K. Fuchs[1], J. Sallwey[2], C. Stefan[2], L. Fuchs[1], N. Ongdas[2]

1) Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH
2) TU Dresden – INOWAS Gruppe

Urbane Wasserwirtschaft:
Deutsche Expertise für kasachische Städte (TERESA)

Einleitung

Die wachsende Stadtbevölkerung Kasachstans hat Auswirkungen auf die natürlichen Ressourcen insbesondere auf das Wasserdargebot (FAO, 2012). Kasachstan wird häufig von Dürreperioden heimgesucht, die den Druck auf die Oberflächen- und Grundwasserressourcen erhöhen (Chen et. al., 2017). Umgekehrt sind die kasachischen Regionen auch anfällig für Überschwemmungen. Sowohl die häufigeren Starkregenereignisse als auch die zunehmende Anfälligkeit für die Trockenheit werden die Intensität von Überflutungen in Zukunft erhöhen (FAO, 2012; ADB & WBG, 2021).
Kasachstan ist von kontinentalem Klima geprägt. In der Hauptstadt Astana beträgt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe 326 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur 3,7 °C (ADB & WBG, 2021, WBG, 2021).

Ziele

Nachhaltige Konzepte zur Bewirtschaftung der urbanen Wasserressource
- Szenario basierte Abschätzung von Wasserbedarf und –versorgung
- Kopplung eines 1D/2D Kanalnetz-Oberflächenabflussmodells mit einem Grundwassermodell
- Anpassung der Modelle auf kontinentales Klima
- Erarbeiten von Methoden zur Abminderung von Klimafolgen auf den urbanen Wasserhaushalt

Konzeptioneller Ansatz

Konzeptionierung eines virtuellen Stadtentwicklungsmodells bestehend aus
a) Modul: Urbanes Regenwassernetz, einschließlich der Oberfläche und Elemente der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung (SUDS)
b) Modul: Konzepte zur künstlichen Grundwasseranreicherung (MAR) für saisonale Wasserspeicher und Hochwasserschutz

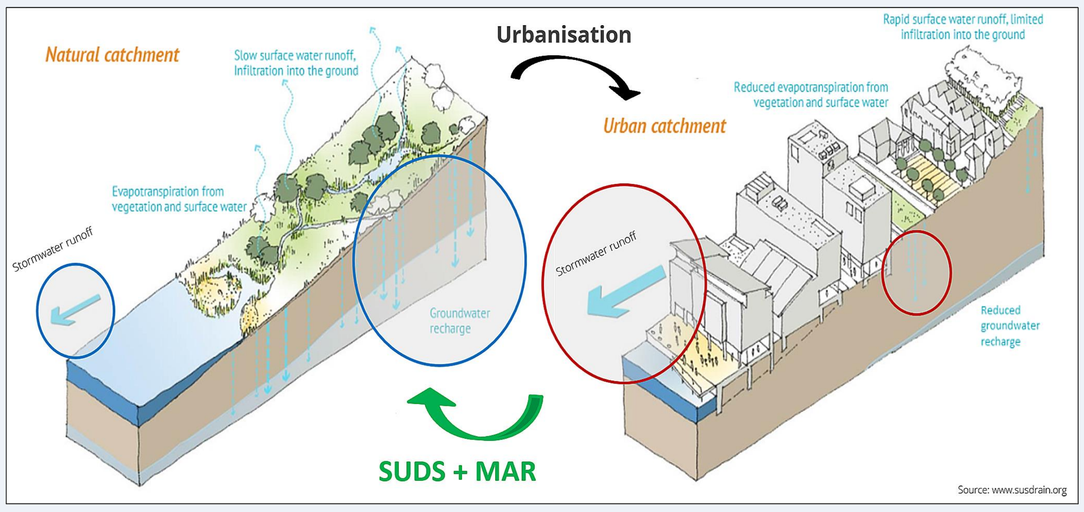

Abbildung 1: Konzeptioneller Ansatz

Modelldaten & Methodik

- Definition Modellgebiete für beide Module
- Festlegen der Teileinzugsgebiete für Grundwasser- und Oberflächenmodell
- Kopplung der Modelle über die Infiltration aus den Teileinzugsgebieten
- Messdaten zur Kalibrierung der Modelle aus lokalem Teststandort
  - Klimadaten
  - Bodenfeuchte Sensoren in SUDS (Mulde und unter Rasengittersteinen)
  - Brunnen zur Messung des Grundwasserstandes, Temperatur
- Klimaprojektionen nach GFDL-ESM4 mit den Szenarien RCP2.5 und RCP8.6 zur Berücksichtigung klimatischer Veränderungen

