



Ministerium für Landwirtschaft
und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen



Projekt

Entwicklung eines nachhaltigen und klimaangepassten Wassermanagements für das Einzugsgebiet des WSG Borken „Im Trier“

Ferdinand Flechtner (feffl@dhigroup.com) und Philipp Huttner (phhu@dhigroup.com)
DHI WASY GmbH



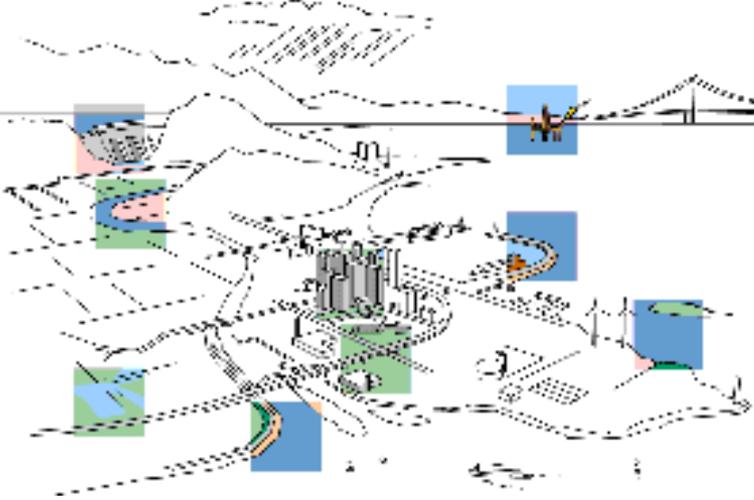
Auftaktveranstaltung

Agenda

1. DHI WASY – Wer wir sind
2. Projektbeispiele von DHI
3. Projektablaufplan
4. Teil 1 HGM: Datenerfassung
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau
6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien
7. Ausblick
8. Offene Diskussion und Fragen

1. DHI WASY – Wer wir sind

Unsere Geschäftsbereiche und Qualitätsstandards

<p>Wassersektor</p> 	 <p>Consulting</p> <ul style="list-style-type: none">SoftwareentwicklungTraining & Schulungen
 <p>DHI Business-Management-System (Bureau Veritas - zertifiziert nach ISO 9001, Qualitätsmanagement)</p>	

1. DHI WASY – Wer wir sind



50 Jahre Erfahrung im Bereich Consulting, Softwareentwicklung und Weiterbildung im Wassersektor

Innovation im Wassersektor ist unsere Mission



Unsere Mitarbeiter sind hoch qualifiziert

80% unserer über 1.200 Mitarbeiter besitzen einen akademischen Abschluss



Wir sind global aufgestellt

Wir haben mehr als 30 Landesgesellschaften weltweit und Erfahrungen aus Projekten in über 140 Ländern



Globale Partnerschaften

einschließlich Zusammenarbeit mit großen Universitäten



1. DHI WASY – Wer wir sind

- Softwarelösungen

Wir digitalisieren, modellieren und visualisieren Wassersysteme



1. DHI WASY – Wer wir sind



Ferdinand Flechtner, Projektleiter

- Berufserfahrung: > 15 Jahre
- Projektleiter/-bearbeiter von Projekten aus den Bereichen der Wasserversorgung und der Grundwasserbewirtschaftung.
- Wasserversorgungskonzepte, Grundwassermodellierung, 3D-geologische Modellierung
- M.Sc. Ingenieur- und Hydrogeologie

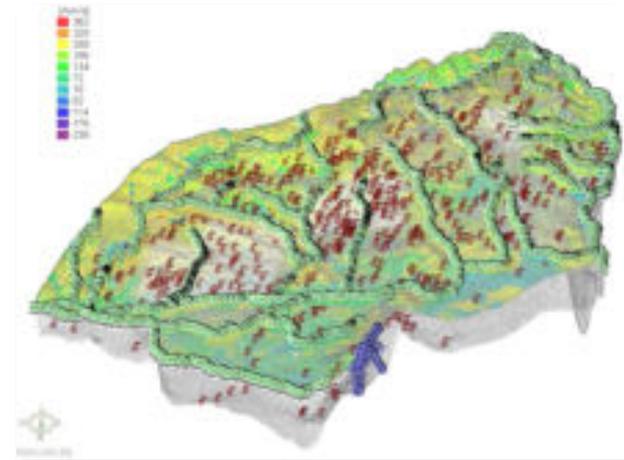
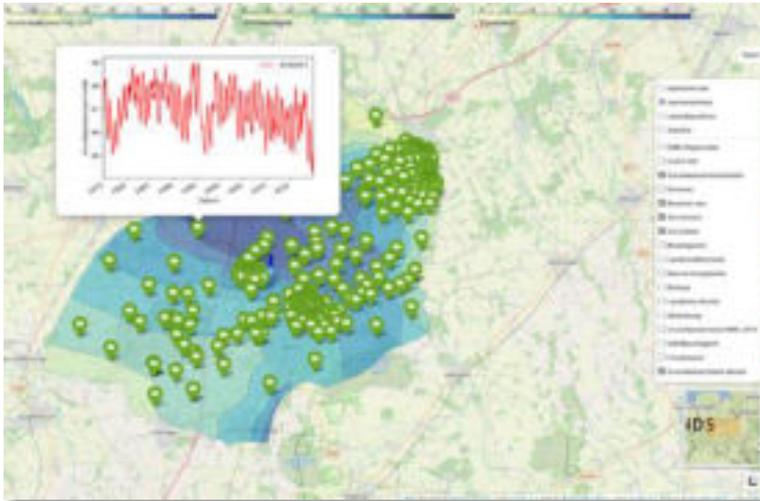


Philipp Huttner, Stellvertretender Projektleiter

- Berufserfahrung: 7 Jahre
- Projektleiter/-bearbeiter von Projekten aus den Bereichen der gekoppelten Grundwasser-/Gewässermodellierung, Wasserhaushaltsmodellierung und Grundwasserneubildungsberechnung
- Analyse und Darstellung von Daten aus Geographischen Informationssystemen
- Qualitätssicherung der englischsprachigen Kundenberichte

2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele
 - LK Vechta – Grundwasserbewirtschaftung (NI)



2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele
 - Wasserversorgungskonzept LK Wolfenbüttel (NI)

2. Projektbeispiele von DHI

• Projektbeispiele

– Niedrigwasserkonzept Brandenburg (BB)

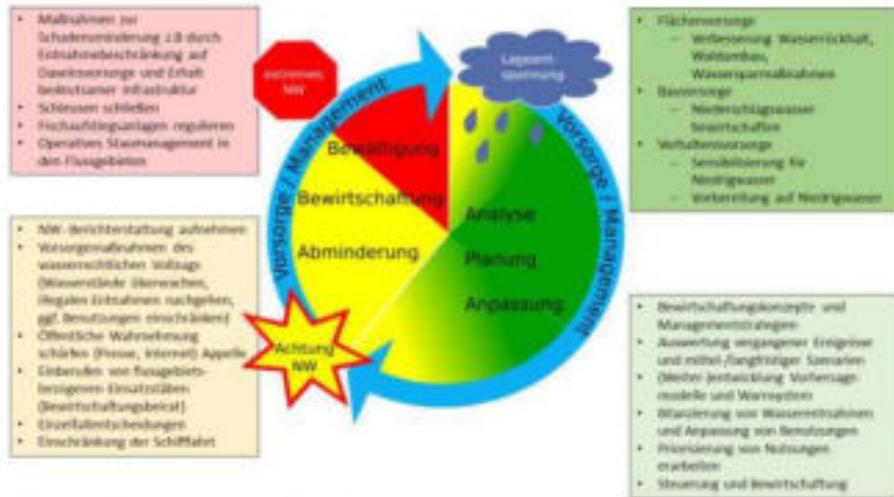


Abbildung 4: Kreislaufschema mit Maßnahmen der Niedrigwasservorsorge und des Niedrigwassermanagements

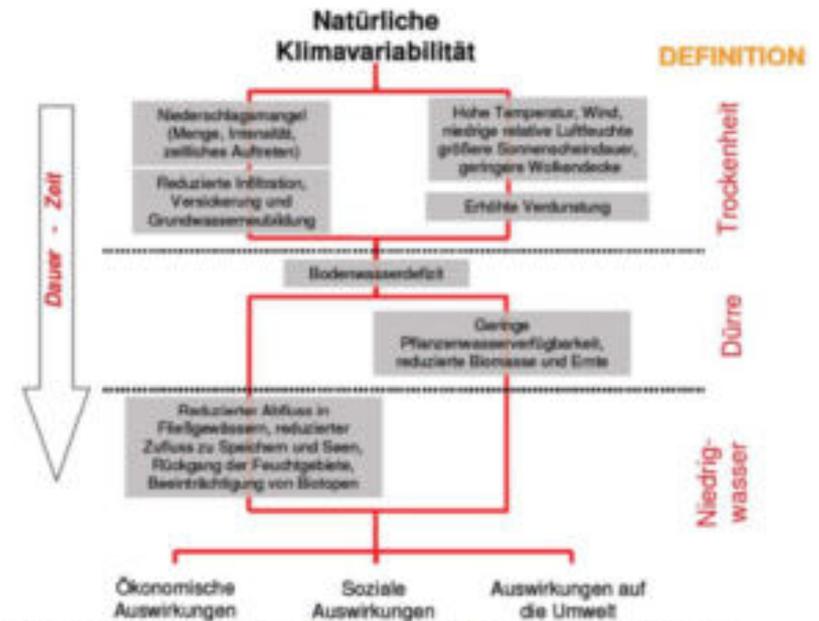


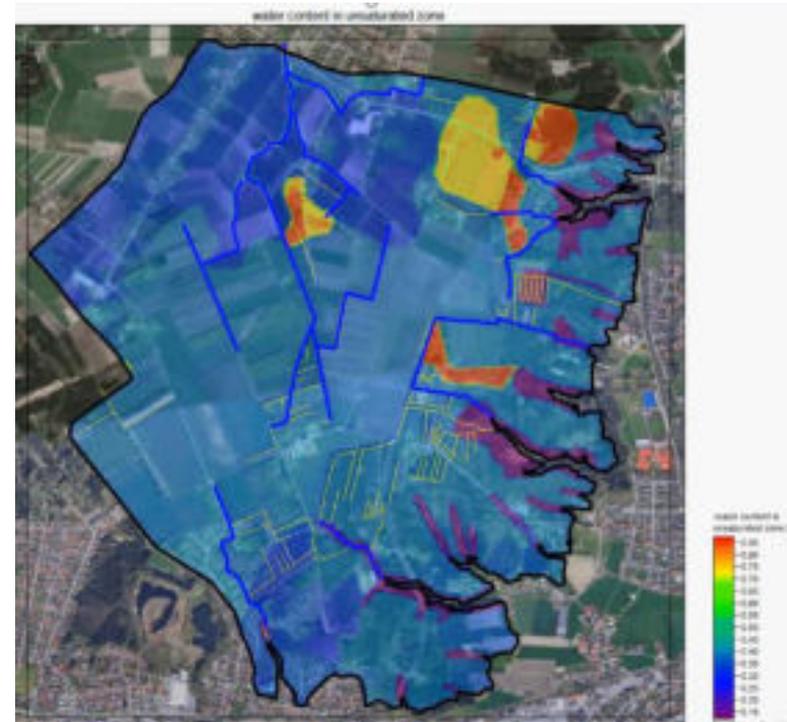
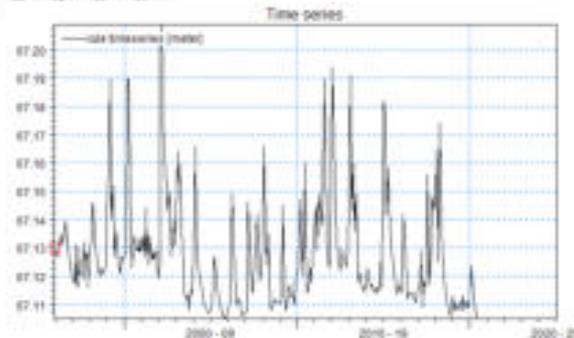
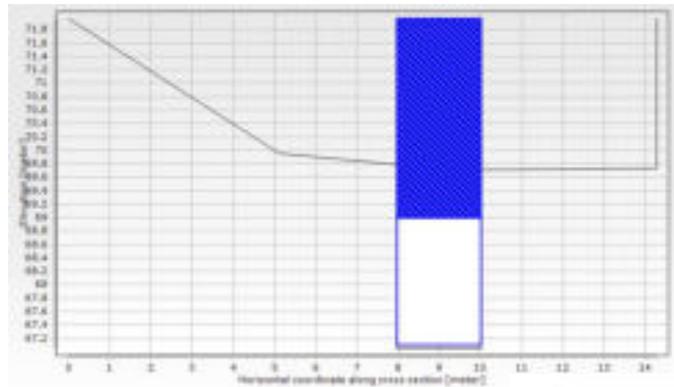
Abbildung 1: Begriffsdefinitionen nach der europäischen Water Scarcity Group (LAWA, 2007)

2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Wiedervernässung des Moores bei Großkarolinenfeld (BY)

- 1-D Hydraulik Modell der Entwässerungsgräben
- Implementierung von steuerbaren Querbauwerke
- Steuerregeln der Wehre in Abhängigkeit von oberstromigen Grundwasserstand



2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Stabilisierung des Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet des Straussees (BB)

