

Gefahren für die kritischen Infrastrukturen

Aufgrund ihrer Relevanz sind die kritischen Infrastrukturen besonders schützenswert, weshalb das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) den sogenannte All-Gefahren Ansatz anwendet. Mit diesem sollen alle möglichen Gefahrenarten im Zuge des Risiko- und Krisenmanagements berücksichtigt werden, wobei hauptsächlich zwei Gefahrenkategorien in den Fokus rücken:

- natürliche Gefahren, z. B. Stürme, Hochwasser und Epidemien
- anthropogene Gefahren, wie Unfälle, Sabotage und Terrorismus

Die möglichen Schäden sind ebenfalls so zahlreich wie die Gefahren, wobei im folgendem Beispiele für Schäden durch Hochwasser aufgeführt werden:

- Beschädigung der im Einzugsgebiet des Gewässers gelegenen kritischen Infrastruktureinrichtungen
- Beschädigung wichtiger Transportwege wie Straßen und Schienen
- Beeinträchtigung der Wasserversorgung durch Kontaminierung des Trinkwassers bzw. Überlastung der Abwasserbehandlung.

Aufgrund der Vernetzung der kritischen Infrastrukturen kann sich die lokale Beeinträchtigung auch auf das restliche Netz auswirken. Das BBK definiert hierbei drei Effekte:

- Der Dominoeffekt beschreibt die Beeinträchtigung eines Sektors aufgrund eines eingetretenen Ereignisses in einem anderen Sektor, wobei dies nicht auf einen Folgesektor beschränkt ist, sondern sich weiter durch das System bewegen kann
- Bei der Interdependenz wirkt sich die Beeinträchtigung eines Folgesektors wieder auf den ursprünglich betroffenen Sektors aus
- Der Kaskadeneffekt ähnelt dem Dominoeffekt, wobei die Beeinträchtigung des Folgesektors schwerer ausfällt als die im ursprünglichen Sektor. Auch hier kann sich die Beeinträchtigung weiter durch das System fortbewegen [3, 4].

Datenerhebung

Die Grundlage für die spätere Modellierung der kritischen Infrastruktur und die anschließende Auswertung der Folgen stellt die Datenerhebung dar. Ziel ist eine möglichst detailliertes Wissen über die Position, Art und Vernetzung der kritischen Infrastruktur in einem Einzugsgebiet. Für die Datenerhebung werden drei Methoden verwendet:

- Hauptquelle ist das Tool QuickOSM für QGIS, mit dem Einrichtungen aus der Open-Street-Maps-Datenbank gesucht und als Punkt-, Linien- und Polygon-Dateien in QGIS dargestellt werden können.
 - Daneben wird ein Open-Street-Maps-Datensatz des Regierungsbezirks Köln von Nordrhein-Westfalen, in dem die beiden Untersuchungsgebiete Vicht und Rur liegen, verwendet.
 - Abgerundet und ergänzt wird die Datenerhebung durch eine Internetrecherche
- Für beide Einzugsgebiete wurden dieselben Suchen durchgeführt, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können. Auch erfolgt eine erste Überprüfung der Daten auf Relevanz.

Einleitung

Ein Hochwasser hat nicht nur Folgen für die Bevölkerung im Einzugsgebiet des Ereignisses, sondern kann sich auch auf die nicht unmittelbar betroffene Allgemeinheit auswirken. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn besondere Einrichtungen beeinträchtigt werden, die die grundlegenden Bedürfnisse modernen Lebens wie Strom, Wasser oder auch Sicherheit garantieren: die sogenannten kritischen Infrastrukturen. Da diese Einrichtungen miteinander vernetzt und teilweise auch voneinander abhängig sind, kann eine Beeinträchtigung sich auf das gesamte Netz und damit nicht nur auf das ursprüngliche, von dem Störereignis betroffene Gebiet auswirken. Dies zeigte sich beispielsweise beim Sommerhochwasser 2021, weswegen die kritischen Infrastrukturen stärker beim Hochwasserrisikomanagement berücksichtigt werden sollen.