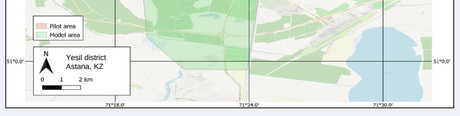

Abbildung 2: Definition der Modellgebiete

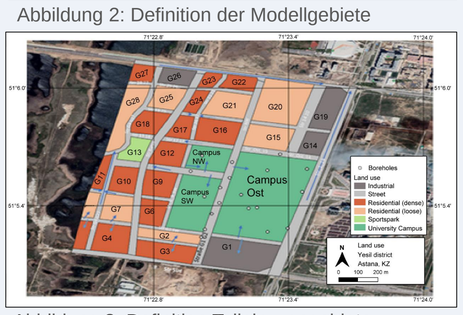

Abbildung 3: Definition Teileinzugsgebiete

Abbildung 5: Links: Mulde mit Sensoren, rechts Klimastation

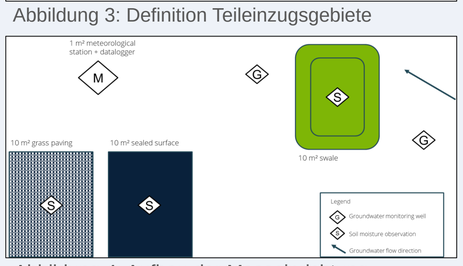

Abbildung 4: Aufbau der Messeinrichtung

Das Oberflächenmodell

- 2 Betrachtungsansätze
  - Gekoppeltes 1D/2D Kanalnetz- und Oberflächenabflussmodell zur Berechnung der Überflutungsgefährdung
  - Konzeptionelles, hydrologisches Modell zur Berechnung der Wasserbilanz
- Simulation verschiedener Modellszenarien
  - Implementierung von SUDS
  - Erhalt von Seen
  - Klimaprojektionen

Abbildung 6: Oberflächenmodell des Testgebiets

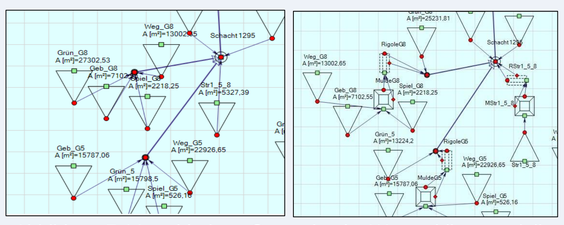

Abbildung 7: Verschiedene Szenarien im Wasserbilanzmodell

Das Grundwassermodell

- Modellierung mit MODFLOW über INOWAS-Webplattform (www.inowas.com)
- Jedes Teileinzugsgebiet erhält individuelle Grundwasserneubildungsrate abhängig von Versiegelungsgrad
- Verdunstungsraten für gesamte Modellgebiet konstant
- Randbedingungen für den Modellrand:
  - anliegende Flüsse
  - Bewässerungskanal
  - natürliche Seen
- Implementierung der Modellszenarien analog zu Oberflächenmodell

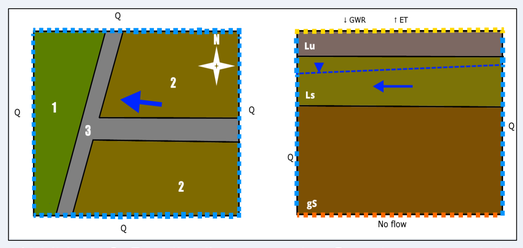

Abbildung 8: Randbedingungen des Grundwassermodells

Erste Ergebnisse

- Ansatz der dynamischen Versickerung im 1D/2D Modell zeigt geringere maximale Wasserstände zu Simulationsende im Vergleich zum konventionellen Versickerungsansatz
- Grundwasserwasserhaushalt durch Infiltration und Evapotranspiration dominiert
- Vollständige Implementierung von SUDS reduziert Abflussvolumen, erhöht Versickerung
- Beispielhafte Implementierung von SUDS in vier Teileinzugsgebieten erhöht Grundwasserneubildungsvolumen um 30%

Abbildung 9: Vergleich der modelltechnischen Versickerungsansätze

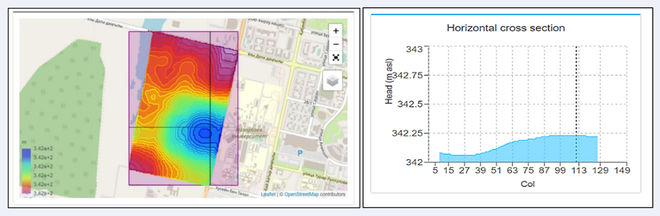

Abbildung 10: Verteilung modellierter Grundwasserspiegel (links), horizontaler Querschnitt (rechts)

Ausblick

- Auswertung der lokalen Feldversuche
- Analyse der Messergebnisse mit Schneeschmelze
- Modellanpassung anhand der Messungen
- Finale Kopplung der Module
- Implementierung der Szenarien zum Erhalt der natürlichen Seen
- Finale Modellierung der „Taldykol model area"

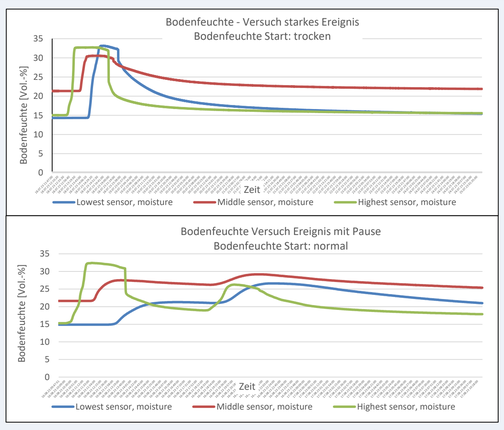

Abbildung 11: Messergebnisse der Bodenfeuchte in Mulde bei verschiedenen Bedingungen

Referenzen
Asian Development Bank (ADB) und World Bank Group (WBG) (2021): Climate Risk Country Profile Kazakhstan.
Chen, F., Mambetov, B., Maisupova, B., Kelgenbayev, N. (2017): Dürreschwankungen in Almaty (Kasachstan) seit 1785 n. Chr. anhand von Fichtenbaumringen. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 31, 2097-2105. https://doi.org/10.1007/s00477-016-1290-y
FAO (2012): AQUASTAT Country Profile - Kazakhstan. Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Rom, Italien.
World Bank Group (WBG) (2021): Climate Change Knowledge Portal – Kazakhstan. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/kazakhstan