

Fuzzy-Bayessches-Netzwerk (FBN) zur Messung kommunaler Resilienz

Ing. Moritz Watermann, M.Sc. | Dr.-Ing. Frederik Schütte

Relevanz und Fragestellung

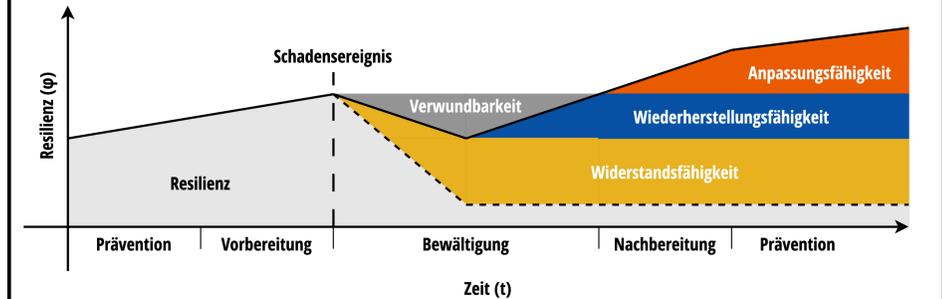
Städten und Gemeinden kommt eine tragende Rolle im Umgang mit Krisen und Schadensereignissen zu. Kommunen, die den Auswirkungen von Krisen und Schadensereignissen besonders gut widerstehen, ihre Funktionsfähigkeit schnell wiederherstellen und sich an die neuen Gegebenheiten anpassen, werden in der Literatur als *resilient* bezeichnet (Bautista-Puig et al. 2022). Trotz Unstimmigkeiten, welche Eigenschaften eine resiliente Stadt oder Gemeinde beschreiben, wurden seit den 2000er Jahren Verfahren zur Messung von kommunaler Resilienz entwickelt (Cutter 2016). Die bisherigen Verfahren zeigen Defizite, da sie jeweils nur qualitative oder quantitative Indikatoren berücksichtigen oder diese nicht gewichten. Der Einsatz eines Fuzzy-Bayesschen-Netzwerkes (FBN) für die Messung kommunaler Resilienz bietet daher den Vorteil, dass qualitative und quantitative Indikatoren berücksichtigt und gewichtet werden können.

Forschungsfragen:

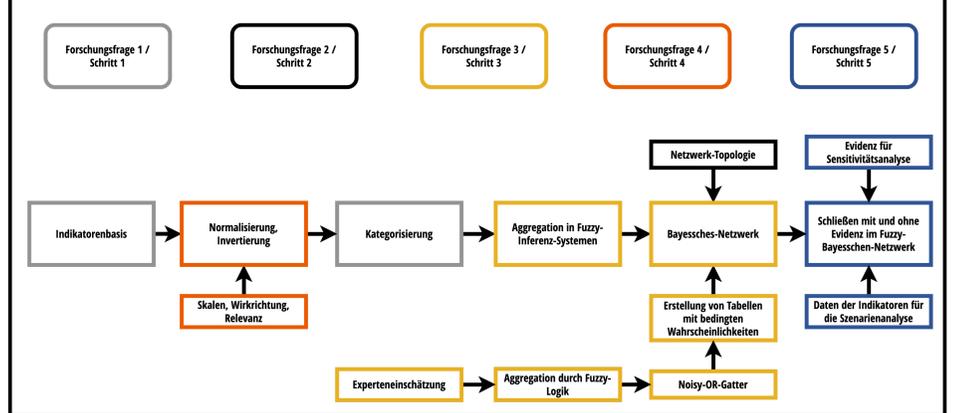
1. Mit welchen Indikatoren kann die Resilienz von Städten und Gemeinden in einem Fuzzy-Bayesschen-Netzwerk gemessen werden?
2. Wie lassen sich die Indikatoren für kommunale Resilienz mit den Resilienz-Komponenten in eine Netzwerk-Topologie als Framework der kommunalen Resilienz einordnen?
3. Wie lässt sich aus der Netzwerk-Topologie der Resilienz-Indikatoren und -Komponenten ein Fuzzy-Bayessches-Netzwerk für die Quantifizierung kommunaler Resilienz programmieren?
4. Welche Skalen und Schwellenwerte lassen sich für die Resilienz-Indikatoren heuristisch entwickeln beziehungsweise empirisch aus der Literatur ableiten?
5. Welche Indikatoren haben in dem entwickelten und evaluierten Fuzzy-Bayesschen-Netzwerk den größten Einfluss auf die kommunale Resilienz und wie verhält sich das Fuzzy-Bayessche-Netzwerk bei Veränderungen der Eingangsvariablen?

