

## Detaillierte Ergebnisse – Teilprojekt

### Wasserver- und -entsorgung sowie nachhaltiges Wassermanagement

#### RESIWA (TP 2.1)

##### FORSCHUNGINTERESSE:

Benchmark zur Bewertung der auf maschinellem Lernen basierenden Hochwasservorhersage für seltene, extreme Ereignisse, die bekannte Maxima überschreiten.

##### ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):

- Ein Hochwasser-Vorhersage-System für extreme Ereignisse konzentriert.
- Publikationslink: <https://www.researchgate.net/publication/372397934>
- Konferenzdetails: 13. Internationale Konferenz zu Simulations- und Modellierungsmethoden, -technologien und -anwendungen, Januar 2023.
- Die Stadt Goslar, die Harzwasserwerke und das DIGIT/ISSE der TU Clausthal haben mit ihrem wegweisenden Projekt eines KI-gestützten Hochwasserfrühwarnsystems beim Wettbewerb „Klima kommunal 2024“ den Titel „Niedersächsische Klimakommune 2024“ gewonnen: [https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/zielgruppen/kommunen/WettbewerbKlimaKommunal\\_2024.php](https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/zielgruppen/kommunen/WettbewerbKlimaKommunal_2024.php)

##### FORSCHUNGINTERESSE:

- Wie können wir Wasserstände nur anhand von RADAR-Niederschlagsdaten für die Hochwasservorhersage vorhersagen?
- Wie können wir ein generalisiertes Modell mit KI entwickeln, das geografische und klimatische Variabilität erlernt und in der Lage ist, Hochwasser mit größerer Genauigkeit vorherzusagen?

##### VORGEHEN:

- Mit fortschrittlichen Techniken der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens ist es möglich, Wasserstände mit frei verfügbaren Radar-Niederschlagsdaten vorherzusagen.
- Das Ziel dieses Projekts ist es, genaue Hochwasservorhersagen zu treffen, ohne auf bodengestützte Sensordaten angewiesen zu sein, die in einigen Regionen spärlich oder gar nicht vorhanden sein könnten.
- Das Foundation Model wird die komplexen räumlichen und zeitlichen Muster der RADAR-Daten mithilfe des bestehenden raumzeitlichen, radarbasierten Niederschlagsmodells erfassen.
- Die Ausweitung des bestehenden raumzeitlichen, radarbasierten Niederschlagsmodells (das zuvor für eine kleinere Region wie Goslar entwickelt wurde) auf ganz Deutschland ist ein natürlicher Fortschritt hin zu einem robusteren, skalierbaren und generalisierbaren Hochwasservorhersagesystem.
- Transferlernen wird für die Generalisierung genutzt, wobei das Basismodell auf dichten Sensornetzwerken (z. B. in Niedersachsen) trainiert und dann für Regionen mit spärlichen oder fehlenden Sensordaten verfeinert wird.
- Föderiertes Lernen wird für das Training regionaler Modelle auf spezifischen Daten eingesetzt, um das globale Modell mit regionalen Daten zu verfeinern und bessere lokale Vorhersagen zu erhalten.
- Dieses Foundation Model hat das Potenzial, die Katastrophenvorsorge erheblich zu verbessern und langfristig zur Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimaschwankungen beizutragen.

##### ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):

- Raumzeitliche, radarbasierte Niederschlagsmodellierung zur Hochwasservorhersage in Goslar.
- Dieses Modell hat die Fähigkeit gezeigt, Hochwasser nur anhand von RADAR-Niederschlagsbildern vorherzusagen und Wasserstandsvorhersagen für die Region Sennhütte in Goslar zu generieren.
- Dieses Modell stellt eine Verbesserung gegenüber unserem bestehenden Benchmark dar: <https://www.researchgate.net/publication/372397934>

#### DIRRIGENT (TP 2.2)

##### FORSCHUNGINTERESSE:

- Entwicklung einer KI zum Auslesen von Wasseruhren in der Landwirtschaft.
- Entwicklung einer Mobile App.
- Entwicklung Anbindung an eine Datenplattform

##### ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):

- Umfangreiche Anforderungsanalysen mit verschiedenen Wasserverbänden.
- Anforderungsanalyse der Landwirte angeguckt.
- Beschaffung von Beispielbildern zum Training der KI.

#### THEMA: PROGNOSETOOL ZUR RISIKOABSCHÄTZUNG URBANER SCHADSTOFFEINTRÄGE IN GEWÄSSER (TP 2.3 PRIUS)

##### FORSCHUNGINTERESSE:

- Wie groß ist der Schadstoffeintrag aus dem urbanen Raum ins Gewässer und aus welchen Quellen kommen die Schadstoffe?
- Überlagerung der Einträge mit dem Wasserstand und der Belastung des Gewässers, um auf Basis eines vorhergesagten Niederschlags die zukünftige Gewässerbelastung zu ermitteln.

