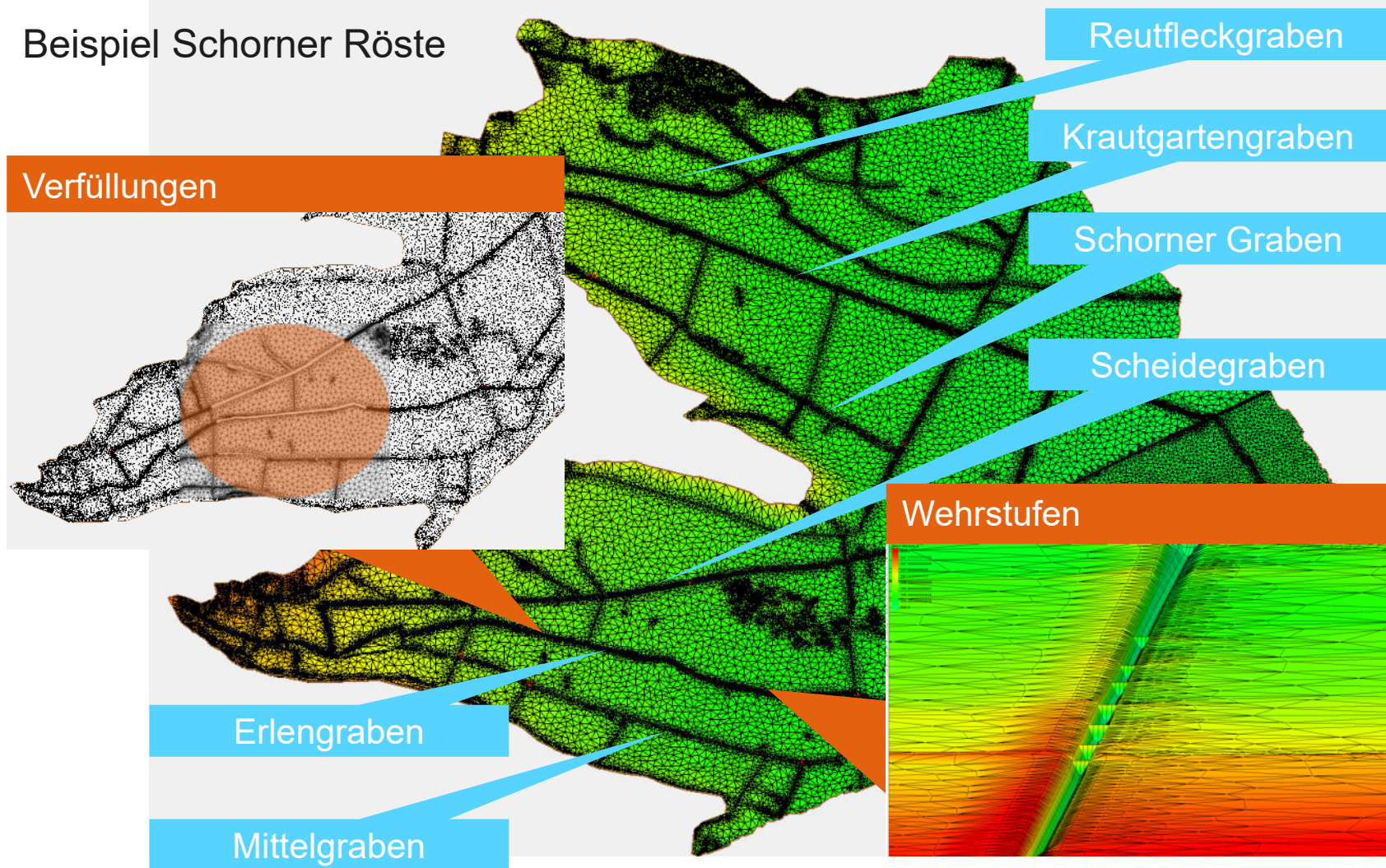
PLAN-Zustand

Berechneter Grundwasserstand: 377,90 m



# Wehreinstau und Teilverfüllung

Beispiel Schorner Röste

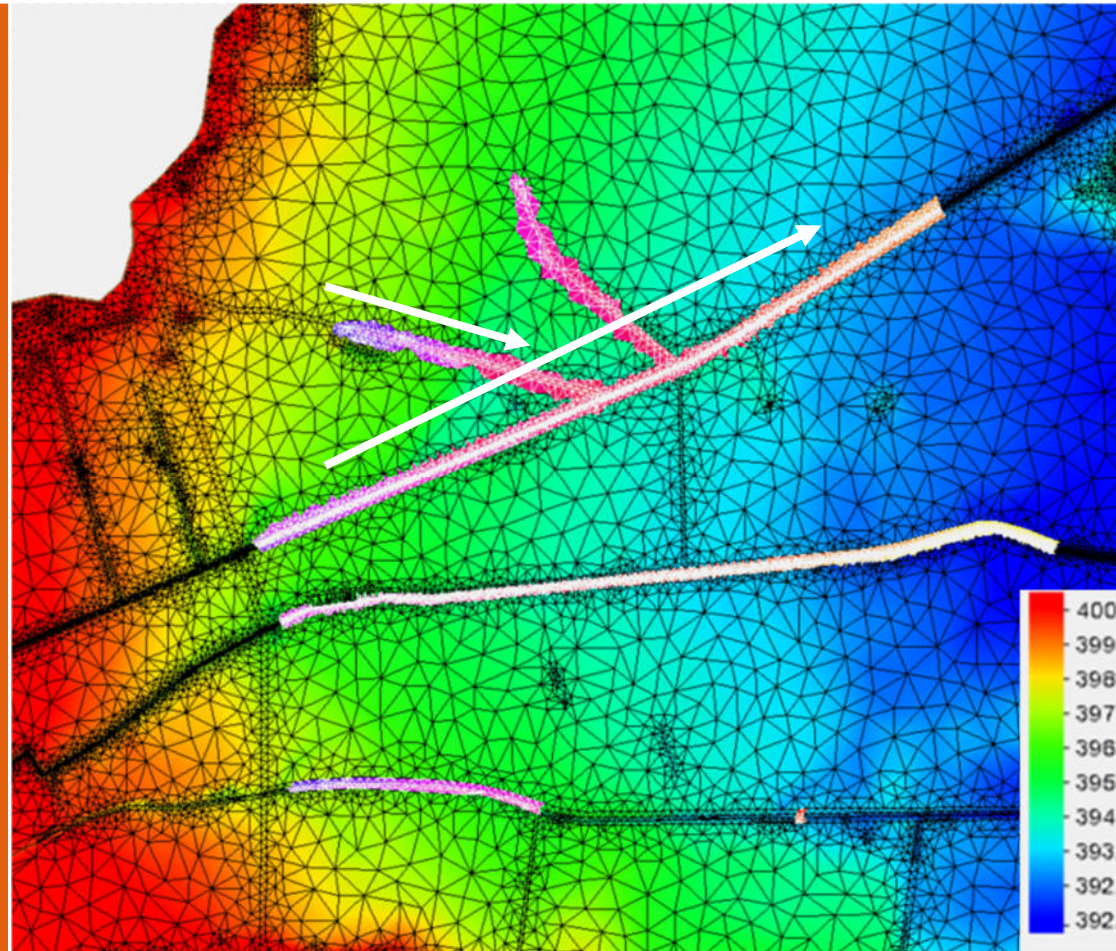




# Erkenntnisse

## Wirksamkeit der Maßnahmen

Unkontrollierte Ausuferung  
vs. gezielte Ausuferung





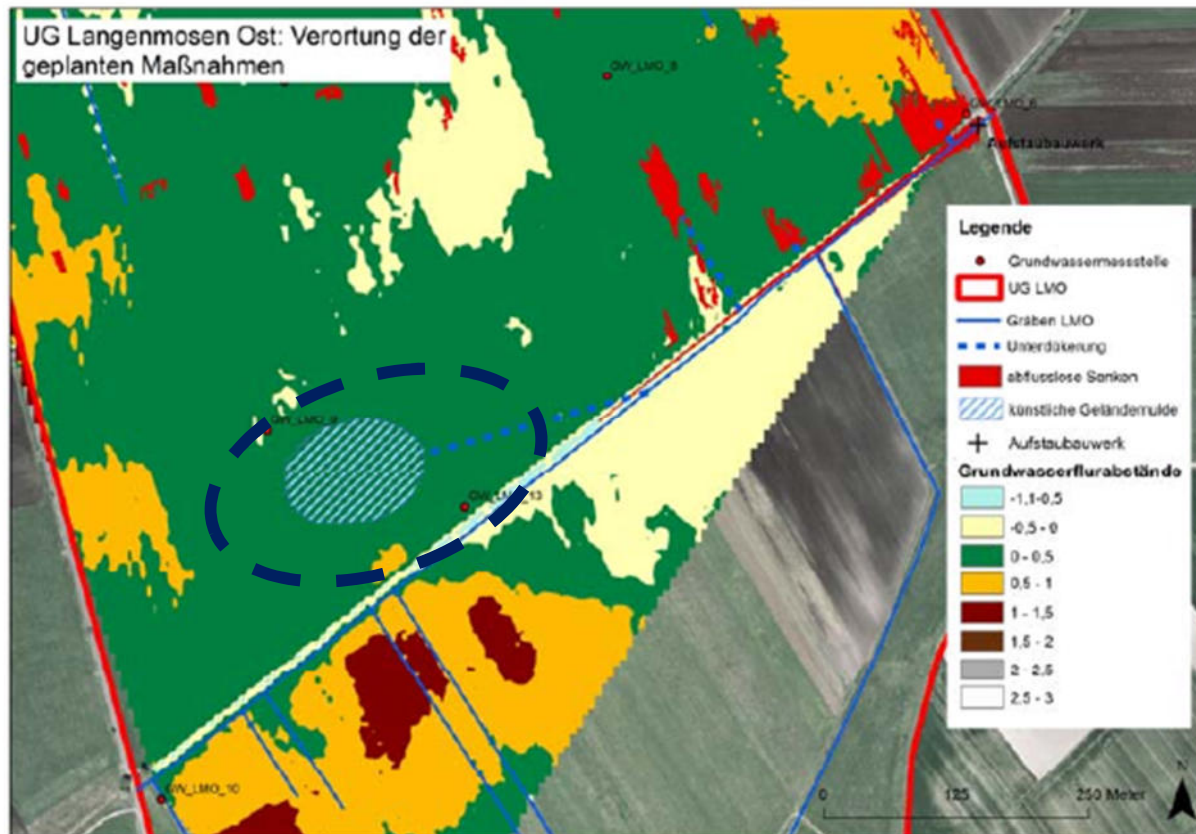
# KONTROLLIERTE ÜBERRIESELUNG

Langenmosen -OST



# Überrieselung

## Langenmosen Ost



# Überrieselung

## Maßnahmen zur Erhöhung der GW-Stände

- Grabenanstau
- gezielte Ableitung des Grabenwassers
- verfügbares Volumen als GWN in GW-Modell implementiert

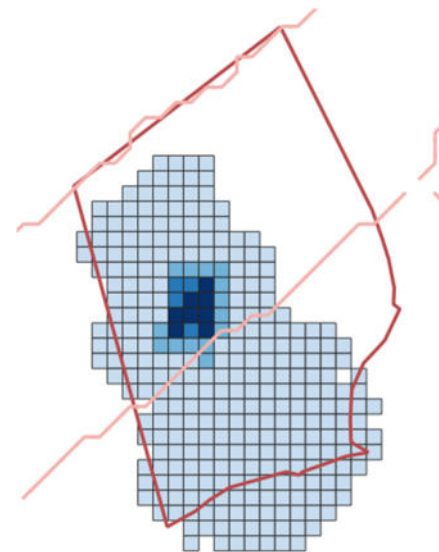
### Mittlerer Flurabstand

IST-Zustand 0,55 m

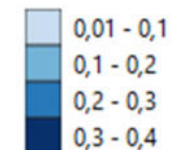
PLAN-Zustand 0,24 m

---

Differenz 0,31 m




Differenz Grundwasserstand  
PLAN – IST (GW-Anstieg [m])



# Zusammenfassung

	Obermaxfeld	Schorner Röste	Langenmosen	In den Felcken
Maßnahmen	Grabenanstau (ohne Ausuferung oder Überrieselung)	Grabenanstau und Teilverfüllung (mit Ausuferung)	Drainagekappung und Ableitung OFW in die Fläche (Überrieselung)	Ableitung OFW in die Fläche (Überrieselung)
Erkenntnisse	Simulierte Maßnahme gering wirksam	Geländegefälle zu groß, Ausuferungsmenge wird nicht in der Fläche gehalten	Lokale Erhöhung des Grundwasserstands aufgrund von gezielter Überrieselung	Lokale Erhöhung des Grundwasserstands aufgrund von gezielter Überrieselung
Schlussfolgerung	Flächiger Grabenüberstau	Flächige Überrieselung mit höhenparallelen Zwischengräben	Flächige Überrieselung und Drainagekappung	<p><b>Prioritär</b> Überrieselung des flacheren Bereichs oder durch höhenparallelen Zwischengräben in Bereichen mit erhöhtem Gefälle</p> <p><b>Voraussetzende</b> Maßnahmen Drainagekappung</p>