Eine Möglichkeit hierfür bietet das BMBF-Forschungsprojekt PARADES, in dem eine Methode entwickelt wird, um die Folgen von kaskadierenden Effekten, ausgelöst durch Hochwasser, auf die kritischen Infrastrukturen zu untersuchen. Im Rahmen dieser Arbeit wird der PARADES-Ansatz für das Sommerhochwasser 2021 in Deutschland, entweder im Einzugsgebiet der Rur oder der Vicht, angewendet. Dieser umfasst die Datenerhebung von kritischen Infrastrukturen in einem Einzugsgebiet, die Modellierung dieser und die Auswertung der Auswirkungen durch das gewählte Hochwasserereignis. Die Datenerhebung und Darstellung der kritischen Infrastruktur erfolgt über das geographische Informationssystem (GIS) QGIS, die Auswertung übernimmt das Programm ProMAIDES, welches Bestandteil des BMBF-Forschungsprojekts PARADES ist.

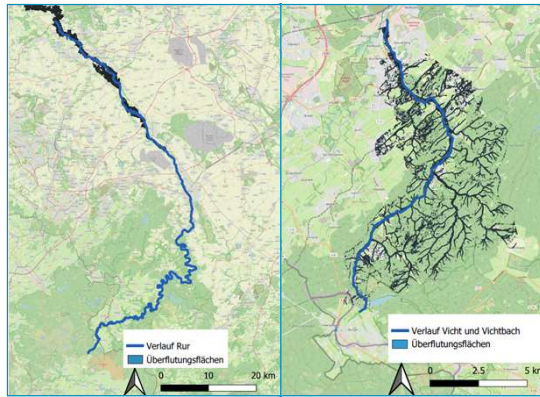


Bild 1: Überflutungsfächen an der Rur Bild 2: Überflutungsfächen an der Vicht

Modellierung

Die Modellierung der kritischen Infrastruktur im ausgewählten Einzugsgebiet besteht aus vier Schritten:

- Die finale Auswertung der erhobenen Daten und Sortierung nach Bereichen der kritischen Infrastruktur. Anschließend werden die Daten um einen Wasserstand, ab welchem die Einrichtung beeinträchtigt wird, sowie die Dauer bis zum Wiedererlangen der Funktion ergänzt. Das Ergebnis ist ein Punkt-Layer in QGIS und in Bild 3 zu sehen.
- Die Erstellung der Versorgungsbereiche, welche durch kritische Infrastruktureinrichtungen wie Krankenhäuser, Kabelverteilstellen und Polizeiwachen erzeugt werden. Hierfür werden Voronoi-Polygone genutzt. Diese werden mit Populationsdaten kombiniert, um die Folgen für die Bevölkerung durch den Ausfall eines Versorgungsbereiches zu erfassen.
- Die Definition der Konnektoren, welche die Verbindungen zwischen den einzelnen Bereichen der kritischen Infrastruktur entsprechend deren Abhängigkeiten und die zu eventuellen Versorgungsbereichen darstellen. Die geplanten Verbindungen zwischen den Sektoren sind in Bild 4 zu sehen.
- Zu guter Letzt erfolgt der Import der Ergebnisse der drei vorherigen Schritte in ProMAIDES, wo anschließend unter Berücksichtigung der zuvor bestimmten Wasserpegel und Überflutungsfächen die Berechnung der Ausfälle und Folgen erfolgen kann [5].

Kritische Infrastrukturen

„Kritische Infrastrukturen (KRITIS) sind Organisationen oder Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.“

KRITIS-Definition der Bundesressorts [1]

