

Klimaangepasste Grundwasser- bewirtschaftung durch Echtzeit- Planungs-Tools und modellbasierte Zukunftsszenarien

Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka · Universität Tübingen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektpartner

- 2 Universitäten: Tübingen (Hydrogeologie)
Hohenheim (Biogeophysik)
- 2 Behörden des Landes Baden-Württemberg:
LUBW (Umwelt) und LTZ (Landwirtschaft)
- 1 Wasserversorger: Ammertal-Schönbuch-Gruppe
- 1 Ingenieurbüro: Kobus und Partner

Assoziiert:

- 1 Universität: Kassel (Bodenkunde)
- 1 Ingenieurbüro: GIT Hydros Consult
- 1 Landesbehörde: LGRB (Geologie)

Kernfragestellungen von GW 4.0

Echtzeitmodellierung

- Automatische Nachführung eines GW-Modells mit kontinuierlichen Daten
- ⇒ Datenassimilation

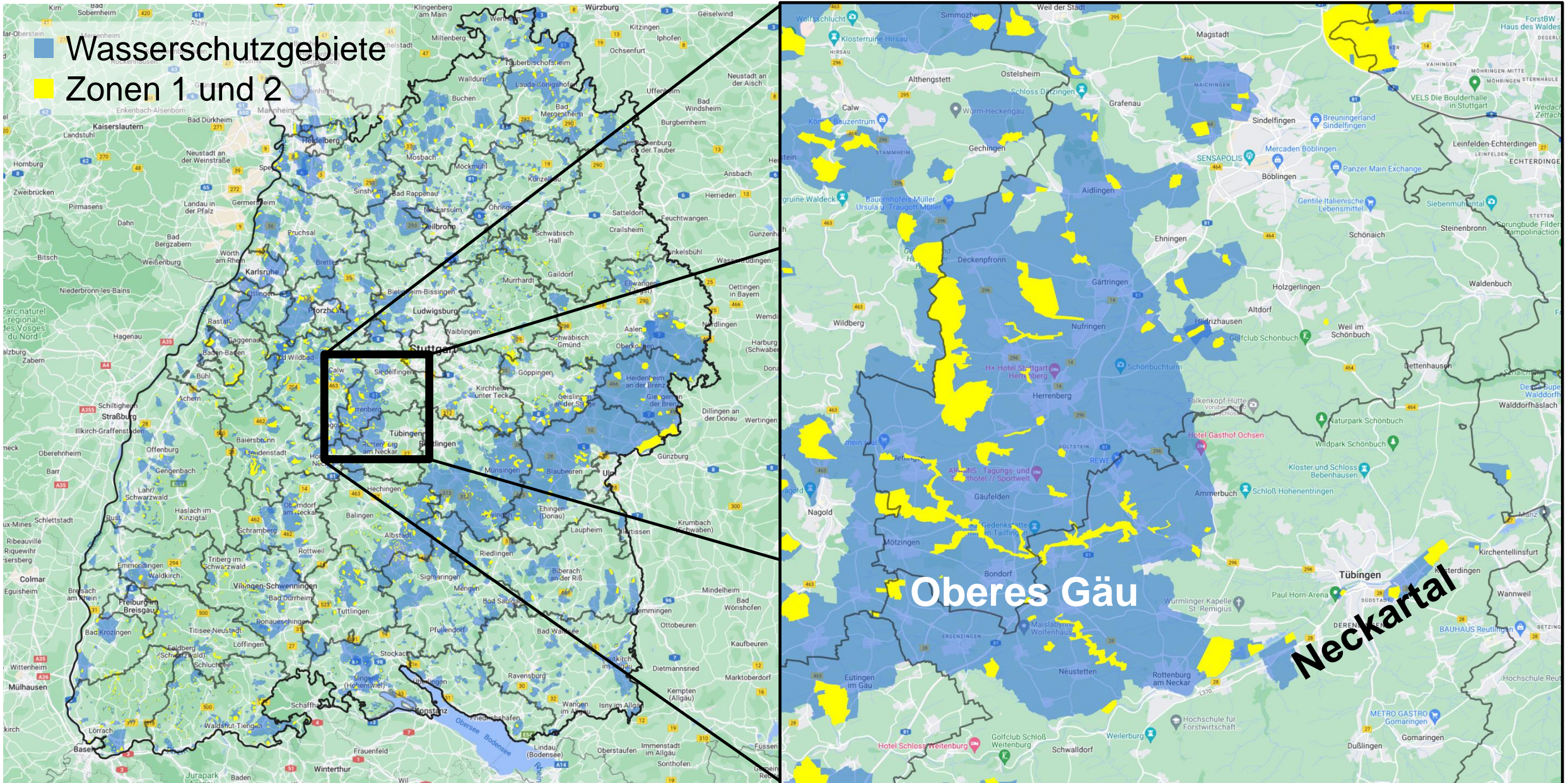
Zukunftsszenarien

- Worauf muss sich die Wasserwirtschaft bis 2050/2100 einstellen?
- Veränderung der Landwirtschaft?