# IDENTIFIZIERUNG VON WIEDERVERNÄSSUNGSFLÄCHEN

## Potentialflächenanalyse

# Auswertung der Ergebnisse der Modellanwendung im Gesamtgebiet Donaumoos

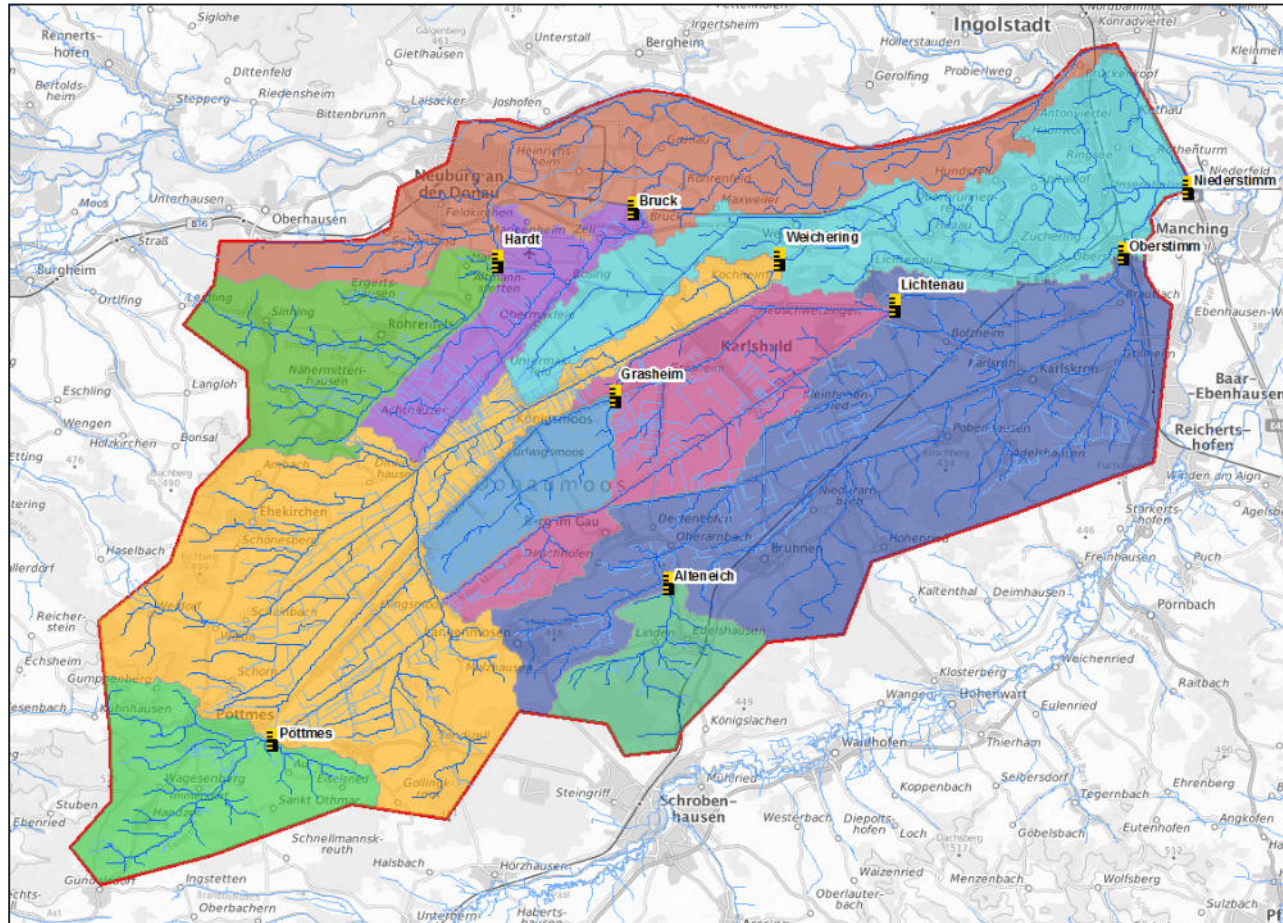
Maßgebliche Kriterien der Potentialflächenanalyse:

1. Moormächtigkeiten
  - a. Mächtigkeiten  $\geq 3$  m (intakter Moorkörper)
  - b. Mächtigkeiten 1 – 3 m (degradierter Moorkörper)
  - c. Mächtigkeiten  $< 1$  m (vollständig degradierter Moorkörper)
2. Hydrologie (Ermittlung der Abflussspenden in den Teileinzugsgebieten für Sommer und Winter)
3. Geländecharakteristika (Steile/hochliegende Gebiete und natürliche Rückhalte via halbautomatisierter GIS-Analyse)

# Teileinzugsgebiete

## Oberirdische Einzugsgebiete der Pegel (Datengrundlage für NA-Modell)

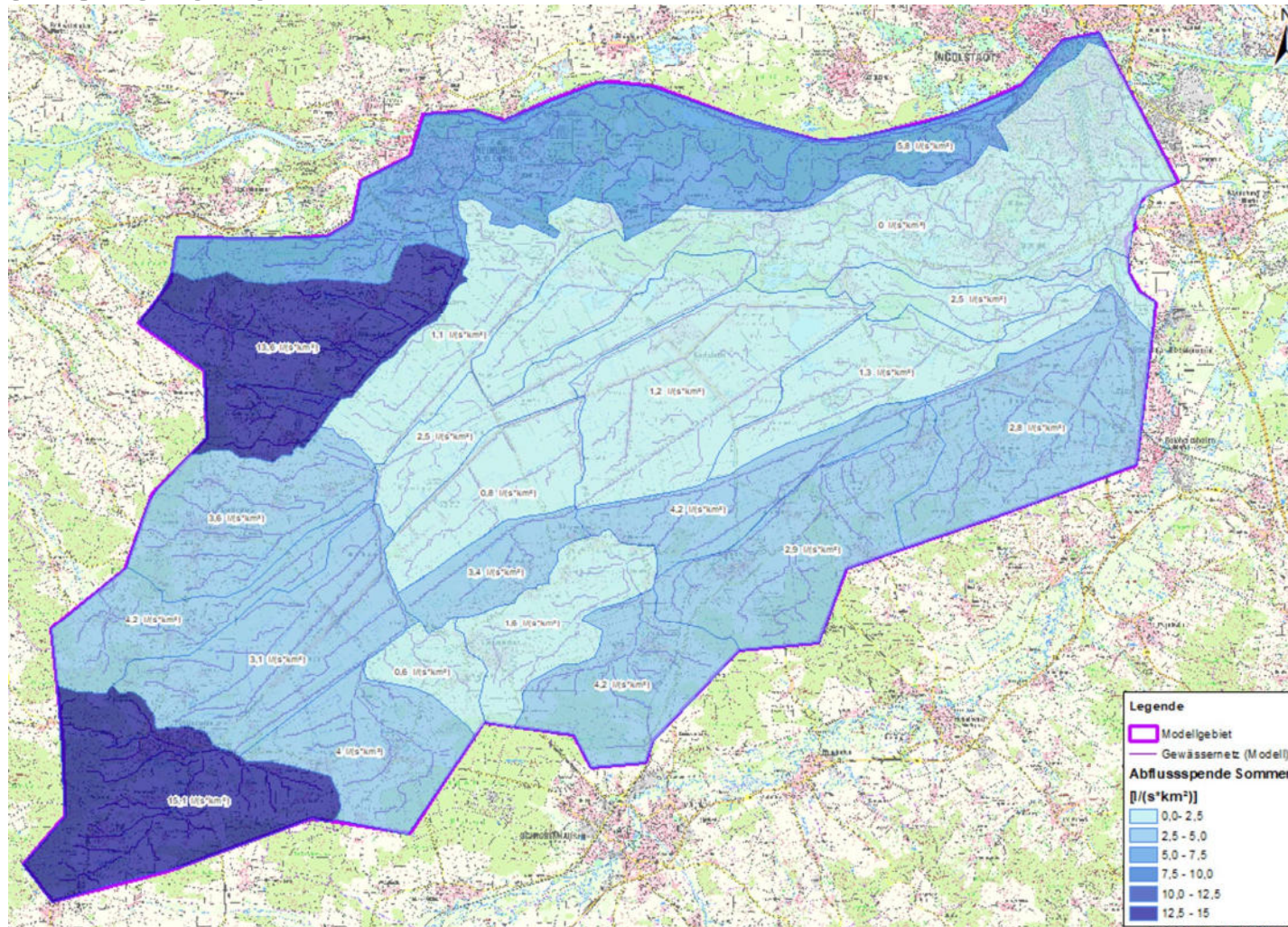
- „Kopfgebiete“ (ohne weiteren Pegel oberhalb): Pöttmes, Alteneich, Grasheim, Hardt, Bruck