Nach dieser Definition handelt es sich bei der kritischen Infrastruktur um Einrichtungen, aber auch Organisationen und Unternehmen, welche lebensnotwendige Dienstleistungen gewährleisten und deren Fehlen schwerwiegende Folgen für unsere Gesellschaft haben kann. Durch eine Arbeitsgruppe des Bundes und der Länder wurden zehn Sektoren der kritischen Infrastruktur definiert: Energie, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen, Gesundheit, Informationstechnik & Telekommunikation, Siedlungsabfallentsorgung, Medien & Kultur, Staat & Verwaltung, Transport & Verkehr und Wasser. Daneben gibt es zwei weitere Bereiche von Interesse: Bildung und wichtige Industrie. Wie wichtig diese Dienstleistungen jedoch sind, ist erst dann erkennbar, wenn sie durch ein Ereignis wie ein Hochwasser oder einen Sturm beeinträchtigt und daher nur eingeschränkt oder gar nicht verfügbar sind. Die kritischen Infrastrukturen sind somit fundamental für die Funktion unserer Gesellschaft und die Sicherstellung der Funktionalität daher eine Kernaufgabe der staatlichen Gewalt [1, 2].

Auswahl eines Einzugsgebiets

Die Modellierung und die anschließende Auswertung der Folgen erfolgt nur für ein Einzugsgebiet. Im Zuge der Entscheidung wird zunächst die zugrunde liegende Recherche und Datenerhebung für beide Einzugsgebiete nahezu abgeschlossen und ebenso die Berechnung der Wasserpegel und der Überflutungsfächen, welche in den Bildern 1 für die Rur und 2 für die Vicht zu sehen sind, durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wird dann eine visuelle Überprüfung der vom Hochwasser betroffenen kritischen Infrastruktur ausgeführt, wobei im Vergleich mit der Vicht an der Rur nur wenige Beeinträchtigungen festgestellt werden können. Um zu überprüfen, ob sich dies bei Anpassung des Hochwasserabflusses ändert, wird die Berechnung der Wasserpegel und Überflutungsfächen, diesmal mit einer 5- bzw. 10- prozentigen Erhöhung des Abflusses in das Einzugsgebiet der Rur, wiederholt. Im Ergebnis sind zwar Veränderungen bei der Überflutungsfäche zu erkennen, wobei jedoch keine nennenswerten zusätzlichen Treffer bei der kritischen Infrastruktur zu verzeichnen sind. Insgesamt ist daher das Einzugsgebiet der Vicht interessanter, da es mehr direkte Einwirkungen auf die kritische Infrastruktur gibt und auch Einrichtungen betroffen sind, die ein größeres Potenzial für kaskadierende oder andere Effekte bieten, weshalb dieses Einzugsgebiet für die weitere Modellierung gewählt wird.

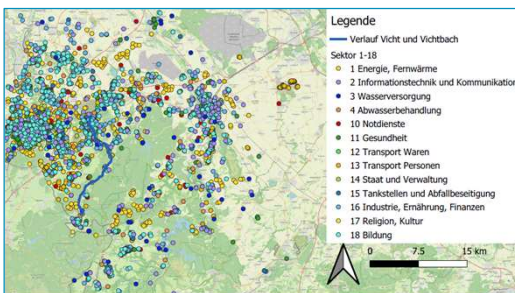


Bild 3: Punkt-Layer der kritischen Infrastrukturen an der Vicht

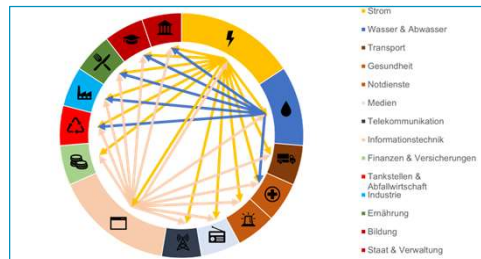


Bild 4: Berücksichtigte Verbindungen zwischen den Sektoren

Auswertung

Die Auswertung erfolgt für eine reduzierte Version der ursprünglichen Modellierung, sodass 3 681 Punkte, 2 989 Polygone und 13 019 Konnektoren entsprechend Bild 4 berücksichtigt werden. Insgesamt treten 257 Ausfälle von Einrichtungen der kritischen Infrastruktur auf, welche in Bild 5 zu sehen sind und sich wie folgt einteilen lassen:

- Direkte Ausfälle durch den Kontakt mit dem Wasser: 32
 - Ausfälle durch sektorinterne Auswirkungen: 16
 - Ausfälle durch sektorübergreifende Auswirkungen: 209
- Hauptauslöser für die sektorinternen und -übergreifenden Auswirkungen ist der direkte Ausfall eines Umspannwerkes, welcher sich zunächst auf den eigenen Sektor Energie auswirkt und im Anschluss auf die Sektoren Wasserversorgung sowie Informationstechnik und Kommunikation. Dies führt in der Folge zur Beeinträchtigung von nahezu allen anderen Sektoren.

