

GIS-basierte Bedarfsanalyse zur Identifizierung geeigneter  
Blau-Grüner Infrastruktur Standorte auf stadtweiter Ebene

S. REINSTALLER\*, A .W. KÖNIG, M. SAVANOVIC und D. MUSCHALLA

\*Korrespondenz an: [stefan.reinstaller@tugraz.at](mailto:stefan.reinstaller@tugraz.at)

### Einleitung

Der rasch fortschreitende Klimawandel ist ein kontinuierlicher Treiber für eine Häufung an Überflutungsereignissen (Maraun et al., 2022). Auch mit zunehmender Häufigkeit auftretende Hitzerekorde wie eine steigende Anzahl an Tropennächten und Tagen mit Temperaturen über 30 Grad in städtischen Gebieten sind eine Folge des Klimawandels (Goler 2020; GeoSpere Austria 2024). Aus diesem Grund sind sowohl die Niederschlagswasserbewirtschaftung als auch die Stadtplanung angehalten, Maßnahmen zu ergreifen und in das städtische System bestmöglich zu integrieren. Dabei werden den Anlagen der Blau-Grünen Infrastruktur (BGI) eine immer größere Rolle zugeordnet (O’Donnell et al., 2021). Aus diesem Grund verfolgen immer mehr Städte das Ziel, BGIs großflächig in das Stadtgebiet zu integrieren. Dabei stellt sich allerdings die Frage, welche Standorte im gesamten Stadtgebiet priorisiert werden sollten. Vergangene Studien haben die Standortwahl Blau-Grüner Infrastrukturanlagen hinsichtlich der Optimierung der Mischwasser-überläufe untersucht (Torres et al., 2021). Im städteplanerischen Kontext sind jedoch auch Starkregenrisiko, Versiegelungsgrad und das Mikroklima entscheidende Randbedingungen für die Implementierung von BGIs. Aus diesem Grund ist eine großmaßstäbliche Bedarfsanalyse notwendig, um Standorte zu identifizieren, welche zum einen eine hohe Gefährdung hinsichtlich Überflutungen und zum anderen hohe Oberflächentemperaturen (Hitzeinseln) aufweisen. Im Zuge des Forschungsprojektes PeriSponge wird eine Kombination dieser beiden Zielgrößen angestrebt, um eine großmaßstäbliche Karte erstellen zu können, welche das Standortpotential im Gebiet identifiziert und durch die so eine großmaßstäbliche Planung möglich wird. Ein solches Werkzeug bietet vor allem Abteilungen der städtischen Verwaltung die Möglichkeit, bedarfsorientiert BGI Standorte auswählen zu können.

### Methodik

Zur Bewertung des Überflutungsrisikos wird der Topografic Control Index (TCI) herangezogen. Als Indikator für Hitzeinseln wird die regional gemittelte Oberflächentemperatur verwendet. Beide Ergebnistrasterdaten werden über geostatistische Analysen mit der Software QGIS 3.34.3 erstellt. Dadurch ist es möglich großmaßstäbliche Untersuchungen durchzuführen. Die Ergebnistrasterdatensätze werden anschließend miteinander kombiniert und daraus eine Bedarfskarte für BGI Maßnahmen erstellt. Für diese Analyse wurde ein automatisierter Workflow (**BGIsite**) bestehend aus bekannten sowie mit PYQGIS neu entwickelten geostatistischen Funktion in QGIS entwickelt (Abbildung 1). Dadurch ist es möglich für jedes Einzugsgebiet, bei gegebener TCI und Oberflächentemperatur, eine Bedarfskarte sehr schnell zu erstellen.

#### Topographic Controll Index

Der von Huang et al. (2019) vorgestellte TCI ist eine Weiterentwicklung des D8-Algorithmus zur Fließweganalyse und des in der Hydrologie etablierten Topographic Wetness Index (TWI). Für die Berechnung des TCIs werden drei Parameter benötigt, welche jeweils auf dem DGM basieren (Gl.1): i) Senkenvolumen in einer Zelle (V); ii) Neigung des darüberliegenden Einzugsgebietes (S); iii) Einzugsgebietsfläche (A). Der errechnete TCI ist dabei nicht dimensionslos, sondern hat die Einheit  $ln(m^{-1})$ . Ein hoher Wert deutet auf eine hohe und ein niedriger Wert auf eine geringe Gefährdung hin.