Methoden

Grundlage für den Aufbau der Netzwerk-Topologie bildet das Verständnis von Resilienz (resilience capacity) als Quotient von Erholung (recovery capacity) geteilt durch Verlust (loss capacity) (Henry und Ramirez-Marquez 2012). Auf dieses System wirken die drei Resilienz-Komponenten Widerstandsfähigkeit, Wiederherstellungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichen Stellen ein (Hossain et al. 2019). Als zusätzliche Komponente wird Verwundbarkeit (vulnerability) in die Netzwerk-Topologie aufgenommen.

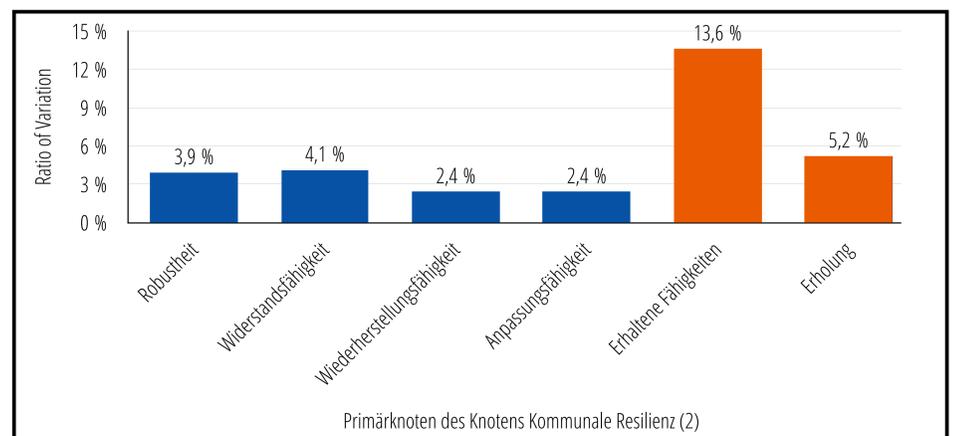
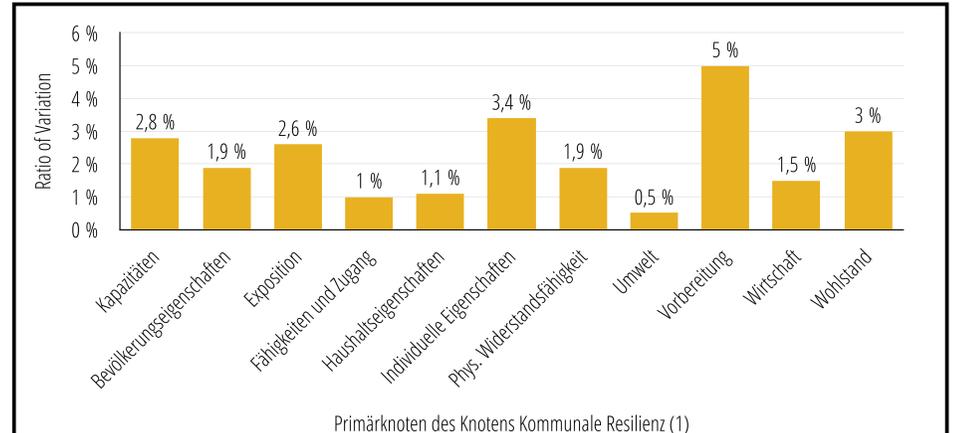
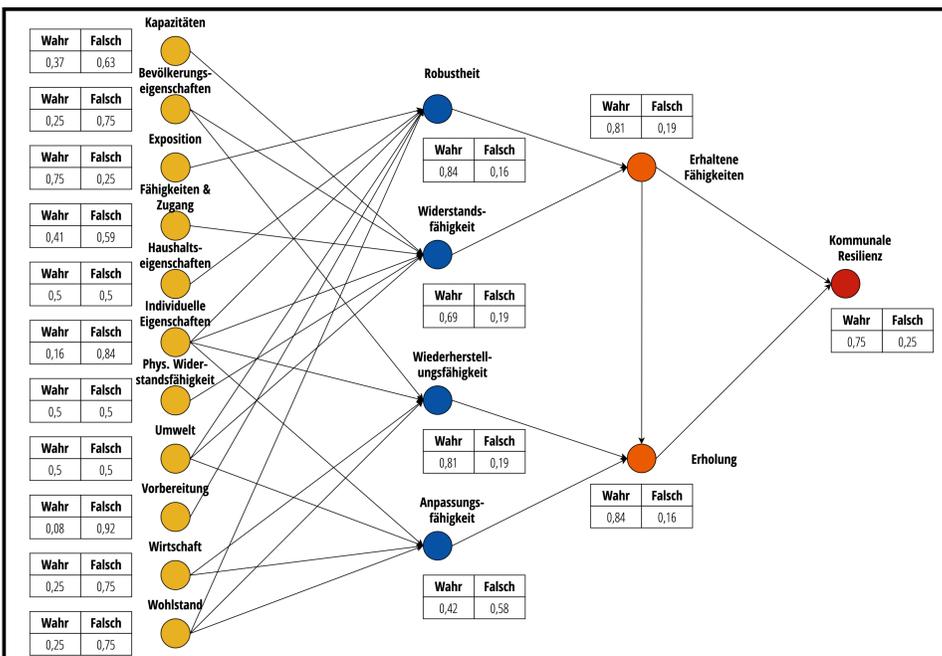