Planungstool

- Web-basiertes Interface zu Ergebnissen der Echtzeitmodellierung, saisonalen Projektionen und der Zukunftsszenarien
- Eingriffsmöglichkeiten bzgl. Bewirtschaftung

Untersuchungsgebiet



(Hydro)Geologie des Untersuchungsgebietes

Muschelkalk

Löss auf Unterkeuper
und Muschelkalk
(Karst-GWL)

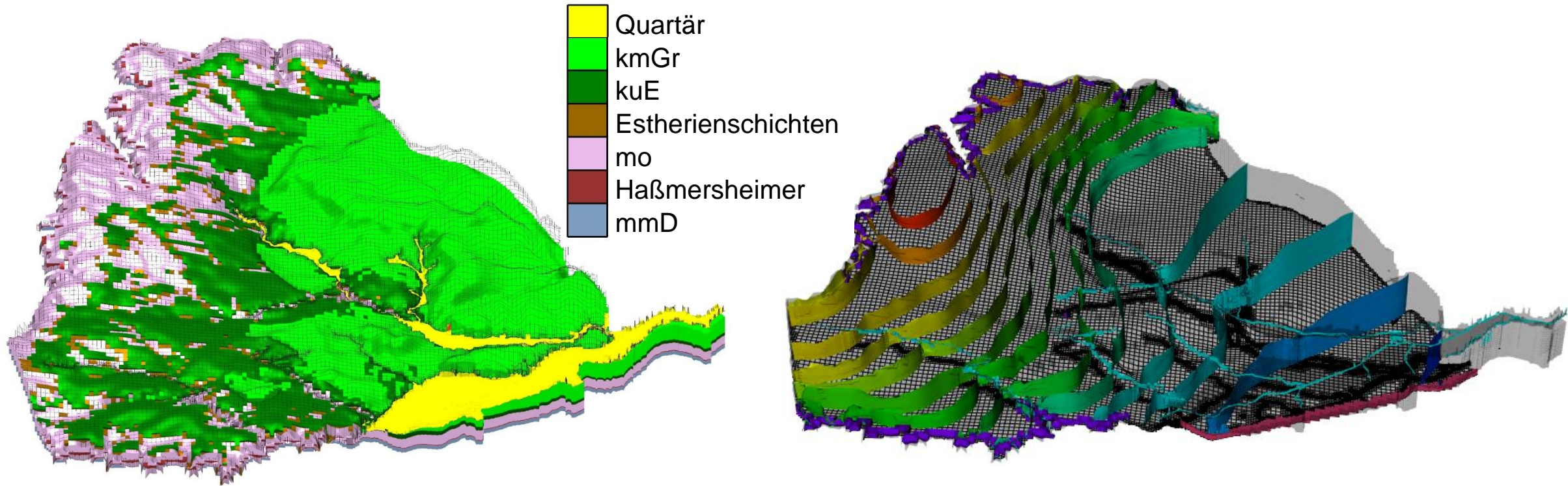