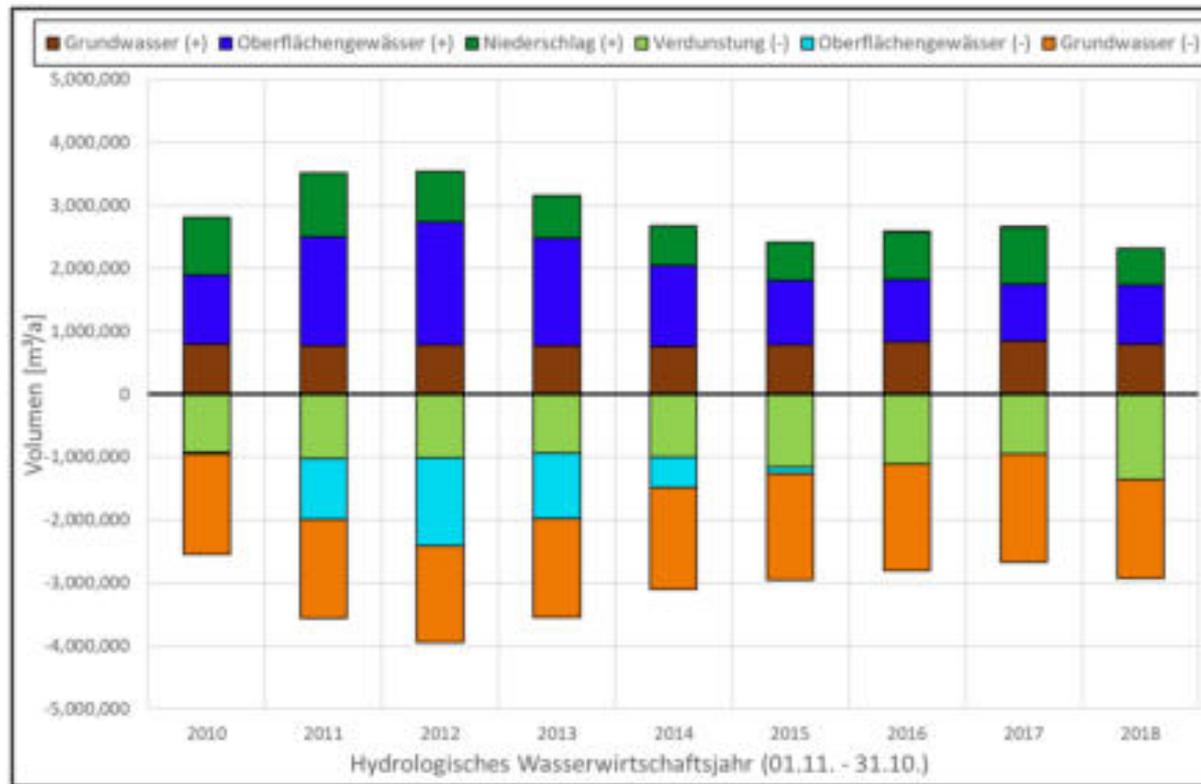
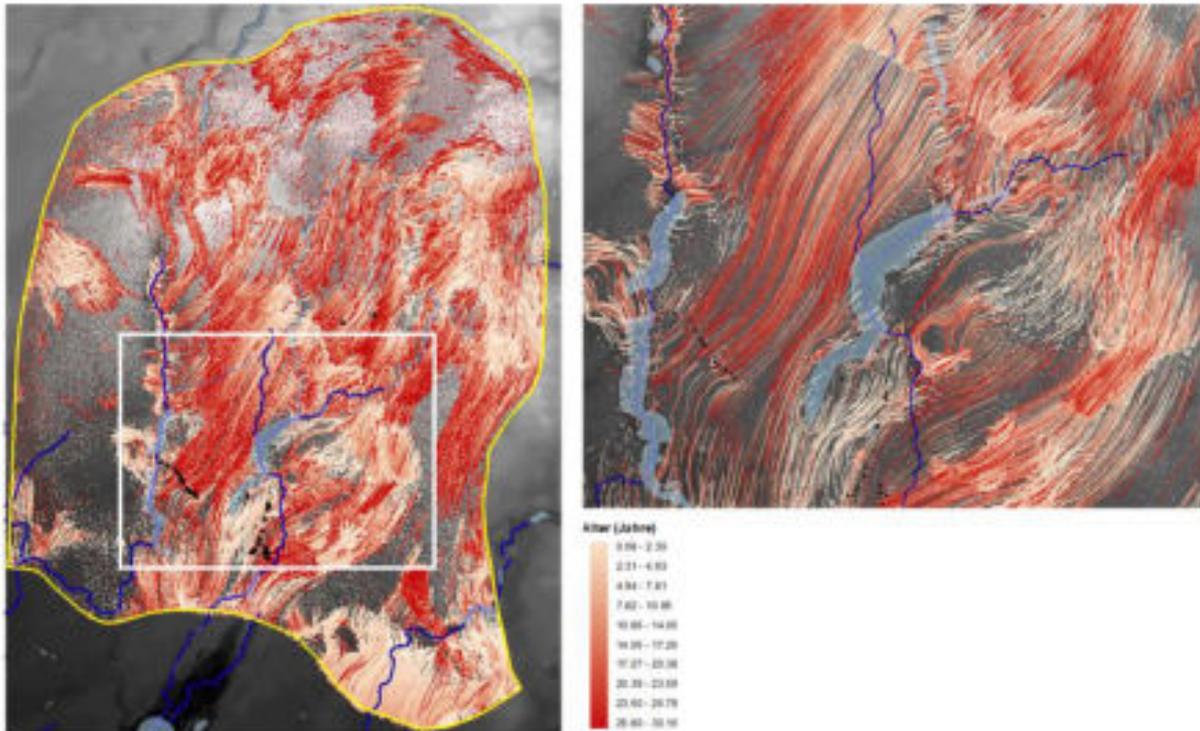


Abbildung 4-11: Summierte Wasserbilanz der positiv und negative gerichteten Bilanzgrößen

2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Stabilisierung des Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet des Straussees (BB)



2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Stabilisierung des Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet des Straussees (BB)

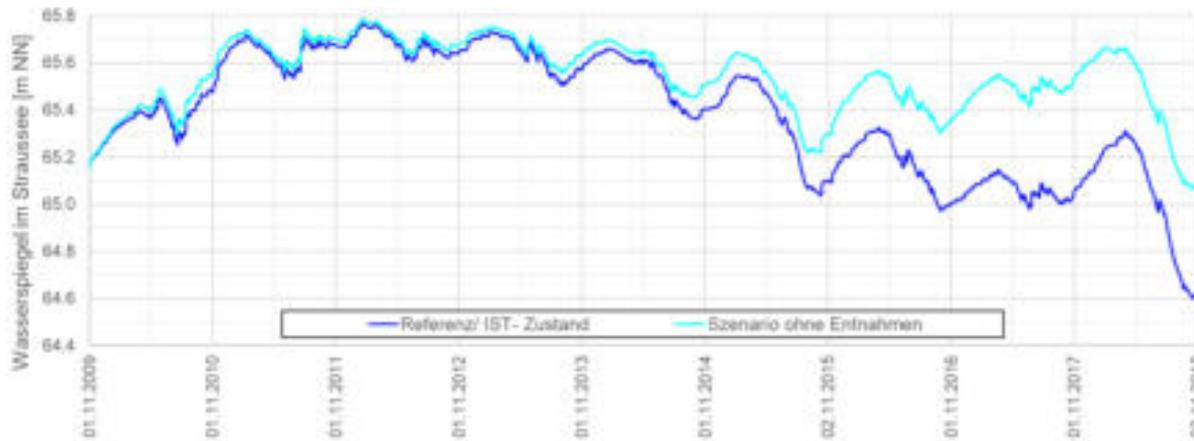


Abbildung 4-14: Berechneter Wasserspiegel im Straussee im IST-Zustand 2010 – 2018 sowie mit den auf Null gesetzten Fördermengen in den Wasserfassungen Strausberg und Bötzsee/ Spitzmühlenweg.

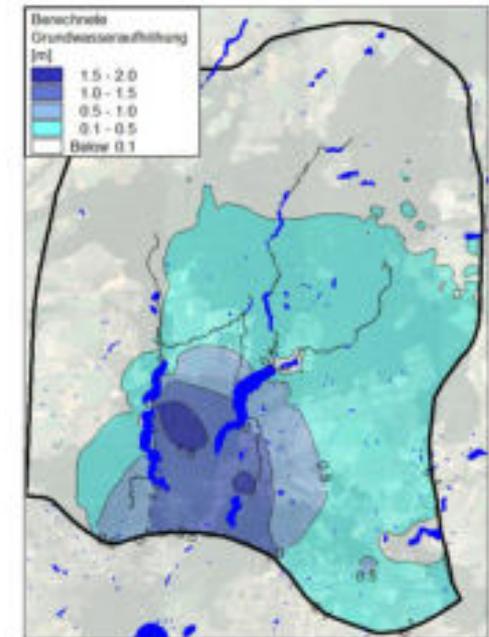
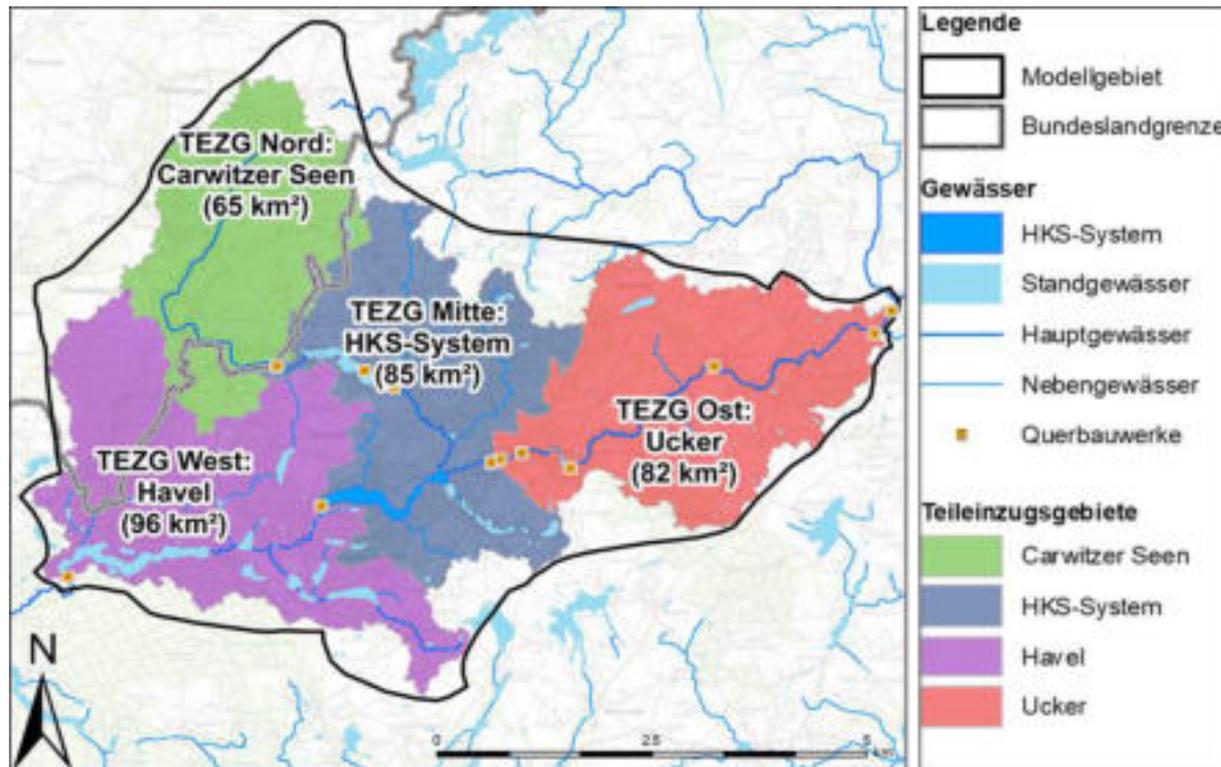


Abbildung 4-15: Grundwasserfließeszenario am 31.10.2018 mit erhöhten Grundwasserständen aufgrund der auf Null gesetzten Fördermengen in den Wasserfassungen Strausberg und Bötze/ Spitzmühlenweg im Vergleich zum IST-Zustand.

2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Untersuchungen zur Wasserbereitstellung der Teileinzugsgebiete Ucker und Havel aus dem Hardenbecker Haussee, Schmullensee und Küchenteich (BB)



2. Projektbeispiele von DHI

- Projektbeispiele

- Untersuchungen zur Wasserbereitstellung der Teileinzugsgebiete Ucker und Havel aus dem Hardenbecker Haussee, Schmullensee und KÜchenteich (BB)

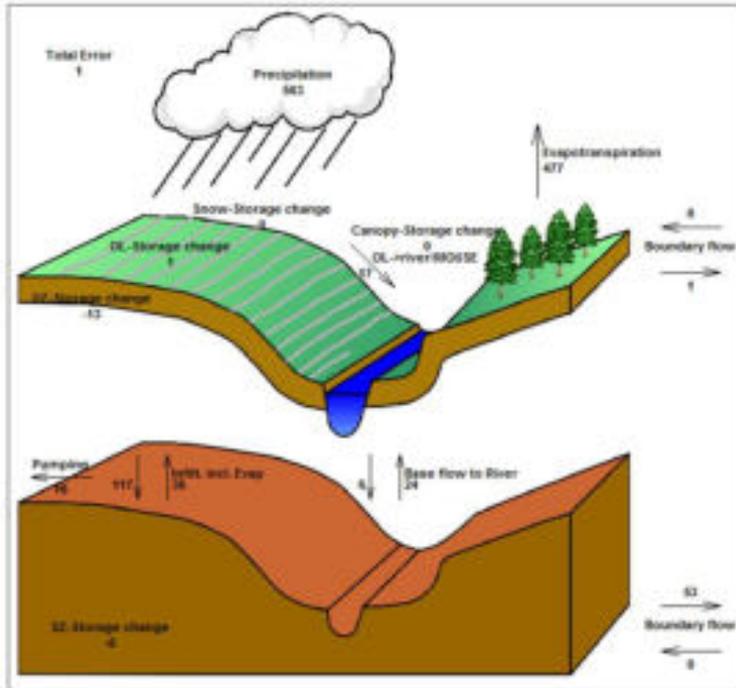
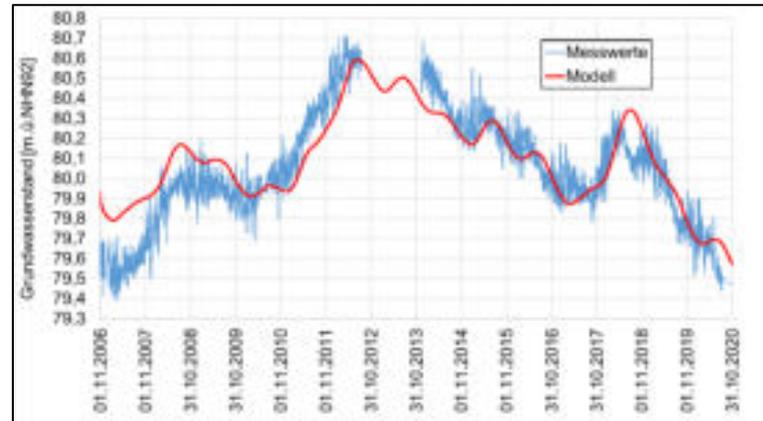
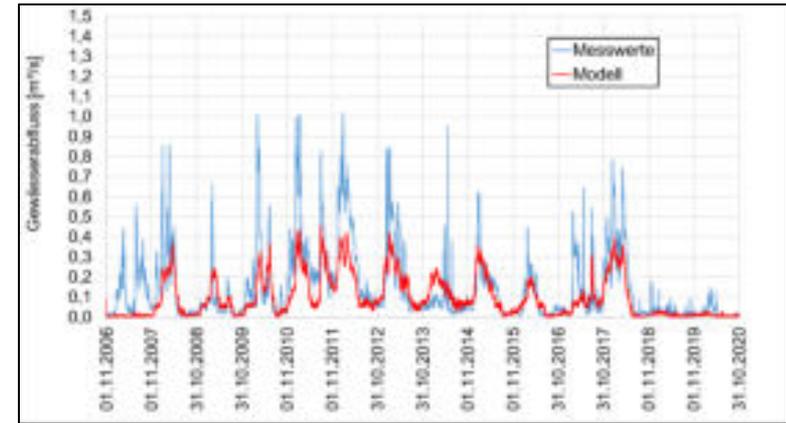
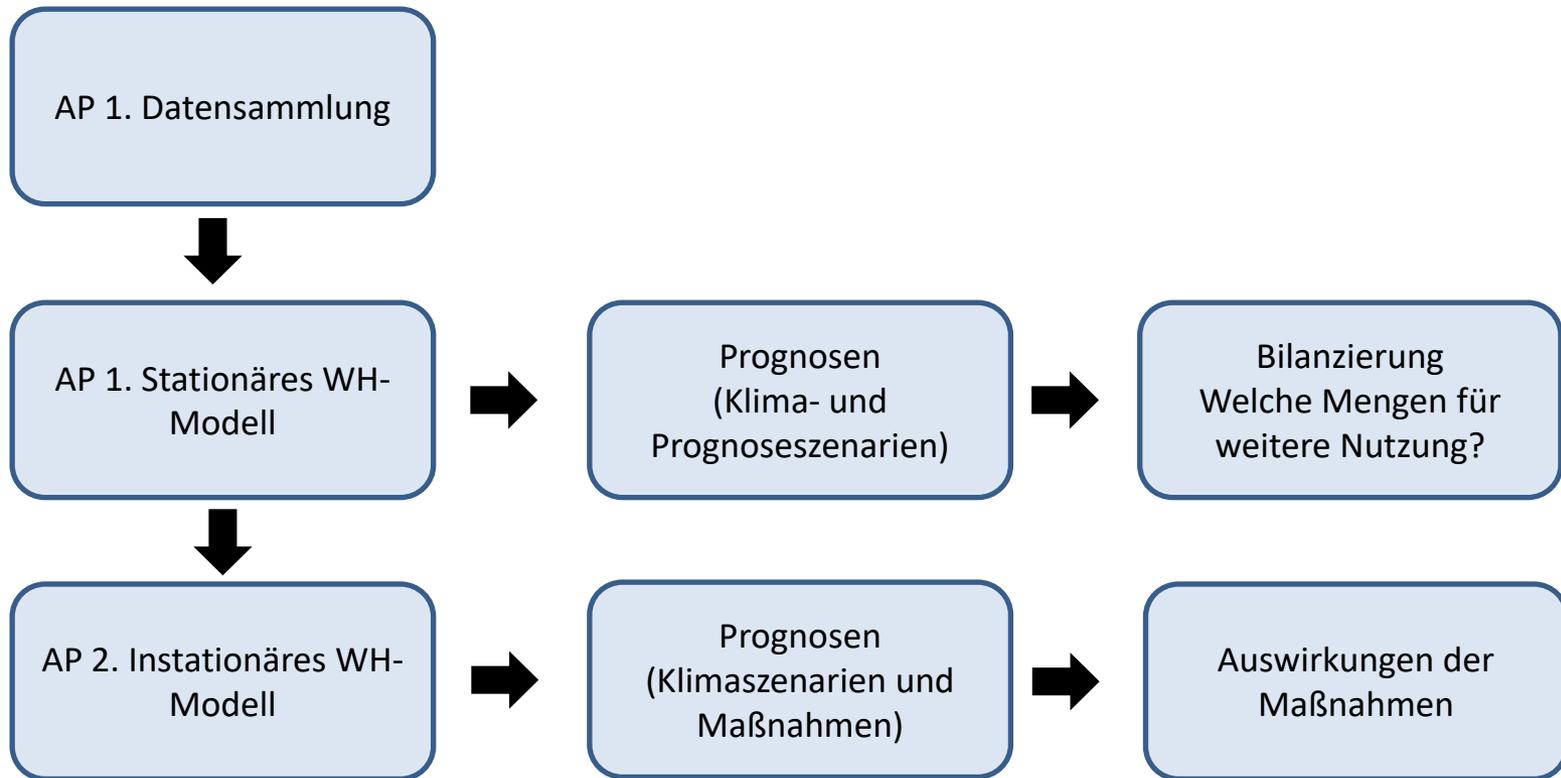