Vorgehen bei der Entwicklung und Evaluation des FBN:



Ergebnisse

Das Ergebnis einer Szenarioanalyse ist unten graphisch aufbereitet. Dabei wurden randomisierte Werte für die einzelnen Indikatoren festgelegt. Die im Rahmen der Sensitivitätsanalyse ermittelte Ratio of Variation (RoV) der einzelnen Primärknoten des Knotens *Kommunale Resilienz* ist rechts dargestellt. Es wird deutlich, dass die Knoten *Vorbereitung* und *Erhaltene Fähigkeiten* über den größten Einfluss auf die kommunale Resilienz verfügen.



Diskussion und Fazit

Mit dem entwickelten FBN wird die Resilienz von Städten und Gemeinden anhand quantitativer und qualitativer Indikatoren gemessen. Um subjektive Einflüsse zu reduzieren, kann das aktuell noch expertengetriebene Verfahren zukünftig auf ein datengetriebenes Verfahren erweitert werden. Mit den Weiterentwicklungen des Fuzzy-Bayesschen-Netzwerkes ist es möglich, die Defizite von Städten und Gemeinden im Hinblick auf ihre Resilienz zu erkennen, Handlungsfelder zu identifizieren und Maßnahmen zu evaluieren.

Literatur

- Bautista-Puig, NÚria; Benayas, Javier; Mañana-Rodríguez, Jorge; Suárez, Marta; Sanz-Casado, Elías (2022): The role of urban resilience in research and its contribution to sustainability. In: *Cities* 126, S. 103715. DOI: 10.1016/j.cities.2022.103715.
- Cutter, Susan L. (2016): The landscape of disaster resilience indicators in the USA. In: *Nat Hazards* 80 (2), S. 741–758. DOI: 10.1007/s11069-015-1993-2.
- Henry, Devanandham; Ramirez-Marquez, Jose Emmanuel (2012): Generic metrics and quantitative approaches for system resilience as a function of time. In: *Reliability Engineering & System Safety* 99, S. 114–122. DOI: 10.1016/j.res.2011.09.002.
- Hossain, Niamat Ullah Ibne; Nur, Farjana; Hosseini, Seyedmohsen; Jaradat, Raed; Marufuzzaman, Mohammad; Puryear, Stephen M. (2019): A Bayesian network based approach for modeling and assessing resilience: A case study of a full service deep water port. In: *Reliability Engineering & System Safety* 189, S. 378–396. DOI: 10.1016/j.res.2019.04.037.