- Anwendung von Open Source Software und entwickeln von Pre-processing Tools.

**VORGEHEN:**

- Probennahme im Kanalnetz, in landwirtschaftlichen Gräben und der Vorflut und Analyse der Proben im Labor, um Verschmutzungen zu ermitteln.
- Erstellen eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells und Kalibrierung mit den Messungen.
- Generierung von synthetischen Datensätzen für unterschiedliche Ereignisse mittels des hydrodynamischen Kanalnetzmodells.
- Konzeption und Training eines ML-Modells mittels der synthetischen Datensätze.
- Optional in Kooperation mit anderen Partnern: Implementierung und Darstellung des Systems innerhalb eines Digitalen Zwillings.

**ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):**

- Erste Ergebnisse weisen auf unterschiedliche mikrobiologische Indikatoren in den unterschiedlichen Landnutzung hin.
- Erste Algorithmen auf Basis von Open Source Software (QGIS/SWMM) zum Einlesen und Korrigieren von Kanalnetzdaten für die spätere hydrodynamische Simulation wurden und werden entwickelt.

## KÜNSTLICHE INTELLIGENZ ZUR ERFASSUNG DES WASSERVERBRAUCHS

**FORSCHUNGSSINTERESSE:**

Wie kann die Übermittlung des Wasserverbrauchs in der Landwirtschaft optimiert werden?

**VORGEHEN:**

Die Wissenschaftler\*innen entwickeln eine auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierende App, die die Ermittlung des Wasserverbrauchs erleichtert.

**ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE:**

- Die Landwirte laden Fotos ihrer Wasseruhren zu Beginn und zum Ende der Bewässerungssaison in die App. Künstliche Intelligenz (KI) wertet die Zählerstände aus und übermittelt die Daten an eine zentrale Plattform, die den Wasserverbrauch berechnet und an die Untere Wasserbehörde weiterleitet.
- Für die Entwicklung der KI nutzen die Wissenschaftler\*innen reale Fotos von Wasseruhren. Die große Herausforderung besteht in der Unterschiedlichkeit der Wasseruhren und Fotoqualitäten. Zur Absicherung gibt es eine Kontrollfunktion, die es den Landwirt\*innen ermöglicht, die ausgelesenen Daten zu prüfen.
- Eine wichtige Erkenntnis ist, dass den Landwirt\*innen der Schutz ihrer Daten sehr wichtig ist. Außerdem ist eine frühzeitige Einbindung der Landwirt\*innen entscheidend für die Akzeptanz von Digitalisierungslösungen.

## PROGNOSEN DES WASSERVERBRAUCHS

**FORSCHUNGSSINTERESSE:**

- Wie können zuverlässige Prognosen des Wasserverbrauchs getroffen werden?
- Welche Handlungsempfehlungen lassen sich aus dem Wasserverbrauch ableiten?

**VORGEHEN:**

- Für die Prognosen und Handlungsempfehlungen kommt ebenfalls die oben genannte App ins Spiel: Der Wasserverbrauch wird über die App an die Datenplattform übermittelt. Diese enthält Informationen zum Feld (z. B. Größe, Bodenart, angepflanzte Kultur) sowie zum Klima. Zusätzlich können die Landwirte am Ende der Saison den Ertrag dieser Fläche eingeben. Aus den Informationen lässt sich ermitteln, wie viel Wasser für die angepflanzte Kultur verwendet wurde und ob den Landwirten im nächsten Jahr voraussichtlich mit ihrem Wasserkontingent auskommen werden.
- Um die Prognosen der KI so praxisnah wie möglich zu gestalten, recherchierten die Wissenschaftler\*innen zahlreiche Faktoren, die sich auf die Prognosen auswirken. Dazu zählen u. a. der Energieverbrauch für die Bewässerung, unterschiedliche Arten der Bewässerung in Abhängigkeit von der Feldform (verwinkelte Flächen sind schwieriger zu bewässern als quadratische) oder Informationen zum Wasserbedarf verschiedener Kulturen. Für die Recherchen sprachen die Wissenschaftler\*innen mit Landwirt\*innen, um Informationen aus erster Hand zu erhalten, sowie mit weiteren Expert\*innen (z. B. Landwirtschaftskammer oder Firmen im Bewässerungssektor).

**ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):**

- Das Ziel der Wissenschaftler\*innen ist es, dass die KI den Landwirt\*innen konkrete Handlungsempfehlungen vorschlägt und Prognosen für die laufende Saison, aber auch für zukünftige Jahre abgibt. Wenn z. B. das Wasserkontingent überschritten wurde und der Ertrag die Beregnungs- und Energiekosten nicht deckt, könnte es für die Landwirt\*innen effizienter sein, eine andere Kultur anzubauen, die weniger Wasser benötigt und trotzdem einen guten Ertrag einbringt.
- Aus den Gesprächen mit den Landwirten und Experten wurden deutlich, welche Möglichkeiten es gibt, die Bewässerung effizienter zu steuern. Dazu zählen der Anbau von Kulturen mit wenig Wasserverbrauch, die Bewässerung zu Tageszeiten mit der geringsten Verdunstung sowie effiziente Bewässerungsmethoden ohne Streuverluste, also ohne, dass Flächenanteile doppelt bewässert werden.