$$TCI = ln\left(\frac{A * \sqrt{S}}{V}\right)$$

Gl.1

TCI = Topografic Controll Index; A = Einzugsgebietsfläche; S = Neigung des Einzugsgebietes; V = Senkenvolumen

#### Überlagerung

Für die Kombination der beiden Zielgrößen werden diese mit Hilfe geostatistischer Analyse in vier Klassen klassifiziert (0: kein Bedarf, 1: geringer Bedarf; 2:hoher Bedarf ; 3: Sehr hoher Bedarf). Wobei als Grenzwerte für die Klassen die 25, 50 und 90 Prozent Perzentilen verwendet werden. Da für die Dimensionierung von BGI Maßnahmen vor allem das zugehörige Abflusseinzugsgebiet eine große Rolle spielt, werden in einem ersten Schritt die lokalen Maxima einer abgeschlossenen TCI Fläche bestimmt. Von diesem Punkt ausgehend wird das abflussrelevante Einzugsgebiet mittels Fließweganalyse bestimmt, wobei dem gesamten Einzugsgebiet der Wert des lokalen Maximum zugeordnet wird. Ebenso wird für die Oberflächentemperatur nicht der Wert einer Rasterzelle für die Klassifizierung herangezogen, sondern der Mittelwert der umliegenden Rasterzellen (30 x 30 Meter). Die beiden resultierenden Rasterdatensätze weisen einen Wertebereich zwischen 0 und 3 auf und werden in Anschluss multiplikativ kombiniert. Als Ergebnis wird eine zweidimensionale Prioritätsmatrix mit einem Wertebereich zwischen 0 und 9 berechnet, wobei die Werte 0 Standorte mit keinem Bedarf an BGI Maßnahmen und 9 Standorte mit hohem Bedarf darstellen.

### Literatur

Back Y., Bach P. M., Jasper-Tönnies A., Rauch W., & Kleidorfer M. (2021) A rapid fine-scale approach to modelling urban bioclimatic conditions. Science of The Total Environment, 756, 143732. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720372636> (Zugegriffen 15. März 2024).

GeoSpere Austria Hitze - Das Auftreten hoher Temperaturen wird häufiger. [online] <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/alpenraum/hitze>.

Goler R. (2020) Ensemble calculations of „Summer Days“ from EURO-CORDEX data for Europe. [online] <https://zenodo.org/record/3631582> (Zugegriffen 15. März 2024).

Huang H., Chen X., Wang X., Wang X., & Liu L. (2019) A Depression-Based Index to Represent Topographic Control in Urban Pluvial Flooding. Water, 11, 2115.

Maraun D., Knevels R., Mishra A., Truhetz H., Bevacqua E., Proske H., Zappa G., Brenning A., Petschko H., Schaffer A., Leopold P., & Puxley B. (2022) A severe landslide event in the Alpine foreland under possible future climate and land-use changes. Communications Earth & Environment, 3, 87.

O’Donnell E., Netusil N., Chan F., Dolman N., & Gosling S. (2021) International Perceptions of Urban Blue-Green Infrastructure: A Comparison across Four Cities. Water, 13, 544.

Reinstaller, Stefan, Fabian Funke, Albert Willhelm König, Markus Pichler, Manfred Kleidorfer, und Dirk Muschalla. 2024. „Resilient Urban Flood Management: A Multi-Objective Assessment of Mitigation Strategies“. Sustainability 16 (10): 4123. <https://doi.org/10.3390/su16104123>.

Richter M. & Dickhaut W. (2023) Long-Term Performance of Blue-Green Roof Systems—Results of a Building-Scale Monitoring Study in Hamburg, Germany. Water, 15, 2806.

Statistik Austria (2024) Bevölkerung und Soziales - Bevölkerungsstand Feldbach. [online] <https://www.statistik.at/atlas/blick/#> (Zugegriffen 5. Februar 2024).

Torres M. N., Fontecha J. E., Walteros J. L., Zhu Z., Ahmed Z., Rodríguez J. P., & Rabideau A. J. (2021) City-scale optimal location planning of Green Infrastructure using piece-wise linear interpolation and exact optimization methods. Journal of Hydrology, 601, 126540. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169421005874> (Zugegriffen 8. März 2024)

Basierend auf der resultierenden Bedarfskarte (Abbildung 3) können effektive BGI Strategien entwickelt werden, um die Resilienz von urbanen EZG gegenüber Hitzeinseln und urbanen Überflutungen zu erhöhen.