Mit dem reduzierten Modell kann zunächst ein Dominoeffekt durch den Sektor Energie nachgewiesen werden. Auch tritt ein Kaskadeneffekt auf, da die Ausfälle der Folgesektoren in Form von nicht gedeckten Versorgungsbereichen, z. B. die Sektoren Gesundheit mit 809 797 und Wasserversorgung mit 101 207 betroffenen Personen, schwerer wiegen als der Ausfall des ersten betroffenen Sektors Energie mit 16 988 betroffenen Personen. Eine Interdependenz kommt in diesem Modell nicht vor, da es keine Auswirkungen der Folgesektoren auf den ursprünglich für die Ausfälle verantwortlichen Sektor Energie gibt [3].

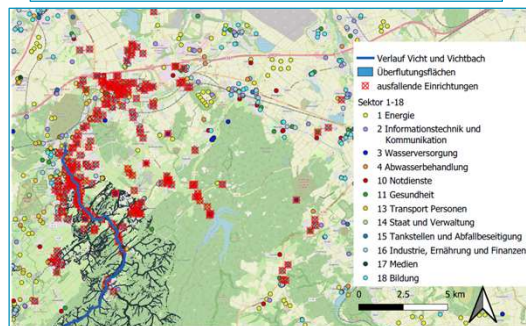


Bild 5: Ausfälle an der Vicht

Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der PARADES-Ansatz zur Modellierung des Ausfalls von kritischen Infrastrukturen durch Hochwasser überprüft; es konnte nachgewiesen werden, dass dieser theoretische Ansatz für die Auswertung der Folgen für die kritischen Infrastrukturen durch Hochwasser verwendet werden kann und Aussagen zu den daraus resultierenden Folgen für die Gesellschaft getroffen werden können. Somit ist die grundsätzliche Funktionsfähigkeit gegeben, es besteht jedoch noch Optimierungspotenzial. Mit der vorliegenden Version von ProMAIDES konnte nur ein geringfügig reduziertes Modell eingesehen und anschließend ausgewertet werden. Dies ist auf die schiere Größe und Komplexität des erstellten Modells zurückzuführen, wodurch das noch in der Entwicklung befindliche Programm an seine Grenzen gestoßen ist. Daneben hat sich das erwartete Problem der Datenerhebung bestätigt. Grundsätzlich können frei verfügbare Daten zu den kritischen Infrastrukturen ermittelt werden, jedoch reichen diese Daten nicht, um das gesamte Netz mit allen seinen Details wiederzugeben. Alles in allem konnte gezeigt werden, dass der PARADES-Ansatz bei einer konsequenten Weiterentwicklung des Programms ProMAIDES großes Potenzial für die Verwendung im Hochwasserrisikomanagement hat.

[1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Kritische Infrastrukturen Abgerufen am 18.04.2022, von https://www.bbbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/kritische-Infrastrukturen_node.html
 [2] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Sektoren und Branchen KRITIS. Abgerufen am 18.04.2022, von https://www.bbbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren/Branchen/sectoren-branchen_node.html
 [3] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. KRITIS-Gefahren. Abgerufen am 18.04.2022, von https://www.bbbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/KRITIS-Gefahrenlagen/kritis-gefahrenlagen_node.html
 [4] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Naturgefahren. Abgerufen am 08.06.2022, von https://www.bbbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/KRITIS-Gefahrenlagen/Naturgefahren/naturgefahren_node.html
 [5] ProMAIDES Application Guide. CIN – Critical Infrastructure Networks. Abgerufen am 09.06.2022, von <https://promaides.mylabtrains.com/youtrack/verfiles/PMDA-136/CIN-Critical-Infrastructure-Networks>
 Bilder 1, 2, 3 und 5: © OpenStreetMap contributors