# Teileinzugsgebiete & Abflussspende

Sommer-Szenario

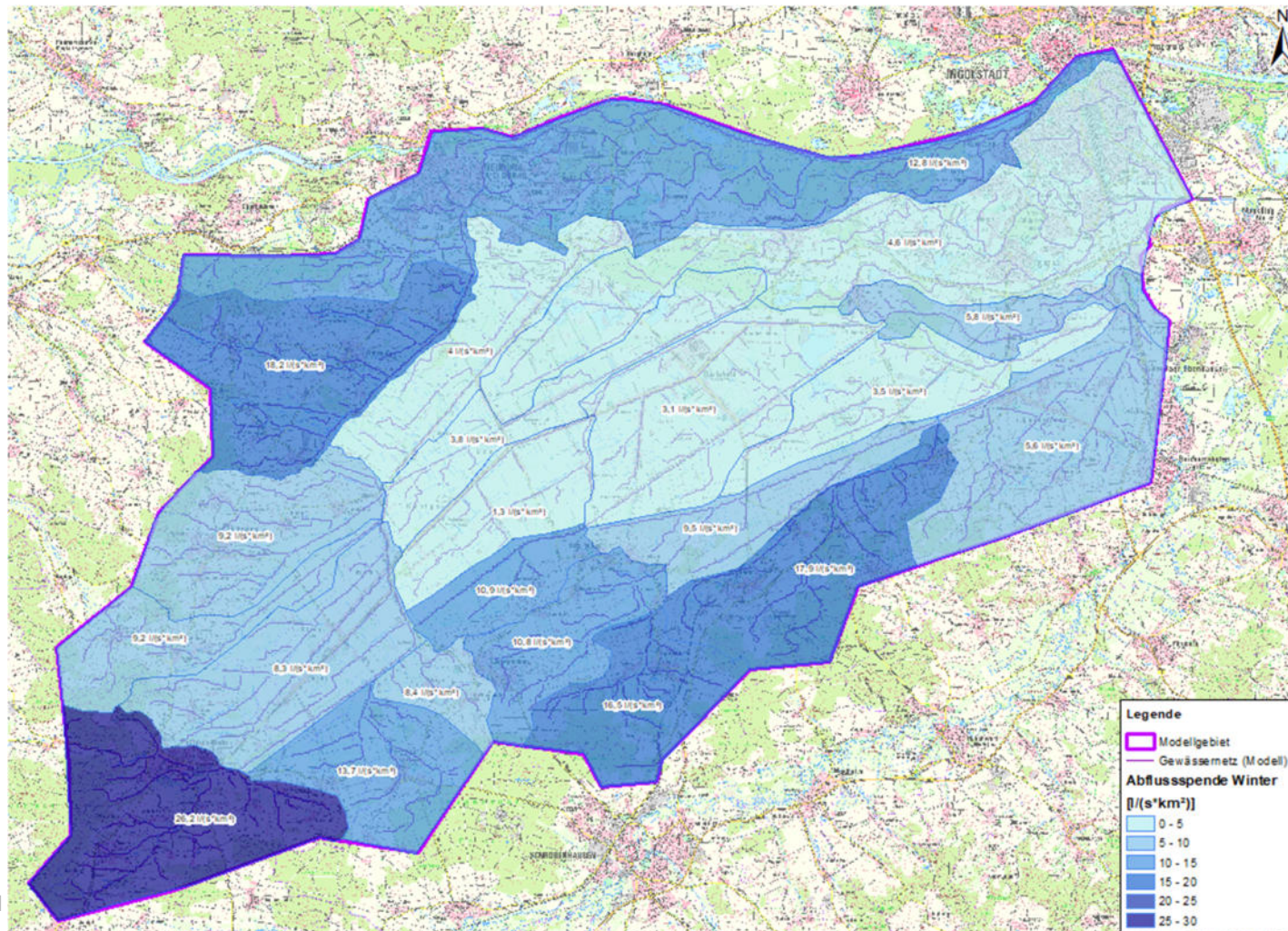




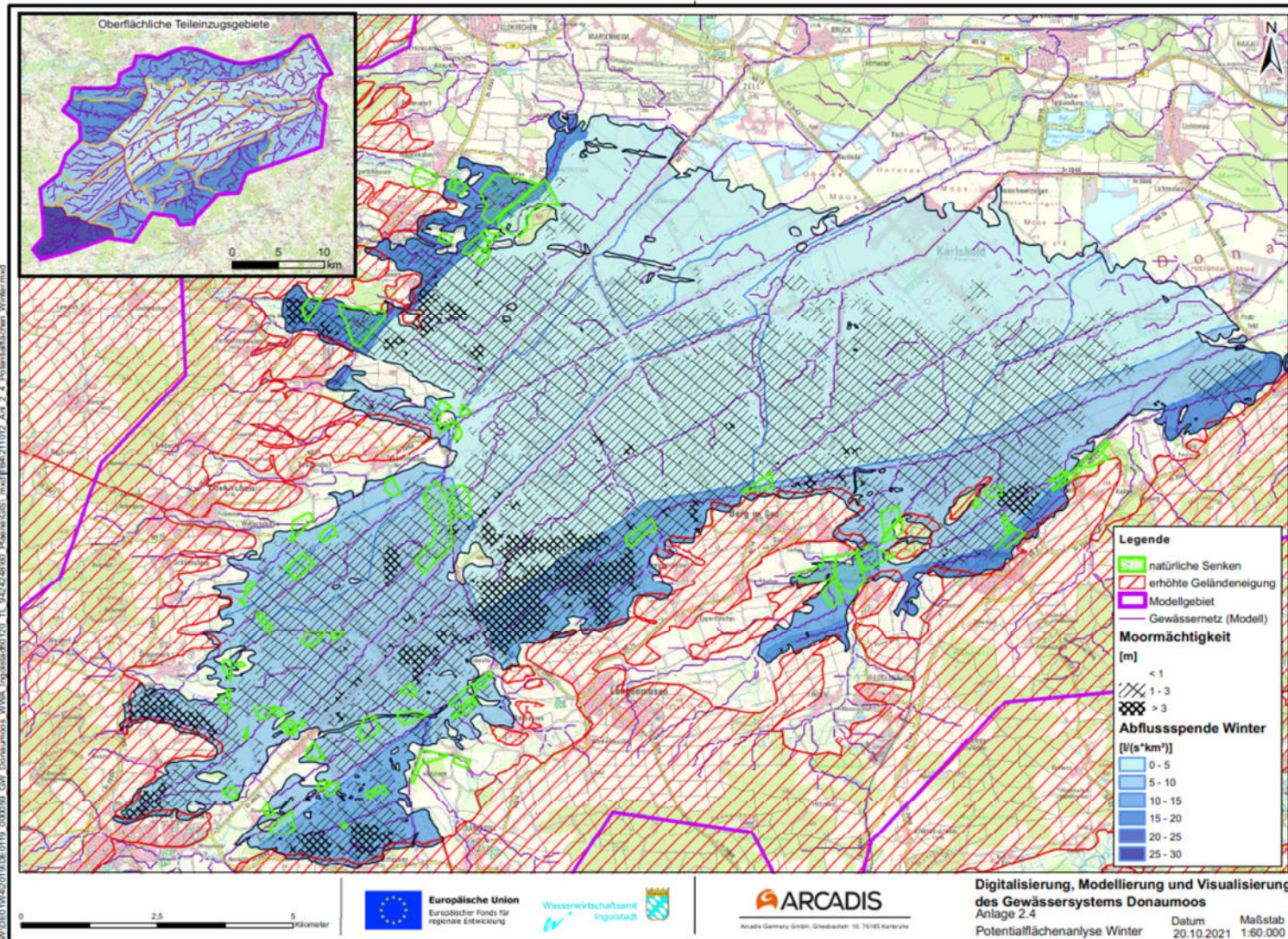


# Teileinzugsgebiete & Abflussspende