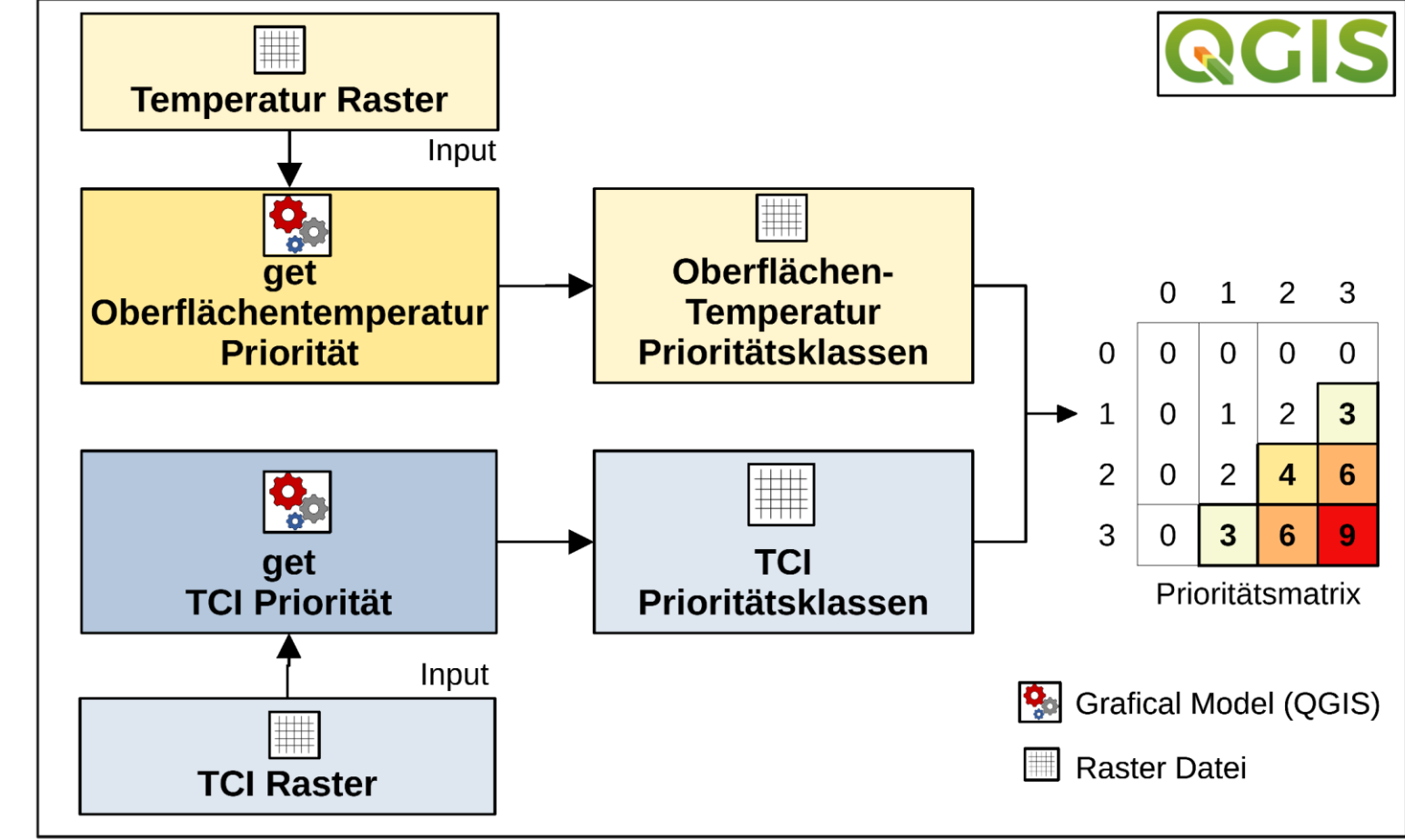


Abbildung 1: Übersicht zum Workflow des BGIsite Tool zum Erstellen einer Bedarfskarte für geeignete BGI Standorte

### Ergebnisse und Diskussion

Die vorgestellte Methodik zur Erstellung einer Bedarfskarte für BGI Standorte wird im urbanen EZG der Fallstudie Feldbach getestet und es wird sowohl eine Karte mit der Klassifizierung der TCI Einzugsgebiete, der Oberflächentemperaturkurven sowie der Überlagerung erstellt (Abbildung 3). Zusätzlich werden die TCI Überflutungsflächen mit einem validierten 1D-2D Modell (Reinstaller et al., 2024) anhand einer Konfusionsmatrix verglichen (Abbildung 2).