Mittelkeuper

Neckartal-GWL

2 km

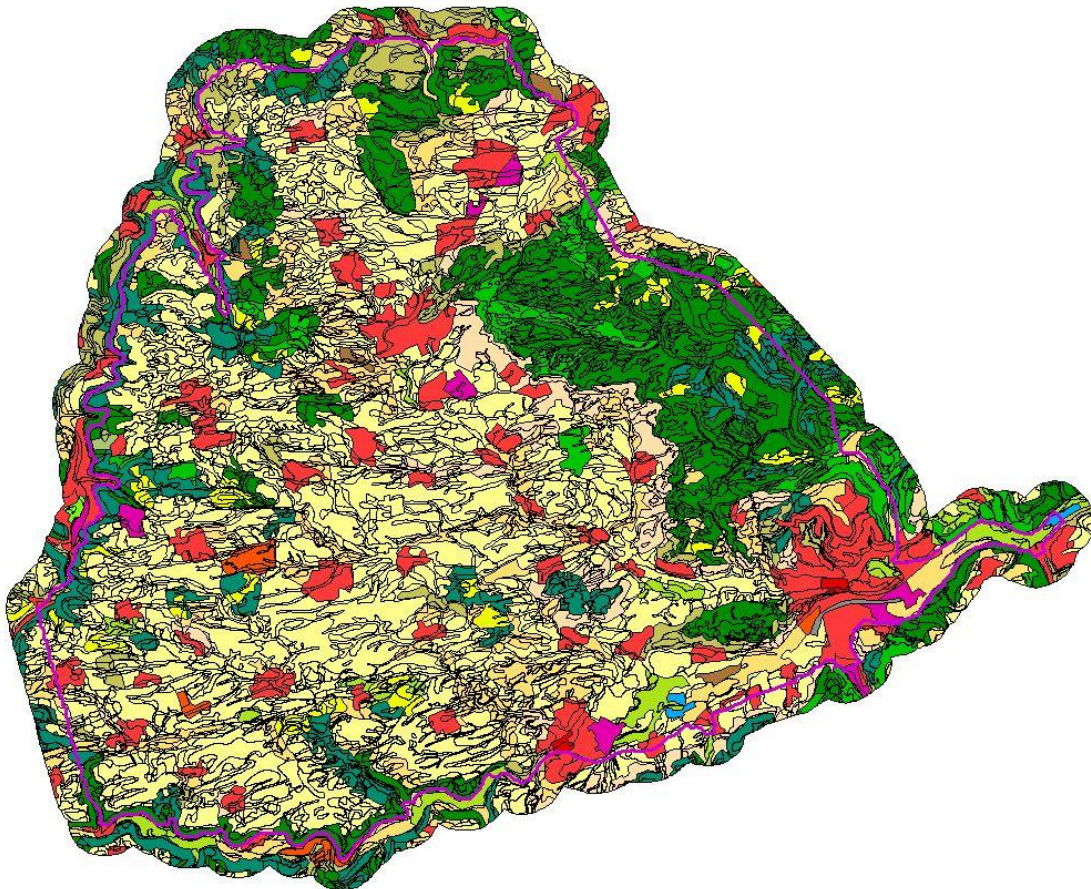


Grundwassermodell (UT)



- Grundwasserneubildung: Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW
- Grundwasserströmung: MODFLOW 6
- Kopplung, Steuerung, I/O, Datenassimilation: Python

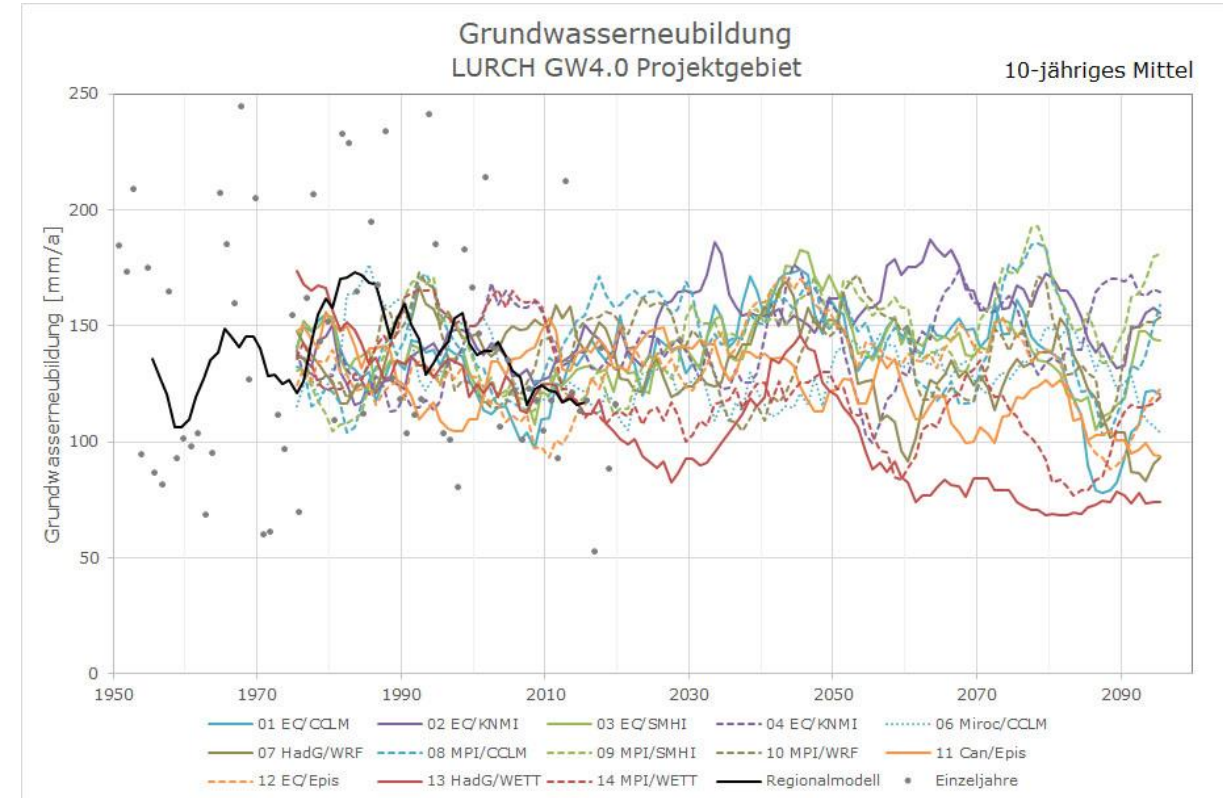
Wasserhaushaltsmodell GWN-BW (HydroS)