## ERMITTLEMENT DER ERFORDERLICHEN WASSERMENGE

**FORSCHUNGSSINTERESSE:**

Wie kann die Wassermenge für den Wasserhaushalt des Bodens und der Pflanzen effizient ermittelt werden?

**VORGEHEN:**

- Die Wissenschaftler\*innen nutzen die Datenplattform, an die die App den Wasserverbrauch übermittelt, zur Auswertung der erforderlichen Wassermenge. Die Plattform kann mit weiteren Daten aus verschiedenen Forschungsprojekten angereichert werden, z. B. mit Daten aus Bodenfeuchtesensoren oder von Drohnen mit einer Multispektralkamera.
- Die Plattform berechnet auf Basis der gesammelten Daten die benötigte Wassermenge für den Pflanzenanbau und kann mit Beregnungsmaschinen verknüpft werden, um die Bewässerung automatisch zu steuern.

**ERGEBNISSE/ERKENNTNISSE (2024):**

- Die Plattform kann nicht nur den Wasserverbrauch überwachen und Prognosen für die Landwirtschaft erstellen, sondern auch bedarfsgerechte Bewässerungsmengen ermitteln.

## DIGITAL GESTEUERTE NIEDERSCHLAGSNUTZUNG IN STÄDTEN - DIGNIS (TP 2.4)

### FORSCHUNGSSINTERESSE:

- Erstellung lokal und saisonal differenzierter Wasserbilanzen auf Basis vorhandener und zukünftiger digitalen städtischen Systemdaten (Regen, GW-Stände, Temperatur, Wind, Abflussdaten...).
- Bereitstellung und Nutzung von Prognosedaten für Szenarienanalyse in der Quartiersplanung und Bewirtschaftung (Schwerpunkt BGI - blaugrüne Infrastruktur und Erzeugung lokale Wasserbedarfsprognosen und Entwicklung von bedarfs- und verfügbarkeitsgesteuerten Verteilungssystemen).
- Bestimmung der Niederschlagsverfügbarkeit auf Basis von Algorithmen- und modellbasierten Prognosen zur Niederschlagsqualität.
- Zur weiteren Analyse wird aktuell das Wasserbilanzmodell RoGeR\_WBM\_urban angewandt. Im nächsten Schritt soll KI und maschinelles Lernen Prognosen für die zukünftige Niederschlagsverteilung und in dem Zusammenhang auch Evapotranspiration und Grundwasserstände liefern. Dabei soll besonderer Fokus auf die Trockenzeiten und Niederschlagscharakteristika genommen werden, um auf die Weise gezielter Prognosen durchzuführen, die speziell darauf abgestimmt sind, die lokalen Niederschläge und Trockenzeiten abzubilden. Diese können dann in einem Wasserbilanzmodell implementiert werden und so konkretes Wasserdargebot und Bedarfe räumlich differenziert abbilden.

### VORGEHEN:

- Untersuchung zum Einfluss des Betrachtungszeitraums bei der Zeitreihenanalyse für die Berechnung von auslegungsrelevanten Jährlichkeiten/Wiederkehrintervallen im Bereich Regen und Überstau. Am Beispiel Hannover wurden Vorarbeiten zur Charakterisierung des Niederschlags durchgeführt, sodass nun eine Kategorisierung der Ereignisse nach Niederschlag und Trockenzeiten vorliegt, sowie charakteristische Eigenschaften von Niederschlag in Hannover (Saisonalität, Maximale Niederschläge, charakteristische Verläufe von Regenereignissen, etc.). Außerdem wurde die Auswahl der Eingangsdaten für Prognosen und Bemessungsgrößen untersucht: Um Auswirkungen des Klimawandels besser zu erfassen, scheint es sinnvoll nur Daten der letzten 20 Jahre in Prognosen miteinzubeziehen, da diese die dynamischen Einflüsse des Klimawandels deutlicher abbilden können.
- Aufbau eines Trainingsdatensets zur Vorhersage von veränderten kf-Werten auf Basis von Regendaten und Grundwasserständen.
- Ansätze zur Implementierung von Bodenprofilen zur lokal fein differenzierten Anpassung der Versickerungskennwerte.
- Ansätze zur Implementierung von temporären Wasserflächen in die Aufstellung des lokalen Wasserhaushalts im Rahmen der Klimamodellierung.
- Vorhersagegenauigkeit von Prognosedaten - Ansätze einer automatischen Validierung.