#### Fallstudie Feldbach

Die vorgestellte Methodik wird im Rahmen der Fallstudie Feldbach getestet. Das gesamte Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von 67,12 km² und die Einwohnerzahl liegt im Jahr 2023 bei 13 421 Einwohner: innen, wobei die Gemeinde seit 1991 mit einem Zuwachs von 12 Prozent umgehen muss (Statistik Austria, 2024). Die Gemeinde kann in einem nördlichen und südlichen Teil unterteilt werden, wobei der Fluss Raab die Grenze und den tiefsten Punkt dargestellt..

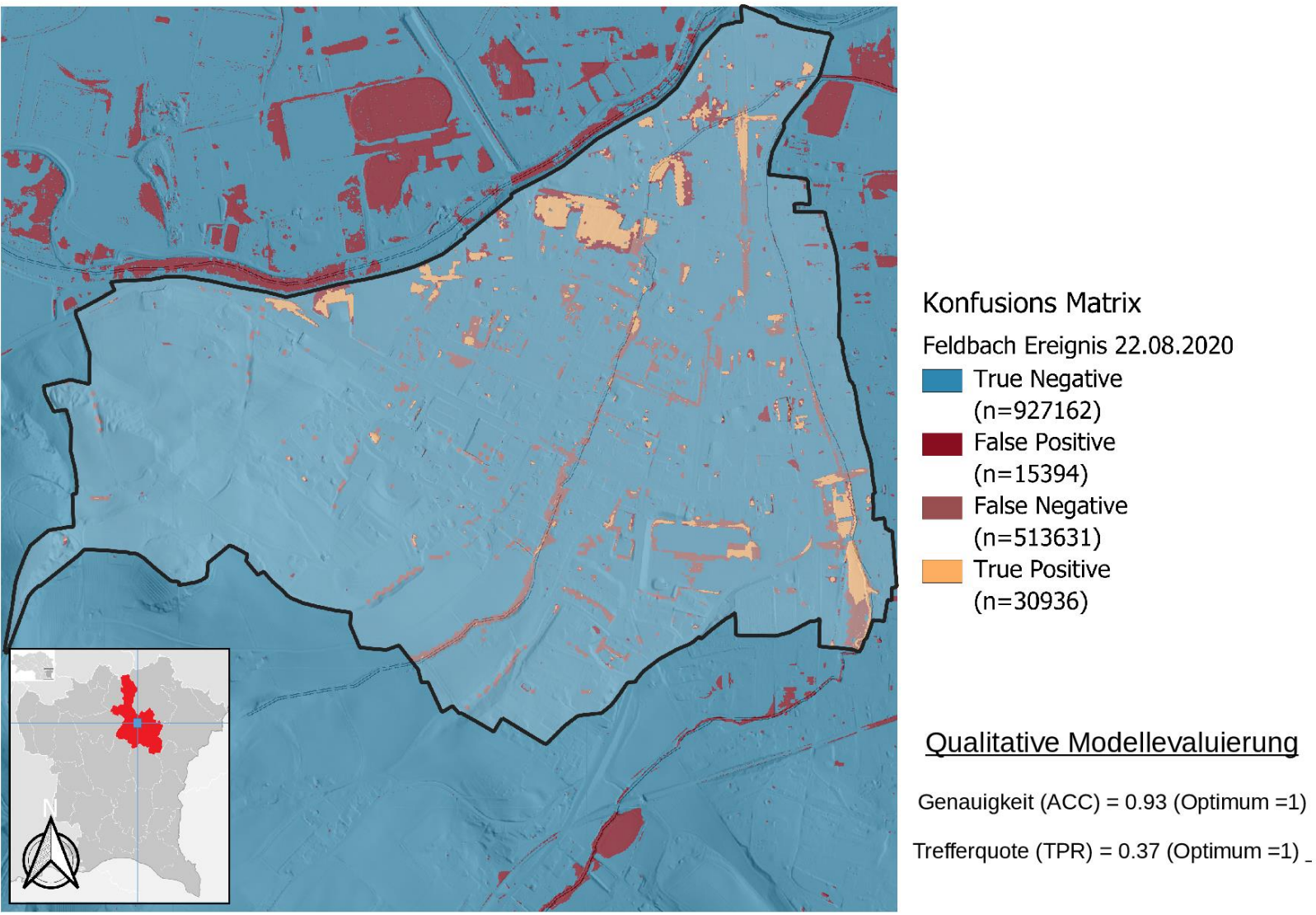
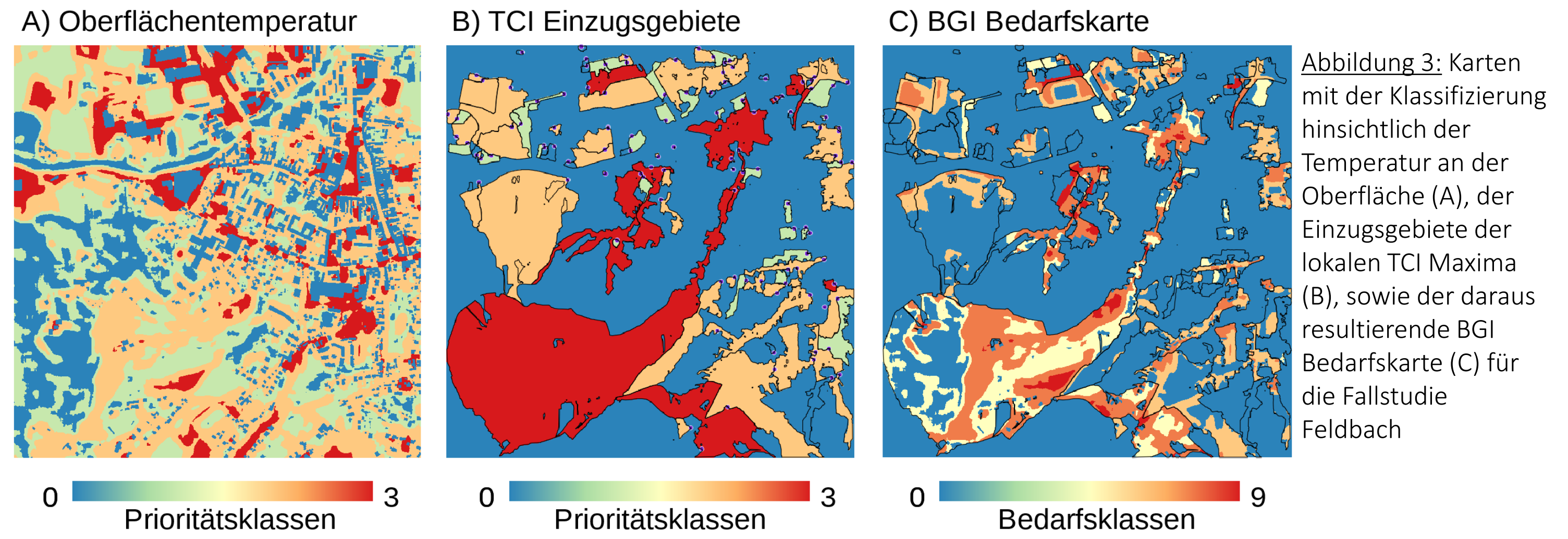