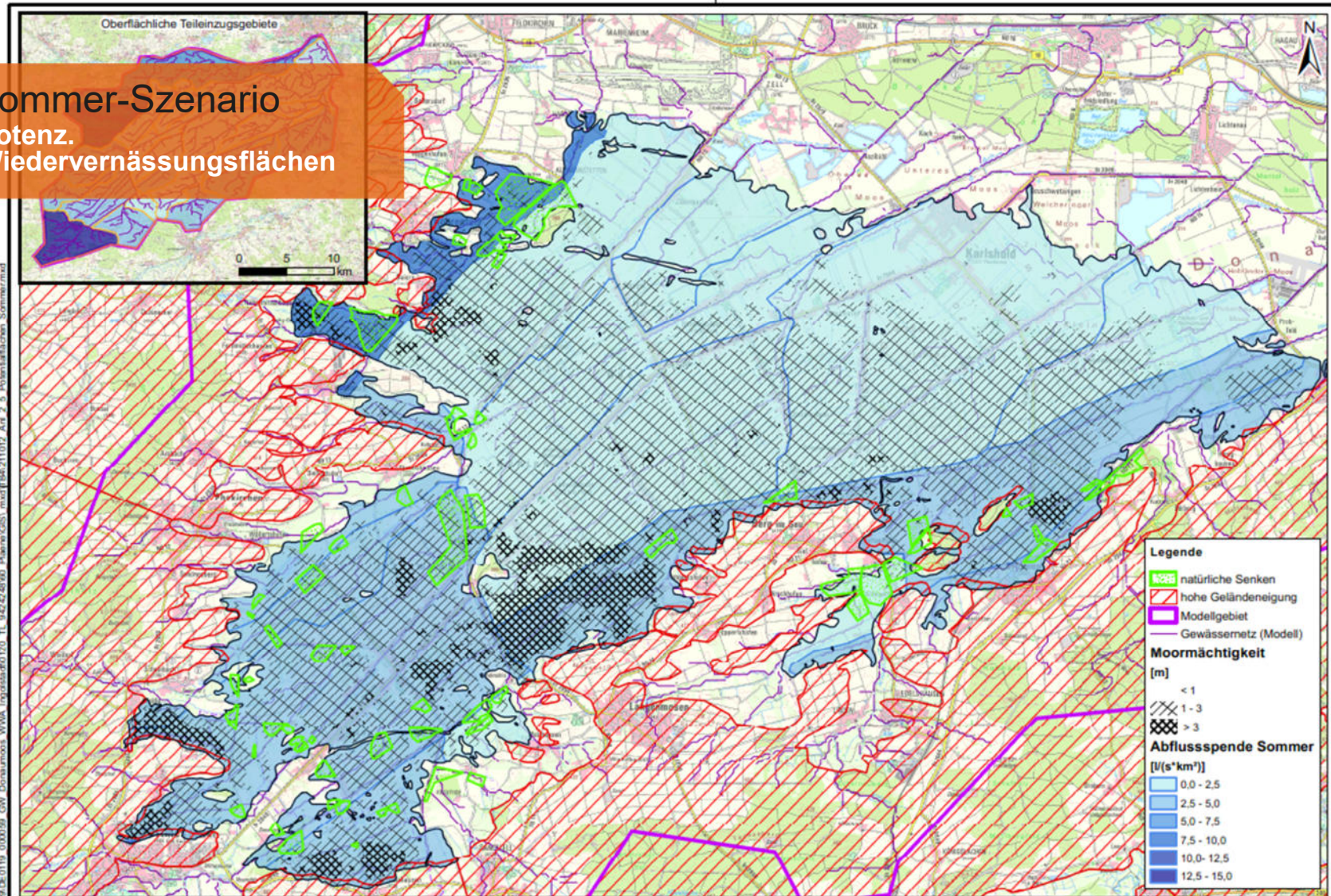
## Winter-Szenario



# Natürliche Senken /Rückhalt



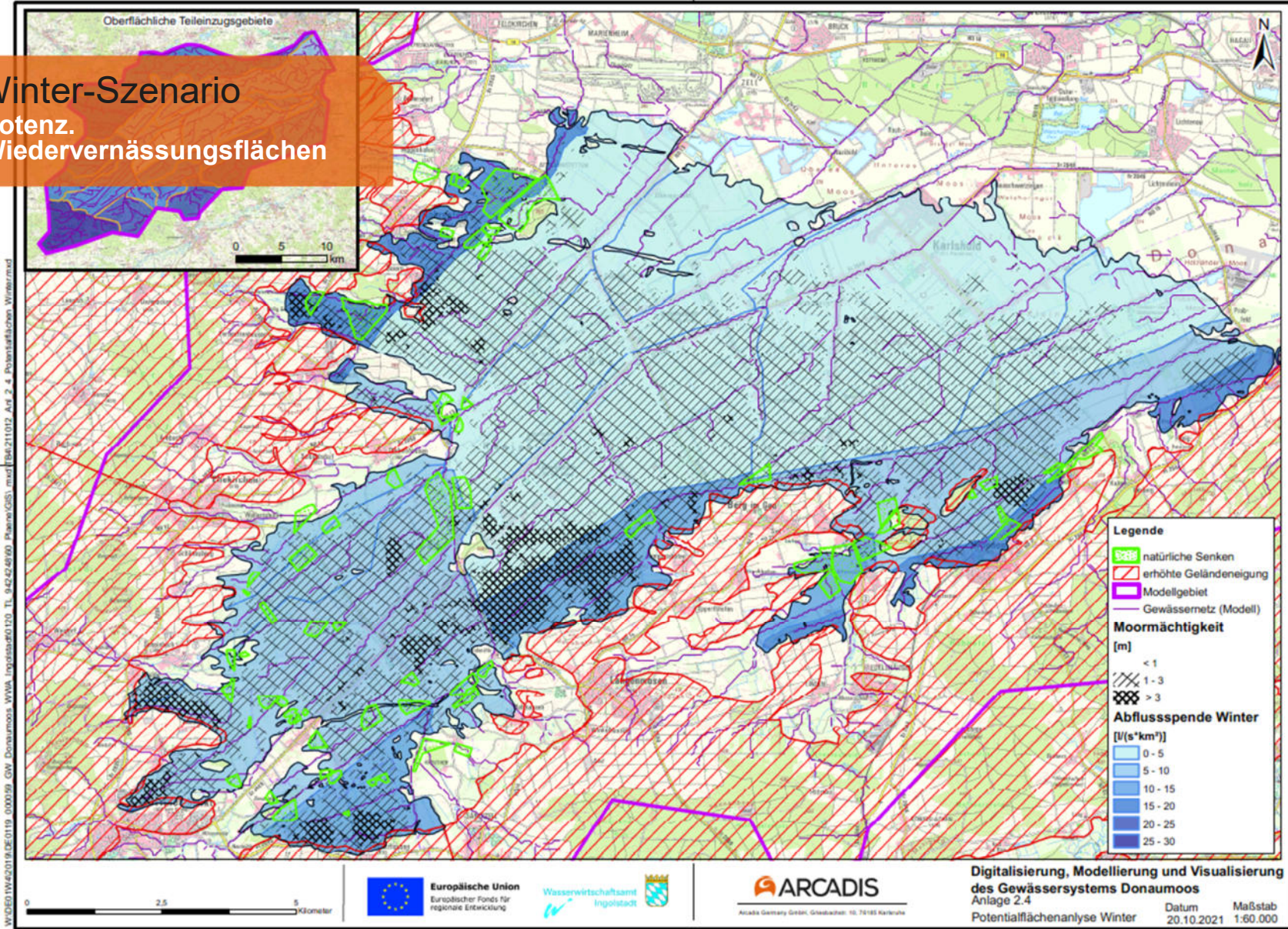
Sommer-Szenario  
Potenz.  
Wiedervernässungsflächen



