

Modellbasierte Untersuchung von Blau-Grüner Infrastruktur – Fallstudie in einem Pilotmodellgebiet in Astana, Kasachstan

Katharina Fuchs¹ & Lothar Fuchs¹

¹ *Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie (Itwh) GmbH, Hannover, Deutschland*

Kurzfassung: In dieser Studie wird mit 2 verschiedenen Modellansätzen die Anwendbarkeit von Blau-Grüner Infrastruktur (BGI) hinsichtlich des Einflusses auf die Überflutung und auf die Wasserbilanz bei zukünftigen Klimaveränderungen in Astana, Kasachstan analysiert. Dabei werden verschiedene Szenarien mit stufenweiser Implementierung von BGI in a) einem gekoppelten 1D/2D Modell und b) in einem hydrologischen, konzeptionellen Modellansatz verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass BGI unter den gewählten Randbedingungen die Ausdehnung der Überflutungsfläche reduziert und einen positiven Einfluss auf die Wasserbilanz hat. Jedoch wird auch deutlich, dass das lokale Klima einen entscheidenden Faktor in der Anwendbarkeit von BGI darstellt. Diese Studie wurde im Rahmen des TERESA Projektes durchgeführt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Förderkennzeichen 02WCL1552B).

Key-Words: Blau-Grüne Infrastruktur, Gekoppelte 1D-2D Modellierung, hydrologische Modellierung, RCP Klimaszenarien,

1 Einleitung

Kasachstan ist ein zentralasiatisches Land mit starkem Wirtschaftswachstum. Die wachsende städtische Bevölkerung hat starke Auswirkungen auf die natürlichen Ressourcen, insbesondere die Wasserressourcen (FAO, 2012). Die unzureichenden Wasserressourcen Kasachstans sind einer der begrenzenden Faktoren, die die nachhaltige Entwicklung des Landes einschränken (Chen et al., 2017). Folgen des stark kontinentalen Klimas sind Dürreperioden, aber auch von Überflutungen in städtischen Gebieten. Diese Situation wird sich in Zukunft durch den Klimawandel und die damit verbundene Zunahme von Starkregenereignissen noch weiter verschärfen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist ein integriertes und nachhaltiges Wassermanagement erforderlich. Ziel dieser Studie ist es, die Anwendbarkeit von BGI in einem ausgewählten Gebiet in Astana, der Hauptstadt von Kasachstan, zu bewerten. Dazu wird die modellbasierte Umsetzung von 3 ausgewählten (BGI)-Maßnahmen in einem Pilotmodellgebiet hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Reduzierung

von Überflutung und ihres Einflusses auf den Wasserhaushalt auch unter Berücksichtigung des möglichen zukünftigen Klimas auf Basis der „Representative Concentration Pathways“ (RCP) des IPCC (2014) analysiert.

2 Methodik und Daten

Für die Umsetzung der BGI wurden drei Elemente ausgewählt und zu verschiedenen Szenarien kombiniert: extensive Gründächer (GR), durchlässiger Oberflächenbelag (PP) und Mulden-Rigolen Elemente (MRE). Gründächer werden auf Dachflächen implementiert, der durchlässige Oberflächenbelag auf Wegen, Parkplätzen und Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen und die Mulden-Rigolen Elemente auf Grünflächen und im Straßenbegleitgrün. Die drei BGI werden zu sieben BGI-Szenarien kombiniert und mit einem Basisszenario ohne BGI (Szenario 0) verglichen.

Tabelle 1: Die verschiedenen BGI-Szenarien dieser Untersuchung.

Element	Szenario			
	BC	GR	PP	MRE
0	-	-	-	-
1	X	-	-	-
2	X	X	-	-
3	X	X	X	-
4	X	X	X	X
5	-	X	-	-
6	-	-	X	-
7	-	-	-	-

In Szenario 1 ist die mit „BC“ gekennzeichnete Fläche eine kleine Teilfläche innerhalb des Untersuchungsgebiets, auf der die drei BGI implementiert werden. Darauf aufbauend sind die Szenarien 2 bis 4. Die höchste Implementierungsstufe der BGI wird durch Szenario 4 repräsentiert. In den Szenarien 5 bis 7 werden die einzelnen BGI für sich betrachtet. Für diese Studie wurden zwei verschiedene Modellansätze gewählt.