- Verschneidung von Landnutzung und Bodentypen
- Berechnung des Wassergehalts in der Durchwurzelungszone, Verdunstung, Versickerung aufgrund von meteorologischen Tageswerten
- × Base Flow Index = Grundwasserneubildung
- Kalibrierung aufgrund von Abflussdaten in ganz BaWü

Zukunftsszenarien: Grundwasserneubildung (LUBW&HydroS)

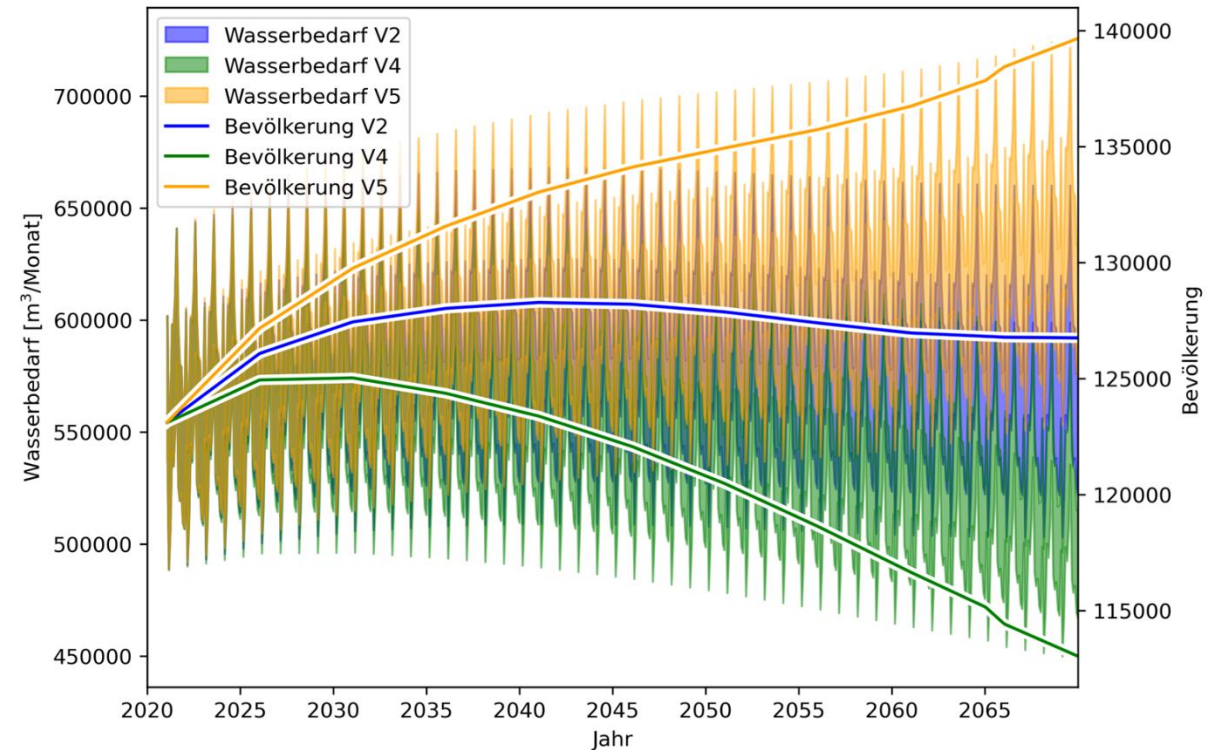
- 1971-2000: 143 mm/a
- 1991-2020: 129 mm/a
- **2017-2022: 93 mm/a**
- 13 RCP8.5 Klimaprojektionen:
Kein klarer Trend (ET \uparrow ,
Winterniederschläge \uparrow)
- Halbempirisches Modell:
Temperatur aus Klimamodellen,
Niederschlag aus Beobachtungen
mit ähnlicher Temperatur