Abbildung 2: Modelvergleich zwischen der Überflutungsflächen basierend auf dem TCI Ansatz und einem validierten 1D-2D integrierten Überflutungsmodell in der Fallstudie Feldbach



Um die Wirksamkeit der vorgestellten Methodik zu quantifizieren wird anhand der erstellten Bedarfskarte ein Modellszenario für hydrologisch optimierte Retentionsbecken erstellt und anhand des von Reinstaller et al. (2024) entwickelten Wirksamkeitsmaß bewertet. Das Modellszenario (12 auf T=100a vordimensionierte Retentionsbecken) wird anschließend sowohl in das bestehende 1D-2D Modell als auch in ein vorhandenes hydrologisches Modell implementiert und die relativen Abweichungen hinsichtlich der Überflutungsflächen, dreier Entwässerungszielgrößen sowie der Wasserbilanz bestimmt. Zusätzlich wird das Szenario mit einem bereits vorhanden Szenario verglichen, welches zwei Rückhaltebecken (dimensioniert auf T=100a) in den beiden angrenzenden ruralen Außengebiete enthält. Die Ergebnisse zeigen, dass die 12 Retentionsbecken basierend auf den Standorten der Bedarfskarte, deutlich höhere relative Abweichungen aufweisen als jene der beiden Rückhaltebecken in den Außengebieten (Abbildung 4).