Abbildung 3-42 Grafische Darstellung der gemittelten Jahreswerte der Wasserbilanzgrößen in (mm/a)



3. Projektablaufplan

- Arbeitspakete



3. Projektablaufplan

Realisierung in drei Teilphasen - Arbeitsschritten

Teil 1 HGM - Erstellung eines Hydrogeologischen Modells (HGM):

- Datenaufbereitung und ggf. –ergänzung, Abstraktion des Modellgebiets in Randbedingungen und Parameteransätze, räumliche Anpassung des Modellgebietes an die aktuellen Gegebenheiten

Teil 2 Modell - Aufbau und Kalibrierung des Modells:

- Aufbau integriertes Wasserhaushaltmodell basierend auf den zuvor geschaffenen Grundlagen, stationäre und instationäre Kalibrierung des Modells

Teil 3 Planung - Berechnung von Prognoseszenarien:

- Modifizierung des kalibrierten Modells (spiegelt den aktuellen IST-Zustand des Projektgebiets wieder) anhand von Szenarien / Maßnahmen, so dass mögliche Auswirkungen ermittelt werden können

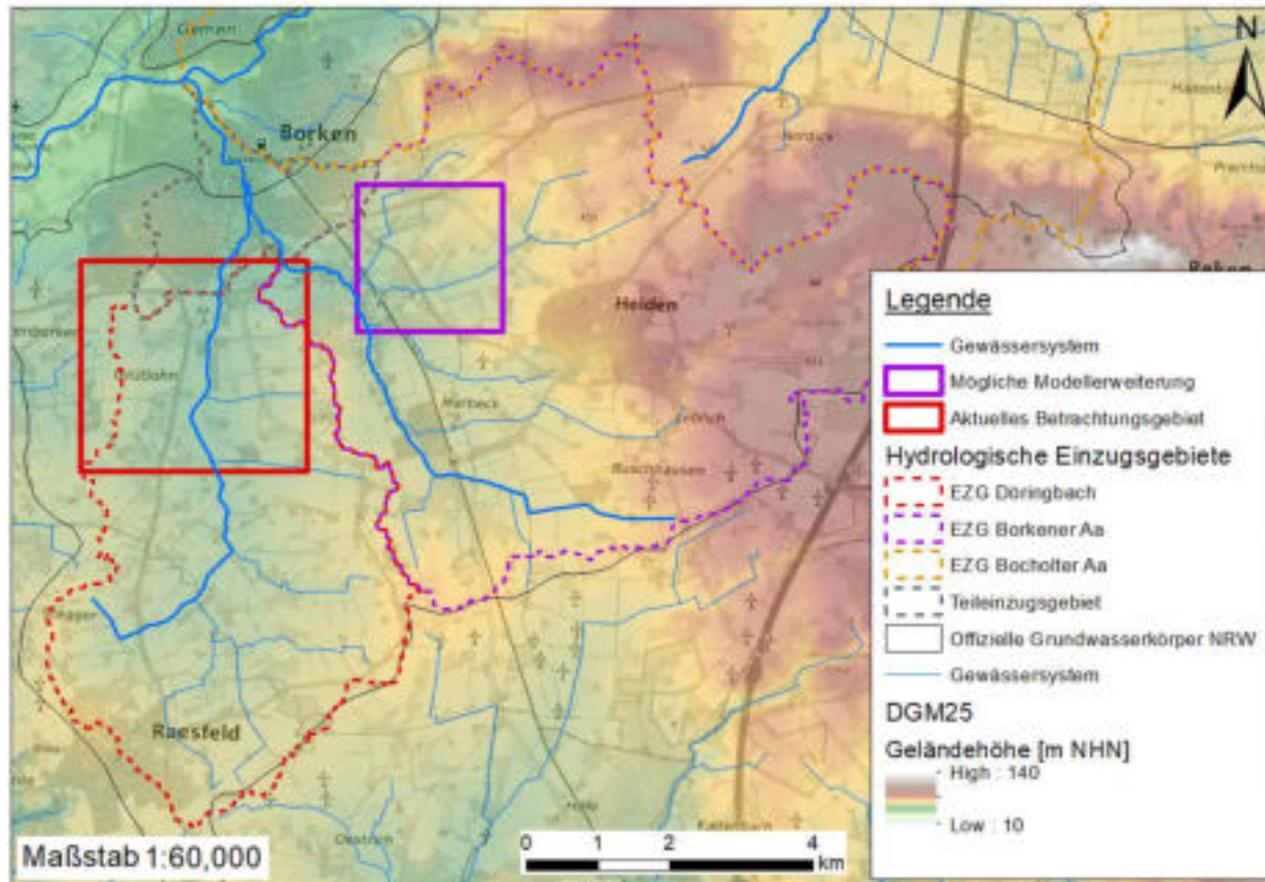
4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Erfassung sämtlicher naturräumlicher Daten, um die realen Gegebenheiten nachzubilden

Nr.	Daten	Beschreibung
1	Geobasisdaten	
	DTK	Topografische Karte
	DGM	DGM1 / DGM10
	DFK	Digitale Flurkarte
	Ortho	Orthofoto/ Satellitenbild
2	Geologische und hydrogeologische Karten, Bodenkarten	
	GK50/GK100	Geologische Karte 1:50.000/1:100.000
	HyK50/HyK100	Hydrogeologische Karte 1:50.000/1:100.000
	BÜK50/BÜK200	Bodenkarte 1:50.000/1:200.000
3	HydroGeologie (Bohrungen, Schichten, Pumpversuche)	
	Bohrungsdatenbank	
	Bohrprofile	
	Schichtenverzeichnisse	
	Pumpversuche	
	Deckschichterkundungen	
4	Hydrologisches Messnetz	
	Pegelmessstellen	Stammdaten: Standort, MPH, GOK
	Pegelmesswerte	Wasserstand, Abfluss
5	Gewässer	
	Oberirdische (hydrolog.) Einzugsgebiete	
	Gewässernetz	Linien oder flächenhafte Darstellung der fließenden/stehenden Gewässer
	Gewässerprofile	z.B. punktuelle Querprofilvermessungen der Sohle etc.
	Querbauwerke	Wehre, Stauanlagen etc.
	Steuerregeln der Querbauwerke	
	Polder	
6	Grundwasser	
	Grundwassergleichen (Mittelwert/Sichtagsmessung)	
	Grundwassermessstellen	Stammdaten: Standort, MPH, GOK, Filter UK/OK, Ausbauplan, Endteufe
	Grundwassermesswerte	
	Unterirdische Einzugsgebiete	

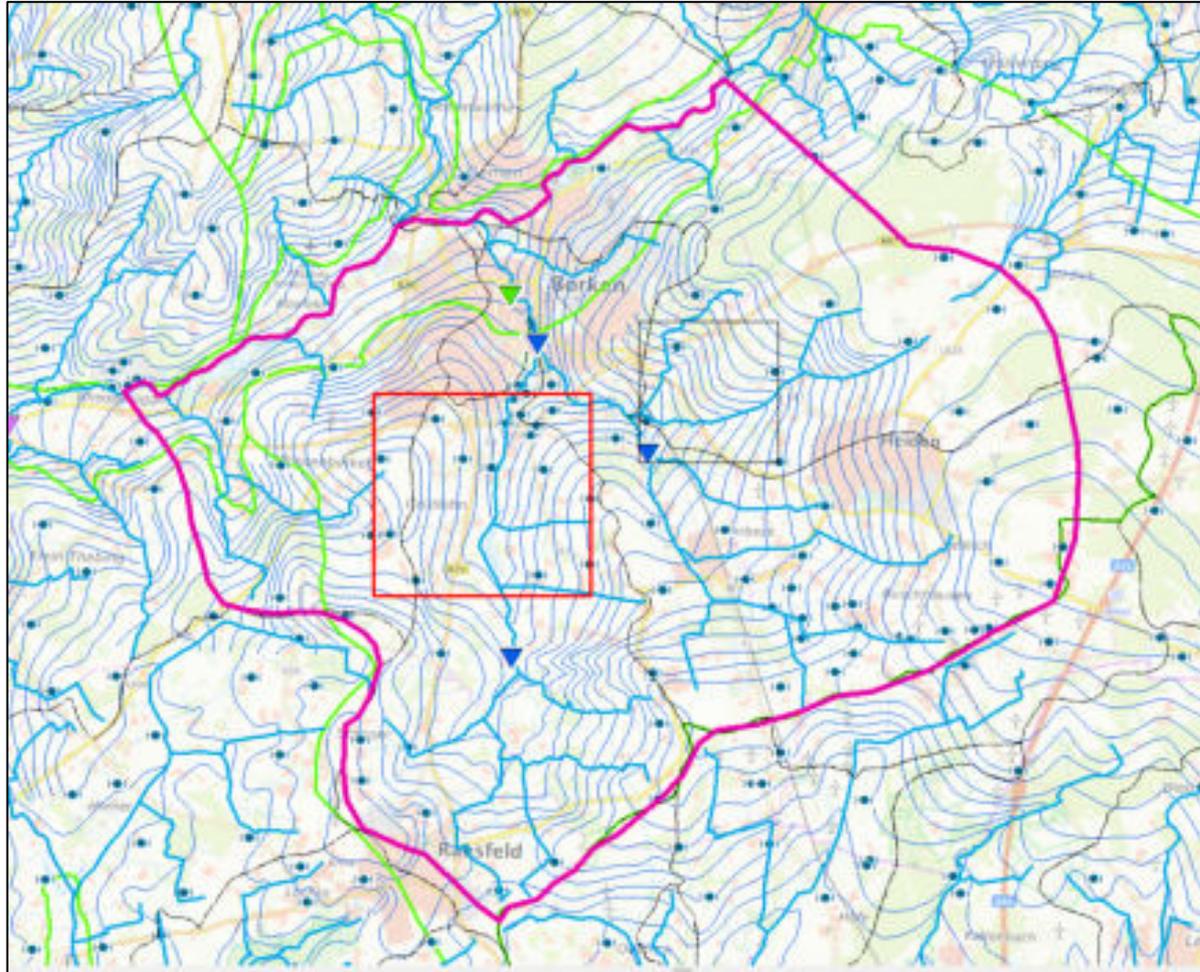
4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Ableitung eines ersten großzügig gewählten Datenerfassungsgebiets



4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Ableitung eines ersten großzügig gewählten Datenerfassungsgebiets



#20

4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Hydrologie

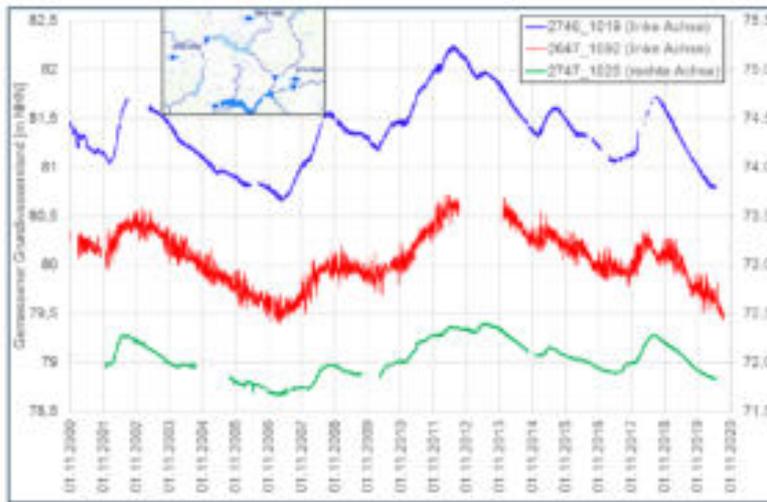


Abbildung 1-1: Gemessene Grundwasserstände charakteristischer Grundwassermessstellen

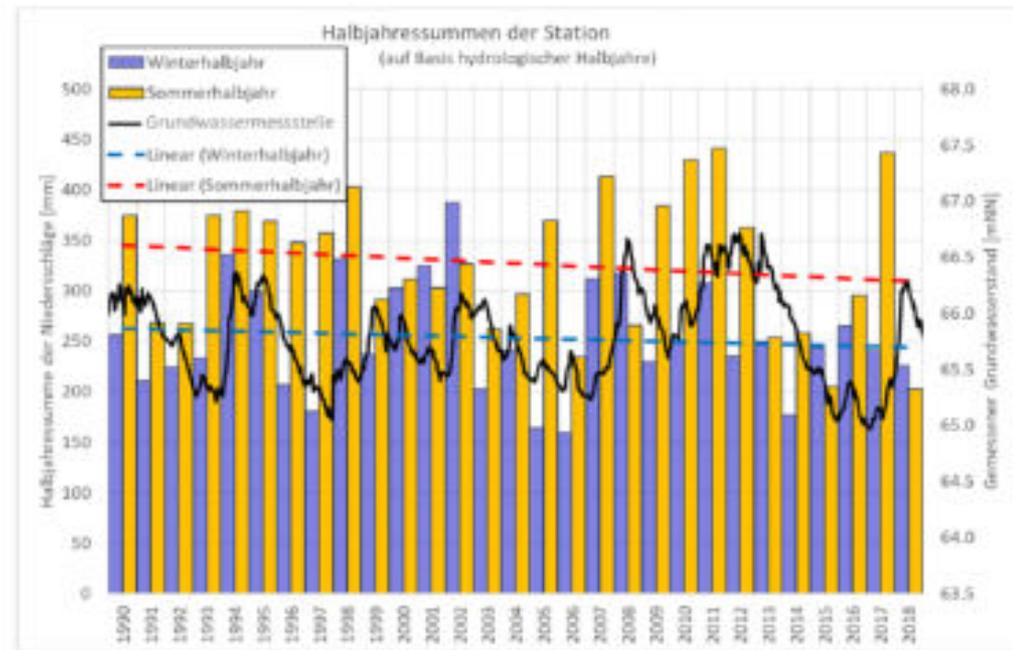


Abbildung 2-2: Projektbeispiel zur Analyse der Entwicklung von Niederschlägen, insbesondere im Winterhalbjahr, und Grundwasserständen.