- Halbempirisches Modell mit klarem Trend (95 mm/a bis 2060)

Zukunftsszenarien: Wasserverbrauch (UT&ASG)

- Historisch: Saisonalität, aber kein klarer Zusammenhang mit Wetter
- Keine industriellen Großverbraucher
- Wichtigster Treiber: Bevölkerungsentwicklung ⇒ extrem unsicher
- 4 Szenarien (ohne Bewässerungslandwirtschaft) erstellt



(Bewässerungs-)Landwirtschaft (UH<Z)



Beregnungsversuch am Standort Forchheim (LTZ)

Bodeneigenschaften des Versuchsstandort (LTZ, UH, UK)

Ermittlung der hydraulischen Bodeneigenschaften

- Schleppgeophysik (EM38) und Bohrstockuntersuchungen zur Analyse der Heterogenität
- Ermittlung der Saugspannungskurven für unterschiedliche Bodenzonen (Hyprop)

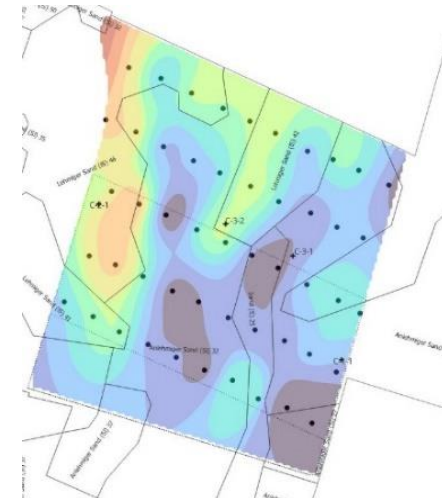
⇒ Parameter für Modellierung der Versuche



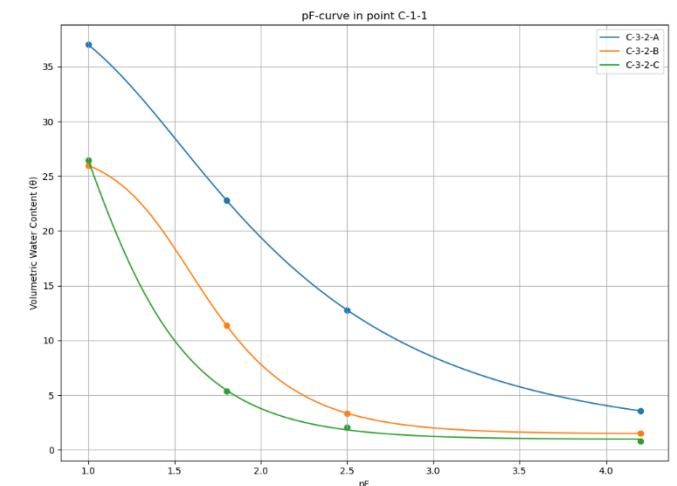
EM38 - Messgerät hinter Schlepper (LTZ)



Rasterartige Beprobung der gravimetrischen Bodenfeuchte im Projektgebiet (LTZ)