### Schlussfolgerung

Die vorgestellte Methodik beschreibt eine Möglichkeit, wie Überflutungskarten und Mikroklimakarten miteinander automatisiert überlagert werden können, um eine großmaßstäbliche Bedarfskarte für BGI Strategien zu erstellen. Dies wurde erfolgreich innerhalb des FFG Projektes PeriSponge in Feldbach umgesetzt. Die ersten Ergebnisse einer bedarfsorientierten Standortwahl zeigen sehr gute Ergebnisse, um die Resilienz im Einzugsgebiet zu erhöhen. Zukünftige Szenarienvergleiche sind geplant, um diese Erkenntnisse noch weiter zu untersuchen.

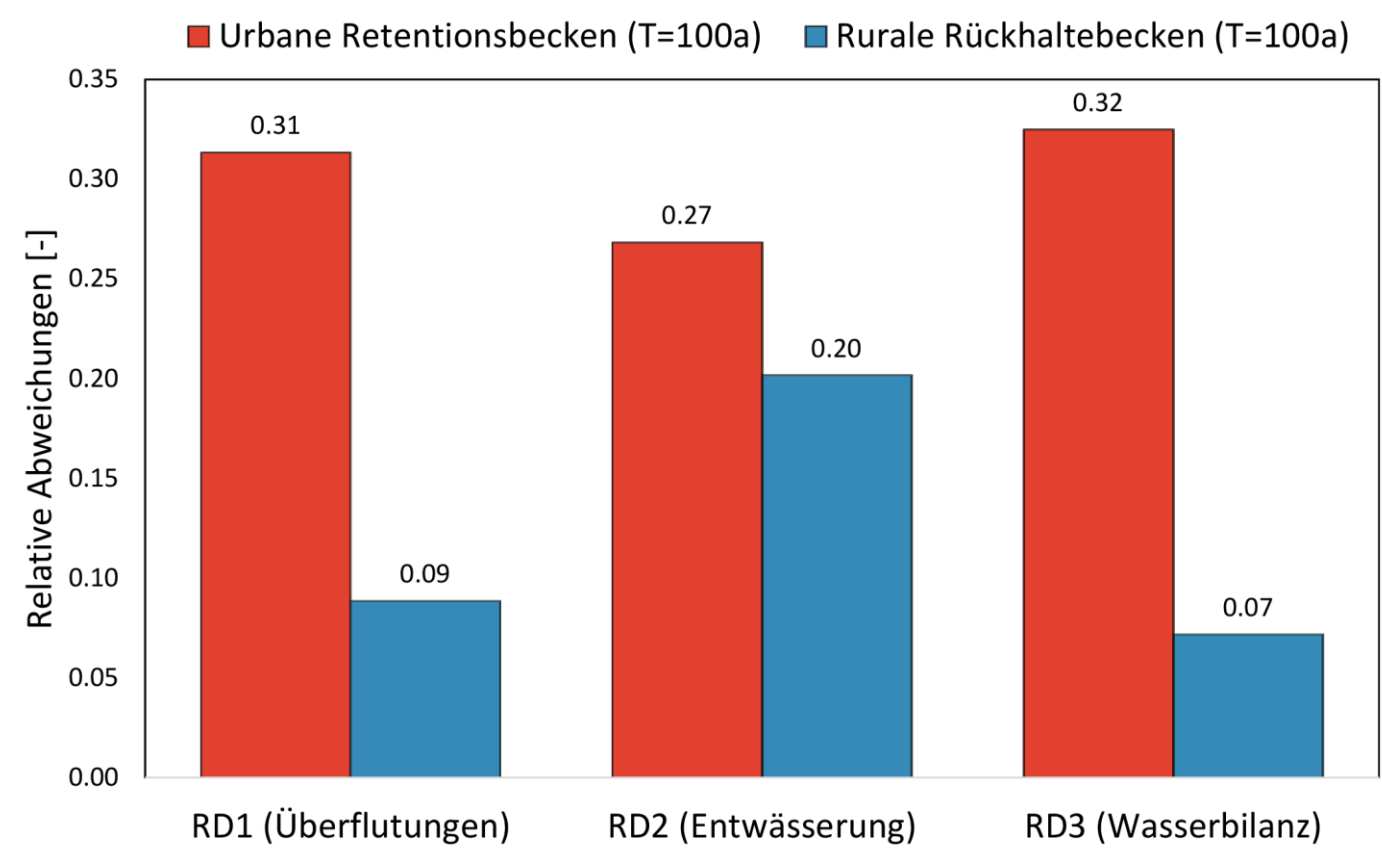


Abbildung 4: Relative Abweichungen zum IST-Zustand der Szenarien urbaner Retentionsbecken und zweier klassischen Rückhaltebecken in den Außengebieten