4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Hydrogeologie

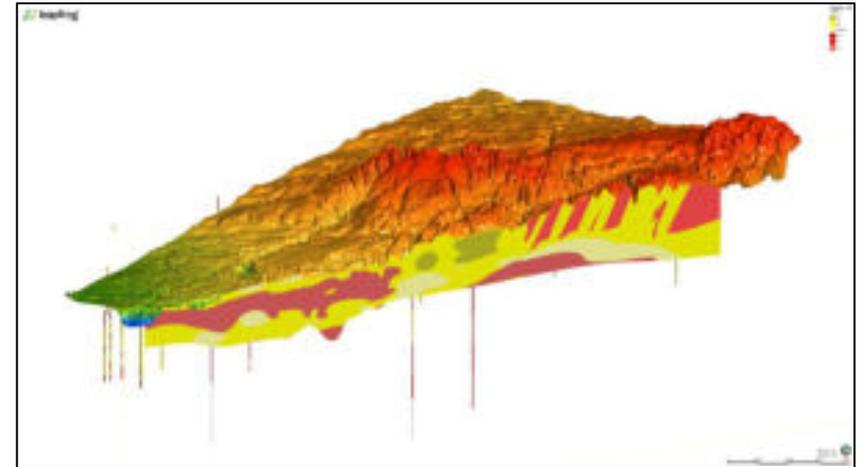
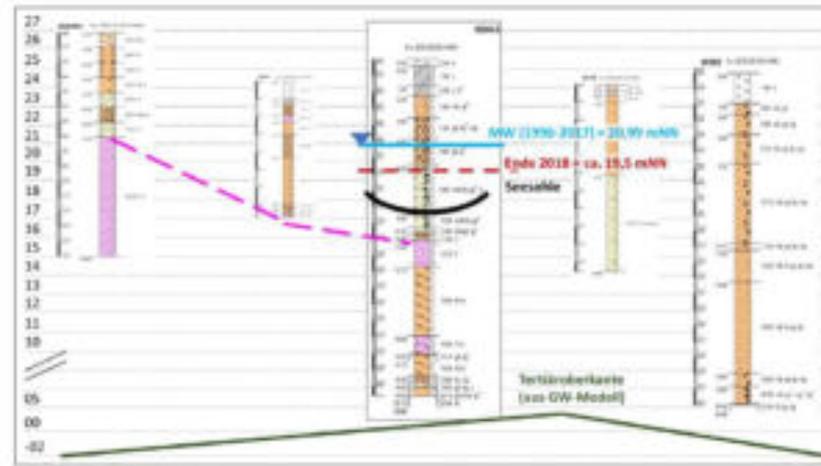
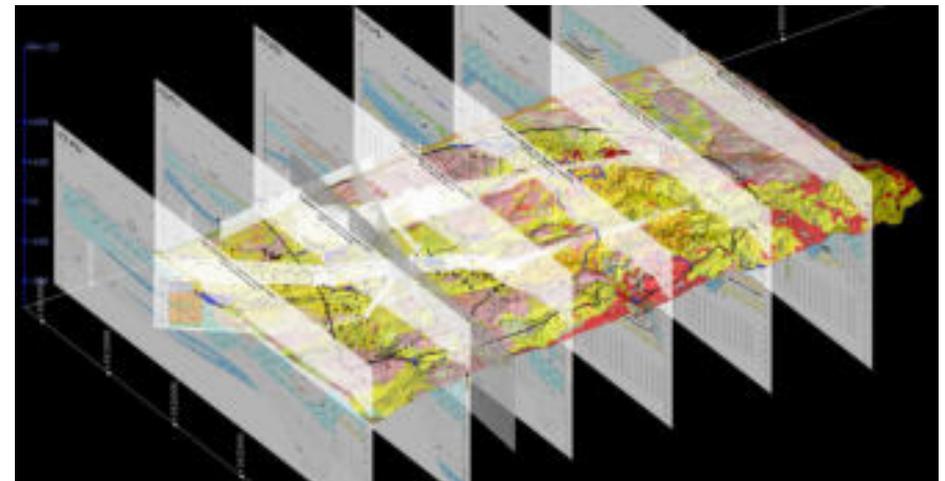
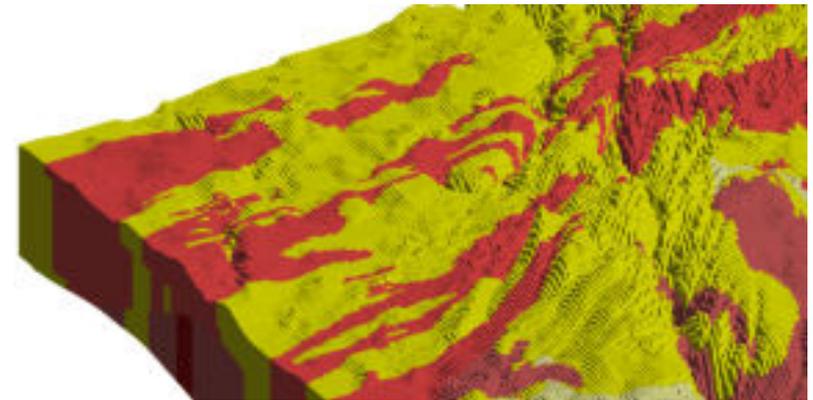
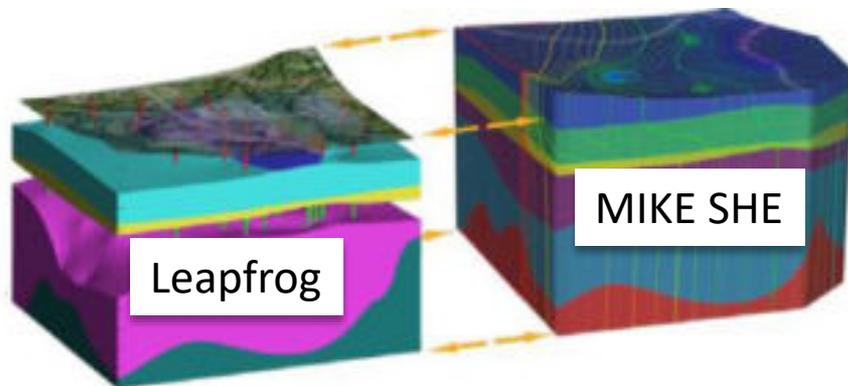


Abbildung 2-1: Projektbeispiele zur Analyse der hydrogeologischen Verhältnisse.



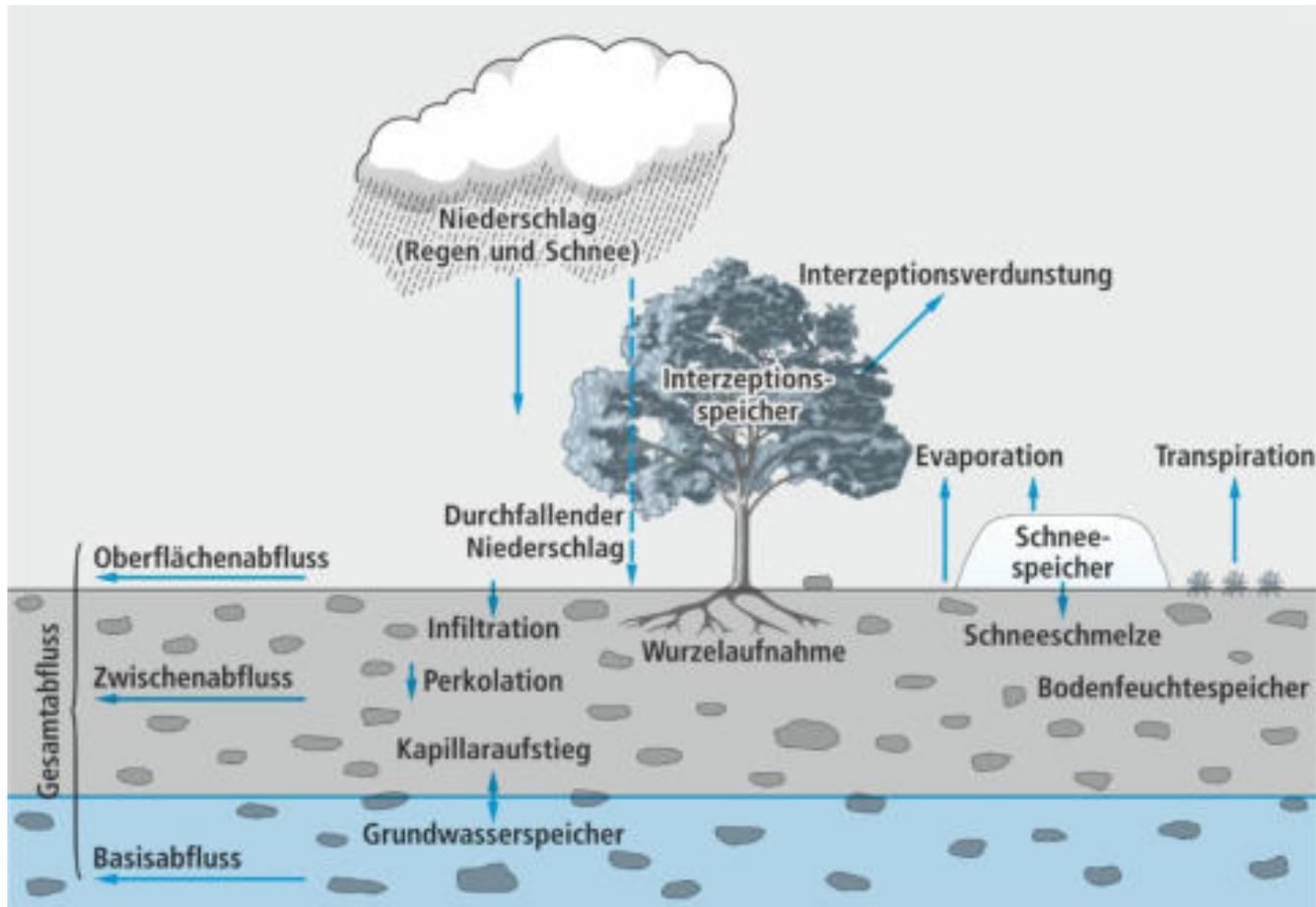
4. Teil 1 HGM: Datenerfassung

- Hydrogeologisches Strukturmodell
 - Eingangsdaten
 - Bohrdaten, geologische Schnitte, Modellschichten
 - 3D geologisches Modell (Leapfrog)



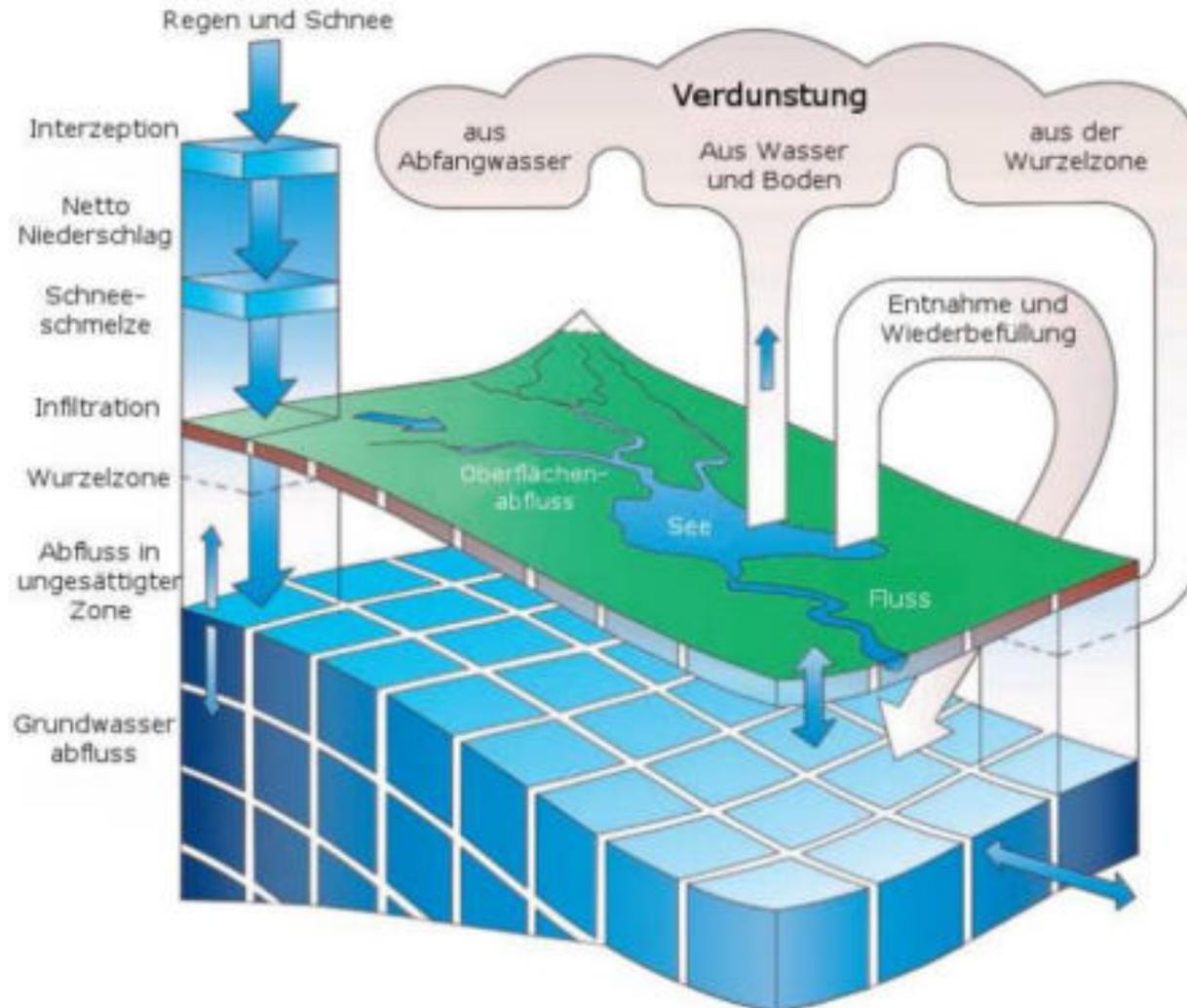
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Der natürliche Wasserhaushalt und seine Komponenten