2.1 Gekoppeltes 1D-2D-Modell (Kanalnetz-Oberflächenabfluss) (HYSTEM-EXTRAN 2D)

In diesem Modellansatz erfolgt die Untersuchung von Überflutung und Gesamtabfluss mit detaillierter gekoppelter Kanalnetz- Oberflächenabflussberechnung. Dabei wird die dynamische Infiltration auf dem dreiecksbasierten Berechnungsgitter berücksichtigt. Da keine Niederschlagsstatistik für Astana vorliegt, erfolgt die Simulation mit Modellregen des KOSTRA-DWD für Hannover. Es werden zwei Modellregen mit einer Dauer von 60 min und einer Wiederkehrzeit von 5a und 30a ausgewählt, mit Regenhöhen von 23 mm und 3,6 mm. Zusätzlich wird ein Modellregen basierend auf einem natürlichen, lokal gemessenen Ereignis mit charakteristischer Form erzeugt mit einer Dauer von 60 min und einer Niederschlagshöhe von 33,6 mm.

2.2 Hydrologisches, konzeptionelles Modell (KOSIM)

In diesem Modellansatz erfolgt die Analyse der Wasserbilanz mit historischen Zeitreihen und unter Berücksichtigung von zukünftigen Klimabedingungen (RCP 2.6 und RCP 8.5). Zur Berechnung der Wasserbilanz wird zunächst die historische Zeitreihe von 1981 – 2019 in täglicher Auflösung (mittlerer Jahresniederschlag 325 mm/a) verwendet. Aus dieser Zeitreihe wird dann das Jahr mit dem niedrigsten und das Jahr mit dem höchsten Niederschlag für die Klimaprojektionen verwendet. Diese ausgewählten Jahre werden als RCP Szenarien projiziert, sodass jeweils ein Jahr mit niedrigem und ein Jahr mit hohem Niederschlag für beide RCP Szenarien vorhanden ist. Projektion der RCP Szenarien erfolgt um das Jahr 2050.

Tabelle 2: Niederschlagshöhen der gewählten Klimaprojektionen (IPCC (2014) RCP Klimaprojektionen) basierend auf dem CMIP6 (GFDL-ESM4 Modell).

Projection	Year	Percipitation height (mm/a)
RCP 2.6	2048	227,8
	2052	463,65
RCP 8.5	2046	230,75
	2054	631,77

3 Untersuchungsgebiet

Das Pilotmodellgebiet mit einer Größe von 2,5 km² liegt im Südwesten der Hauptstadt Kasachstans, Astana.

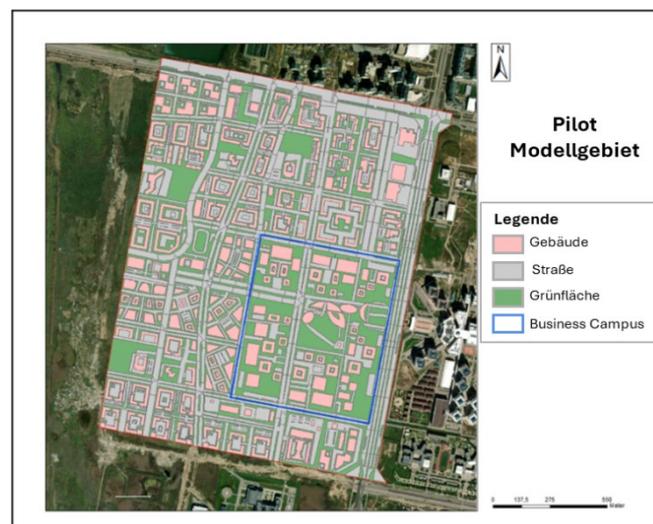


Abbildung 1: Pilot Modellgebiet.

Kasachstan hat ein kontinentales Klima mit Temperaturen zwischen -40 °C im Winter und 40 °C im Sommer. Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 340 mm. Die potenzielle Verdunstung von 800 mm/a wird für alle Simulationen angenommen (Tussapova et al., 2016; Heaven et al., 2007). Zu Beginn des TERESA-Projekts ist das

gesamte Gebiet unbebautes Land mit natürlichen Seeflächen. Der Untergrund besteht aus schluffigem und sandigem Lehm (Popov, 2016). Der erste Grundwasserleiter befindet sich ca. 7 m unterhalb der GOK. Grundlage für die Modellierung ist ein Bebauungsplan mit ausgewiesenen Gebäude-, Straßen- und Grünflächen sowie DGM 12 bzw. DGM 1. Über das Entwässerungssystem liegen keine Informationen vor.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse des gekoppelten 1D-2D Modells zeigen, dass die Implementierung der BGI die Ausdehnung der überfluteten Fläche reduzieren kann. Abbildung 2 zeigt die überflutete Fläche [ha] aller Szenarien, für den Modellregen T=5a links und den Modellregen in der charakteristischen Form T=30a auf der rechten Seite.