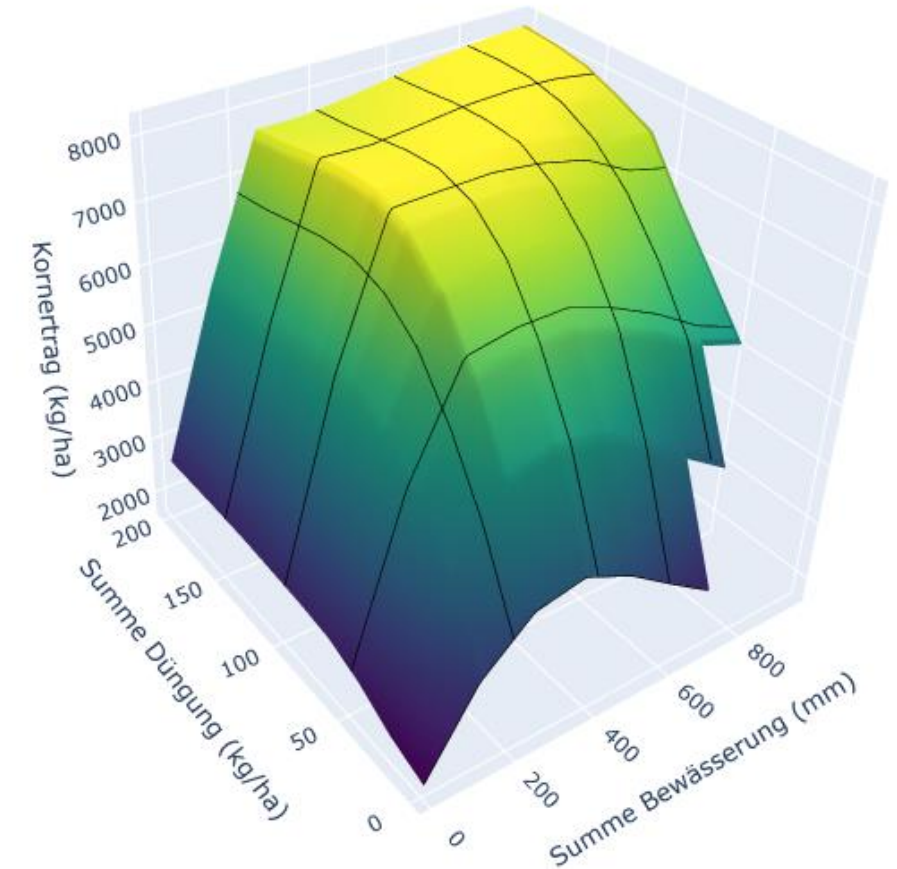


Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit an ausgewählten Stellen (LTZ)



(Bewässerungs-)Landwirtschaft (UH<Z)

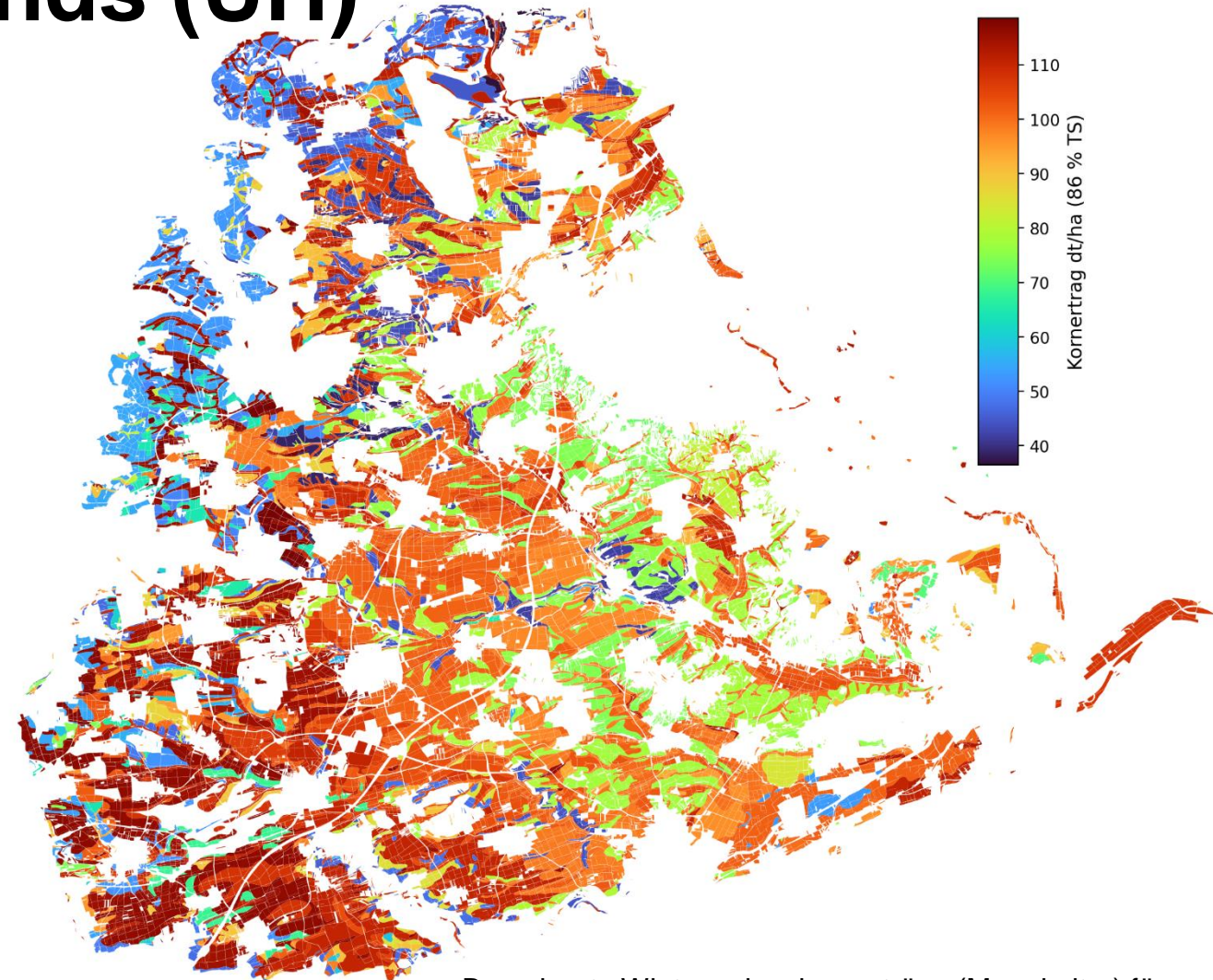
- Auswertung von Bewässerungsversuchen der Hauptkulturarten am LTZ
- Auswertung der Hauptkulturarten, Bewirtschaftung und Böden im Untersuchungsgebiet
- Modellierung mit Agrarökosystemmodell ExpertN:
 - Richardsgleichung
 - Nährstofftransport
 - Dynamisches Pflanzenwachstum
 - ⇒ Ertrag, Sickerraten, N-Austrag