W:\0601\W4\2019\DE\0119\_0000\99\_GW\_Donaumoos\WMA\_Laydata\6120\_TL\_9424248\60\_Planew\2501\_mxd\164211012\_Anl.2.5\_Potentialflächen\_Sommer.mxd

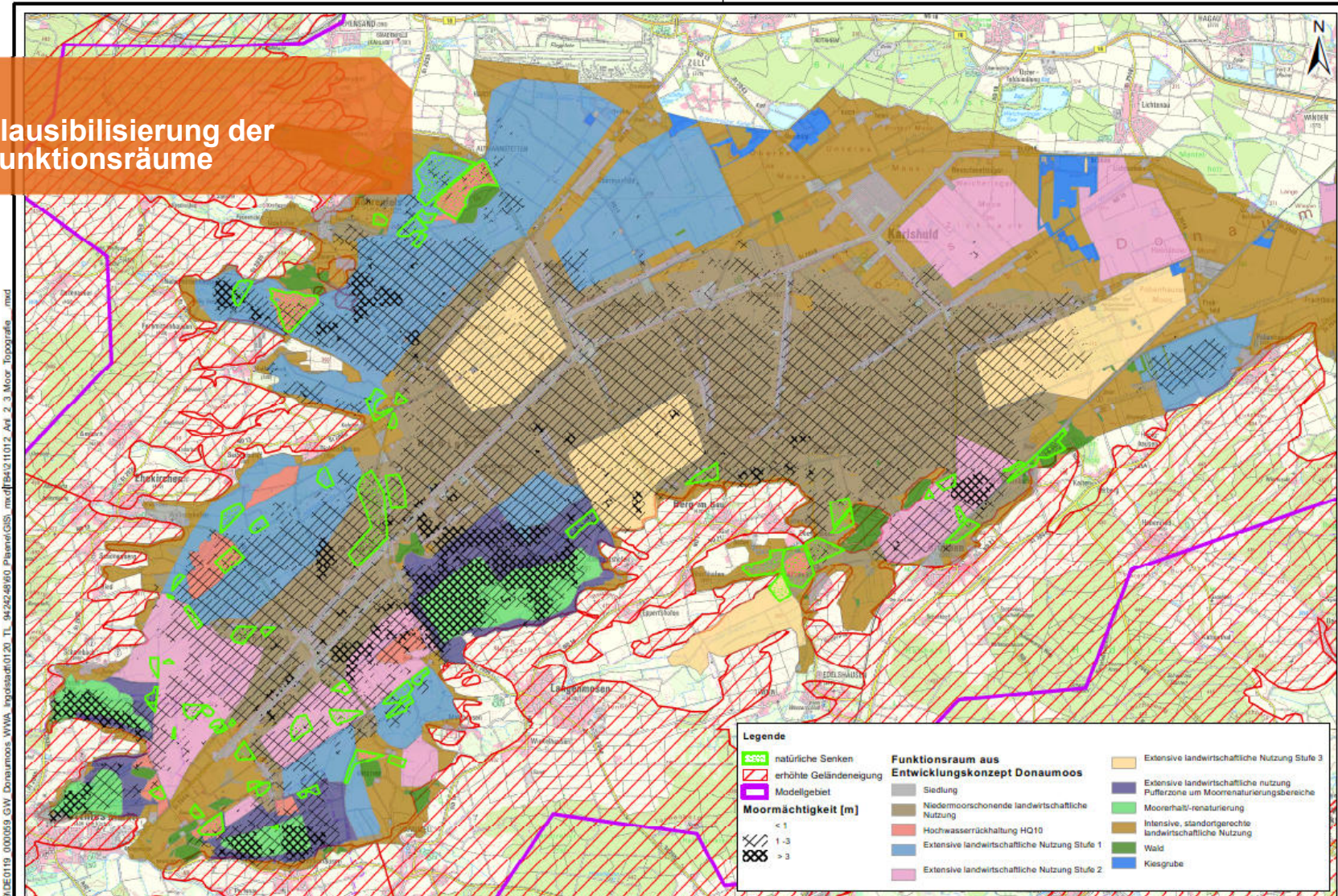
0 2,5 5  
Kilometer

Winter-Szenario  
Potenz.  
Wiedervernässungsflächen

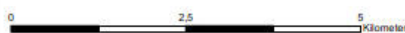


W:\05\1\4\2018\2021019\_000039\_GW\_Donaumoos\_WWA\_Ingolstadt\120\_TL\_2\2\2\48\60\_Plaene\GIS\_end\BA211012\_Anl\_2\_4\_Potentialflächen\_Winter.mxd

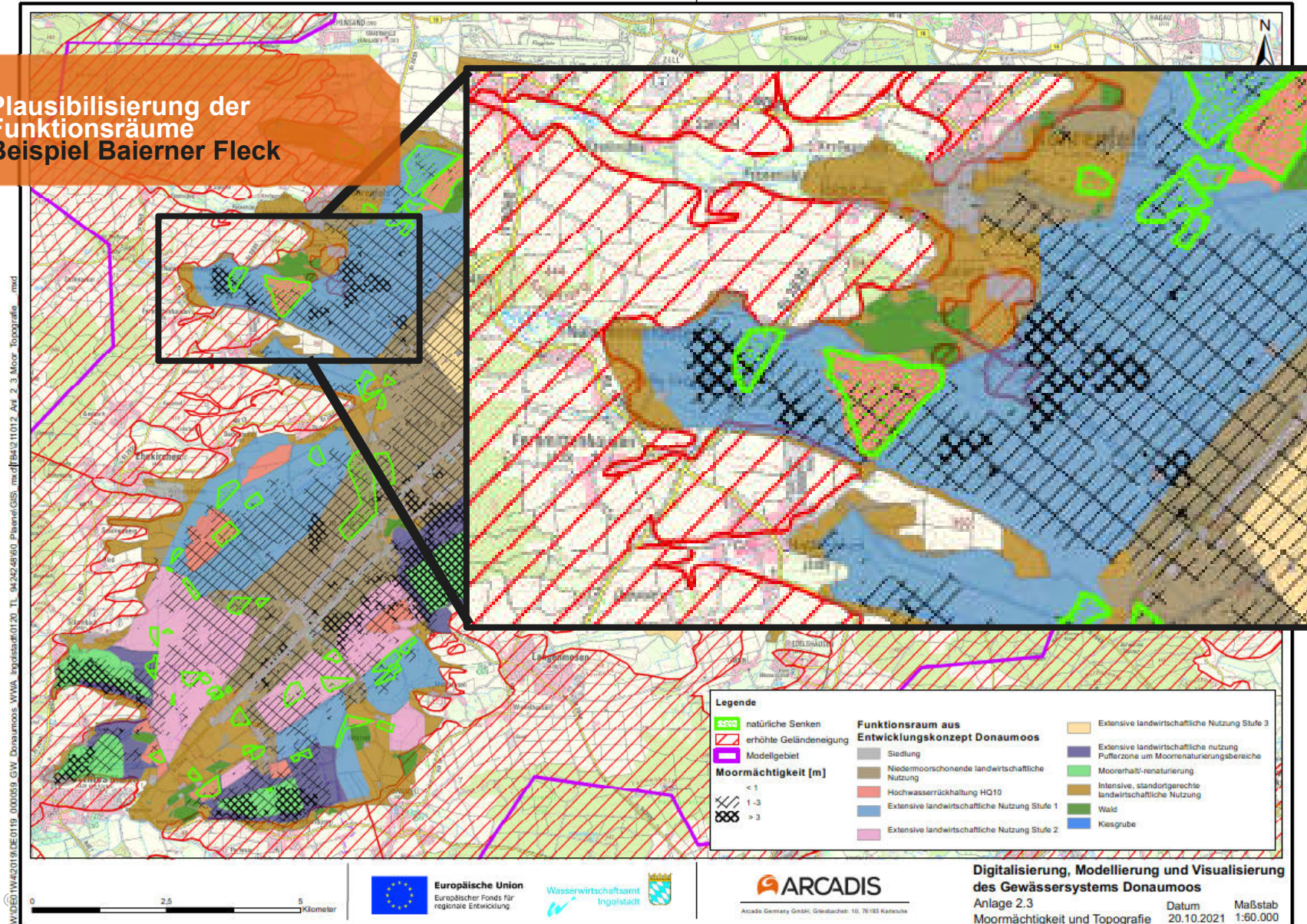
Plausibilisierung der  
Funktionsräume



W:\0501\W4201\050119\_000059\_GV\_Donaumoos\_WWA\_Ingolstadt\0120\_TL\_9424248\60\_Planm\GIS\_mod\191211017\_Avt\_2\_3\_Moos\_Topografie\_mod



Plausibilisierung der  
Funktionsräume  
Beispiel Baierner Fleck



# Wiedervernässung

## Ausblick

Gebietstyp	Maßnahmentyp
<b>Hangfuß mit</b> * höheren Abflüssen * höheren Moormächtigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausleitung des Grabenwassers durch höhenparallele Zwischengräben</li> <li>• Rückhalt von oberflächlichem Abfluss durch natürliche Retentionsräume</li> <li>• Kontrollierte Ausleitung des Grabenwassers durch Flutmulden</li> </ul>
<b>Niederung mit</b> * ausreichender Moormächtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrollierte Ausleitung des Grabenwassers durch Flutmulden</li> <li>• Rückhalt von oberflächlichem Abfluss durch natürliche Retentionsräume</li> </ul>
<b>Gesamtdonaumoos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainagekappung zur Unterbindung der Flächenentwässerung</li> </ul>

**Überrieselung als zu priorisierende Maßnahme  
Kappung der Drainage vorausgesetzt**

# FAZIT

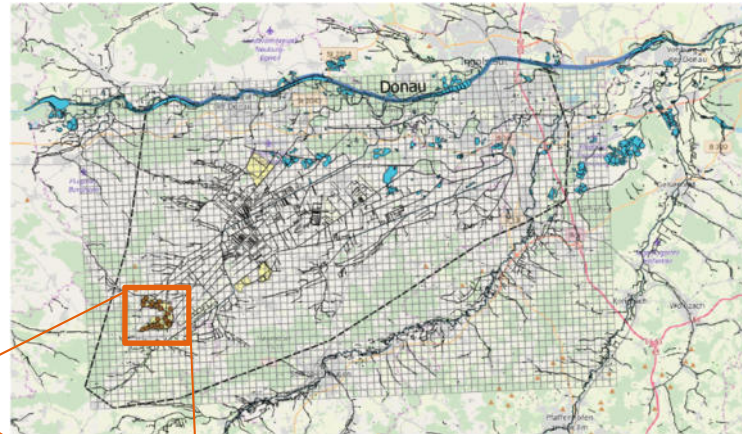
## Aufgabe des Berechnungssystems

- Modelle als **Werkzeuge** zur Digitalisierung / Visualisierung von **Grundwasser** und **Oberflächenwasser** liegen vor
- Berechnungen / Simulationen zur **Überprüfung von Wirksamkeiten** sind **möglich** (je nach Fragestellung gekoppelt oder einzeln)
- Betrachtung von prinzipiellen Wechselwirkungen im Grund- und Oberflächenwasserkörper (stationäre Kopplung)
- Grundlagen zur Weiterentwicklung geschaffen, Fortschreibung je nach Untersuchungsbedarf und Fragestellung

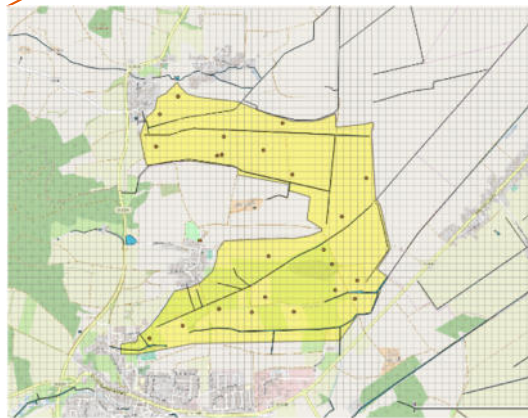


# Anwendung Bewirtschaftungsmodell

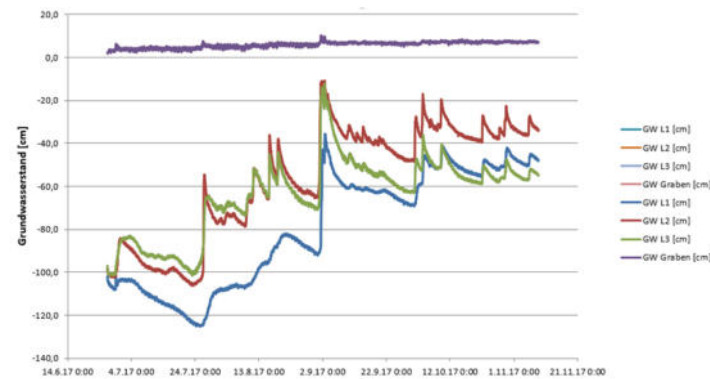
## Donaumooos Teil- / Planungsgebiete



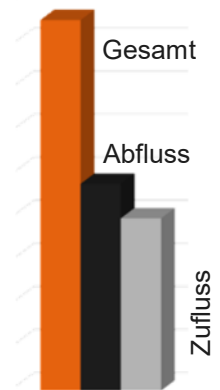
Teilmodell mit höherer Auflösung



Berechnung der  
Grundwasserstände



Wasserbilanz



## FAZIT

### Zukünftige Anwendung des GW-Modells

- Kleinräumige/verfeinerte Grundwassermodelle für die Planung von **projektgebietsbezogenen Maßnahmen** (u.a. Prüfung Wasserrechtsanträge)
- Ergänzung der Modellgrundlagen (z. B. detaillierte Bestandserhebung und Feldversuche) → Nachkalibrierungen
- Erfahrungswerte/Feldversuche zur Bestätigung der Rechenergebnisse und als Voraussetzung für die Quantifizierung der Wirkung
- Weiterentwicklung der Grundwassermodelle und Zentrale Dokumentation der „Modellpflege“

## FAZIT

### Zukünftige Anwendung des HN-Modells

- Kleinräumigere, detaillierte Untersuchung / „Bemessung“ von Potenzialflächen → **Kombination Wiedervernässung mit Hochwasserschutz, Überschwemmungen lokaler Starkniederschläge**
- Identifizierung weiterer Rückhalteräume oder Neuanlagenpotenziale vgl. Baierner Flecken
- Optimierung vorhandener Regenrückhaltebecken oder geeigneter Geländestrukturen
- Berechnung von Überschwemmungsflächen groß-/kleinräumig vgl. HWRM-RL

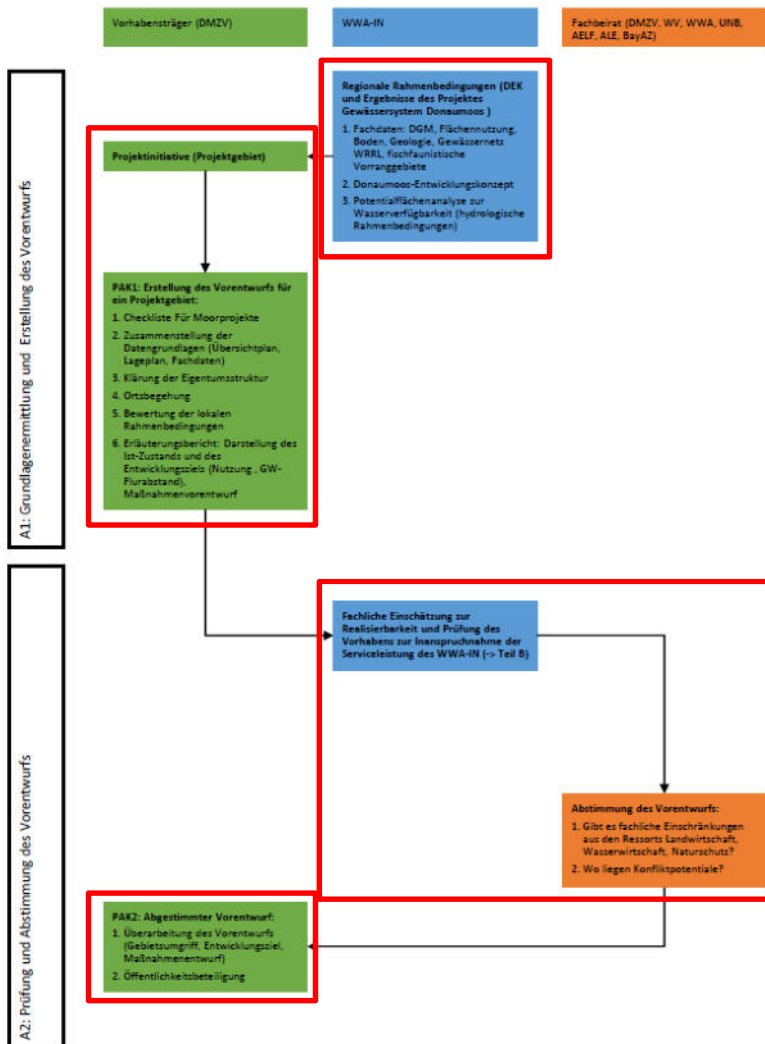
## Zukünftige Verwendung des Modells im Rahmen des Konzeptes „Klimaschutz durch Moorbodenschutz am Beispiel des Bayerischen Donaumooses“

- Ziel des Konzeptes: 2000 ha Moorschutzfläche  
→ Umsetzung durch Donaumoos-Zweckverband
- Fachkraft Wasserwirtschaft  
→ Erstellung des hydrologischen Nachweises als Teil der Planung
- Planungsleitfaden für wasserrechtliche Verfahren zu Moorschutzmaßnahmen im Donaumoos

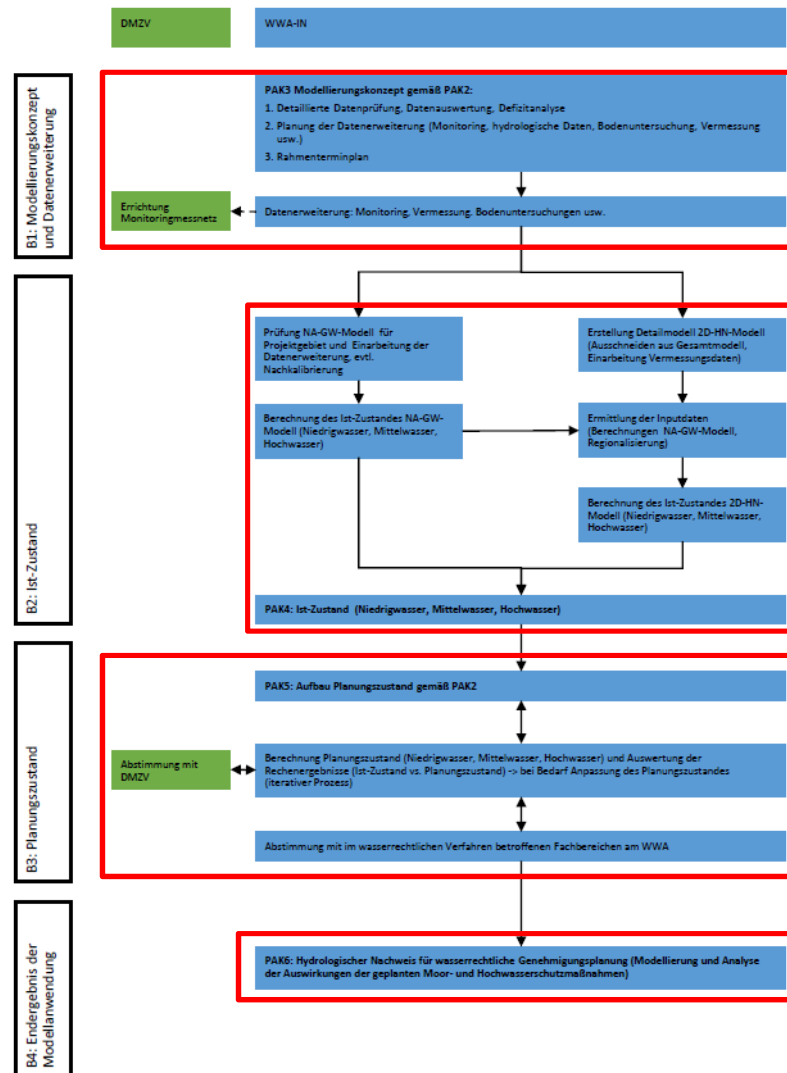


# Planungsleitfaden wasserrechtliche Verfahren

## A: Erstellung des Vorentwurfs zur Maßnahmenplanung



## B: Erstellung des hydrologischen Nachweises als Bestandteil der wasserrechtlichen Genehmigungsunterlagen



# Weiteres Vorgehen 2022

- Einarbeitung in das Berechnungssystem (praktische Anwendung am WWA)
- Anwendung des Planungsleitfaden an Pilotprojekten
- Berücksichtigung laufender Forschungsergebnisse
- Ziel: Best-Practice-Beispiel

# Zusammenfassung

- Ermittlung aktueller wasserwirtschaftlicher Grundlagen zur Überarbeitung des Entwicklungskonzeptes Donaumoos (Potentialflächenanalyse)
- Hydrologische Datengrundlagen und Werkzeug zur Modellierung von Maßnahmen als Teil der Projektplanung
- Planungsleitfaden zur effektiven und schnellen Durchführung von Wasserrechtsverfahren im Donaumoos
  - Donaumoos-Zweckverband (Vorhabensträger) → Projektplanung → Vorentwurf
  - WWA-IN → hydrologischer Nachweis

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