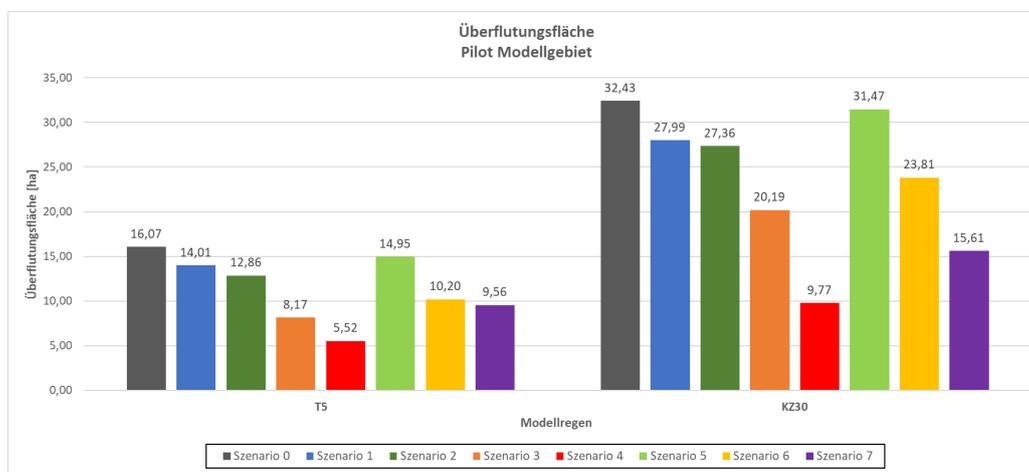


Abbildung 2: Ausdehnung des maximalen Wasserstands für alle Szenarien. Links: Modellregen T5, rechts: charakteristischer Modellregen KZ30.

Die Ergebnisse zeigen, dass die höchste Implementierungsstufe der BGI (Szenario 4, dargestellt in rot) den größten Einfluss auf die Reduzierung der überfluteten Fläche bei beiden Modellregen hat. Im Vergleich zu Szenario 0 (ohne BGI, dargestellt in grau) kann Szenario 4 die überflutete Fläche um ca. 65 % bei T5 (von 16,07 ha auf 5,52 ha) und um ca. 70% bei KZ30 (von 32,43 ha auf 9,77 ha) reduzieren. Insbesondere die direkt an die Mulden-Rigolen Elemente angeschlossenen Straßenflächen weisen deutlich geringere Wassertiefen auf. Auch die Implementierung von einzelnen BGI (Szenarien fünf bis sieben) hat einen deutlichen Einfluss. Insbesondere die Mulden-Rigolen Elemente (in Szenario vier und sieben) können durch die zusätzliche Retention auf der Oberfläche die Überflutung am meisten reduzieren. Die Der Gesamtabflusses am Gebietsauslass wird im Szenario vier um 40% reduziert.

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch für die vereinfachte Wasserbilanz. Exemplarisch dargestellt in Abbildung 3 für alle Szenarien und für die Projektionen basierend auf den Jahren, mit dem höchsten Niederschlag. RCP 2.6 (dargestellt in den

dunkleren Farben) wurde für das Jahr 2052 und RCP 8.5 für das Jahr 2054 (dargestellt in den helleren Farben) projiziert.

Es zeigt sich, dass der Gesamtabfluss (blau) bei Szenario 4 in etwa bei 15% liegt, wohingegen bei Szenario 0 der Gesamtabfluss knapp 40% der Wasserbilanz beträgt. Außerdem wird deutlich, dass die Verdunstung (orange) den entscheidenden Faktor bei der Wasserbilanz darstellt. Bereits in Szenario 0 beträgt die Verdunstung ca. 45% und steigt auf bis zu 60% in Szenario 4 an. Für diese Betrachtung sind die Unterschiede zwischen den beiden RCP Szenarien relativ gering. Sie lassen sich darauf zurückführen, dass der Strahlungsantrieb und die Auswirkungen dessen erst nach dem Jahr 2050 deutlich erkennbar werden