Modellierung des Ackerlands (UH)

Regionales Modell aus Kombinationen von Boden-Wetter Einheiten

- Bodeninformationen aus BK50
 - Ackerflächen anhand FIONA Daten
 - Klimaprojektionen im 5x5 km² Raster
 - Bewirtschaftung szenarienspezifisch (Fruchtfolgen, Bewässerung, Bodenbearbeitung, Düngung)
- ⇒ Berechnung der Erträge, Sickerraten und des N-Austrags für ca. 300 Wetter-Boden-Kombinationen pro Szenario



Berechnete Winterweizenkornträge (Monokultur) für 2097 (Klimaprojektion: CanESM2-Episodes - RCP 8.5)

Zukünftige Landwirtschaftsszenarien (UH<Z)

Bewirtschaftungsszenarien aus Kombinationen von Teilszenarien unter Berücksichtigung von klimatischen und politischen Veränderungen

Änderung der Fruchtfolge

- Veränderung der Kulturarten mit Klimawandel und Bewässerung
- Erweiterte Fruchtfolgen



Änderung des weiteren Managements

- Ausbau Ökolandbau
- Veränderte Düngung oder veränderte Bodenbearbeitung



Änderung der Bewässerung

Bewässerung abhängig von modellierter Bodenfeuchte, den Entwicklungsstadien der Pflanze und der Wirtschaftlichkeit

Details zu den Szenarien auf dem Poster von LTZ & Uni Hohenheim 😊

Konzeption des Online-Planungsinstruments (kup)

- Niedrigschwelliger Zugang zu Messdaten und Simulationsergebnissen in einer Web-GIS Umgebung
- Zielgruppe: Wasserversorger, Behörden evtl. Planungsbüros
- Automatisiertes Einholen relevanter Daten (Entnahmen der Wasserversorger, DWD-Prognosen, Grundwasserstände)
- Automatisierte Durchführung von saisonalen Prognosen mit dem Grundwasserhaushaltsmodell und DWD-Vorhersagen
- Darstellung von Langzeit-Klimaprognosen unter Berücksichtigung von landwirtschaftlichen Zukunftsszenarien

Aufbau des Online-Planungsinstrumentes für saisonale Prognosen (kup)

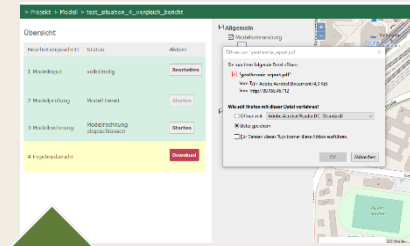
Messdaten:

- Datenlogger
- Entnahmen der Wasserversorger



Grafische Benutzeroberfläche

(Browser-basiert)
 Visualisierung
 Simulations-
 ergebnisse



DWD-Daten:

- Monitoring
- Saisonale Vorhersage



Cloud-Server (Linux)

Zentrale Steuerungsroutinen (Python)

Webserver

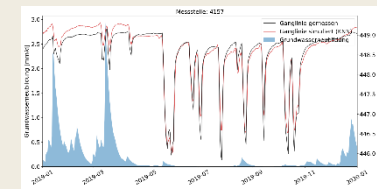
- Backend: django
- Frontend: HTML, CSS und JavaScript

Datenbank (PostgreSQL)



Docker Container

Grundwasserhaushaltsmodell
 (GWN-BW, Modflow 6, Modpath 7)



Web-basierte grafische Oberfläche (im Aufbau)