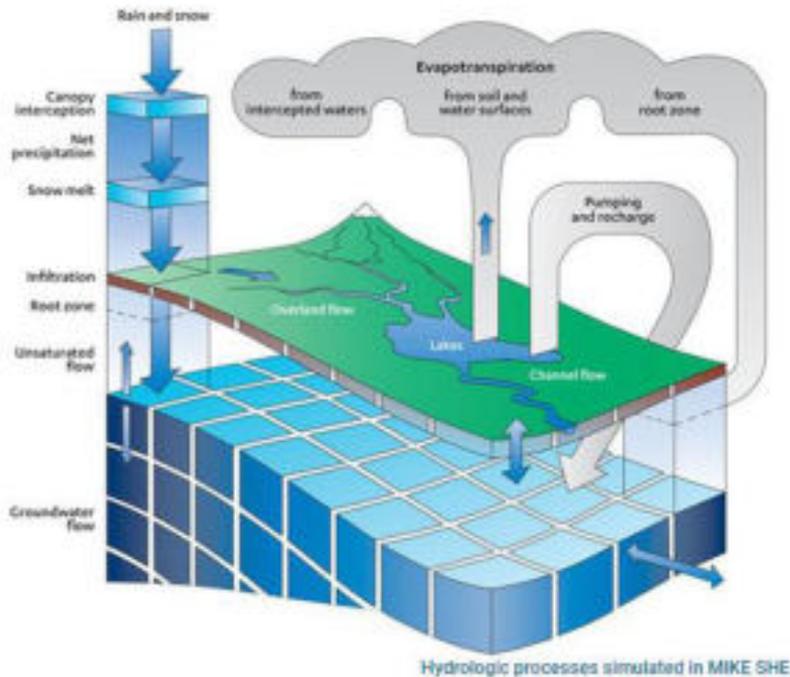
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE



5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Vorteile und Stärken



- Bei einem **hydrologisch abgegrenzten Einzugsgebiet**, sind die einzig notwendigen Eingangsgrößen Niederschlag und potentielle Verdunstung
- **Abfluss/Wasserstand im Gewässersystem und Grundwasserstand** werden durch das Modell automatisch auf Grundlage der physikalischen Gesetze durch **die bilaterale Kopplung** berechnet
- Bilateral gekoppelte Modell können die **starke innerjährige Dynamik im Grundwasser und den Grabenwasserständen abbilden**

5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Geländeoberkante

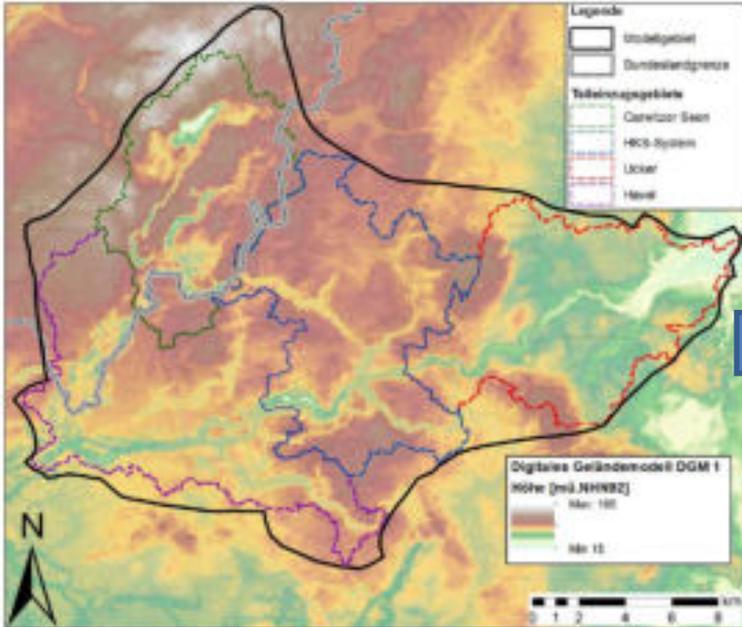


Abbildung 3-3: Erstelltes Geländemodell auf Basis des DGM1

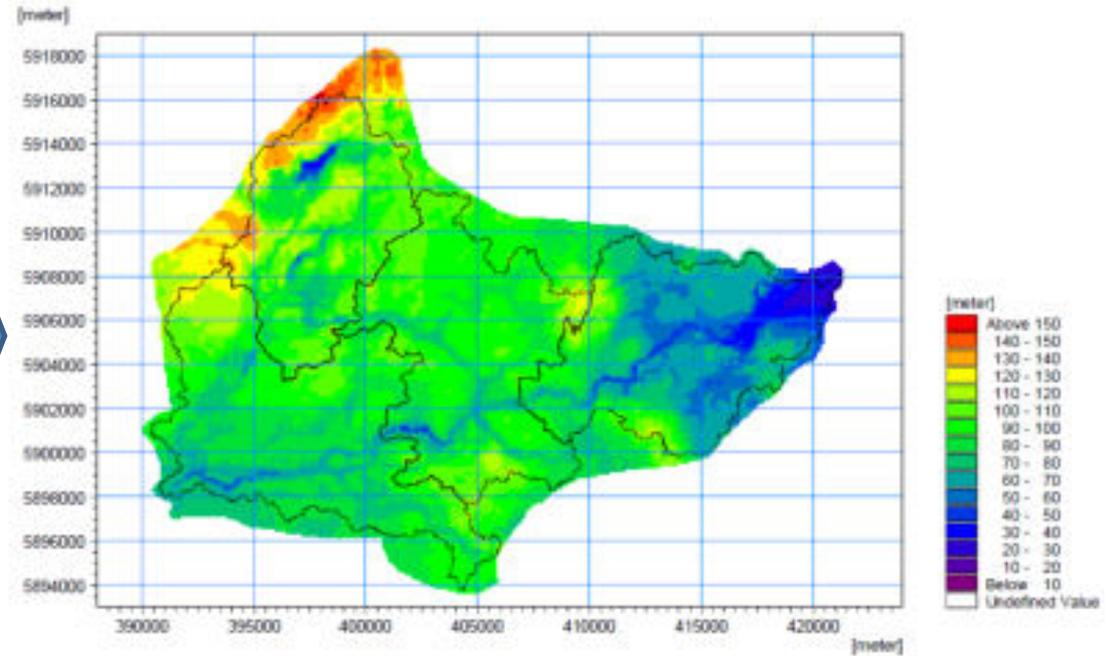
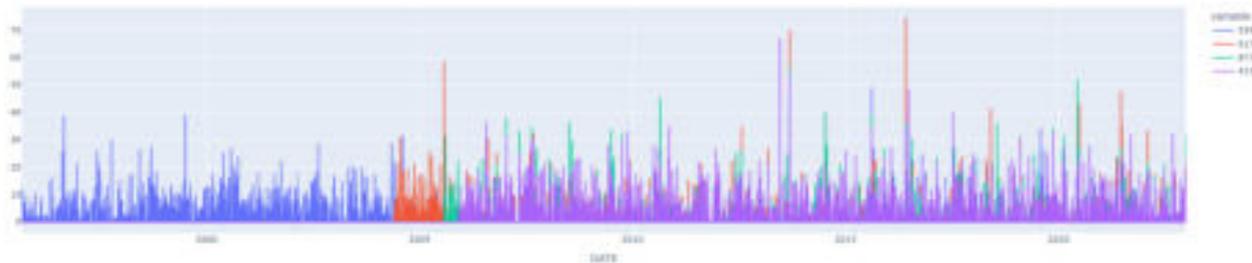


Abbildung 5-1: Bathymetrie im MIKE SHE Setup.

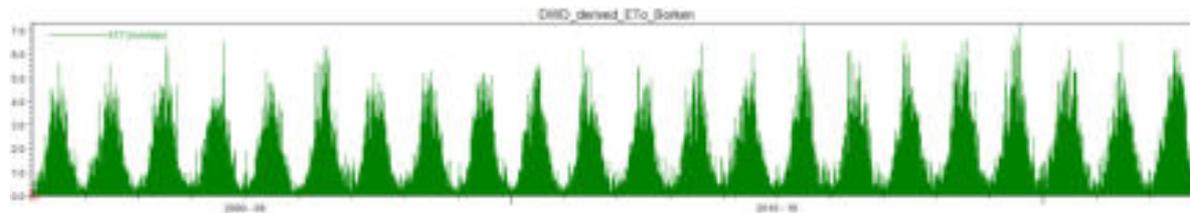
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Klimamodell



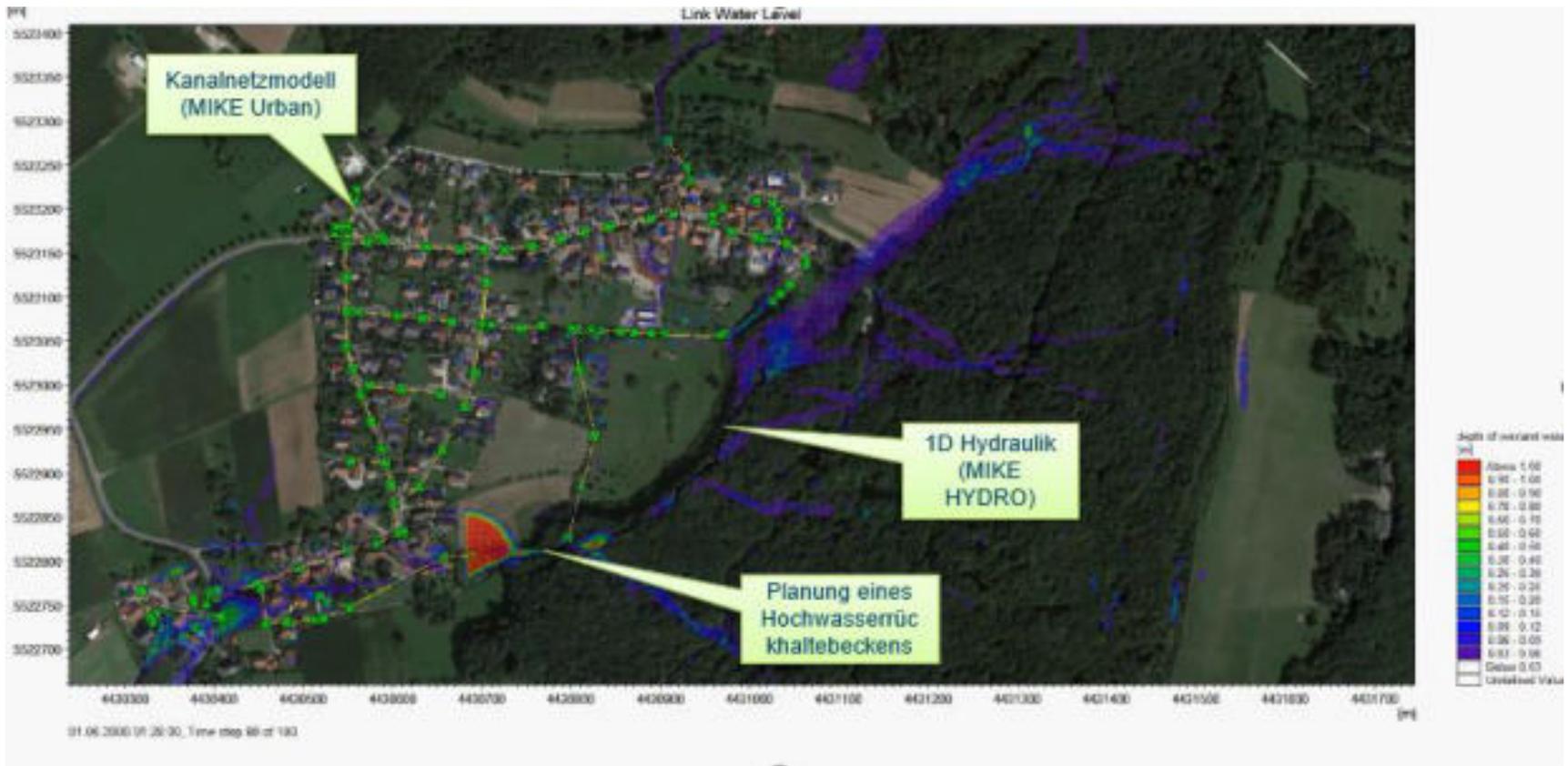
(Oben) Zeitreihen [mm/h] für Borkener DWD-Wetterstationen [1995-2023];

(Unten) ETo [mm/T] für Station 617 Borken [1995-2023]



5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Diffuser 2D-Oberflächenwasserabfluss



5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

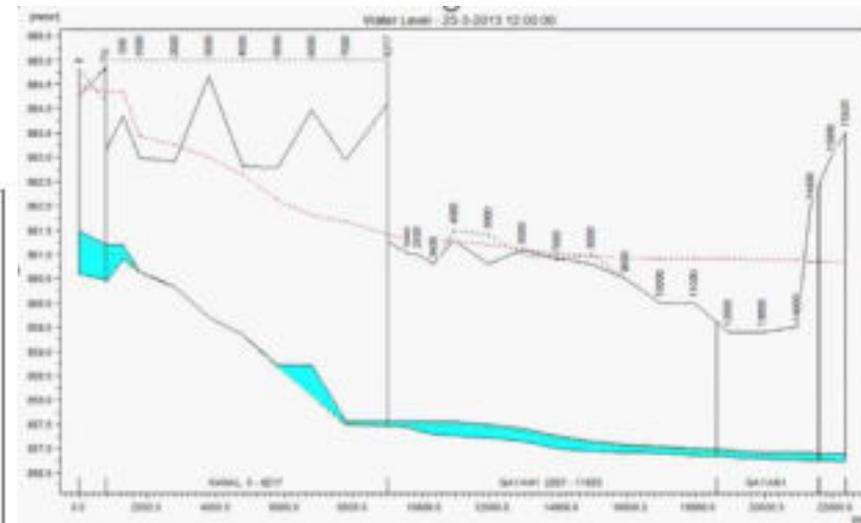
- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Hydraulisches 1D-Gewässermodell

Gewässernetz

Die folgende Abbildung 5-2 zeigt das im 1D-Gewässermodell berücksichtigte Gewässernetz:

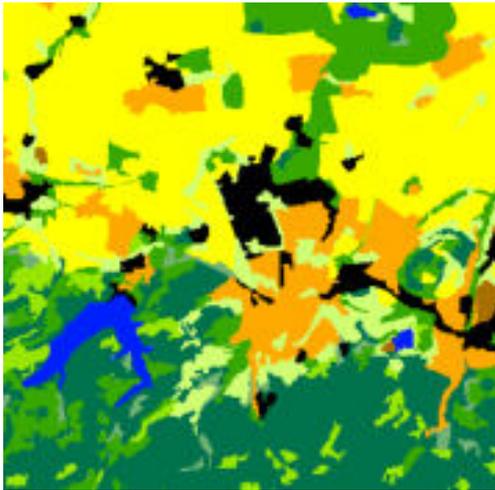


Abbildung 5-2: MIKE Hydro River Setup Overview.