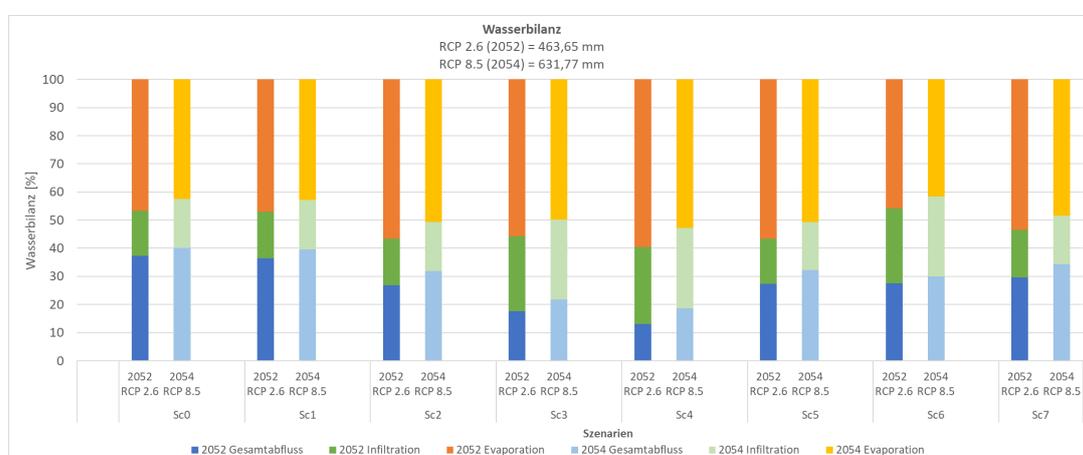


Abbildung 3: Wasserbilanz der RCP Klimaprojektionen für alle BGI Szenarien. RCP 2.6 (dunklere Farben), RCP 8.5 (hellere Farben).

Die verwendete Parametrisierung scheint für diesen Modellansatz der vereinfachten Verdunstungsberechnung gute Ergebnisse zu liefern. Für zukünftige Berechnungen der Wasserbilanz wären weitere Anpassungen in der Berechnung der Verdunstung. Zusätzlich erfolgte nur eine leicht vereinfachte Berücksichtigung des Schnees bzw. der Schneeschmelze, da keine Daten zu der Schneeräumung oder Schneehöhe vorlagen. Eine zusätzliche Limitation dieser Studie ist, dass das Kanalnetz entsprechend den örtlichen Richtlinien selbst dimensioniert wurde. Langfristig ist eine Parameterstudie unter den lokalen klimatischen Bedingungen sinnvoll, da insbesondere die Verdunstung einen großen Einfluss hat. Auch zeitlich und räumlich höher aufgelöste Niederschlags- und Temperaturdaten wären wünschenswert.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Studie zeigt, dass die Anwendung von BGI in Astana einen positiven Aspekt hat: Der Gesamtabfluss und die überflutete Fläche können reduziert werden. Je mehr Fläche durch BGI ersetzt wird, desto mehr Abfluss kann zurückgehalten werden und desto weniger Fläche wird überflutet. Ähnliche Aussagen lassen sich auch aus den Ergebnissen der Wasserbilanz ableiten. Je höher der Umsetzungsgrad der BGI ist,

desto geringer ist der Abfluss. Je nach umgesetzter BGI erhöht sich auch die Versickerung oder Verdunstung. Die Wasserbilanzberechnungen zeigen jedoch, dass die Verdunstung die Hauptkomponente in der Wasserbilanz ist. Aus diesem Grund sollte die Frage untersucht werden, inwieweit offene, verdunstungsfähige BGI-Elemente dort einsetzbar sind oder ob eine Kombination aus BGI und grauer Infrastruktur unter den klimatischen Bedingungen sinnvoll ist. Da Astana in einer Steppenlandschaft liegt, sollte die Verdunstung langfristig geringgehalten und verschiedene Elemente zur Speicherung und Wiederverwendung von Niederschlagswasser eingesetzt werden. Im Rahmen des Projekts wurde eine eigene Klimastation eingerichtet und Bodenfeuchtesensoren in einem Mulden-Rigolen-Element, einer Fläche mit durchlässigem Belag und einer Referenzfläche eingesetzt. Diese Messdaten sollen in Zukunft weitere Informationen über das Verhalten der ausgewählten Elemente unter den vorherrschenden klimatischen Bedingungen liefern.

6 Literatur

- Chen, F., Mambetov, B., Maisupova, B., Kelgenbayev, N. (2017): Drought variations in Almaty (Kazakhstan) since AD 1785 based on spruce tree rings. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 31, 2097-2105.
<https://doi.org/10.1007/s00477-016-1290-y>
- FAO (2012): AQUASTAT Country Profile - Kazakhstan. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Heaven, S.; Banks, C.J.; Pak, L.N.; Rsoaev, M.K. (2007): Wastewater reuse in central Asia: implications for the design of pond systems. *Water Sci Technol* 2007, 55 (1-2): 85–93.<https://doi.org/10.2166/wst.2007.061>
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Popov, W.N. (2016) TECHNICAL REPORT of an engineering survey on the site: 'Drainage of the construction site of the Nazarbayev University Science Park in Astana'. Karaganda, Kazakhstan: KARAGANDAGIZ & Co* LLP.
- Tussapova, K.; Hjorth, P.; Berndtsson, R. (2016): Access to Drinking Water and Sanitation in Rural Kazakhstan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13(11), 1115. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111115>

Korrespondenz an:

Katharina Fuchs
Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH,
Engelbosteler Damm 22, 30167 Hannover, Deutschland
Telefon: +49 511-97193775:
E-Mail: k.fuchs@itwh.de