Zeitreihendarstellung für Grundwassermessstellen

Auswahl von
Prognose
Szenarien

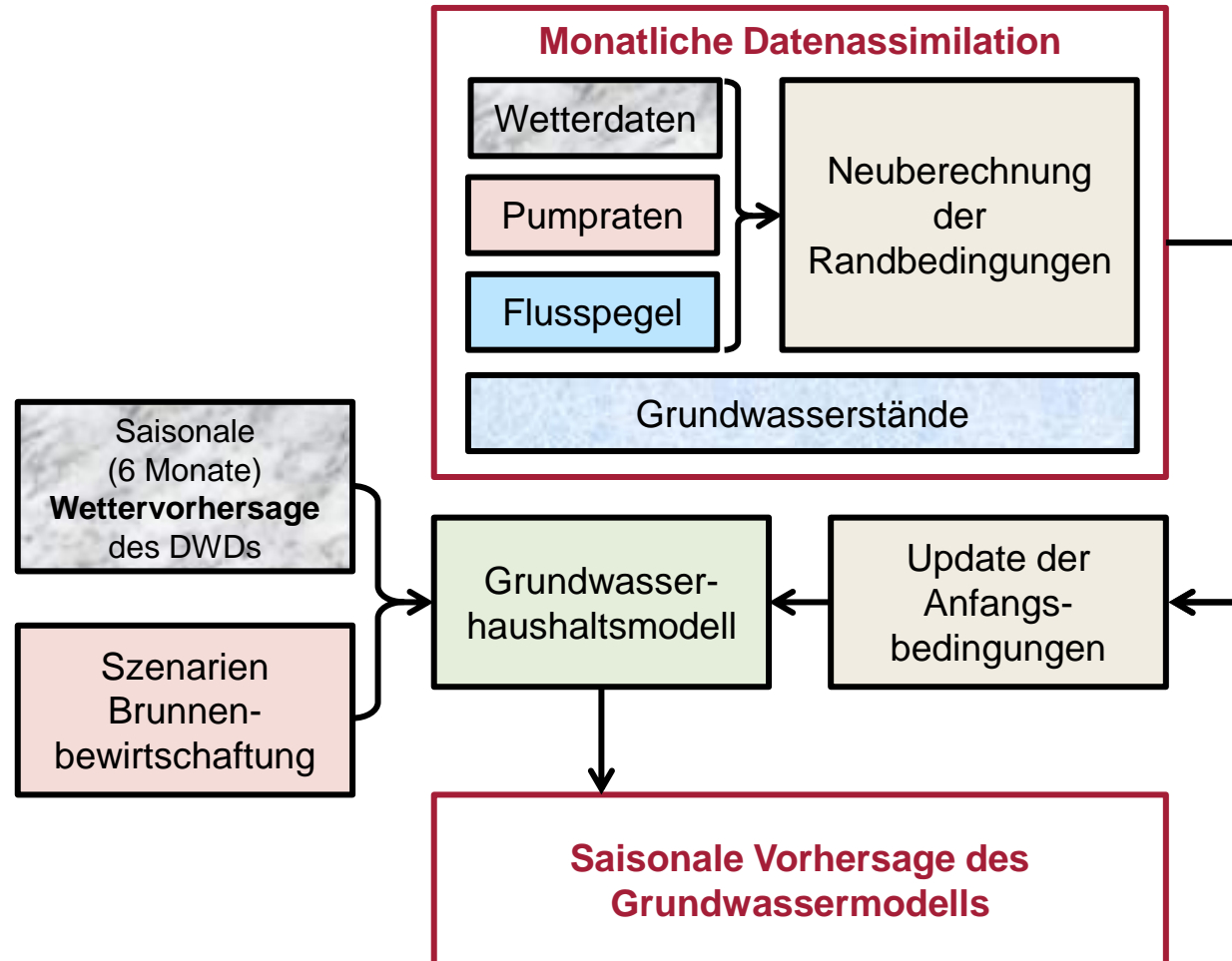
Visualisierung von
Grundwassergleichen
etc.

Datenexport z.B.
als Shapefile



Monatliche Prognose über 6 Monate (UT)

- Datenassimilationsmodul fertiggestellt, aber noch nicht mit dem vollen Modell
- Monatliche Reevaluierung der GW-Stände mit gemessenen Wetter-, Betriebs- und Pegeldaten
- Update der Anfangsbedingungen
- Szenarien des Wasserbedarfs und der Brunnennutzung ergeben saisonale Varianten
- Basierend auf saisonaler DWD Vorhersage



“Es ist schwierig, Vorhersagen zu treffen, insbesondere über die Zukunft.”

(Dänische Weisheit)