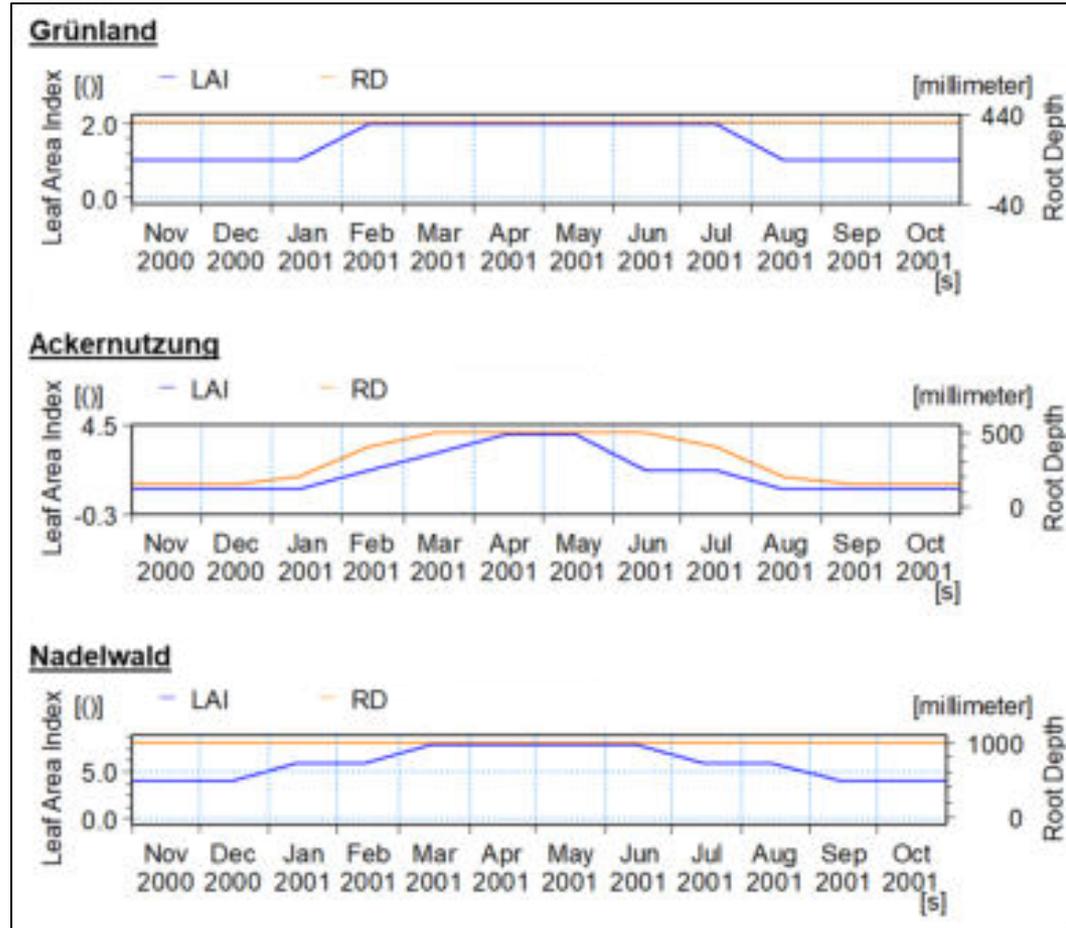


5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Landnutzung



- Flüsse
- Seen
- Wiese
- Buschwerk
- Laubwald
- Mischwald
- Nadelwald
- Landwirtschaft
- Moor_Sumpf
- Brachland
- Milchbebauung
- Bebauung



5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Ungesättigte Bodenzone

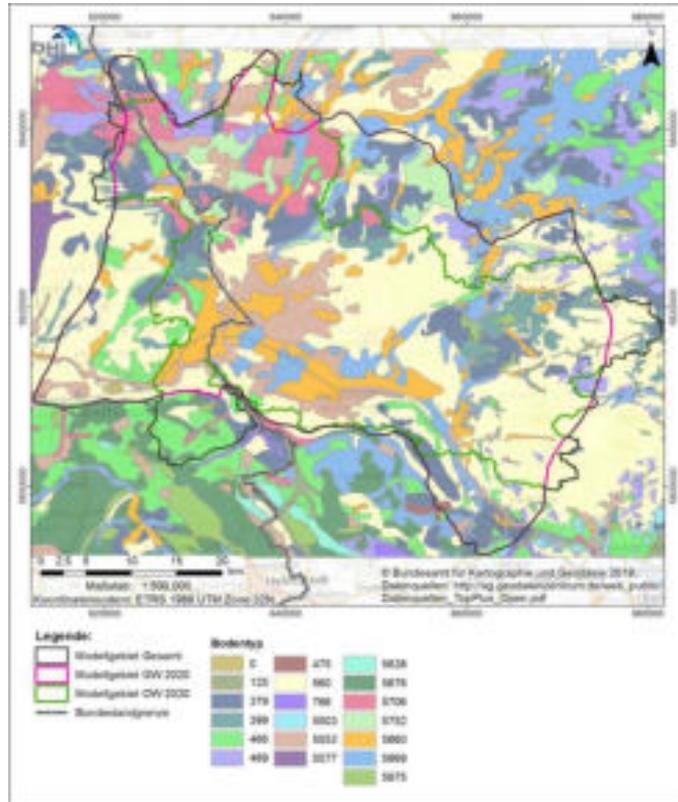
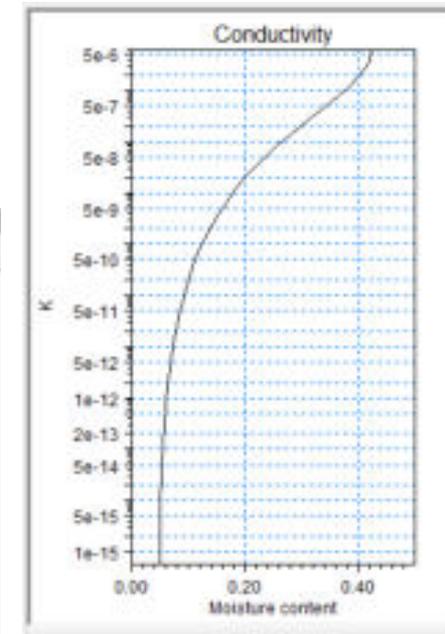
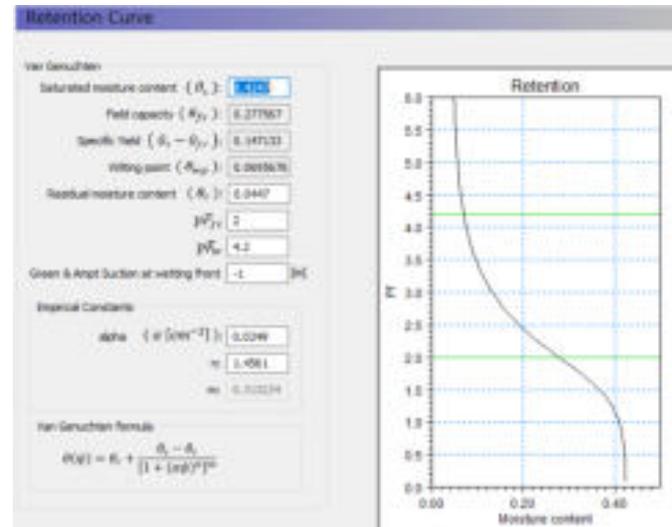


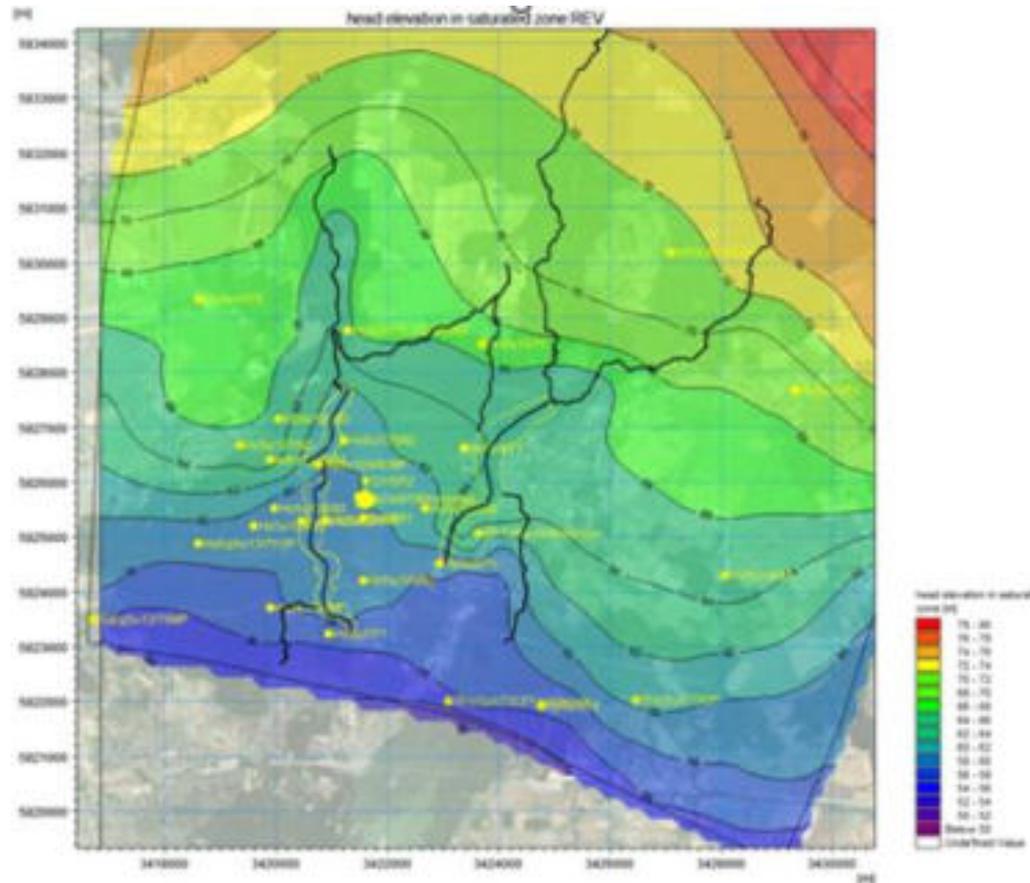
Tabelle 5-4 Beispielhafte vertikale Modelldiskretisierung in der ungesättigten Zone.

Anzahl Berechnungsschichten	Schichtdicke [m]	Tiefe [m]
2	0,25	0,5
3	0,50	2
4	1,00	6
2	2,00	10
4	10,00	50



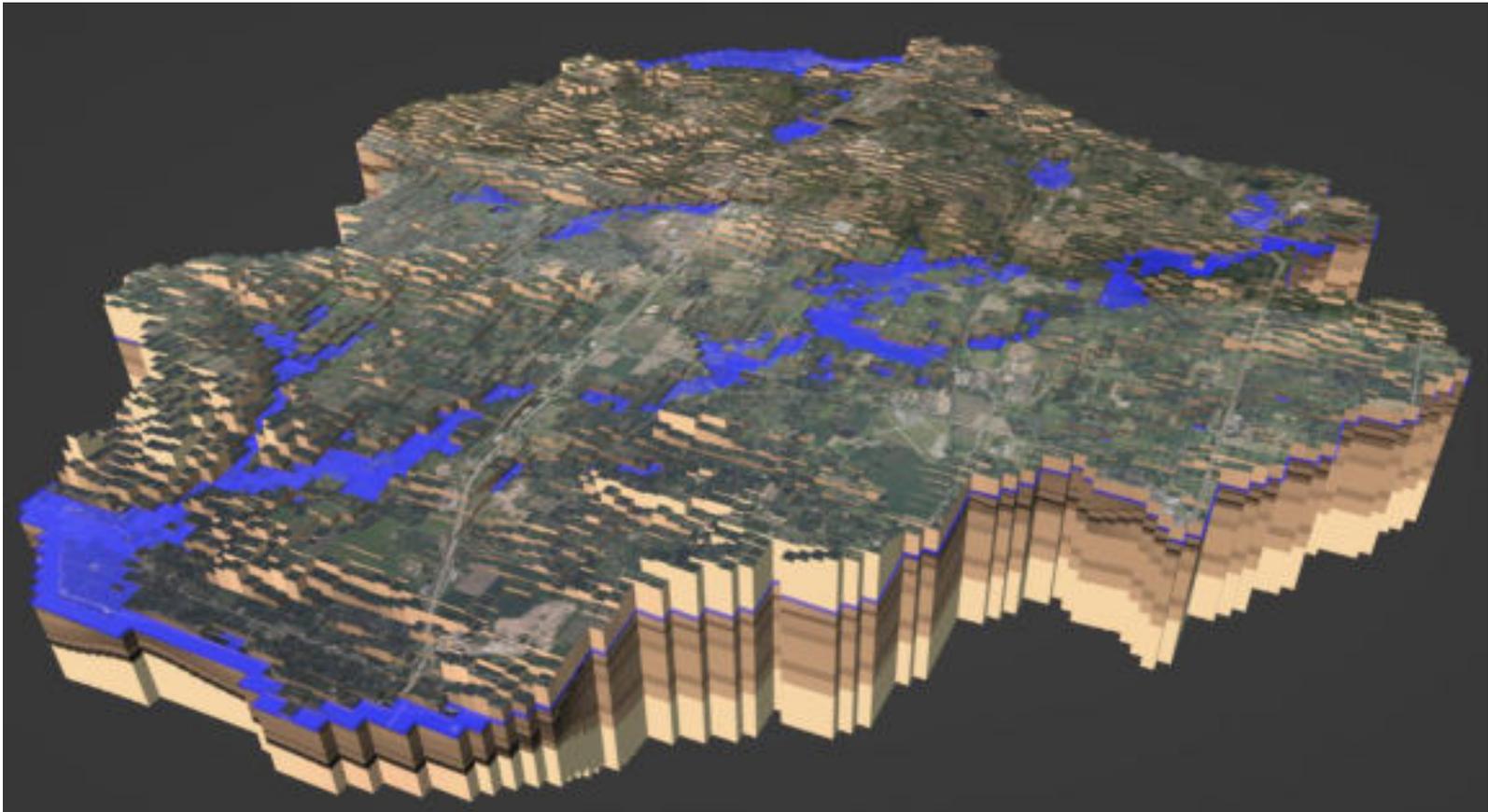
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Integriertes Wasserhaushaltsmodell MIKE SHE
 - Gesättigte Grundwasserzone



