

Promotion zum Thema:

*„Entwicklung eines **GIS-basierten hydraulischen Talraummodells** zur Abbildung von Wasserständen in Tieflandgewässersystemen sowie der Bodenfeuchte im Wirkungsbereich der Gewässer“*

Dipl.- Ing. Marc Schneider
Professur für Wasserwirtschaft
Fakultät für Agrar, Bau und Umwelt
Uni Rostock

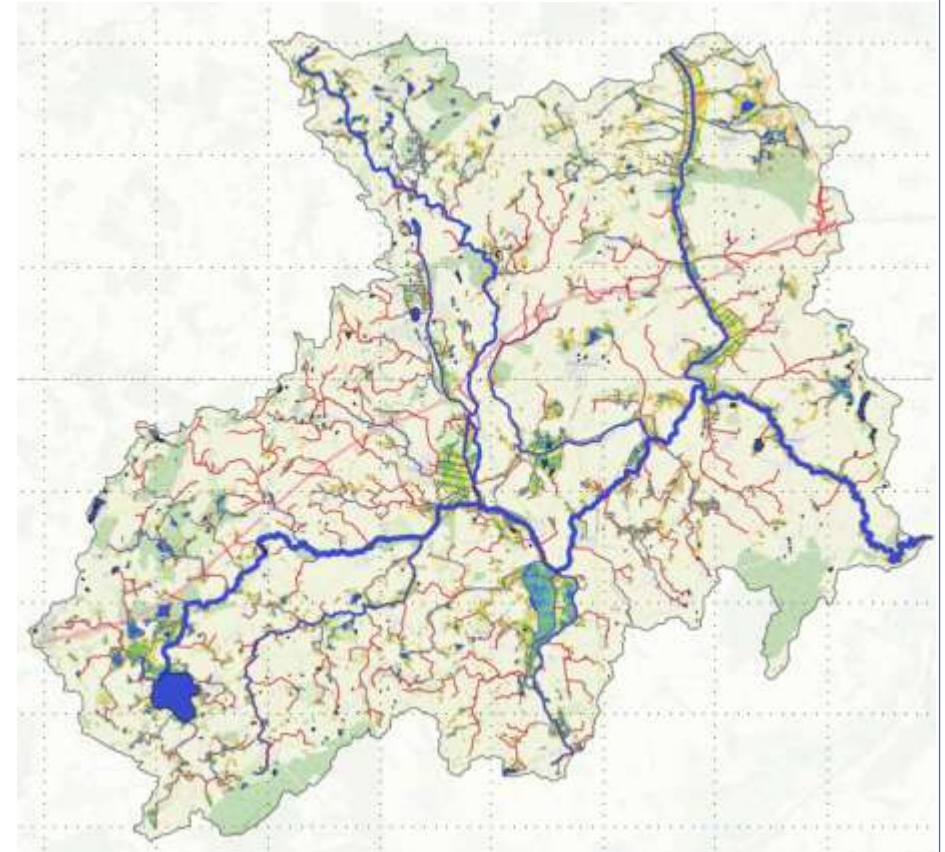


Abbildung: Modellentwicklungs- und Untersuchungs-
gebiet EZG-Beke (300 km²)

- **Anlass:** Unterstützung einer nachhaltigen Gewässerentwicklung und -Bewirtschaftung im Spannungsfeld von Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Umweltschutz
- **Bezugsraum:** Flusseinzugsgebiete (100 – 1.000 km²)
- **Einsatzziele als statisches Modell:**
 - Werkzeug zur Ableitung synergetischer Flächennutzungen Bewertung von Flächennutzbarkeit oder wasserabhängiger Ökosysteme im IST- und Prognosezustand
 - Berechnung CO₂-Ausstoß von Niedermooren, ...
- **Einsatzpotentiale als digitaler Zwilling:**
 - Gewässerbewirtschaftung (optimierte Steuerung von Wehren im Flussgebiet, Optimierung der Gewässerunterhaltung)
 - Landbewirtschaftung (Optimierung der Grünlandbewirtschaftung)

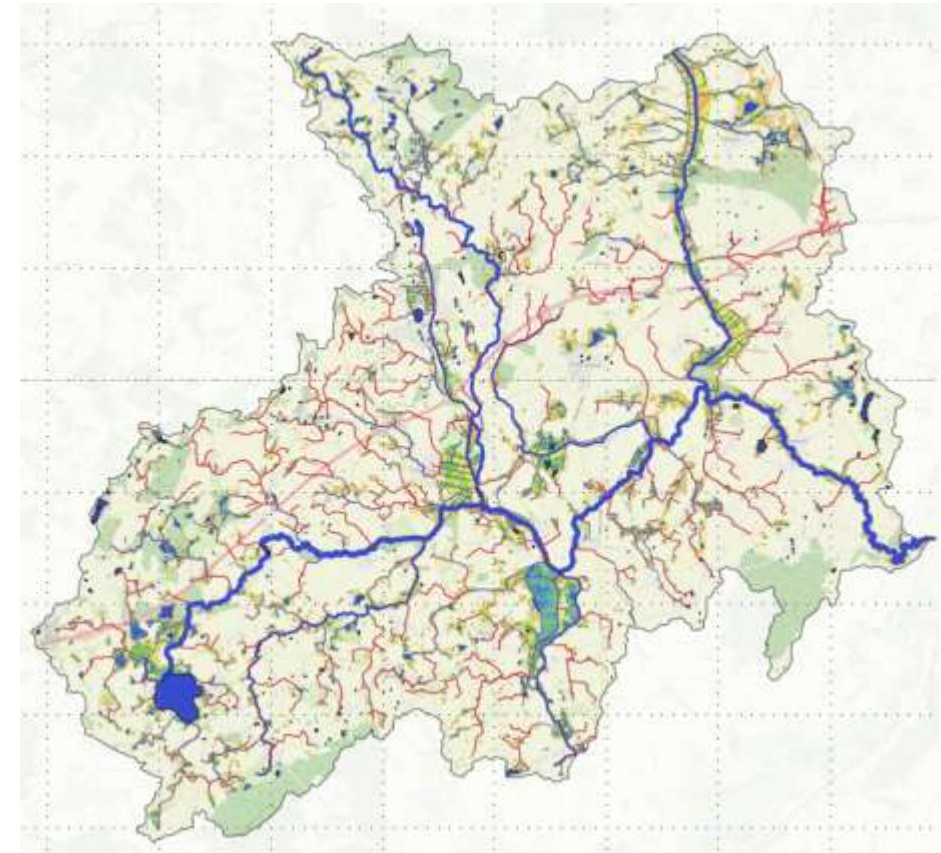


Abbildung: Modellentwicklungs- und Untersuchungsgebiet EZG-Beke (300 km²)

Eine automatisierte Modellerstellung im GIS auf Basis **landesweit verfügbarer Geo- und Pegeldaten** ist auf Flussgebietsebene für die hydraulische Berechnung von

- charakteristischen Talraumwasserständen sowie
 - Grundwasserflurabständen und
 - Bodenfeuchtestufen im Einflussbereich der Oberflächengewässer
- mit ausreichender Qualität für die angestrebte Zielstellung möglich.

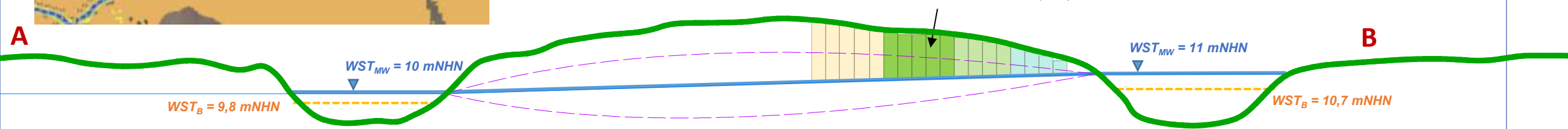
Zusammenhang zwischen:

- Wasserständen der Fließgewässer (Vorfluter)
- Grundwasserflurabständen
- Bodenfeuchtestufen (Wasserstufen)



Feuchtegrad	Feuchtezahlen nach ELLENBERG et al. (2001)	Grundwasserflurabstand (GWFA) in m unter Gelände nach LUNG M-V (2010)	Gewählte Vorflut-Flurabstände (VFA) in m unter Gelände	Beschreibung Zustand	Nutzbarkeit in Anlehnung an Succow & JOOSTEN (2001)	Charakteristische Vegetationseinheit nach LUNG M-V (2010) & KA5
I	9 - 12	< 0	0	(meist) Offenes Wasser	Wasserfläche	Seerosen-Schwimblattflur, Laichkraut-Tauchflur, Armleuchteralgen-Grundrasen, Braunmoos-Grundrasen, Röhrichte, Großseggenriede
IV	6 - 7	0,2 - 0,5	> 0,3 - 0,5	Feucht	Extensiv nutzbares Grünland (Wiesen und Weiden)	Kohldistel-Feuchtwiese, Winkelseggen-Erlenbruchwald, Frauenfarn-Erlenbruch, Brennnessel-Schilf-Landröhricht, Mädesüß-Hochstaudenflur
V	5 - 6	0,4 - 1,0	> 0,5 - 0,7	Frisch	Intensiv nutzbare Wiesen und Weiden, für Ackerbau nur bedingt geeignet	Perlgras-Buchenwald, Wiesenkerbel-Frischwiese, Kammgras-Weide, Brennnessel-Grauweidengebüsch, Frische Trespenrasen, Zwergstrauchheiden, Glatthaferwiesen, Weiskleewiesen, Getreidewildkraut
VI	4 - 6	0,6 - 1,5	> 0,7 - 1,2	Mäßig trocken	Für Ackerbau, Wiesen und Weiden gut geeignet	Beerstrauch-Kiefernwald, Grasnelken-Schafschwingelrasen
VII	2 - 3	1,0 - 2,5	> 1,2 - 2	Trocken	Für Ackerbau geeignet, unbewässert weniger ertragreich	Trockenrasen, trockene Getreidewildkraut- und Gänsefußgesellschaften, Flechten-Kiefernwald, Frühlingspark-Silbergrasflur
VIII	-	-	> 2	Sehr trocken	-	Steppenrasen, Felsbandgesellschaften

Vorfluter-Flur-Abstände (VFA)



Geodaten für Modellaufbau:

- Höhenmodell DGM1 (LAiV M-V Downloadportal Geobasisdaten)
- Fließgewässerlinien (LUNG-Gewässerkulisse im FIS als wfs-Daten)
- Rohrleitungs- und Durchlasslinien (LUNG-Gewässerkulisse)

Pegeldaten als Kalibrierungs- und Modellantriebsgrößen:

- Tages- und Monatsmittelwerte Pegeldurchflüsse (STÄLU-MV)

Erforderliche Geodaten

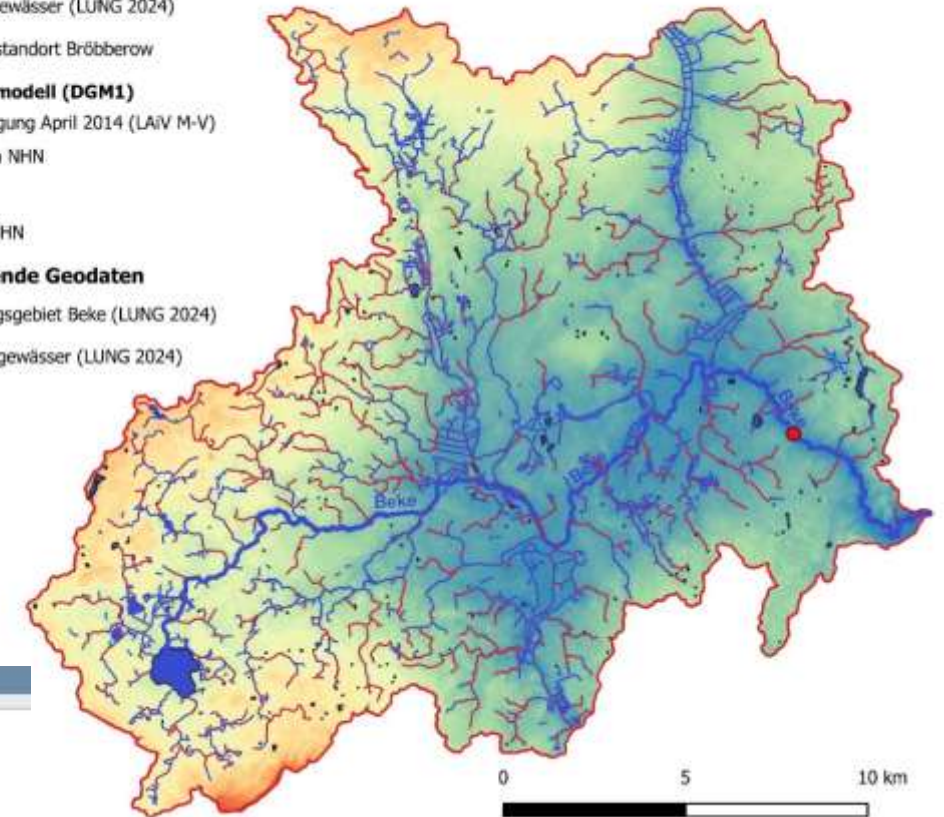
- Rohrleitungen (LUNG 2024)
- Fließgewässer (LUNG 2024)
- Pegelstandort Bröbberow

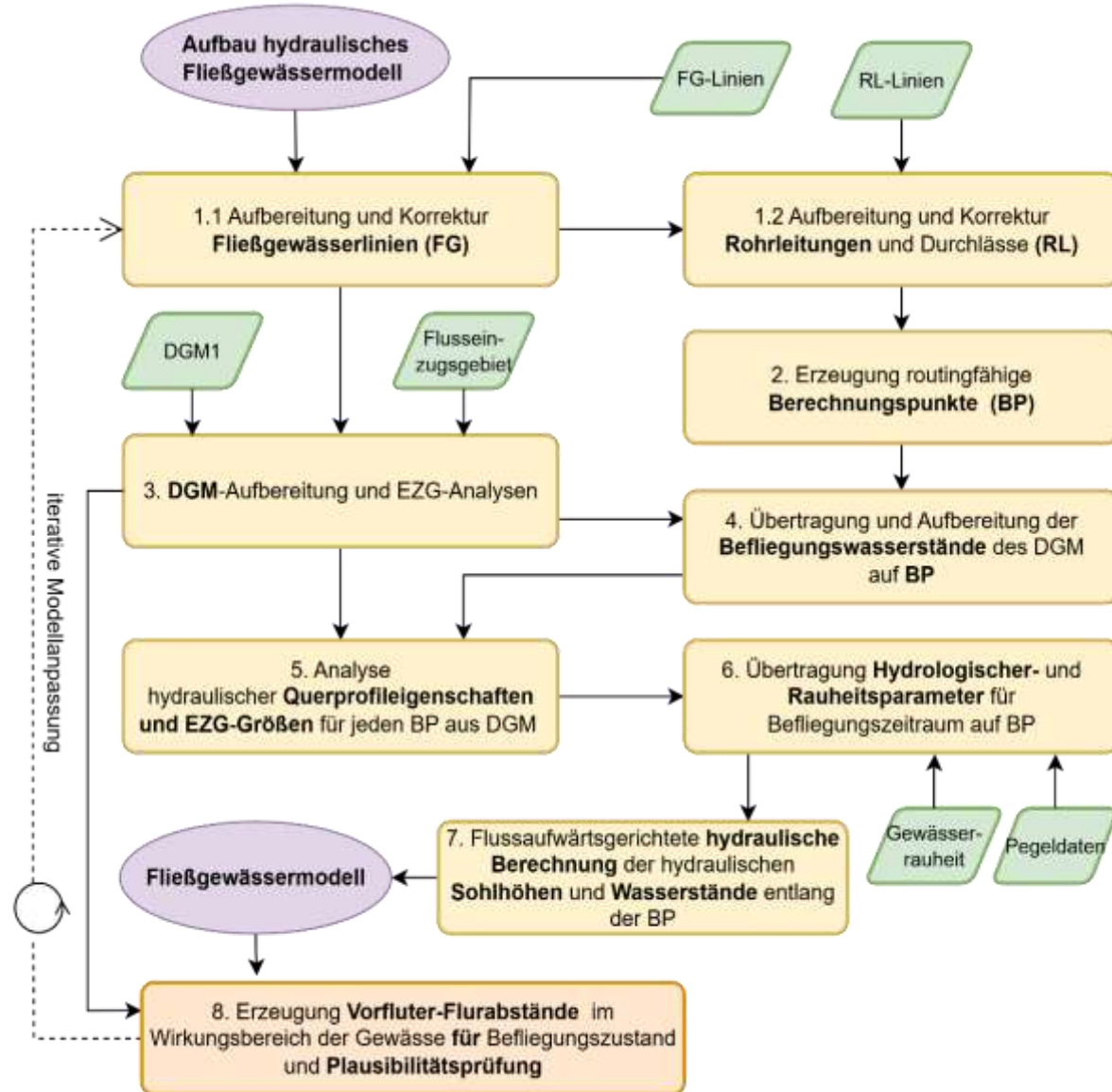
Geländemodell (DGM1)

- Befliegung April 2014 (LAiV M-V)
- 150 m NHN
- 0 m NHN

Ergänzende Geodaten

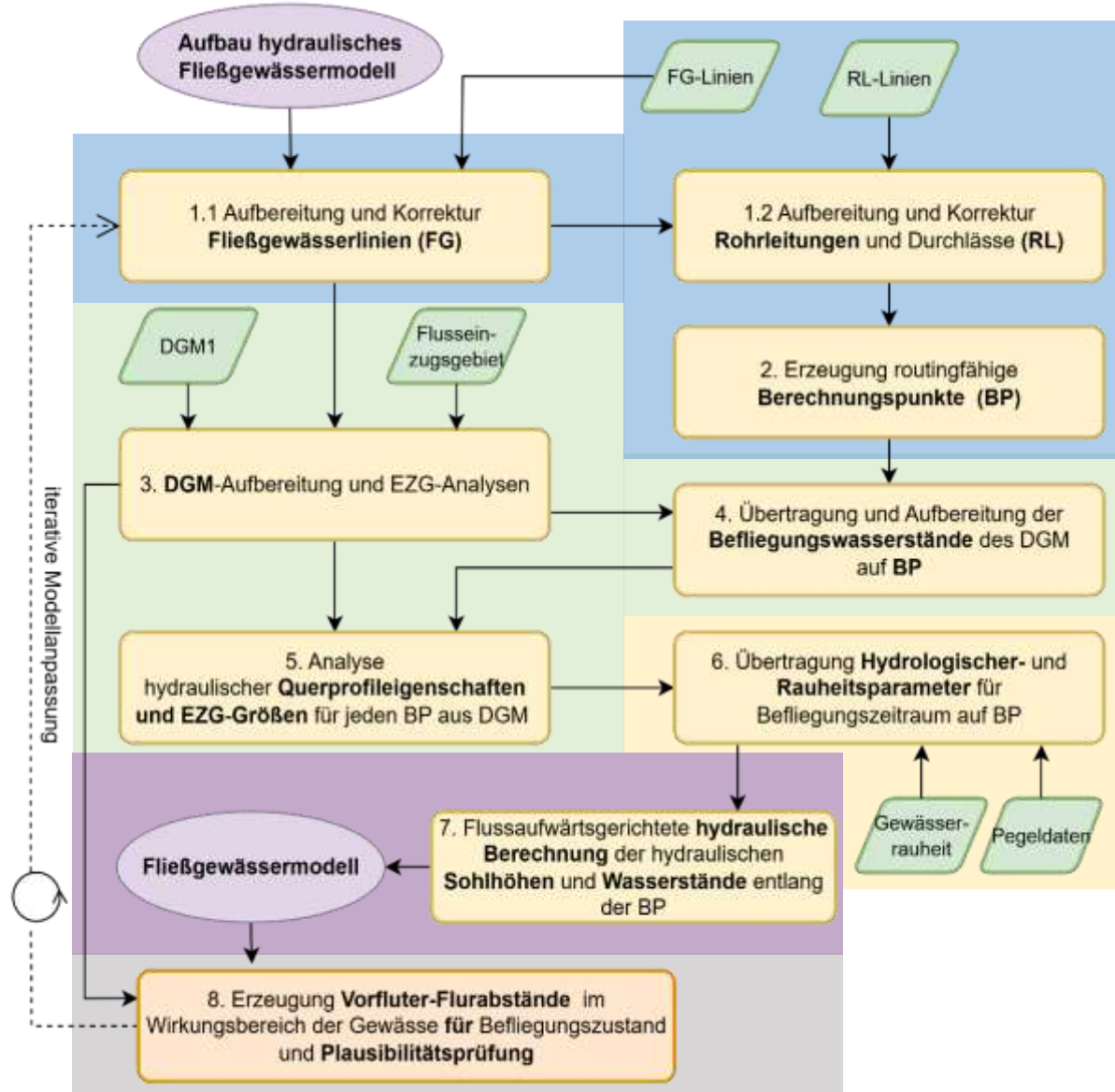
- Einzugsgebiet Beke (LUNG 2024)
- Standgewässer (LUNG 2024)





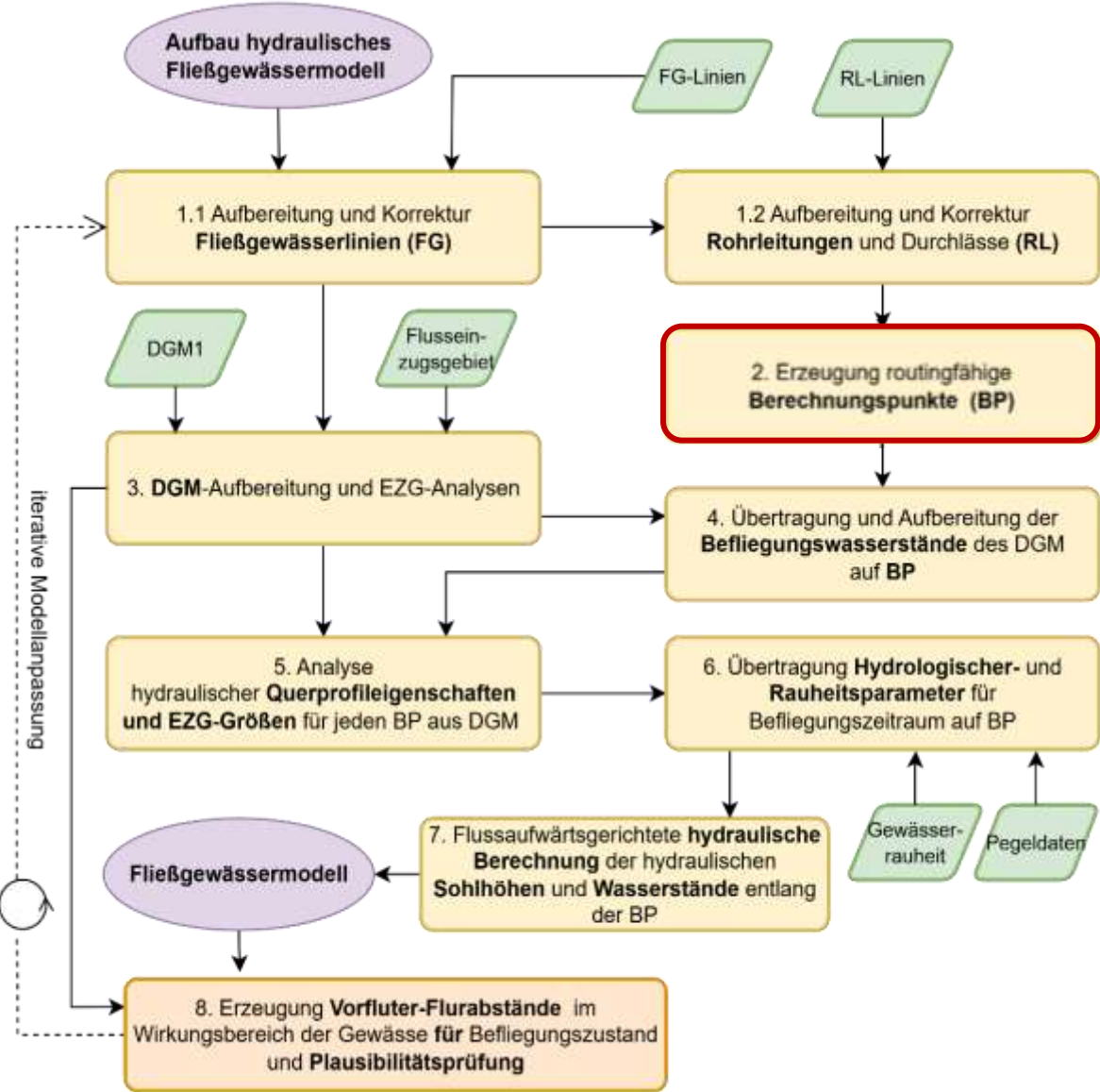
Modellumsetzung in QGIS

- Zusammenfassung und Steuerung komplexer Teilaufgaben im implementierten grafischen Modelldesigner
 - QGIS-Geoverarbeitungswerkzeuge,
 - SAGA-Plugins und
 - eigene Python-Skripte
- Teilautomatisierter Modellaufbau in 8 Hauptprozessen
- Ermöglicht eine
 - Modulare Entwicklung,
 - Formularbasierte Nutzung sowie
 - Schrittweise Bearbeitung und ggf. Anpassung des Modells

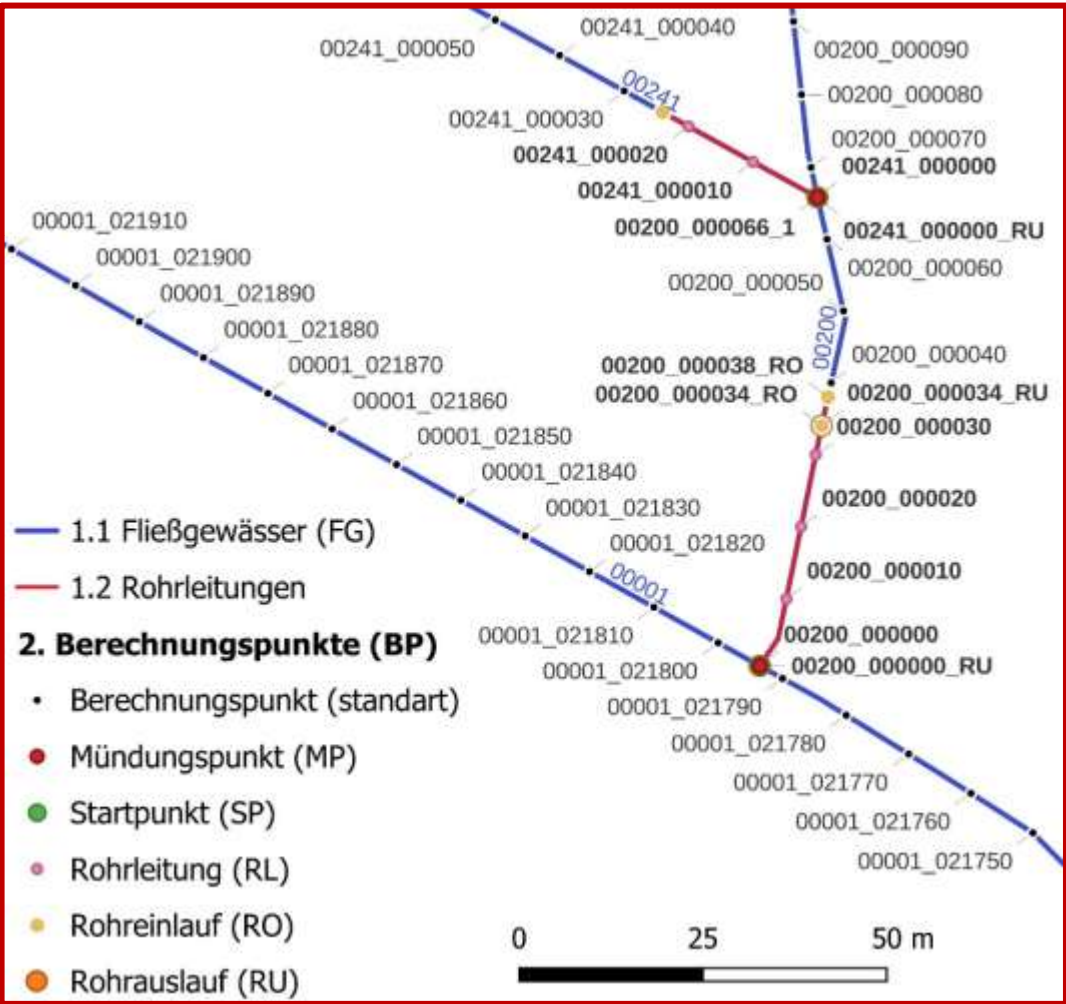


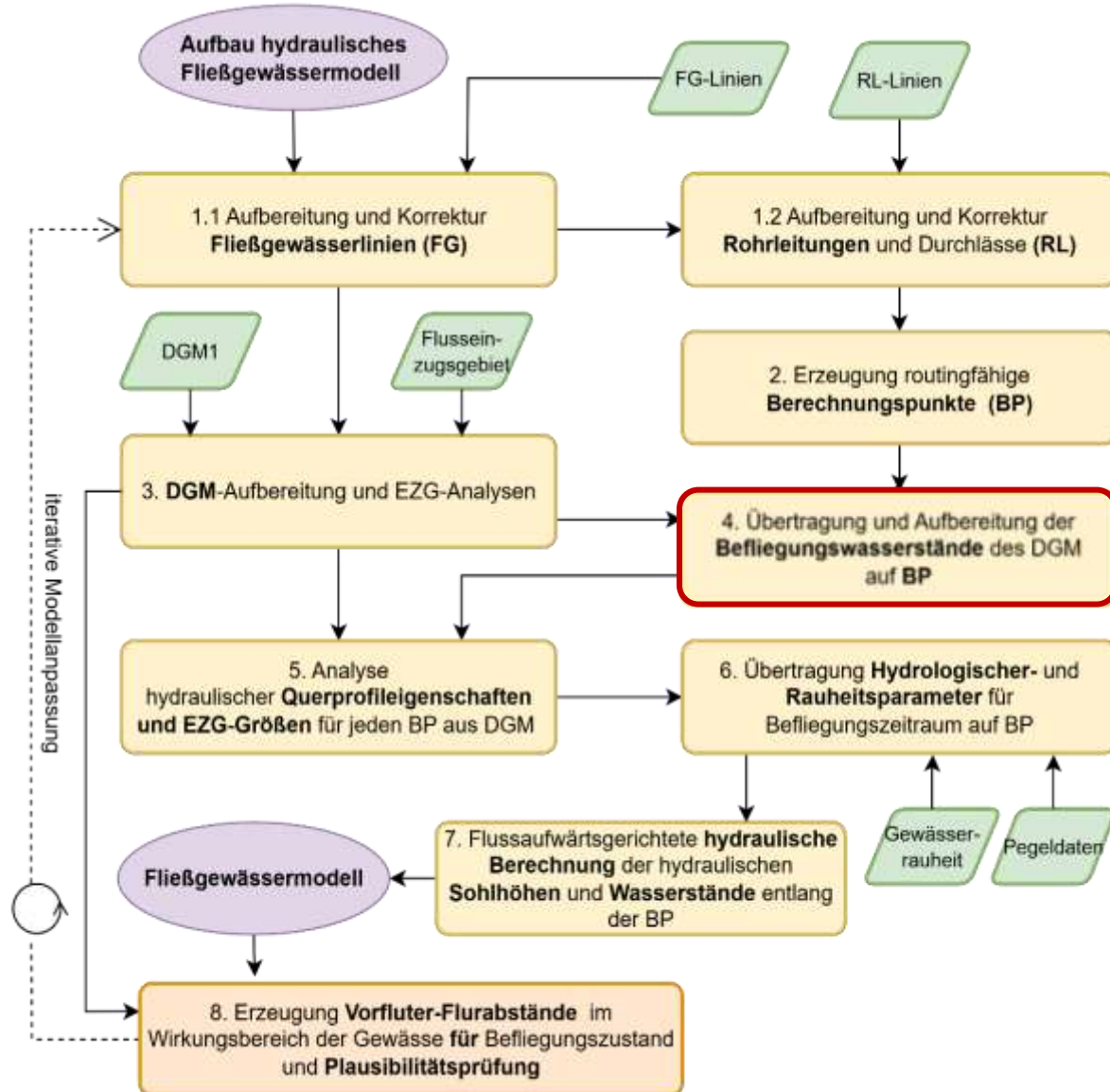
Hauptprozesse Modellaufbau:

- **1, 2** Modellbasis - routingfähige Berechnungspunkte (10 m entlang Fließgewässerlinien)
- **3,4,5** Geometrie- und hydraulische Eigenschaften am Befliegungstag aus DGM (*WST_B, WB, Gefälle, Rauheit*)
- **6** Hydrologie - Übertragung relevanter Pegeldaten am Befliegungstag (*Q_B*)
- **7.1** Flussaufwärtsgerichtete Modellierung hydraulischer Profile n. Fließgesetz von MANNING-STRICKLER)
- **7.2** Flussaufwärtsgerichtete WST-Berechnung verschiedener Durchfluss-Szenarien
- **8** Flächige Darstellung der Talraum-Flurabstände und Plausibilitätsprüfung

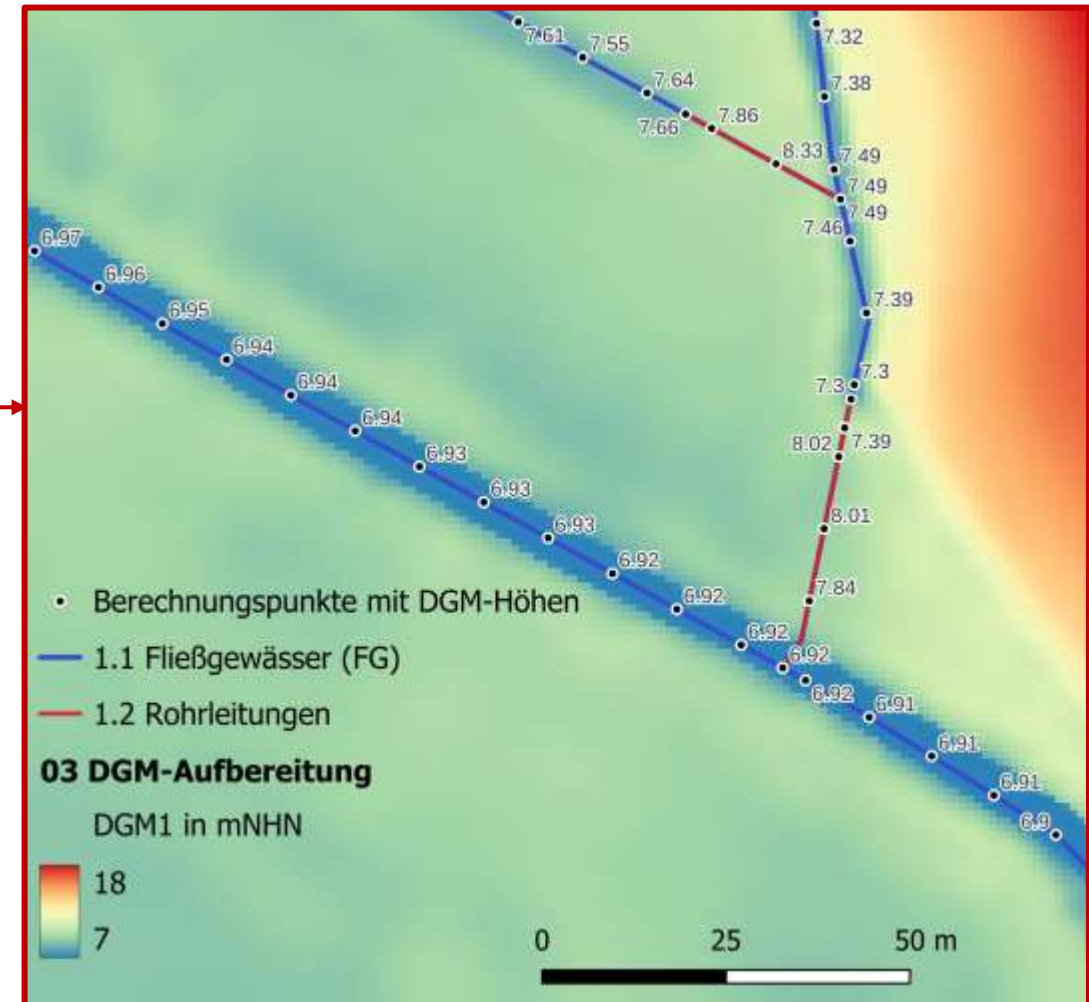


Berechnungspunkte (alle 10 m + MP, RO, RU)



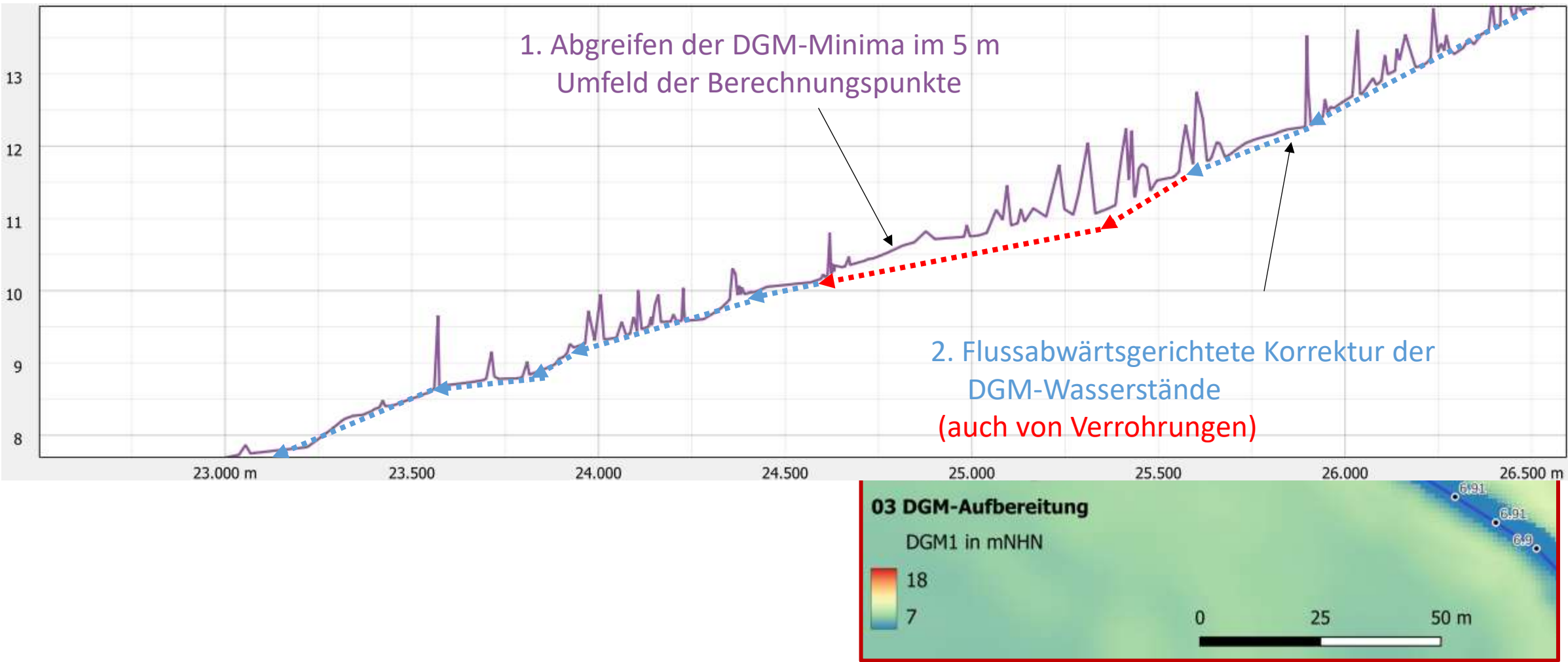


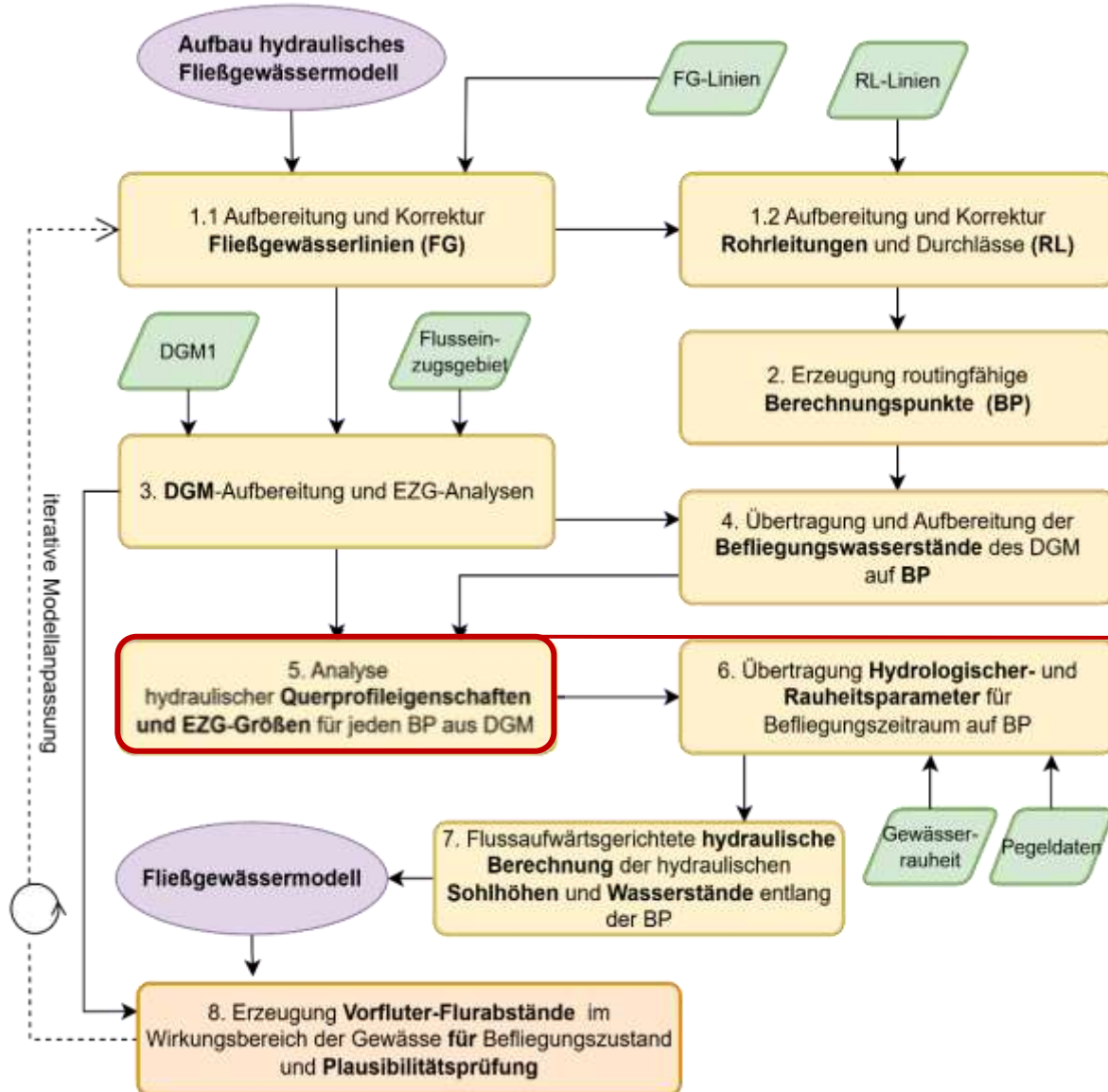
Berechnungspunkte mit DGM-min-Höhen



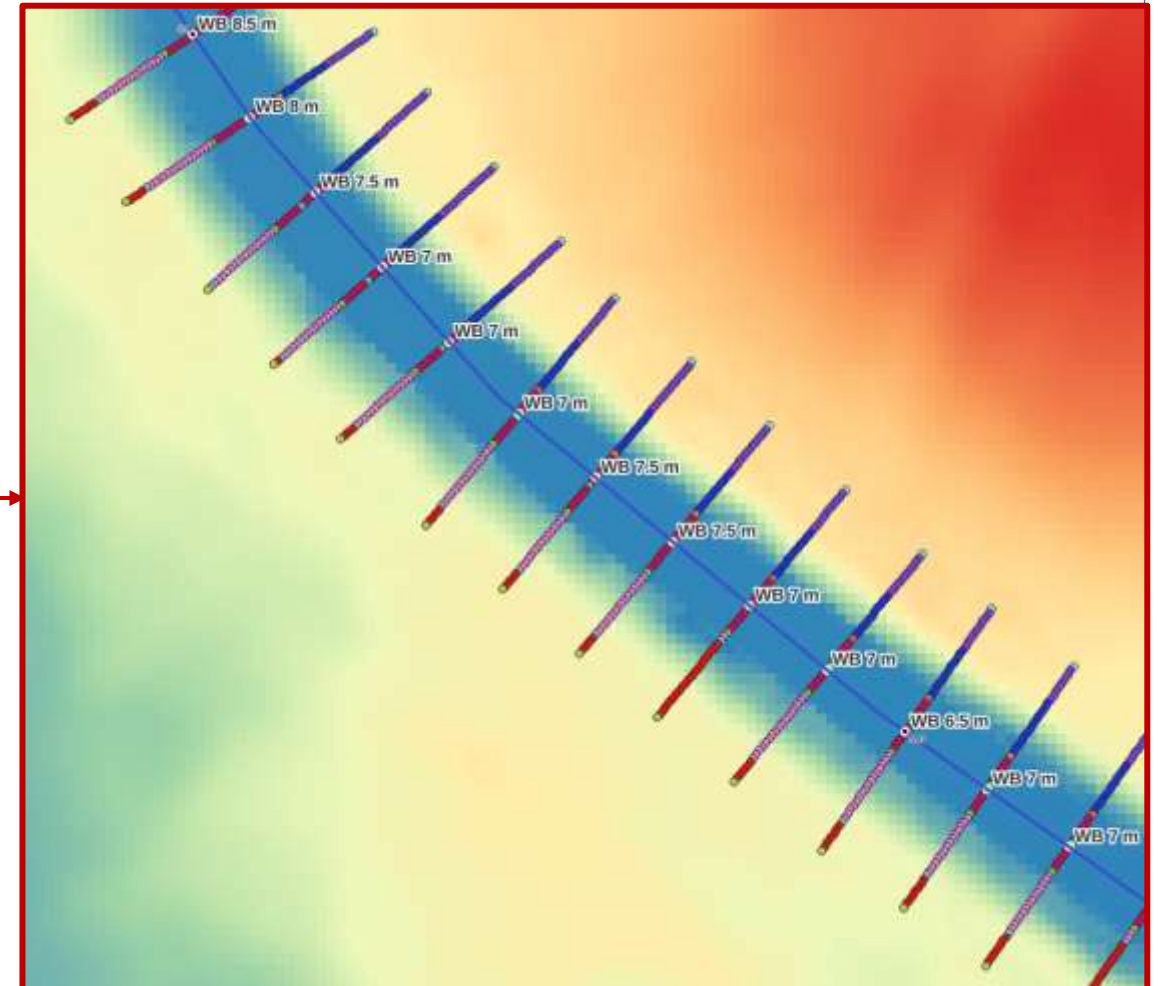
Korrektur der DGM-Wasserstände

Berechnungspunkte mit DGM-min-Höhen



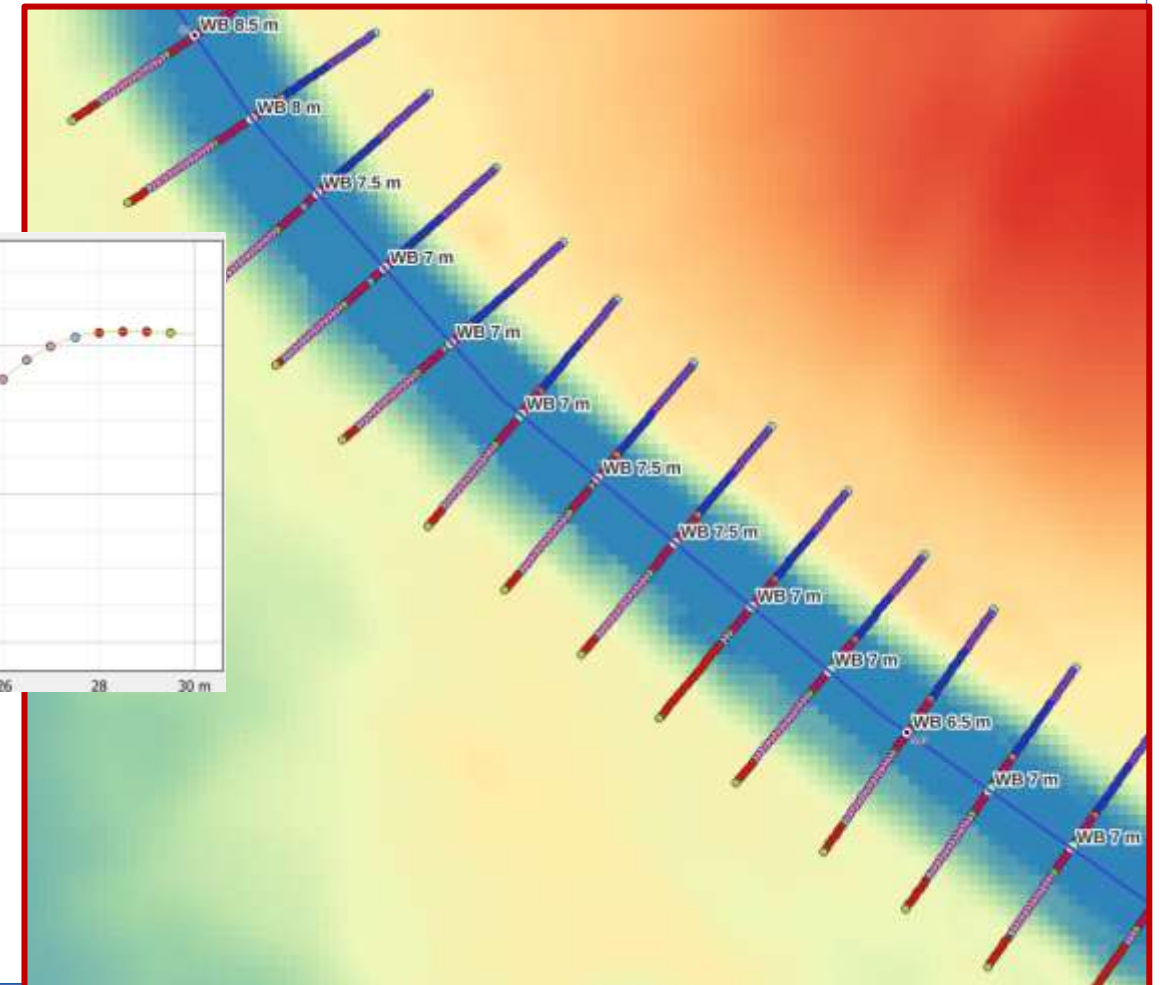
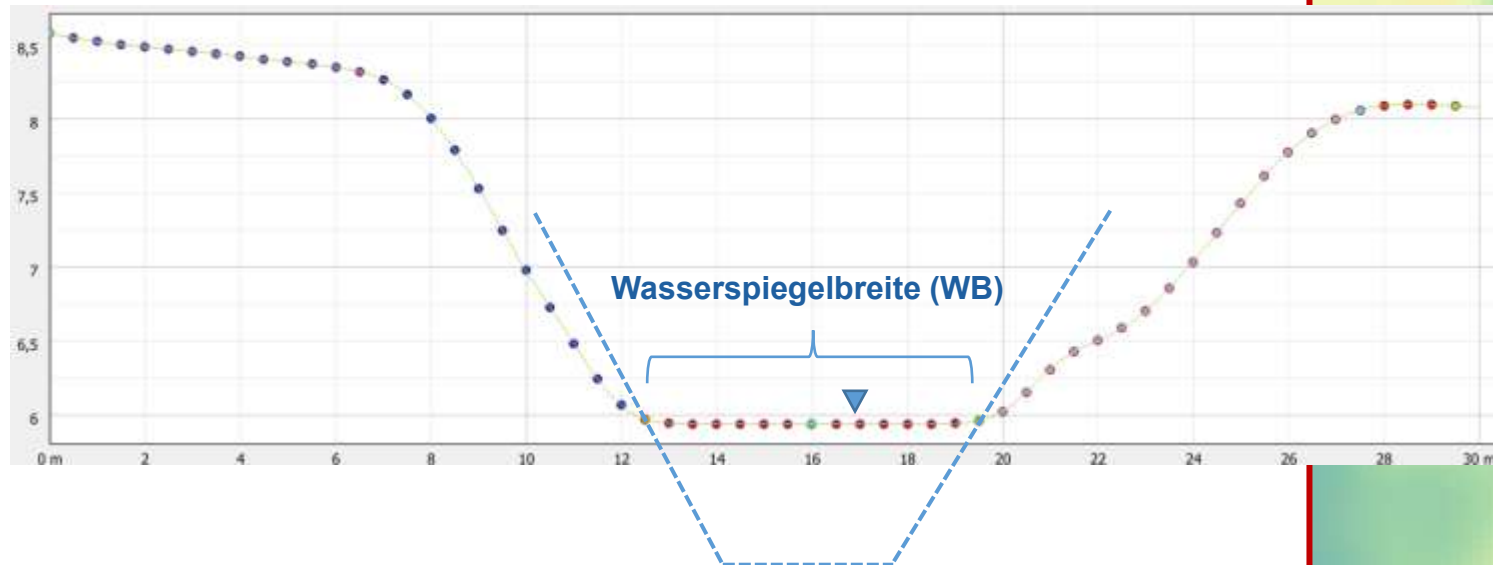


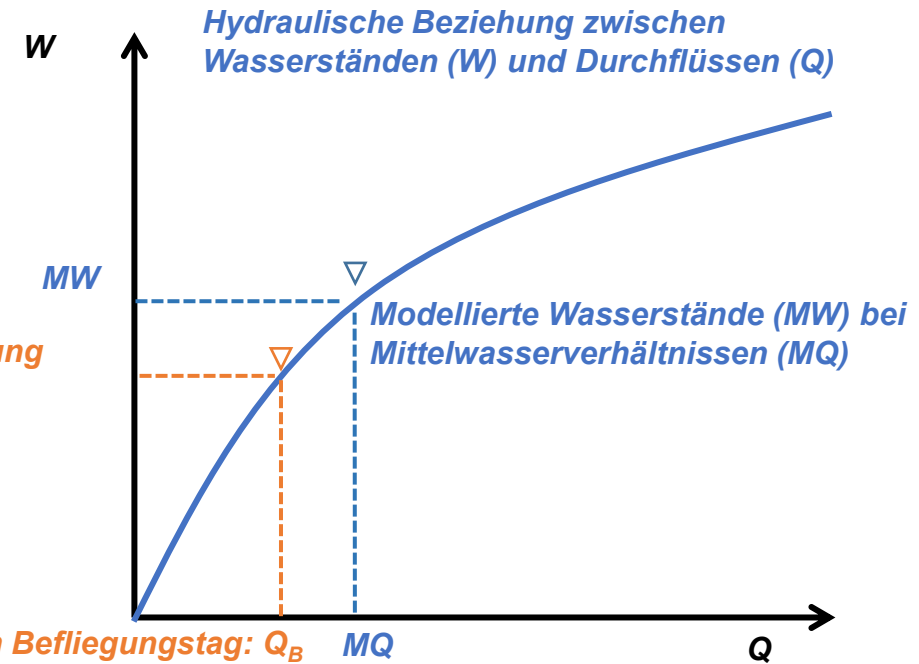
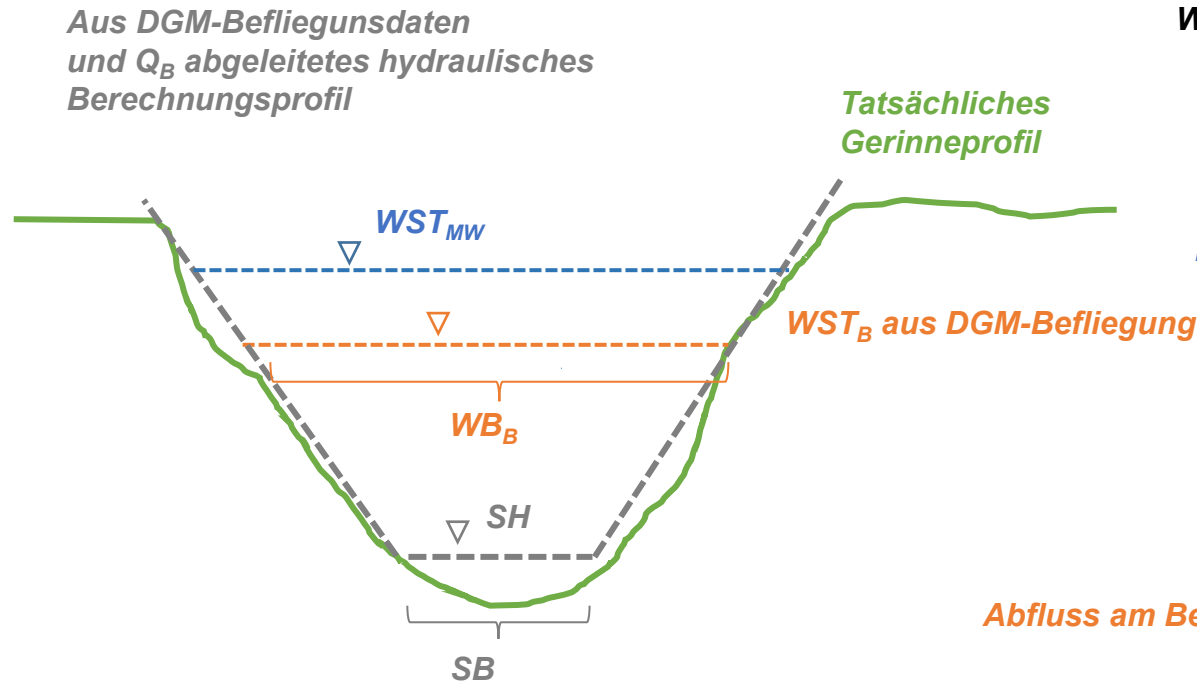
1. Profilpunkte für jeden Berechnungspunkt orthogonal zur Gewässerachse



1. Profilpunkte für jeden Berechnungspunkt orthogonal zur Gewässerachse

2. Analyse der Profilpunkte





$$Q = v \cdot A = k_{st} \cdot \sqrt{I_E} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot A$$

v : mittlere Fließgeschwindigkeit in m/s

k_{st} : STRICKLER-Beiwert in $m^{1/3}/s$

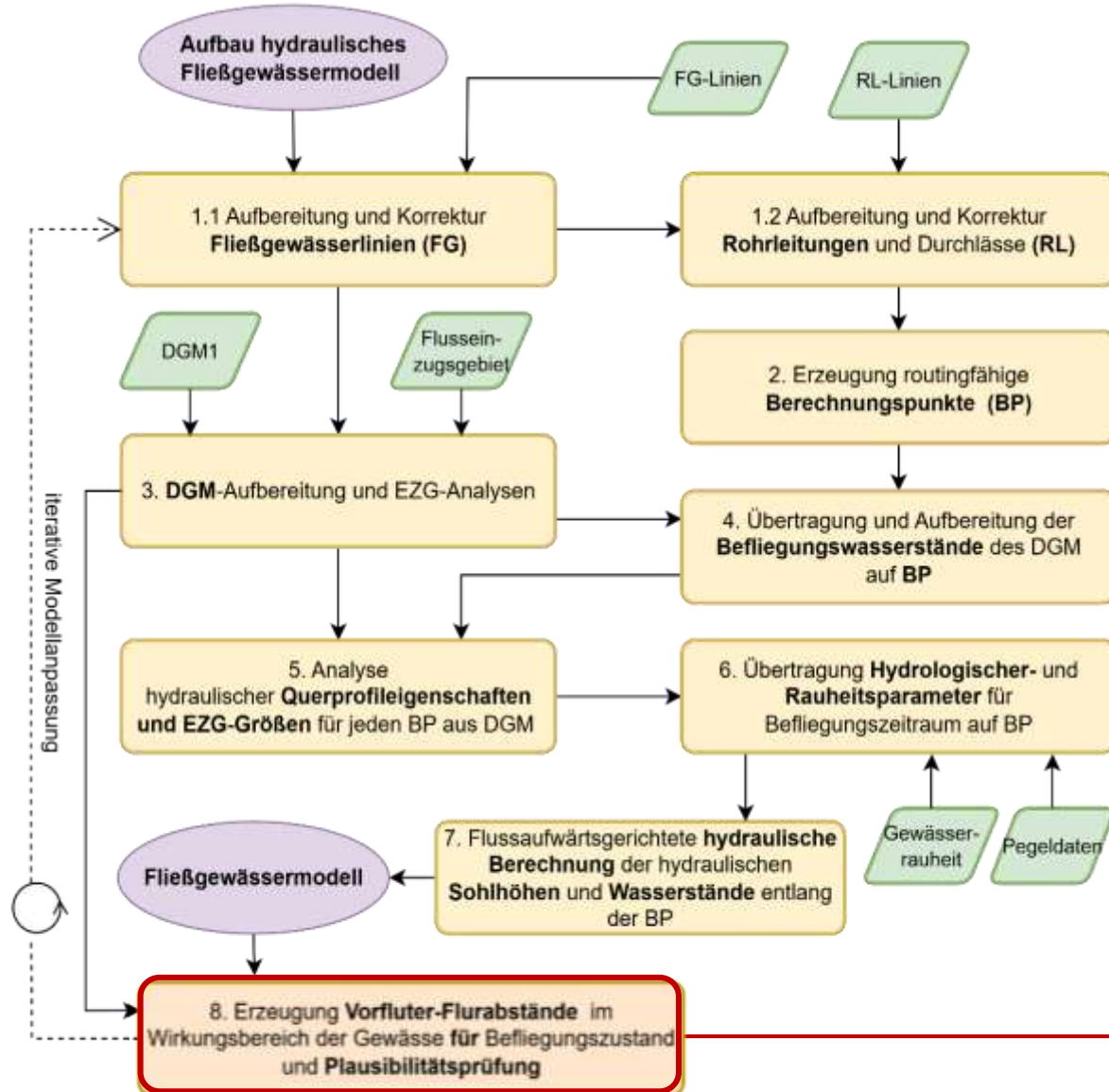
I_E : Energieliniengefälle

r_{hy} : hydraulischer Radius in m

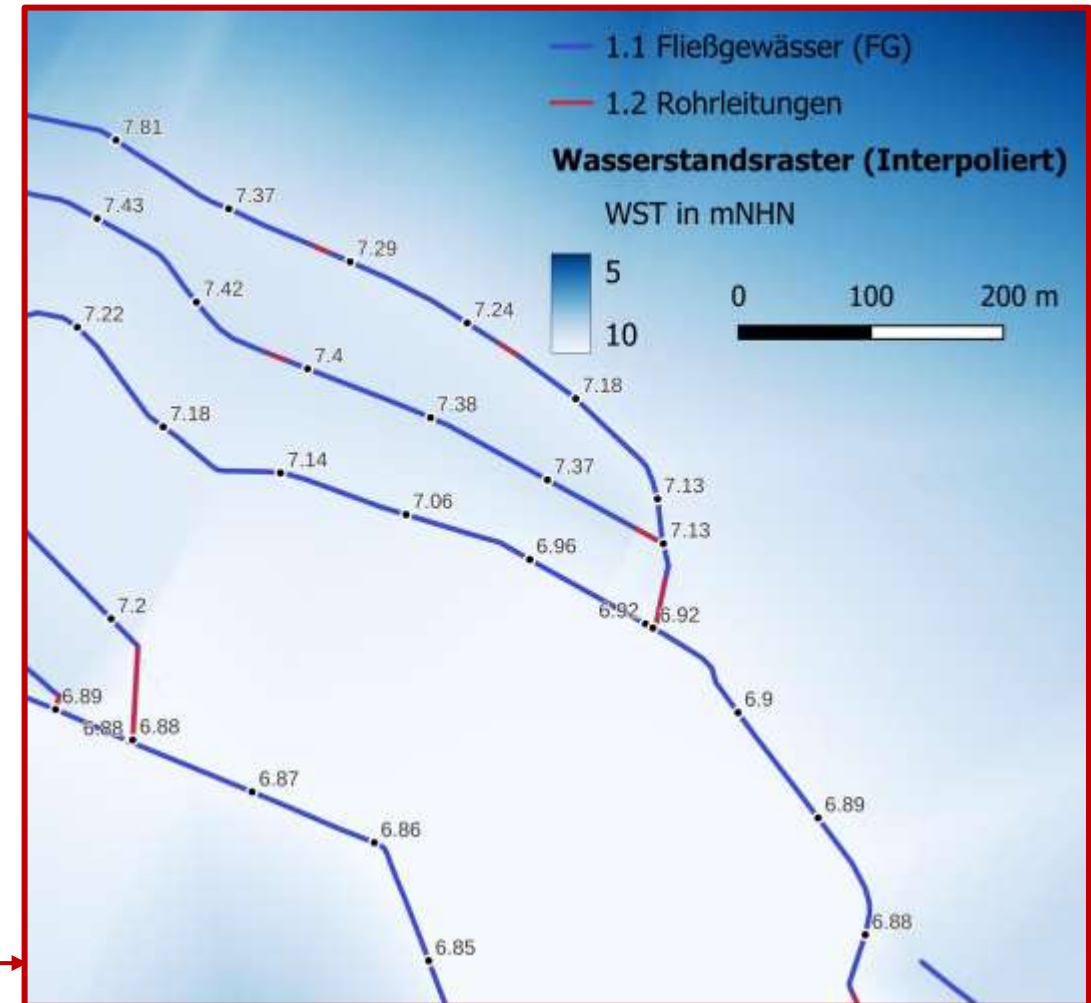
Q : Abfluss in m^3/s

A : durchflossene Querschnittsfläche in m^2

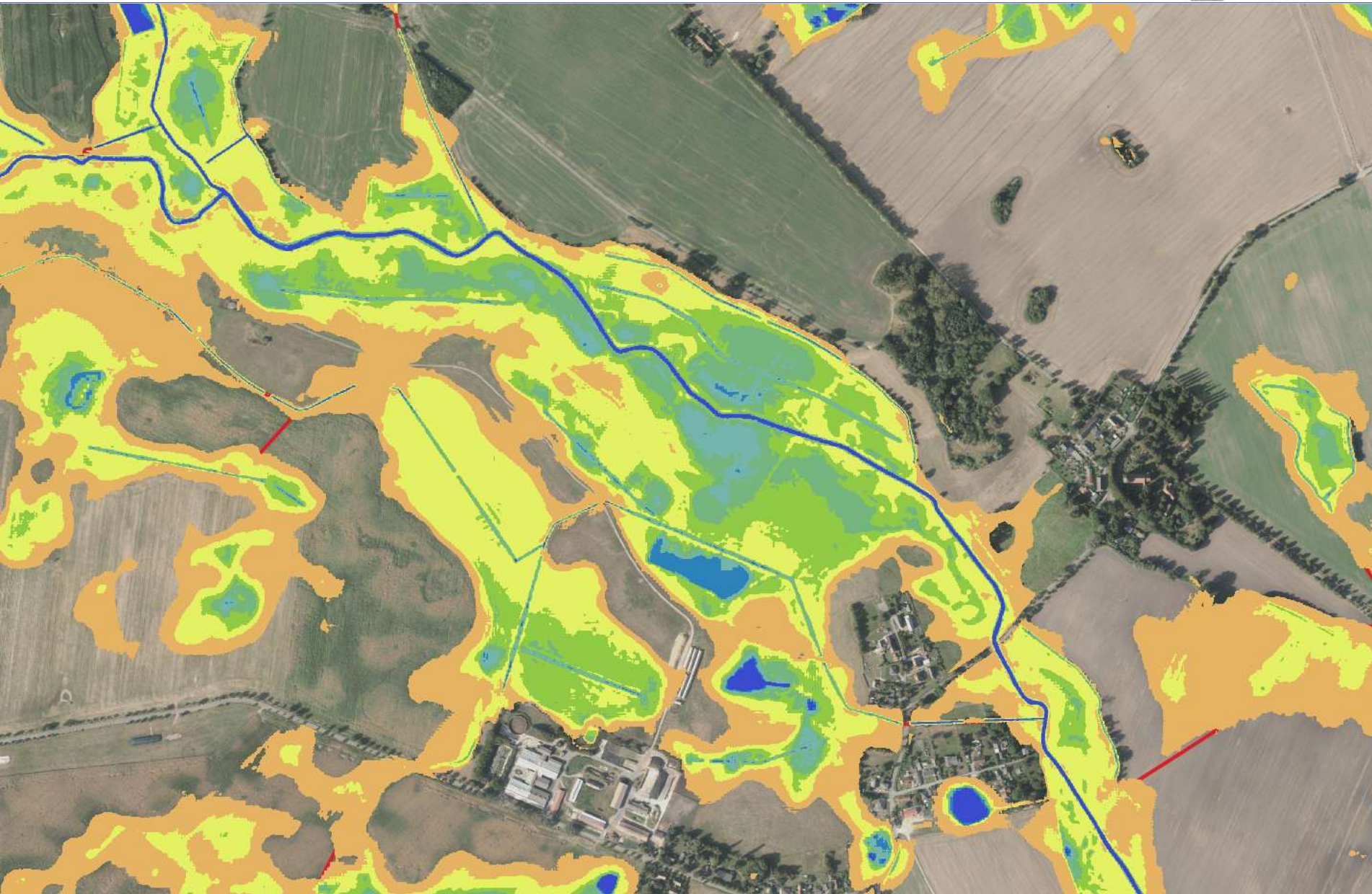
Strömungsverhältnisse werden im Modell stationär und hydraulisch ungleichförmig nach dem Fließgesetz von MANNING-STRICKLER abgebildet



Wasserstandsraster (Linear interpoliert aus WST-BP)



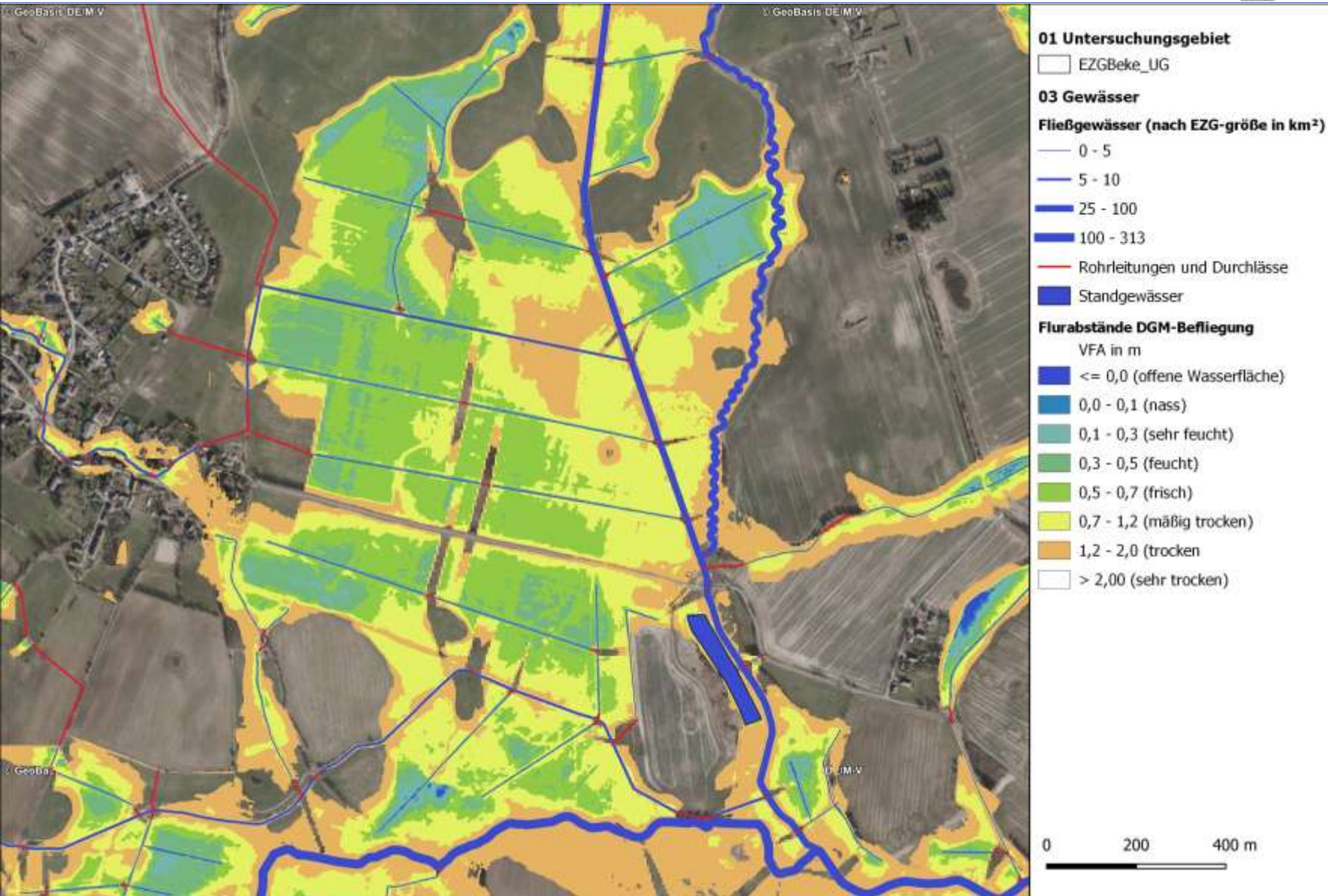
Modellaufbau – 8. Vorfluter Flurabstände für verschiedene Zustände

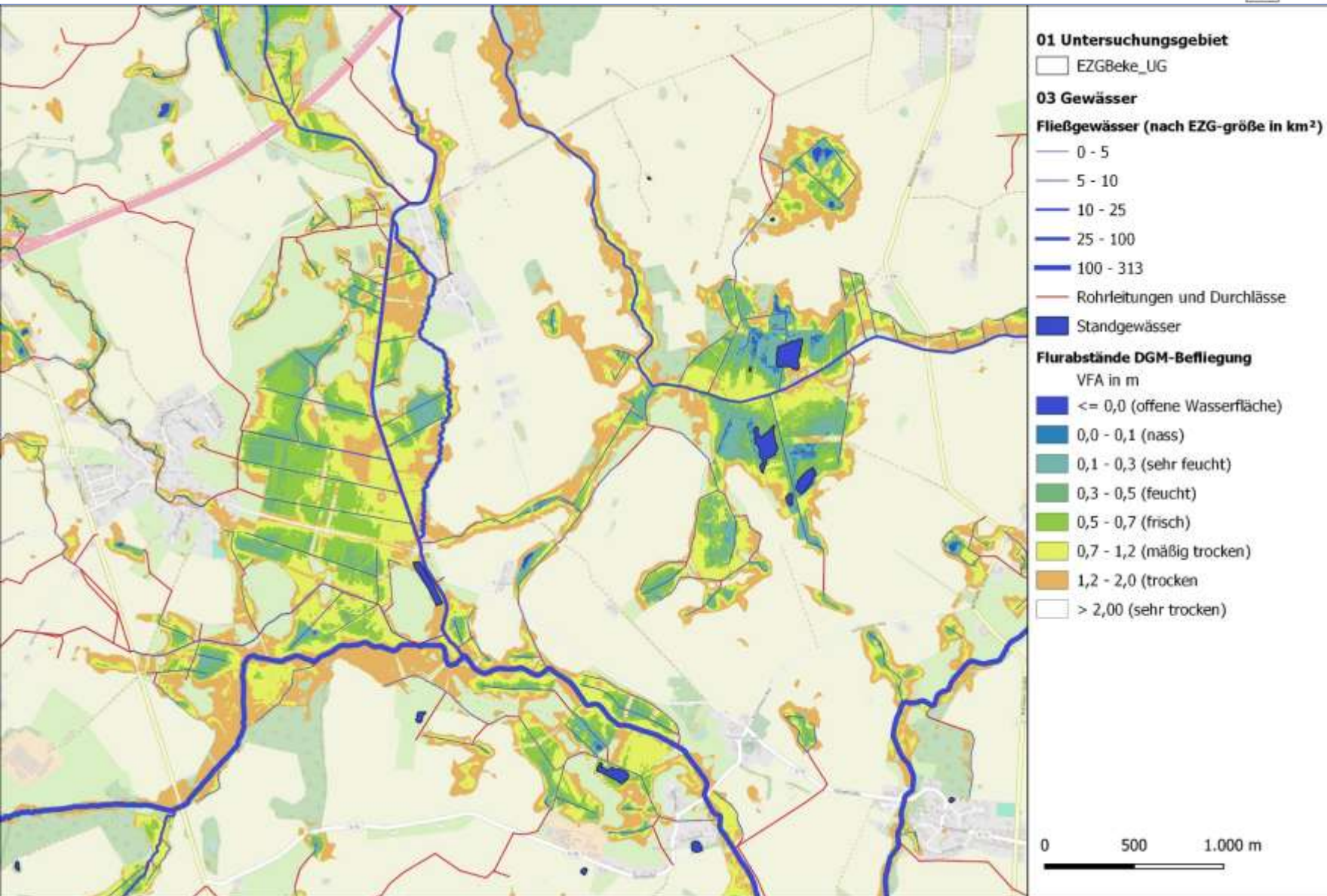


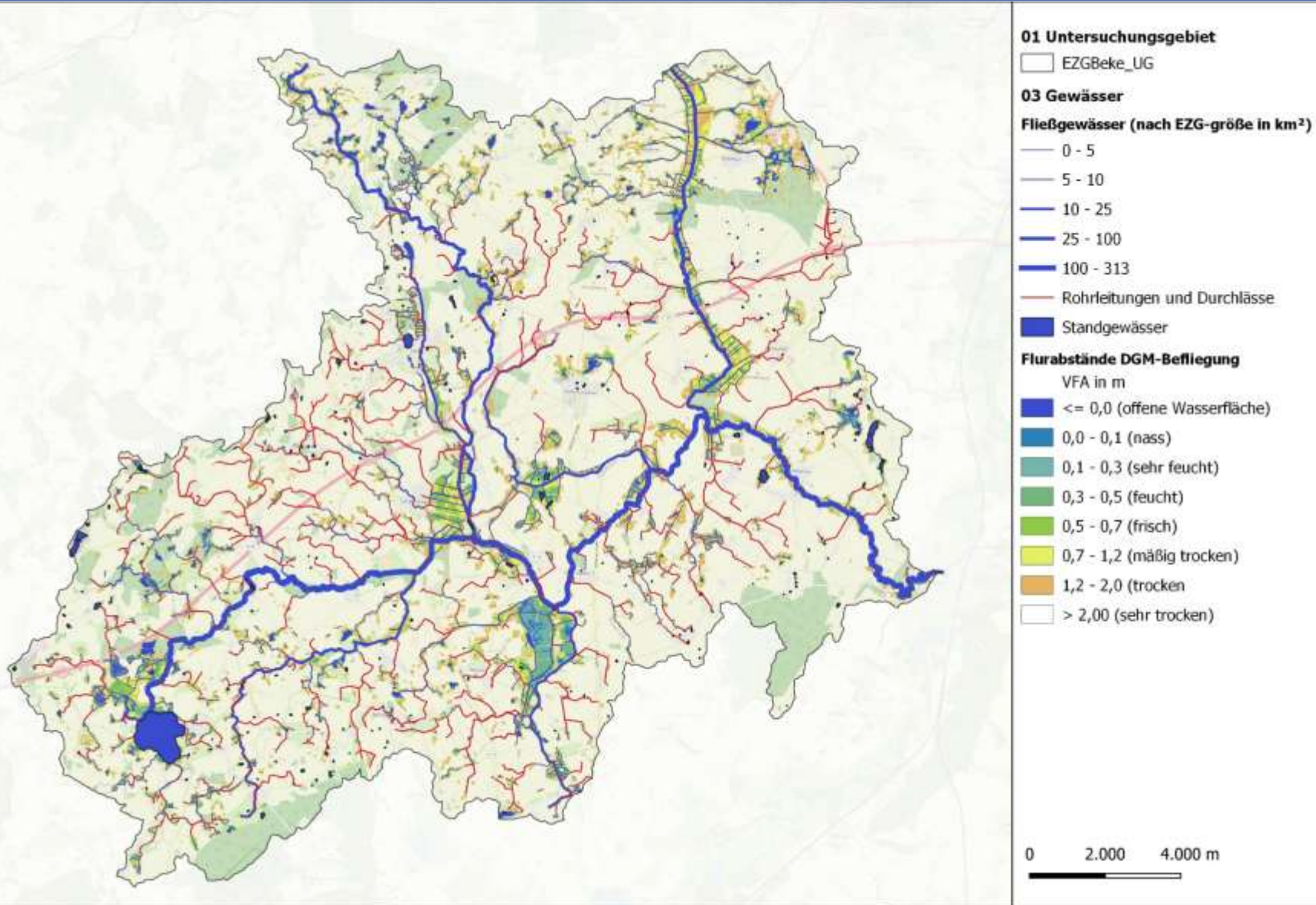
DGM-WST

MQ-WST

Modellaufbau – 8. Vorfluter Flurabstände in komplexen Gewässernetzen







...ermöglicht ein einmal aufgebautes GIS-Talraummodell („Gewässer-Zwilling“):

- tagesaktuelle hydrologische Zustände mit amtlichen Pegeldata als Antriebsgrößen abzubilden.
- verschiedene Bewirtschaftungsziele und -weisen für jeden beliebigen Berechnungspunkt anzupassen und die Auswirkungen unmittelbar darzustellen (z.B. Stauziele, Unterhaltungsmaßnahmen, Wehrsteuerungen usw.)

Modulare Struktur und verfügbare GIS-Werkzeuge ermöglichen flexible Modellerweiterung für Fragestellungen verschiedener Fachbereiche und Anwendungsfelder:

- Wasserwirtschaft,
- Stofftransport- und Umsetzung-,
- Hydrologie
- Bodenphysik,
- Grünlandbewirtschaftung
- Ökologie (Biotop- und Moorschutz)

...können (so die Hoffnung) Raum für lebendige Gewässer schaffen,
deren Dynamik sich in Modellen kaum noch erfassen lässt.



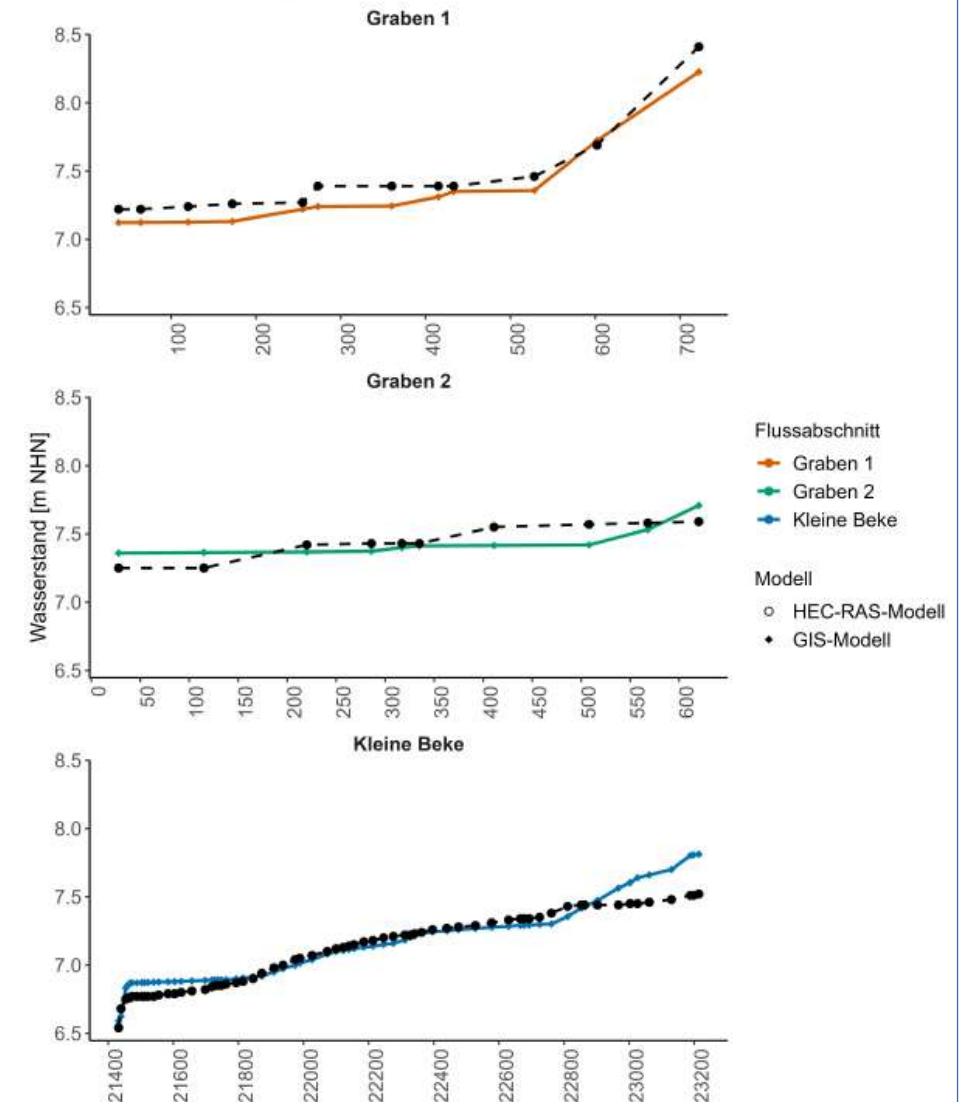
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Untersuchungen zur Modellgenauigkeit: Vergleich mit hydraulischen 1D-Modellen (HEC-RAS)

- Kalibriertes 1D-Wasserspiegmodell für 3 km Bekeabschnitt (MA: Tom Marek Schülke)
- Langzeituntersuchung (30-Jährige Modellreihe) der Bedeutung verschiedener Einflussgrößen für die Wasserstandsentwicklung
- Wichtigste Modelleinflussgröße: Modellrauheit
- mittlere Abweichung der WST zum GIS-Modell < 1 dm

Szenario 1: Längsschnitt der Wasserstände



- Kalibriertes 3D-Grundwassermodell für Grünlandparzelle (FP: Nele Waltering)
- Langzeituntersuchung (30-Jährige Modellreihe) der Bedeutung verschiedener Einflussgrößen für die Grundwasserdynamik
- Wichtigste Größe: Vorflutwasserstände

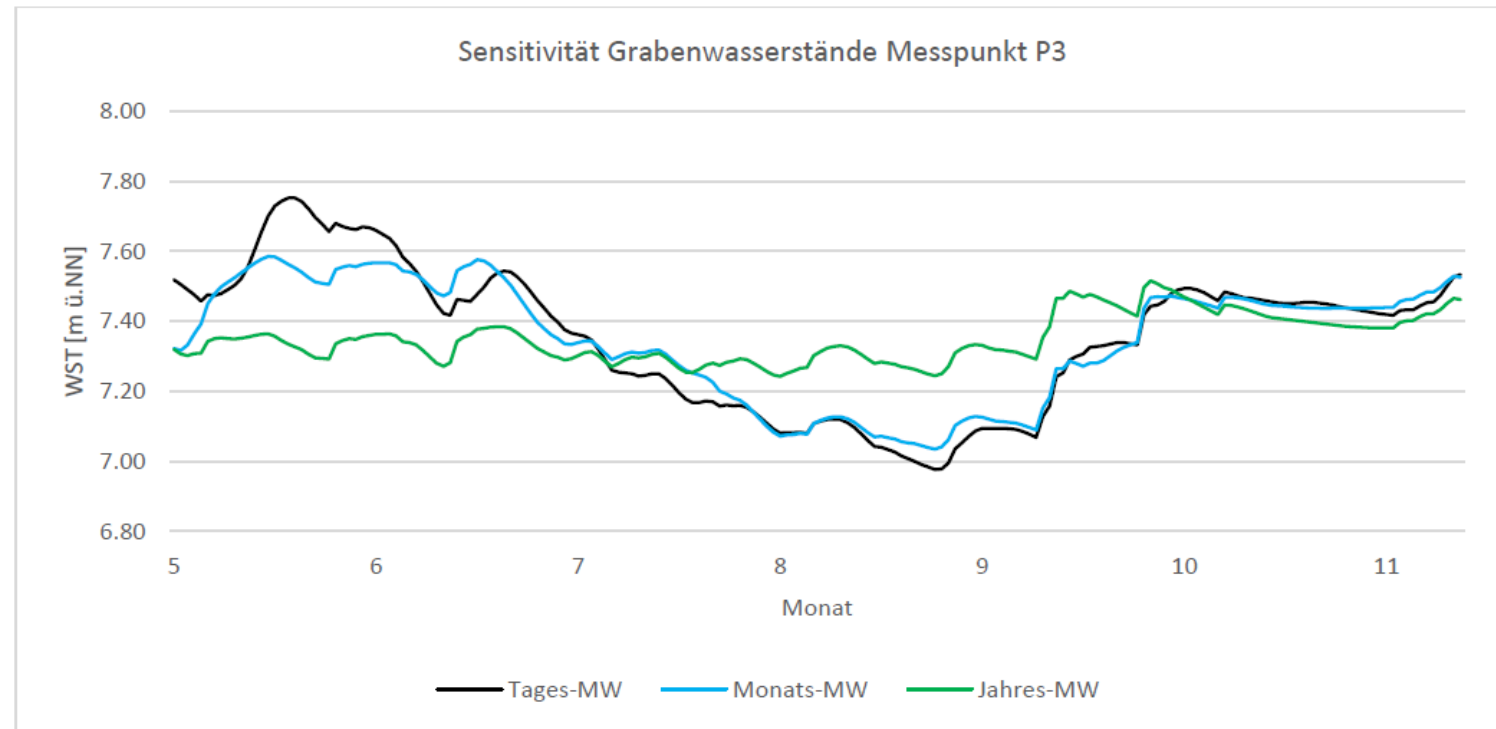


ABBILDUNG 9: SENSITIVITÄT GRABENWASSERSTÄNDE (P3)

Abhängigkeiten und Instationarität des Grundwasserverlaufes (FP -Nele Waltering)

TABELLE 7: ERGEBNISSE KALIBRIERUNGSDURCHGANG 3 (KF = 5 x 10⁻⁵ M/S)

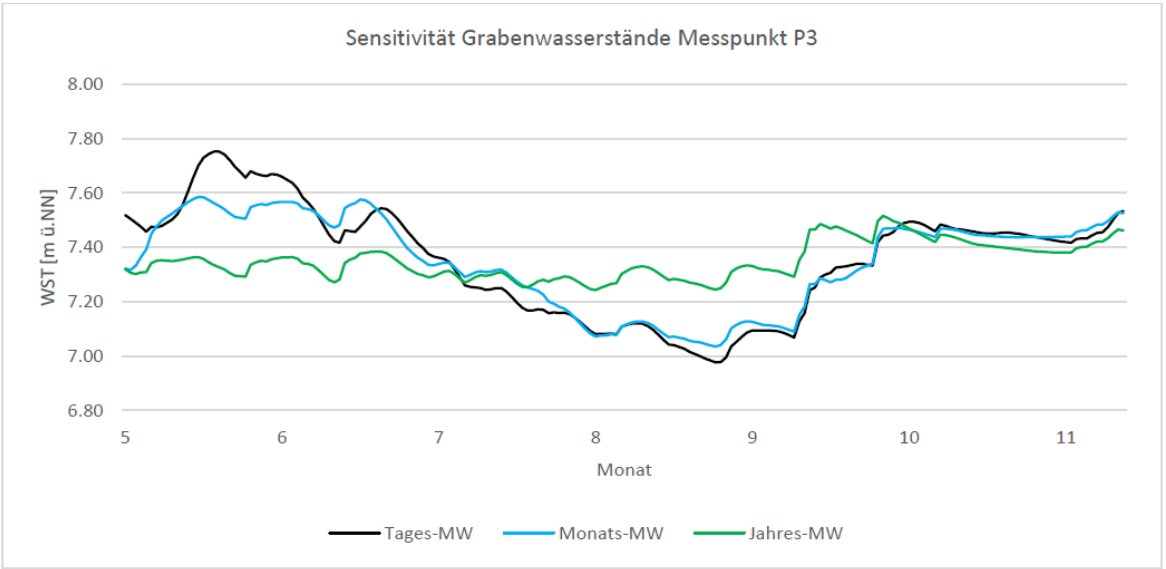
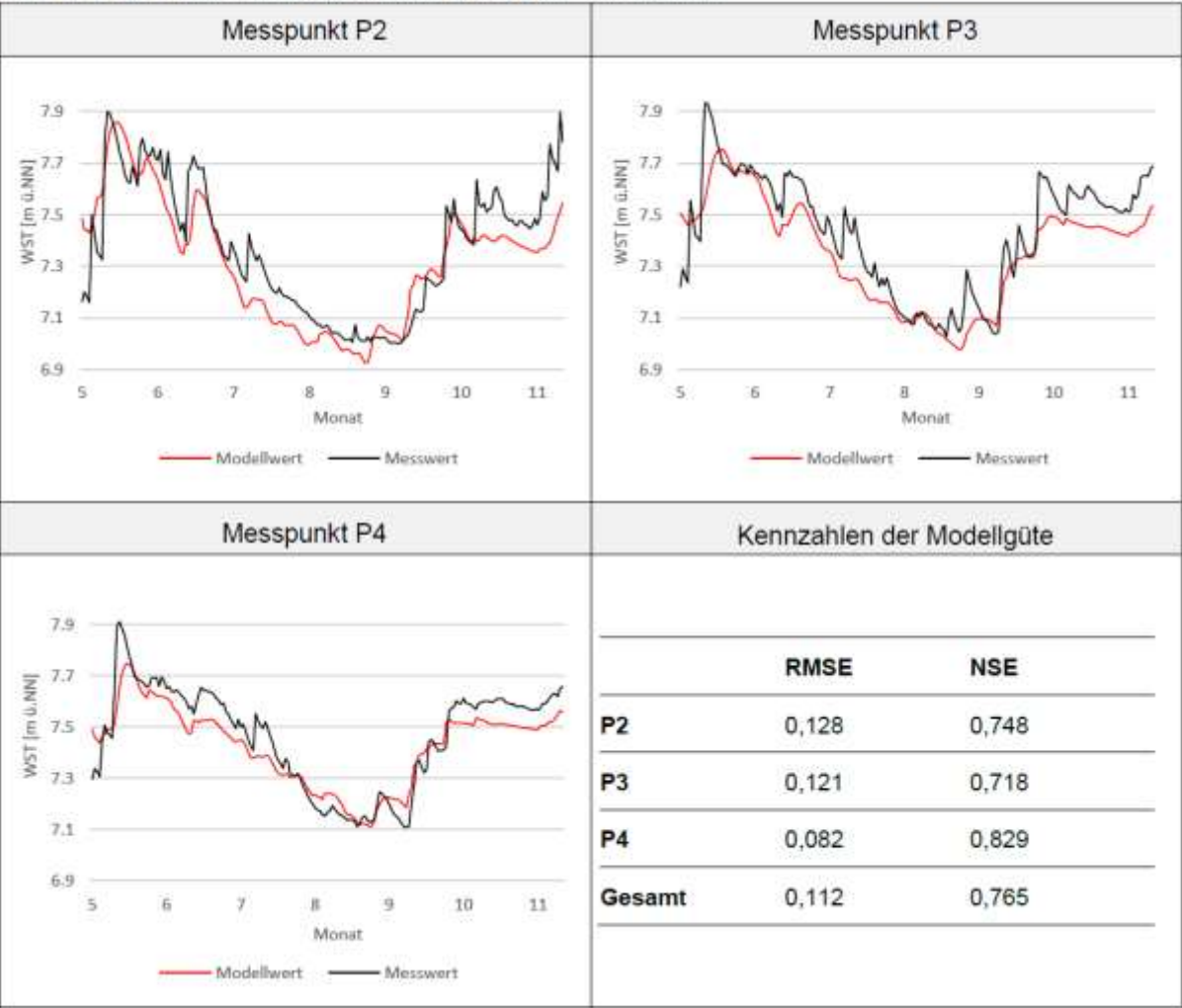


ABBILDUNG 9: SENSITIVITÄT GRABENWASSERSTÄNDE (P3)

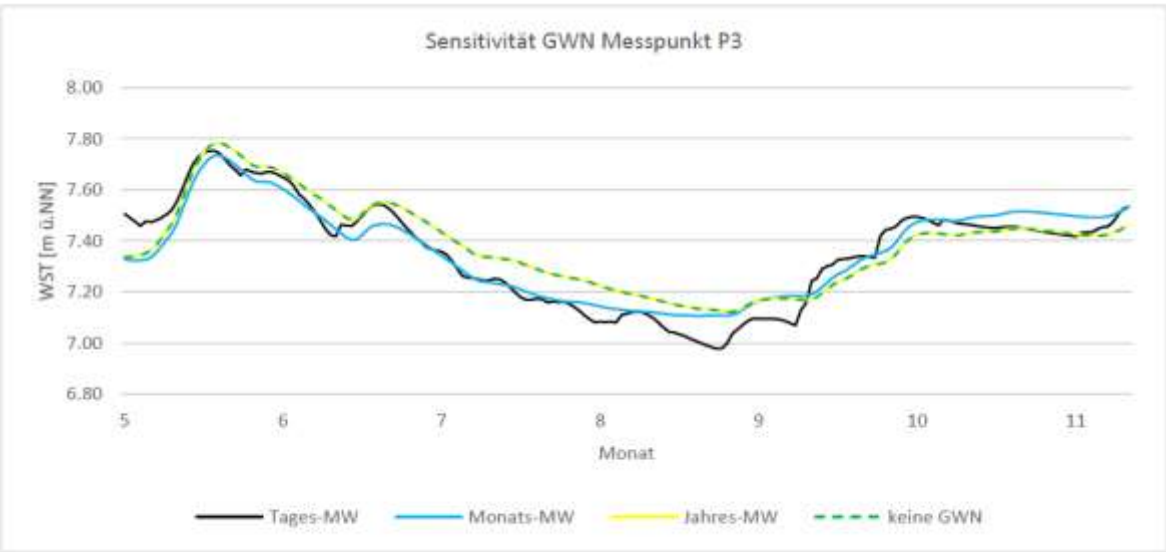
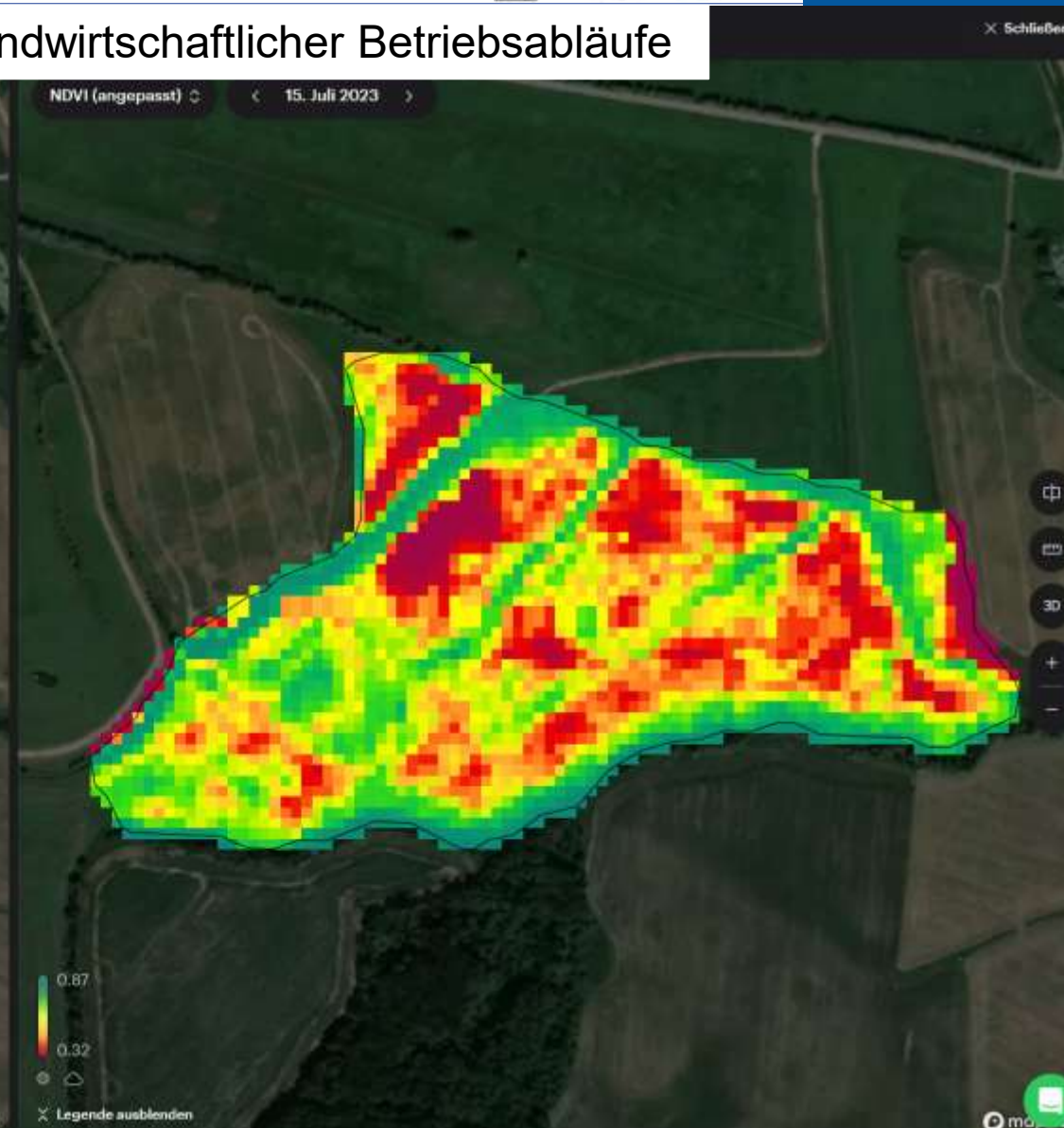
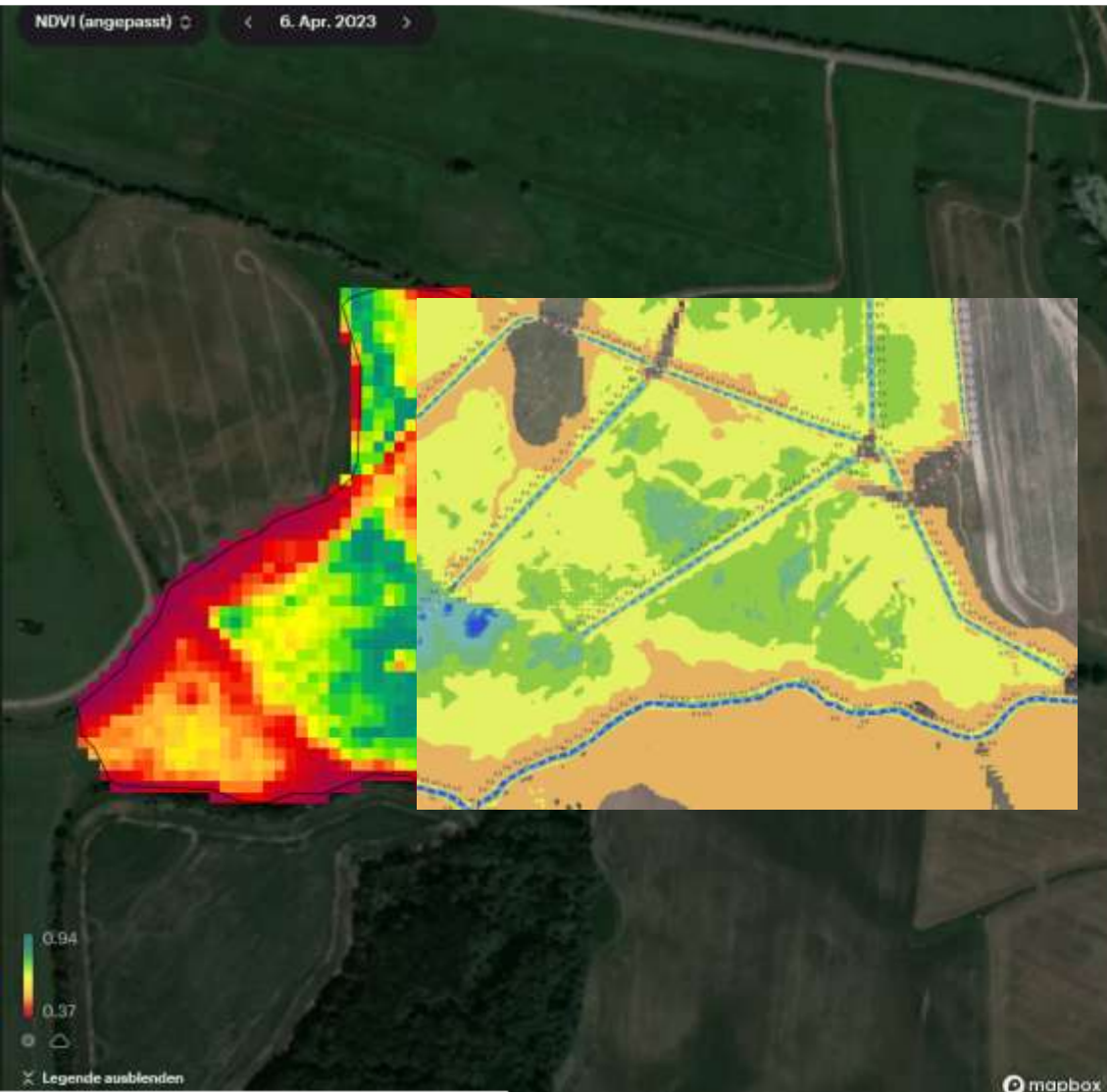
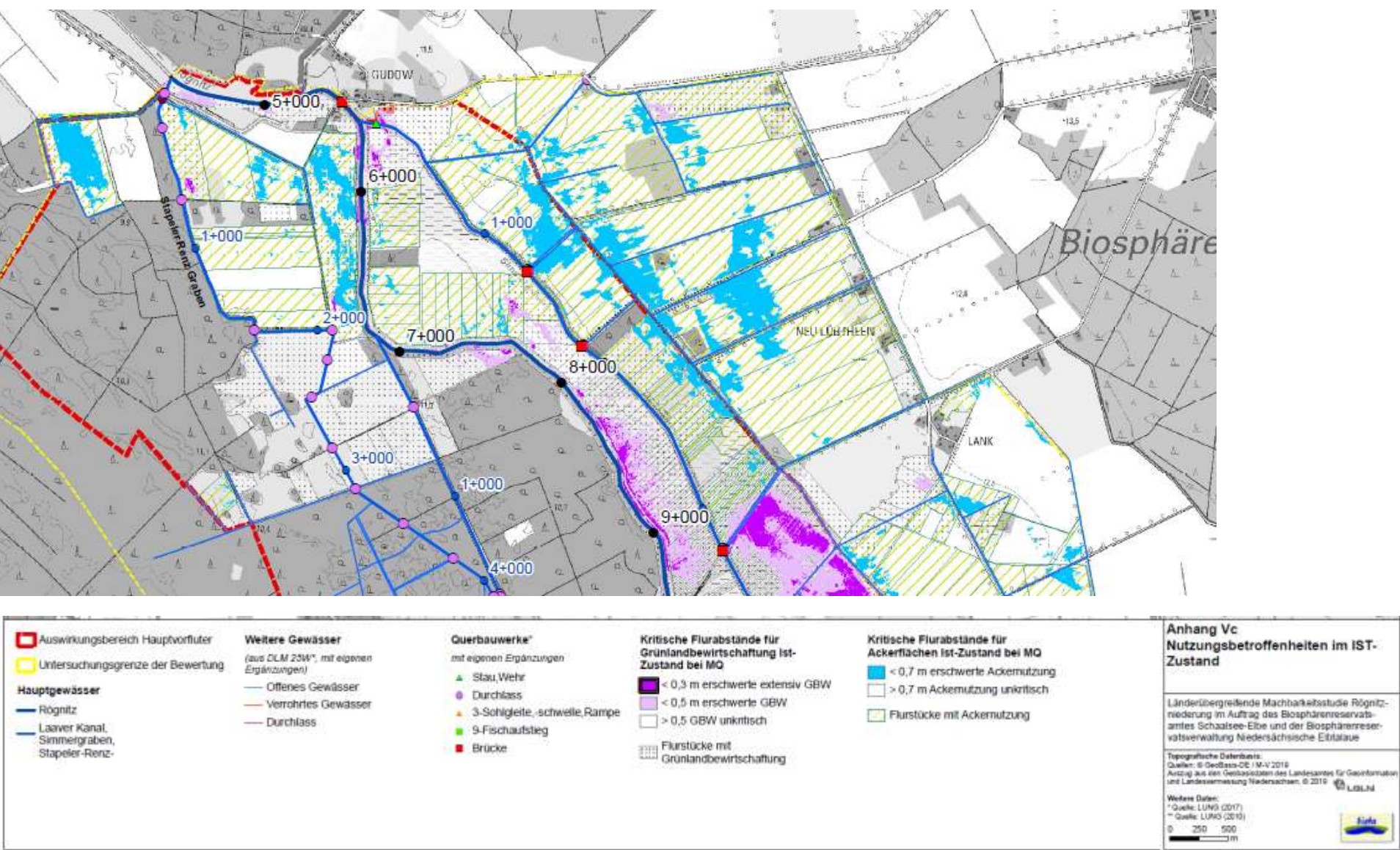


ABBILDUNG 7: SENSITIVITÄT GWN (P3)

> Fernerkundungsmethoden > NDVI >> Auswertung landwirtschaftlicher Betriebsabläufe





13 UHR geht's weiter