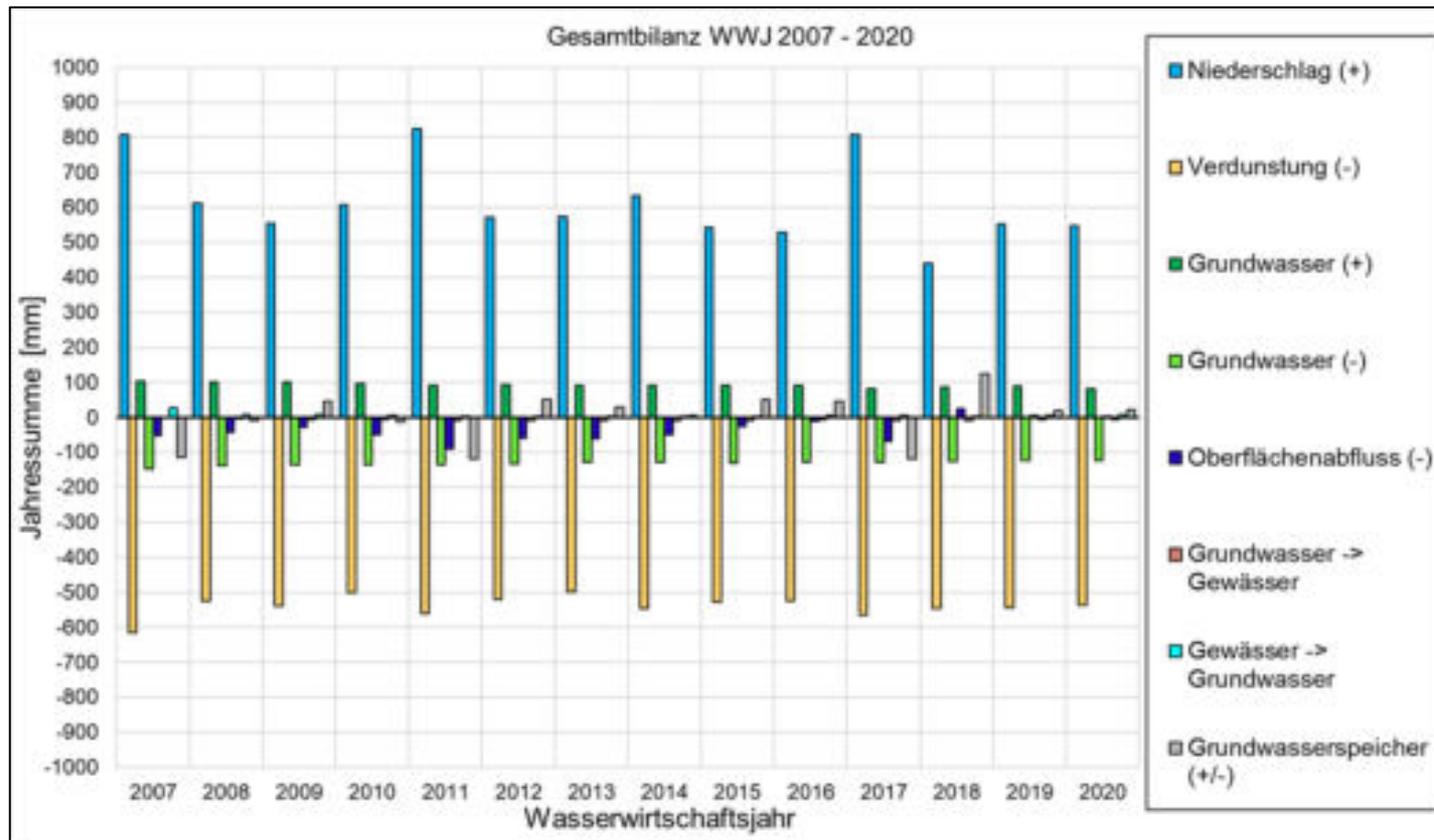
5. Teil 2 Modell: Modellaufbau

- Beispielhafte 3D Visualisierung eines vollständig aufgebauten Wasserhaushaltsmodells



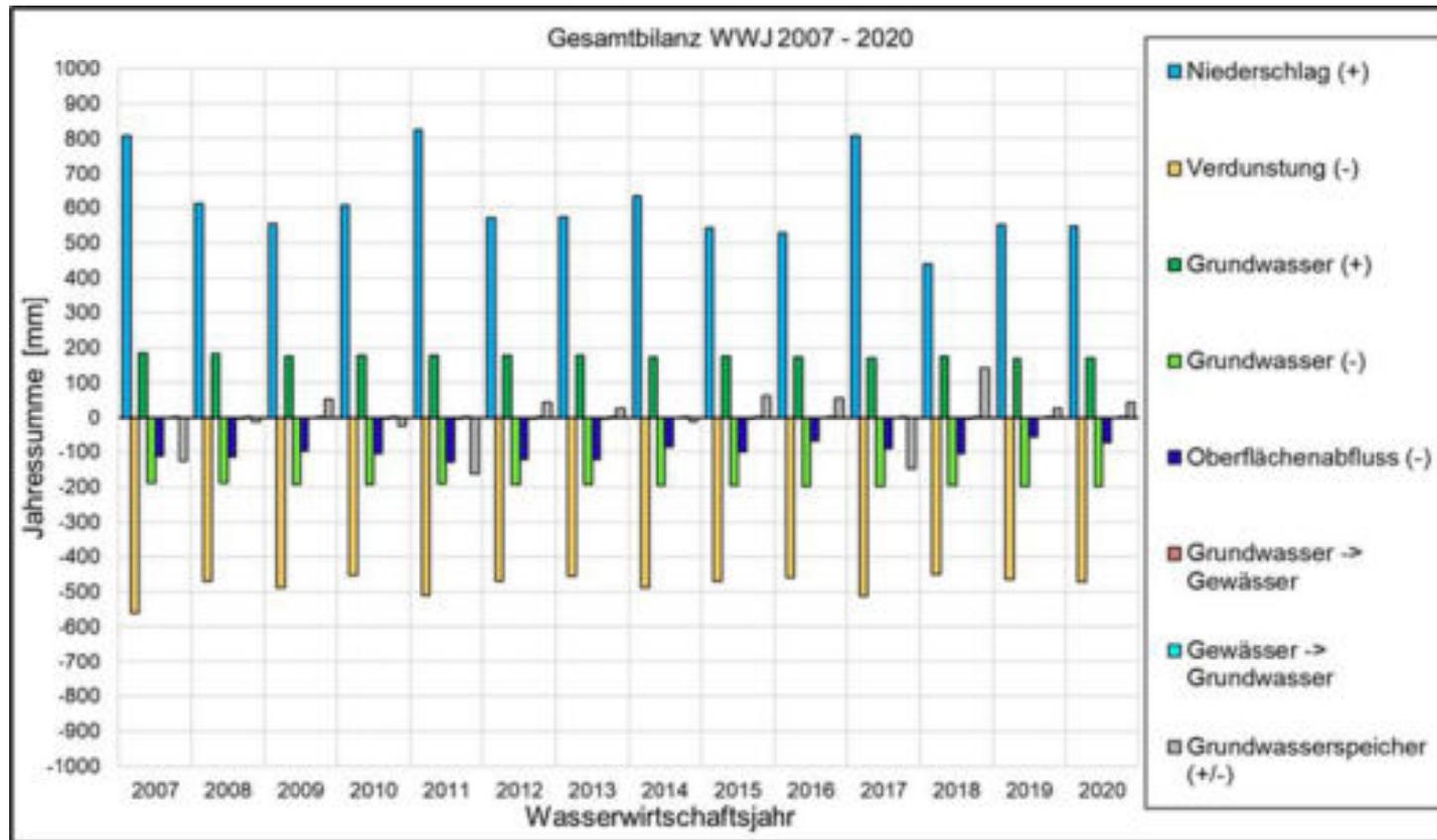
6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Nach erfolgreicher Kalibrierung des Modells liegt ein „prognosefähiges Werkzeug“ vor



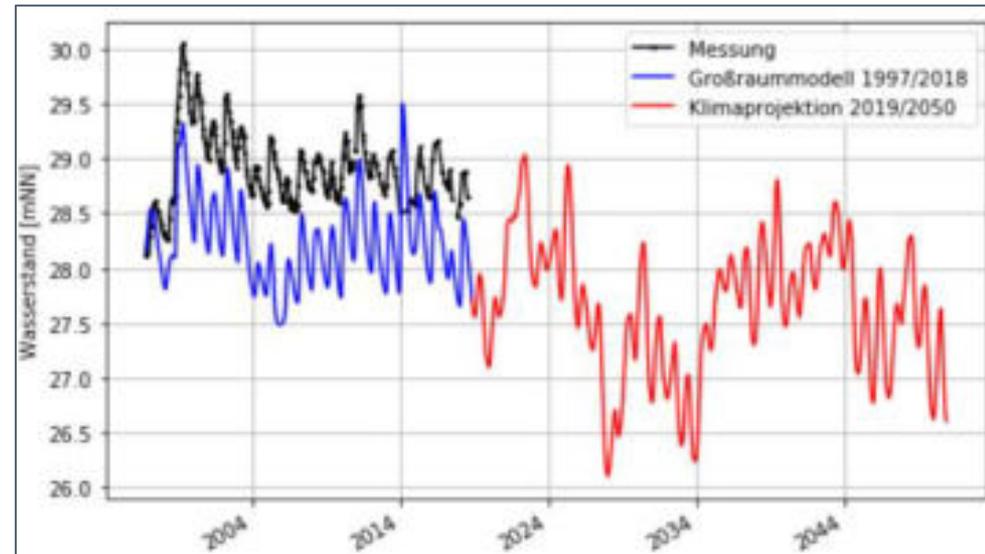
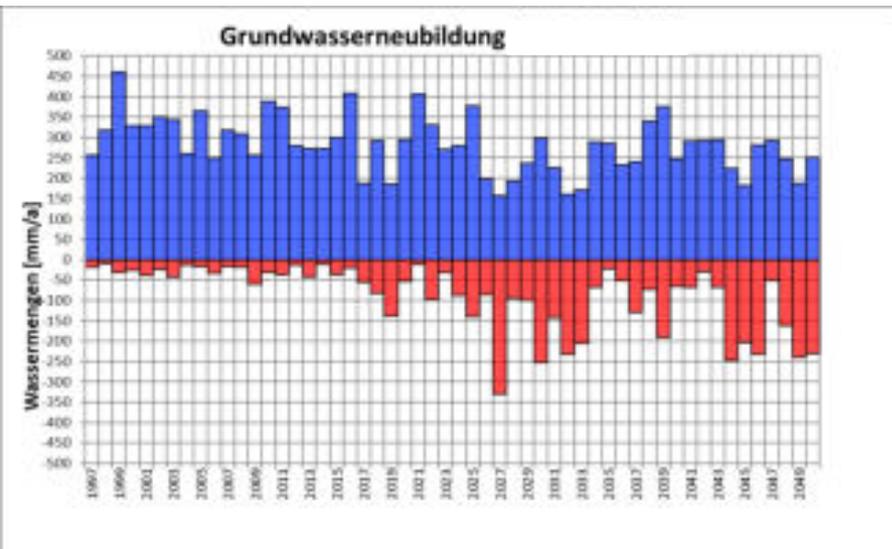
6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Nach erfolgreicher Kalibrierung des Modells liegt ein „prognosefähiges Werkzeug“ vor



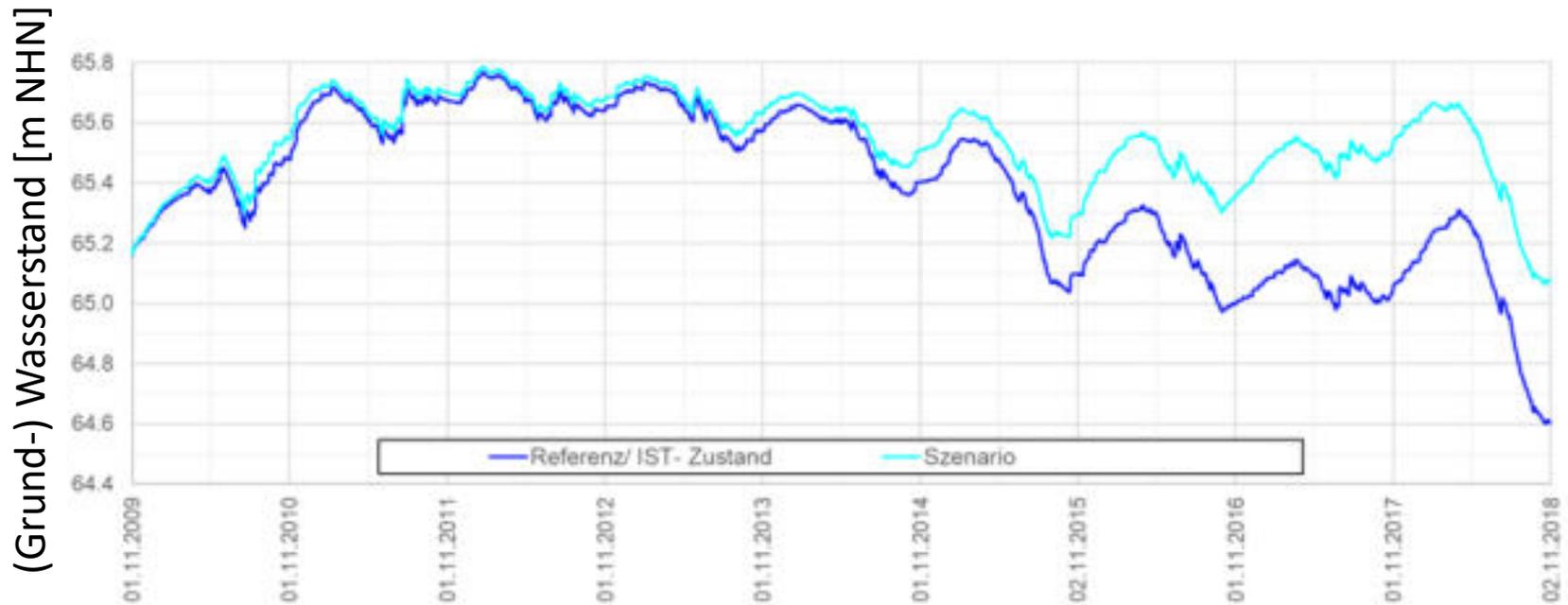
6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Berechnung von verschiedenen Klimaszenarien



6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Simulation von Gewässermaßnahmen
 - z.B. Grabenanstau, Versiegelung/Öffnung ex-/infiltrierender Gewässerabschnitte



6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Simulation von veränderten Grundwasserentnahmeszenarien

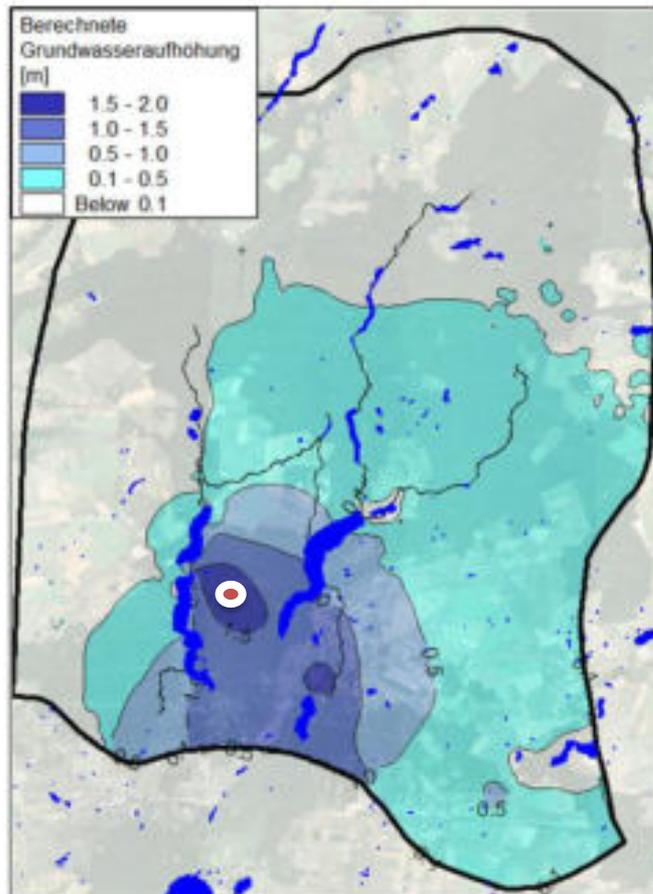
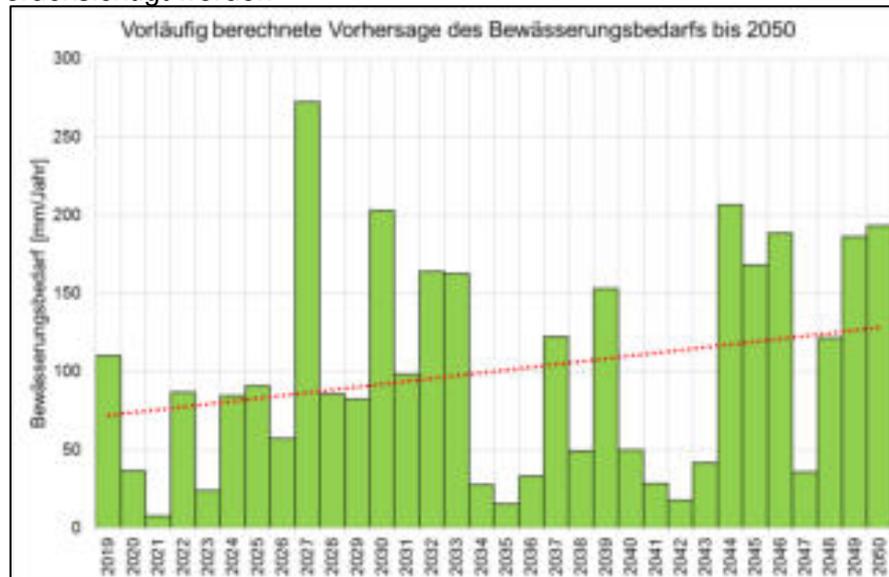


Abbildung 4-16: Grundwasserdifferenzplan am 31.10.2018 mit erhöhten Grundwasserständen aufgrund der auf 100 gesetzten Fördermengen in den Wasserfassungen Strausberg und Bälzsee/Spitzmühlentweg im Vergleich zum IST-Zustand.

6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

• Simulation von unterschiedlichen Bewässerungsmaßnahmen

- Landwirtschaftliche Bewässerungsmaßnahmen – damit können direkt verschiedene Bewässerungsarten und deren Einfluss auf das Grundwasser bzw. die Grundwasserneubildung beurteilt werden
 - Über-Kopf-Beregnung (Trommelberegner/Sprinklerbewässerung)
 - Tröpfenbewässerung
- Fruchtfolge und Landnutzungsstrategie abgestimmt mit Pflanzenphysiologie – es können in MIKE SHE zeitliche und regional unterschiedliche Fruchtfolgen integriert werden und mit einem Bewässerungsmodul gekoppelt werden, um so den Wasserbedarf und Einfluss auf das Grundwasser abschätzen zu können
 - Vegetation/Kulturpflanzen können durch unterschiedliche Jahresgänge an Blattflächenindex und Wurzeltiefe berücksichtigt werden



6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Simulation von Landnutzungsszenarien

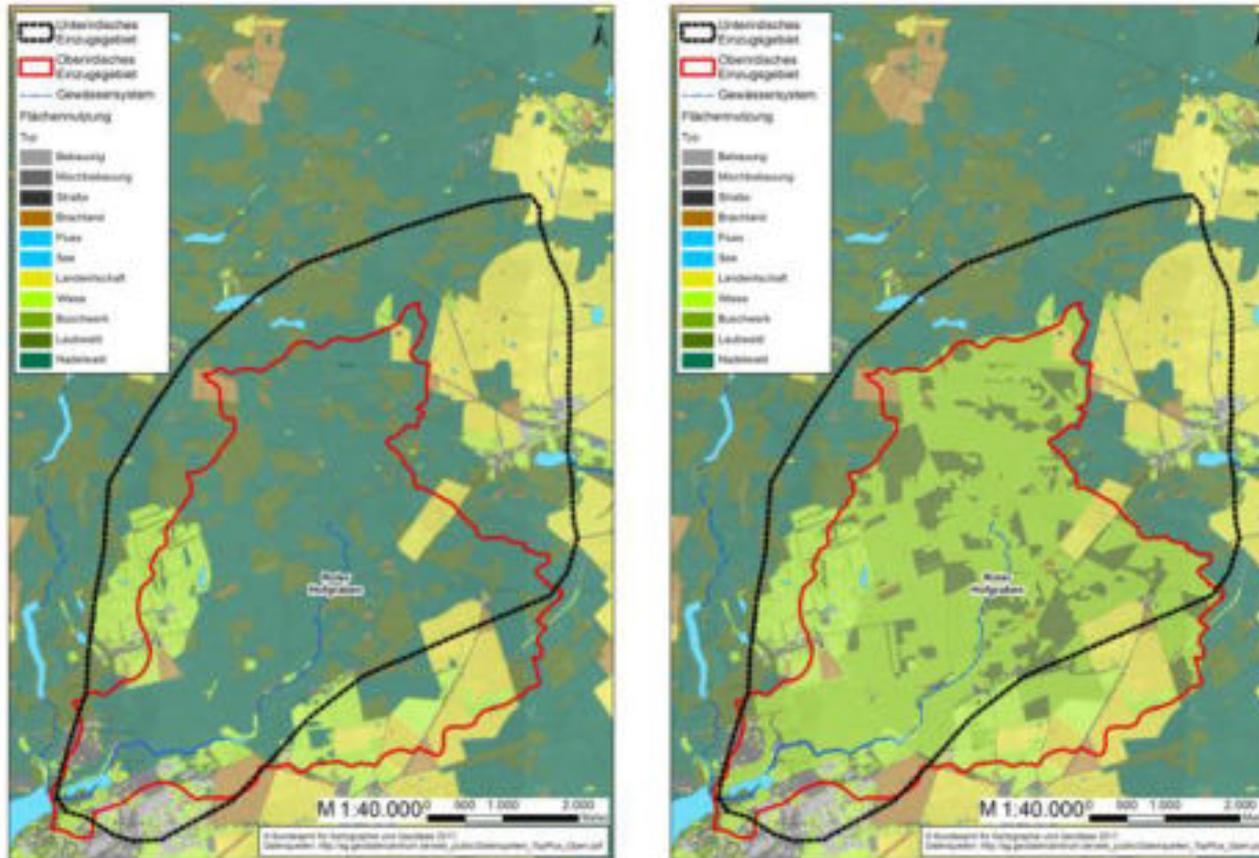


Abbildung 5-7: Landnutzung im unterirdischen Einzugsgebiet des Roten Hofgrabens: IST-Zustand (linke Abbildung), Szenario mit geänderter Landnutzung (rechte Abbildung).

6. Teil 3 Planung: Prognoseszenarien

- Simulation von Landnutzungsszenarien

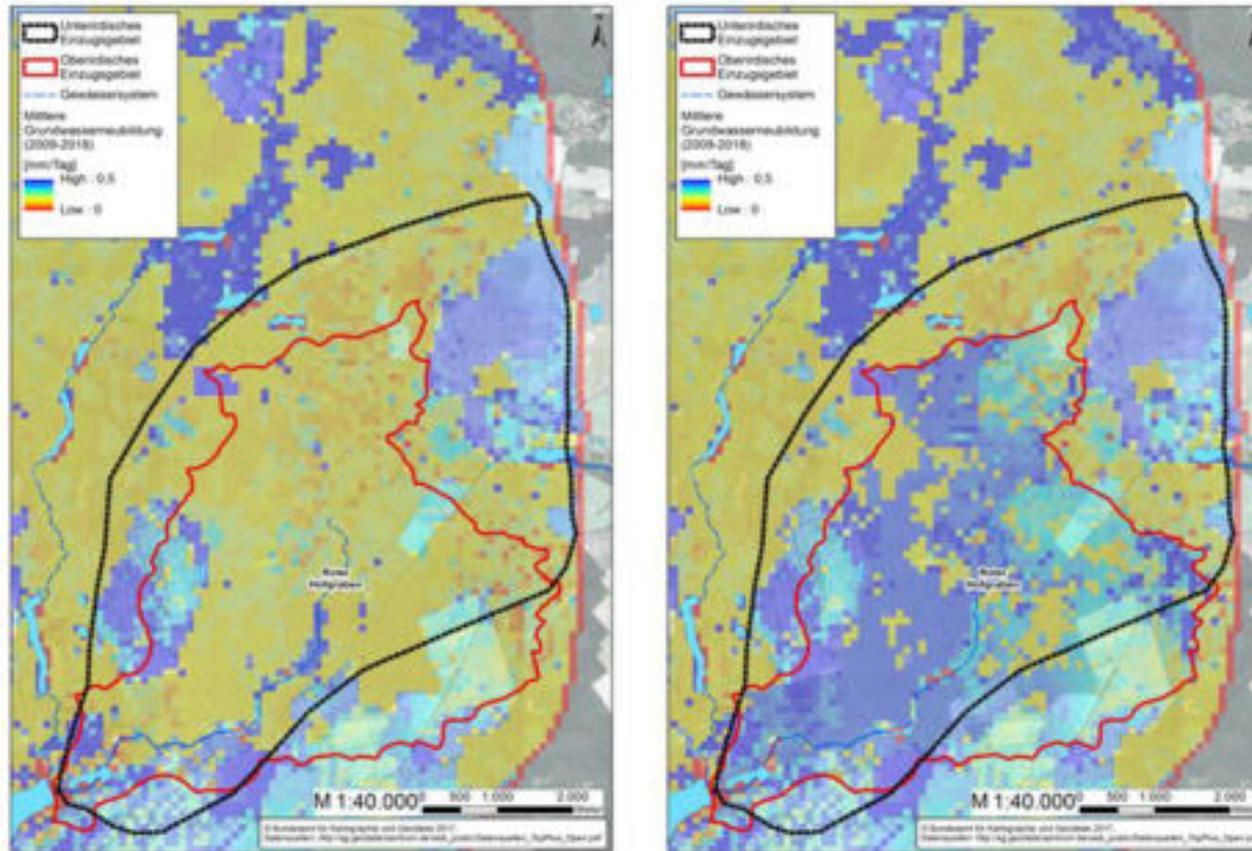


Abbildung 5-8: Verteilung der mittleren Neubildung im unterirdischen Einzugsgebiet des Roten Hofgrabens: IST-Zustand (linke Abbildung), Szenario mit geänderter Landnutzung (rechte Abbildung).

7. Ausblick

- Erfassung aller relevanten Wassernutzer in einem System
- Sicherung der langfristig nachhaltigen Wasserbewirtschaftung
- Bewertung der Auswirkungen von sämtlichen „wasserwirtschaftlichen Anpassungsmaßnahmen“
- Übertragung des Prinzips und der gewonnenen Erkenntnisse auf andere Regionen mit vergleichbaren Wassernutzungskonflikten
- Langfristige Nutzung des Modells als Bewirtschaftungsmodell über diese Projektlaufzeit hinweg
- Entscheidungsunterstützungssystem
- Nutzung als Vorhersage-System
- Theoretisch zum Stofftransportmodell erweiterbar

7. Ausblick

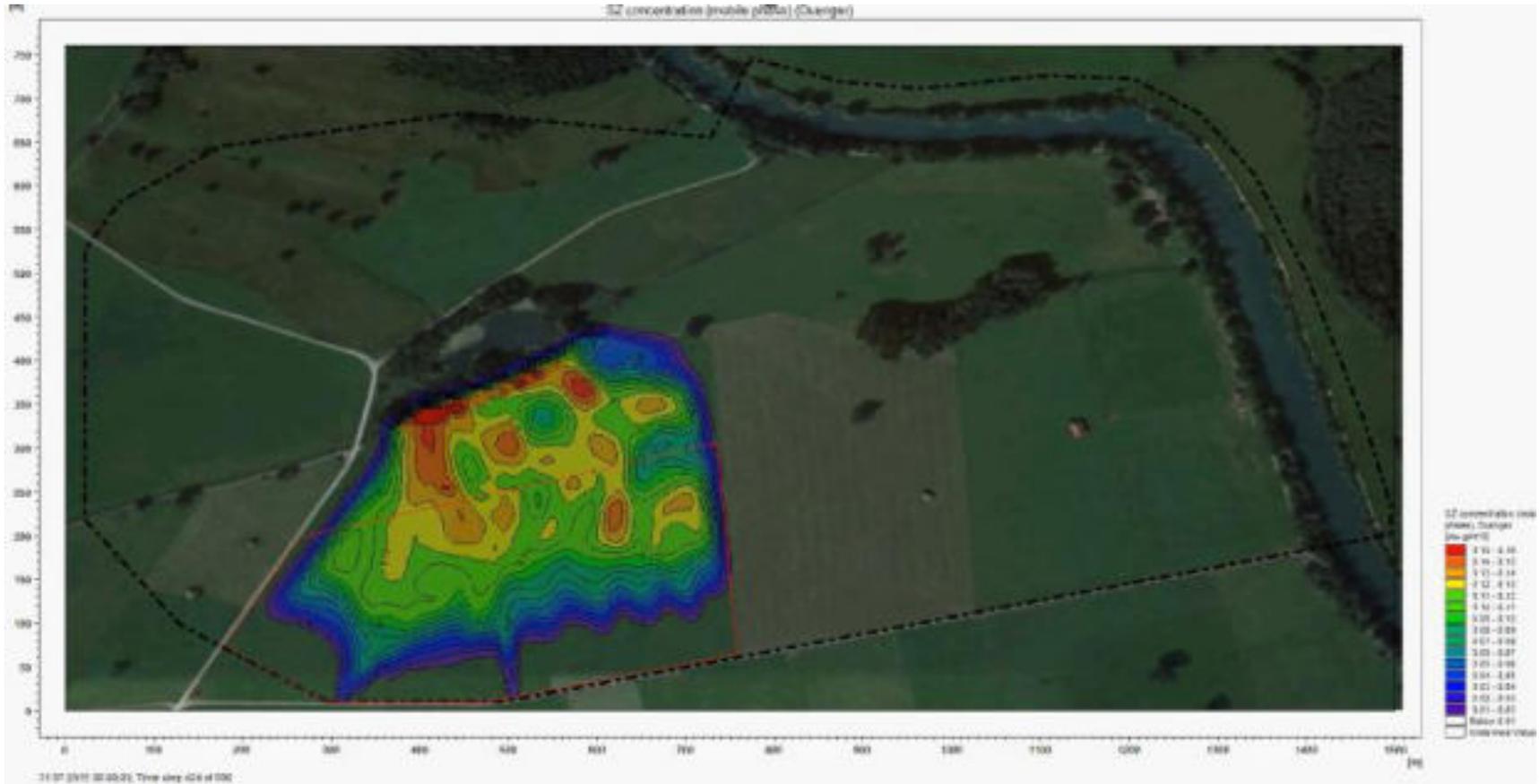
- Beispiel des Einsatzes von MIKE SHE als Echtzeit-Vorhersage-System: IrriMode, Irri360

- Mess- und Steuerungsgeräte (Wetterstation, Bodensensoren, Wasserquelle, Solarpanels, Tröpfchen Schläuche, hydrologisches Modell MIKE SHE) ermöglichen die dezentralisierte Bewässerung von Winterweizen und Soja
- Datenerhebung erfolgt über LORAWAN Funk und API an lokale Datenbank
- Ausgewählte Echtzeitdaten können im Internet-Portal untersucht werden
- Datenbearbeitung und Simulation des Wassers auf dem Acker und in der Wurzelzone erfolgt mit dem Modell MIKE SHE
- Aussagen über Oberflächenabfluss, Bodenfeuchte, Verdunstung, Pflanzenstress können getroffen werden und informieren Landwirte über den theoretischen Bewuchs Zustand ihrer Felder
- Erster Schritt in Richtung der Vollautomatisierung eines Bewässerungsmanagements umgesetzt



7. Ausblick

- Beispiel des Einsatzes von MIKE SHE für Stofftransport



8. Offene Diskussion und Fragen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Ferdinand Flechtner (fehl@dhigroup.com)
DHI WASY GmbH, Niederlassung München
Rosenheimer Str. 143
81671 München

Philipp Huttner (phhu@dhigroup.com)
DHI WASY GmbH, Niederlassung München
Rosenheimer Str. 143
81671 München

Wir digitalisieren, modellieren und visualisieren Wassersysteme.





Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit