

inter3

Analyse von Interdependenzen zwischen KRITIS

Empfehlungen für Praxisakteure
aus Versorgungsunternehmen und
kommunalen Behörden



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Analyse von Interdependenzen zwischen KRITIS

Empfehlungen für Praxisakteure aus
Versorgungsunternehmen und kommunalen
Behörden

inter 3 Institut für Ressourcenmanagement
E-Mail: info@inter3.de
Otto-Suhr-Allee 59
10585 Berlin

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Impressum

Herausgeber

inter 3 Institut für Ressourcenmanagement

Otto-Suhr-Allee 59, 10585 Berlin

Telefon: (030) 34 34 74 40

Fax: (030) 34 34 74 50

E-Mail: info@inter3.de

www.inter3.de

Autoren:

Axel Dierich

Urs Bösche

Sven Wurbs

Gestaltung:

Aslan Pourmoslemi

Redaktion:

Helke Wendt-Schwarzburg

Axel Dierich

2., aktualisierte Auflage

Berlin, Februar 2020

©inter 3 GmbH Institut für Ressourcenmanagement

ISBN: 978-3-9819610-4-1

Der Leitfaden basiert auf Ergebnissen der Forschungsprojekte „SIMKAS-3D“, „Safefresh“ und „KIRMin“, alle drei gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für die Zivile Sicherheit“ (www.sifo.de).

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht wurden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Bildnachweis: alle Abbildungen © inter 3 GmbH

Danksagung

Wir danken vielmals allen in den genannten Projekten beteiligten Experten aus der Praxis, darunter vor allem Infrastrukturbetreiber und Hersteller aus den Sektoren Stromversorgung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Lebensmittelversorgung, sowie Vertreter von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), insbesondere der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes. Darüber hinaus danken wir Deutschem Institut für Normung (DIN) für die Durchführung des Workshops zur Übertragbarkeit der kritischen Elemente und Beziehungen im Rahmen des Forschungsprojektes KIRMin. Ebenso danken wir den Koordinatoren der drei genannten Projekte: Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr der TH Köln (KIRMin), Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin (SIMKAS-3D), und Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV (Safefresh).

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Welche Konzepte gibt es schon und wie fügt sich dieser Leitfaden ein?	2
1.2. Konzeptionelle Grundlagen: Bereitstellung umfassender Datensätze vs. qualitativer Informationsaustausch	3
2. Wozu eine Interdependenzanalyse?	5
3. Welche analytischen Schritte umfasst eine Interdependenzanalyse?	6
3.1. Erster Schritt: Systemanalyse	7
3.2. Zweiter Schritt: Verringerung der Komplexität	8
3.3. Dritter Schritt: Sensitivitätsanalyse	10
4. Wie kann eine Interdependenzanalyse praktisch umgesetzt werden?	13
5. Standardisierte Elemente und Beziehungen als Arbeitsgrundlage für eine Interdependenzanalyse	15
Anhang	17
Literaturverzeichnis	28

1. Einführung

Kritische Infrastrukturen (KRITIS) bilden die Grundlage für die Funktionsfähigkeit unseres gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens. Zunehmende Technisierung, Vernetzung und gegenseitige (Ressourcen-) Abhängigkeiten verstärken ihre Verletzlichkeit.¹ Eine umfassende Risikovorsorge sollte daher eine gesamtsystemische Analyse dieser Abhängigkeiten beinhalten, um potenzielle Kaskadeneffekte und die Gefahr eines daraus resultierenden (multiplen) Systemversagens angemessen zu berücksichtigen.² So wird der Schutz von KRITIS verstärkt zur Gemeinschaftsaufgabe für Infrastruktur-Betreiber und behördliches Krisenmanagement. Schutzkonzepte, Risikoanalysen und Risikomanagementpläne nehmen bislang jedoch vorwiegend einzelne Systeme in den Fokus und werden noch nicht in ausreichendem Maß den intersektoralen „Interdependenzen“ zwischen den Versorgungssystemen gerecht.³

Das Bundesministerium des Inneren definiert den Begriff Kritische Infrastrukturen wie folgt: „Kritische Infrastrukturen sind Organisationen und 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.“ (Bundesministerium des Inneren, 2009, S. 3)

In der Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz werden die Sektoren Energie, Wasser, Ernährung, Informationstechnik und Telekommunikation, Gesundheit, Finanz- und Versicherungswesen und Transport und Verkehr wegen ihrer besonderen Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwohls genannt. (vgl. BSI-Kritisverordnung, 2016)

1.1. Welche Konzepte gibt es schon und wie fügt sich dieser Leitfaden ein?

In den letzten Jahren ist eine Vielzahl an Literatur zum sektoralen wie auch intersektoralen (gemeinsamen) Risiko- und Krisenmanagement für Behörden und Betreiber von KRITIS erschienen. So wurden beispielsweise vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eine Reihe von Empfehlungen, Arbeitshilfen und Risikoanalysen zu unterschiedlichen Infrastrukturbereichen wie der Treibstoff-⁴, Trinkwasser-⁵ und Stromversorgung⁶ sowie allgemeinere

1. vgl. Neisser et al., 2019: Kritische Abhängigkeiten der Wasserver- und -entsorgung

2. vgl. López-Silva et al., 2015: Scenario Based Approach for Risks Analysis in Critical Infrastructures; Schätter et al., 2014: A multi-stage scenario construction approach for critical infrastructure protection; Giannopoulos et al., 2012: Risk assessment methodologies for Critical Infrastructure Protection. Part I: A state of the art

3. Neisser et al. 2019; Fatouche & Miller-Hooks 2015: Measuring the performance of transportation infrastructure systems in disasters: a comprehensive review; Bach et al. 2013: Adding Value to Critical Infrastructure Research and Disaster Risk Management. The Resilience Concept

4. Mayer, 2019: Treibstoffversorgung bei Stromausfall – Empfehlungen für Zivil- und Katastrophenschutzbehörden.

5. BBK, 2016: Sicherheit der Trinkwasserversorgung. Teil 1: Risikoanalyse.

6. BBK, 2014: Stromausfall. Grundlagen und Methoden zur Reduzierung des Ausfallrisikos der Stromversorgung.

Schutzkonzepte⁷ und Leitfäden zur Analyse von KRITIS^{8, 9} herausgegeben. Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag hat bereits in „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung“¹⁰ in 2010 eine umfassende Übersicht über die Abhängigkeiten der verschiedenen KRITIS-Bereiche von der Stromversorgung zusammengestellt. Und auch die Industriefachverbände haben ihre technischen Hinweise zu Risiko- und Krisenmanagement im Wasser-, Strom- und Gassektor laufend weiterentwickelt.^{11, 12}

Zur Erreichung der Ziele des Katastrophenschutzes fordert das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eine „Sicherheitspartnerschaft“¹³ zwischen staatlichen Stellen und privaten Unternehmen, um in Kooperation ein besseres Verständnis für Aufgaben, Funktionsweisen und Interdependenzen zu entwickeln und Maßnahmen für den Schutz der stark vernetzten KRITIS zu entwickeln.¹⁴ Im Rahmen des Forschungsprojektes „Kritische Infrastrukturen-Resilienz als Mindestversorgungskonzept“ (KIRMin) wurde unter Federführung des BBK gemeinsam mit einer Vielzahl an beteiligten Praxisakteuren die DIN- Spezifikation 91390 ausgearbeitet, die ein Verfahren für ein integriertes Risikomanagement zwischen verschiedenen Akteuren zum Zweck des Bevölkerungsschutzes beschreibt.

In Ergänzung zu den o.g. Ansätzen wird in diesem Leitfaden ein Verfahren vorgestellt, das mit vertretbarem Aufwand einen Überblick über die intersektoralen Abhängigkeiten in einem gesamten Versorgungsgebiet ermöglicht.

Die im Folgenden dargelegte Methodik wurde unter Anleitung durch inter 3 in den Forschungsprojekten „SIMKAS-3D“ (2009 bis 2011), „Safefresh“ (2012 bis 2015) und „KIRMin“ (2016 bis 2019) unter Beteiligung von Infrastrukturbetreibern und Behördenvertretern erfolgreich erprobt und laufend weiterentwickelt. Alle drei Forschungsprojekte wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

7. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2012: Schutzkonzepte Kritischer Infrastrukturen im Bevölkerungsschutz.

8. Bundesministerium des Innern, 2011: Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement - Leitfaden für Unternehmen und Behörden.

9. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2012: Nationales Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz.

10. Petermann et al., 2010: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften - am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung, vgl. auch Petermann et al. 2013: Was bei einem Blackout geschieht.

11. DIN-EN 15975-2, 2013

12. VDE (FNN), 2012: S 1001 - Sicherheit in der Stromversorgung - Hinweise für das Risikomanagement des Netzbetreibers; VDE (FNN), 2011: S 1002 - Effektives Krisenmanagement durch Prävention.

13. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2012

14. vgl. Petermann et al., 2013

1.2. Konzeptionelle Grundlagen: Bereitstellung umfassender Datensätze vs. qualitativer Informationsaustausch

Ein in vielen Forschungsprojekten erprobter Ansatz für Interdependenzanalysen ist der Austausch detaillierter Daten zwischen Infrastrukturbetreibern und kommunalen Behörden¹⁵. Aus diesen Daten lassen sich umfassende Informationen zu den jeweiligen Knotenpunkten zwischen den Systemen ableiten und so ein Gesamtbild erstellen. Dieses Verfahren birgt jedoch einige Hürden und Schwachstellen:

- Die hohe Sensibilität der Daten erschwert deren Austausch oder schließt einige Daten sogar aus.
- Der methodische Ansatz des Austauschs von **sektoral** erhobenen Informationen trägt den komplexen **intersektoralen Wechselwirkungen** häufig nicht ausreichend Rechnung.
- Die hohe Informationsdichte erschwert den Gesamtüberblick. Intersektoral bedeutsame Abhängigkeiten und potenzielle Kaskadeneffekte können darin verborgen bleiben.
- Die Bearbeitung und konsistente Integration der umfassenden Datenmengen erfordert vergleichsweise hohen Aufwand.



Abbildung 1: Umspannanlage als Beispiel für eine Komponente Kritischer Infrastrukturen

Quelle: inter 3 GmbH

15. vgl. Zum Überblick Dierich et al., 2019: Enhanced Crisis-Preparation of Critical Infrastructures through a Participatory Qualitative-Quantitative Interdependency Analysis Approach.

Dieser Ansatz erscheint demnach nur bei ausreichend verfügbaren Kapazitäten und in Konstellationen durchführbar, in denen bereits eine solide Vertrauensbasis zwischen einer beschränkten Anzahl an Akteuren hergestellt wurde.

Vielversprechender für eine mehrere KRITIS-Sektoren integrierende Interdependenzanalyse ist daher ein Verfahren, welches auf dem persönlichen Austausch qualitativer Informationen anstelle von konkreten Daten basiert. Die Beteiligten können somit ad hoc entscheiden, wann sie je nach Vertrauensbasis und je nach Bedarf welche Informationen weitergeben wollen. Zugleich werden von Beginn an die Analysen auf die intersektoralen bzw. gesamtsystemischen Zusammenhänge fokussiert. Kernbestandteil sollte ein gemeinsamer Gesprächs- und Arbeitsprozess sein, in dem Vertreter der verschiedenen KRITIS und weiterer Institutionen mit Aufgaben im Krisenmanagement ein gemeinsames Systembild erarbeiten.



Abbildung 2: Gas-Kraftwerk, das zugleich Wärme und Strom produziert, aber u.a. von einem intakten Stromnetz und ausreichend Kühlwasserzufuhr abhängig ist.

2. Wozu eine Interdependenzanalyse?

Als „Interdependenzanalyse“ bezeichnen wir den Ansatz der kollaborativen Erarbeitung und Bewertung von gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen KRITIS- und Krisenmanagement-Akteuren¹⁶.

Eine Interdependenzanalyse weist folgende Vorteile auf:

- Sie wird generell präventiv, also im Vorfeld von Schadensereignissen, durchgeführt, um mögliche Kaskadeneffekte zwischen Infrastruktursystemen und das Risiko von eskalierenden Versorgungsunterbrechungen realitätsnah abschätzen und vermeiden zu können.
- Die integrierte Betrachtung des gesamten „Systems der Systeme“¹⁷ zeigt auf, an welchen Knotenpunkten besonders kritische Interdependenzen bestehen, die bei Störungen in einem System auch zu Beeinträchtigungen oder gar Ausfällen anderer Versorgungsinfrastrukturen führen können.
- Auch unbekannte oder neuartige Risiken, die sich nicht aus Präzedenzfällen ergeben, können auf Grundlage solch einer systematischen Analyse der Strukturen und Dynamiken, die die Zusammenhänge zwischen den KRITIS charakterisieren, abgeschätzt werden.¹⁸
- Die aus einer Interdependenzanalyse gewonnene Wissensgrundlage ermöglicht eine größere Resilienz kritischer Infrastrukturen, da sie die eigene Bedrohungsanalyse in einer komplexen Krisenlage beschleunigt und einen gezielten Einsatz von Ressourcen ermöglicht.

Die Interdependenzanalyse kann als Grundlage für die Erarbeitung von (gemeinsamen) Notfallkonzepten, Krisenszenarios und Übungen genutzt werden und richtet sich insbesondere an Praktiker aus Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) und Versorgungs- und Infrastrukturunternehmen (Energie, Wasser, Verkehr, IKT, u.a.). Sie bietet eine wichtige Grundlage für die Zusammenarbeit, den Informationsaustausch und die institutionelle Verzahnung verschiedenster Akteure für den Prozess eines integrierten Risikomanagements.

16. vgl. Rinaldi et al., 2001: Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies; O’Rourke, 2007: Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience; Bloomfield et al., 2009: Infrastructure interdependency analysis: Requirements, capabilities and strategy; Utne et al., 2011: A method for risk modeling of interdependencies in critical infrastructures; Ouyang, 2014: Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems; Dierich et al., 2019

17. vgl. Ackoff, 1971: Towards a System of Systems Concepts; Perrow, 1999: Normal Accidents - Living with High Risk Technologies - Updated Edition

18. vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2012

3. Welche analytischen Schritte umfasst eine Interdependenzanalyse?

Für ein holistisches Verständnis von vielschichtigen und vernetzten Problem- und Risikofaktoren basiert die hier vorgestellte Methodik auf fünf Kriterien: Wissensermittlung, Informationsaustausch, Systemanalyse, Verhaltensanalyse und Visualisierung.¹⁹ Dabei kommt es zum einen darauf an Strukturen und Prozesse der Systeme zu erfassen und zum anderen auch deren Dynamik, also ihr „Verhalten“ im Falle von Störungsereignissen zu verstehen. Hierfür hat sich in verschiedenen Forschungsprojekten ein dreistufiger, partizipativer Ansatz bewährt, mit semistrukturierten Interviews und einem Informationsaustausch zwischen den beteiligten Experten im Rahmen von moderierten Workshops:

- 1) Zunächst werden die **systemischen Wirkungsbeziehungen** aller einbezogenen Infrastrukturen und Einrichtungen erhoben. In Interviews mit Vertretern von Infrastrukturbetreibern und BOS im betrachteten Gebiet werden dazu wichtige Systemkomponenten und Prozesse identifiziert, die aus ihrer jeweiligen Sicht für die Erbringung der Versorgungsleistung notwendig sind. Die schriftliche und grafische Dokumentation der erhobenen Informationen ergibt eine detaillierte Übersicht über die intersektoralen Strukturen im täglichen Betrieb.
- 2) Hieran anschließend wird in einem zweiten Schritt das gesamte Systembild gemeinsam diskutiert und mit dem Ziel der **Verringerung der Komplexität** „aggregiert“: Verschiedene an einem Prozess, einem Produkt oder einem Teilsystem beteiligte Elemente können zu sogenannten „Einflussfaktoren“ zusammengefasst werden. Hierbei wird bewusst eine gewisse Unschärfe in Kauf genommen, um das große Ganze sichtbar zu machen. Jedoch besteht weiterhin die Möglichkeit, punktuell wieder ins Detail zu gehen. Im intersektoralen Zusammenhang als unwichtig erachtete Elemente und Prozesse werden entfernt.
- 3) Haben sich die Beteiligten auf eine begrenzte Anzahl an Einflussfaktoren geeinigt, kann in einem dritten Schritt die **Sensitivität, also das Verhalten des Gesamtsystems ermittelt** werden. Verschiedene Verfahren sind denkbar, wobei sich seit den 70er Jahren die Cross-Impact-Analyse für den Zweck bewährt hat. Dabei werden die Einflussfaktoren in einer Matrix gegenübergestellt und die Reaktionen bei Änderung eines Einflussfaktors auf die anderen Faktoren bewertet. Anwendung findet in diesem Leitfaden eine adaptierte Variante des Verfahrens „Sensitivitätsanalyse nach Frederic Vester“²⁰

Die Ergebnisse aller Arbeitsschritte sollten jeweils grafisch visualisiert und schriftlich dokumentiert werden.

19. vgl. Bagheri und Ghorbani, 2008: The state of the art in critical infrastructure protection: a framework for convergence.

20. Vester, 2002: Die Kunst vernetzt zu denken; vgl. auch Dierich et al., 2012: Szenarioanalyse für intersektorales Infrastruktur-Management

3.1. Erster Schritt: Systemanalyse

Als Grundlage für die Erfassung und Bewertung der Interdependenzen ist eine ausführliche Beschreibung der betrachteten Infrastruktursektoren und Einrichtungen erst einzeln und dann im Gesamtverbund erforderlich. Die notwendigen Informationen werden im Rahmen von Experteninterviews mit Vertretern der verschiedenen Unternehmen bzw. Organisationen erhoben. Dabei wird von vornherein eine Gesamt-Perspektive auf die zu untersuchenden Systeme im Versorgungsgebiet (z.B. Zusammenwirken von Wasserversorgung, Stromversorgung und Feuerwehr) eingenommen. Um die im intersektoralen Kontext relevanten Elemente einzugrenzen, wird in den Interviews gezielt danach gefragt, mit welchen KRITIS und anderen Einrichtungen welche Art von Abhängigkeit bzw. Lieferbeziehung besteht. Technische Prozesse ohne intersektorale Bedeutung sowie rein interne organisatorische und informationelle Beziehungen bleiben in der Analyse weitgehend unberücksichtigt.

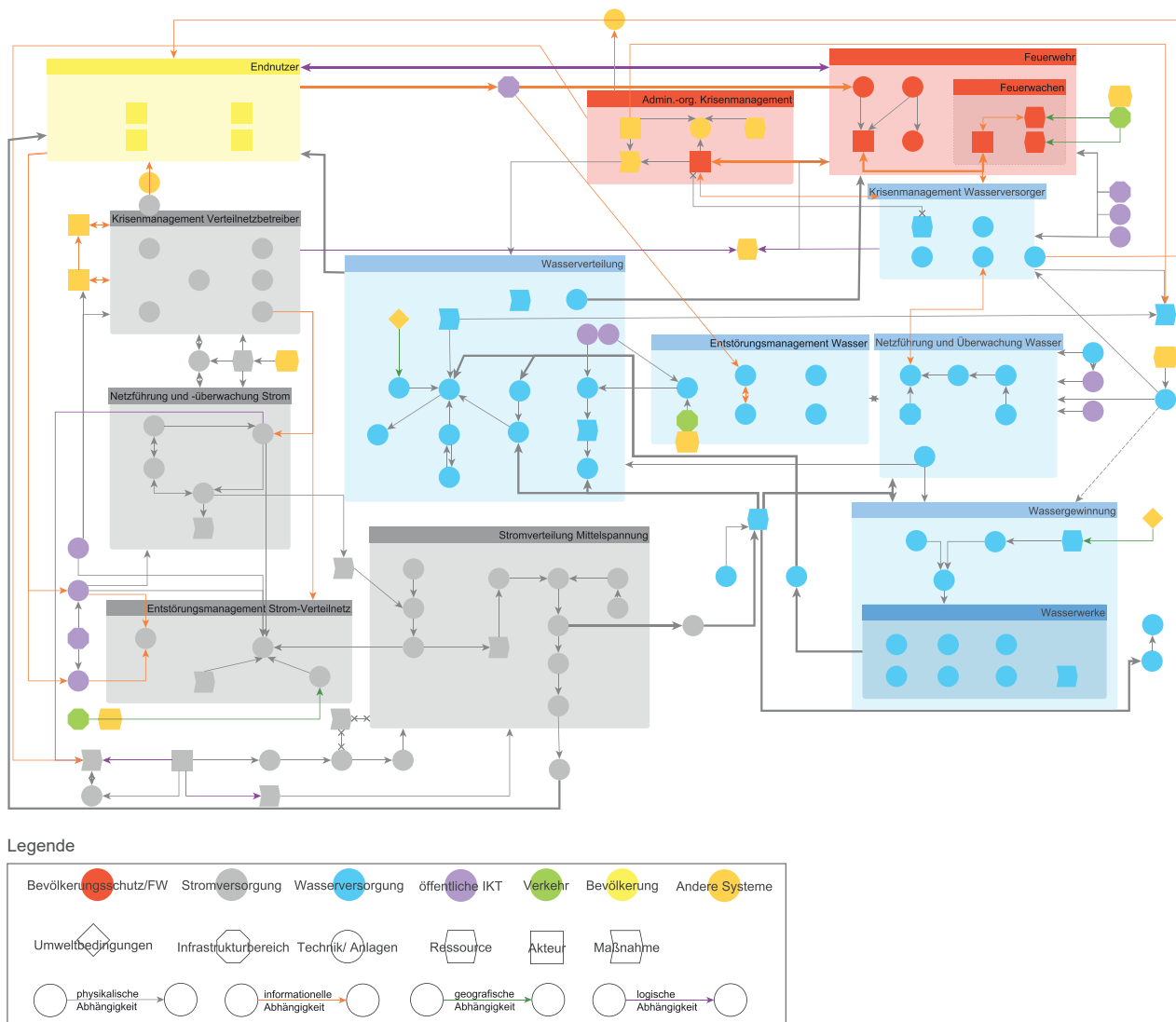


Abbildung 3: Beispielhafte Darstellung der intersektoralen Systemanalyse in einem anonymisierten Untersuchungsgebiet

Quelle: inter 3 GmbH

Welche analytischen Schritte umfasst eine Interdependenzanalyse?

Zur Beschreibung der Systeme werden verschiedene Elementtypen grafisch einander zugeordnet und ihre Beziehungen und Abhängigkeiten (Interdependenzen) kategorisiert (siehe Abbildung 3). Elementtypen sind: Technologien, Ressourcen, Akteure, Maßnahmen, Umweltbedingungen, sowie ggf. ganze (projektexterne) Infrastrukturbereiche. Bewährt hat sich dafür die Nutzung unterschiedlicher geometrischer Formen mit einer nach Infrastruktursystemen differenzierten Einfärbung (z.B. blaue Kreise für technische Elemente der Wasserversorgung, blaue Pfeile für durch den Wasserversorger getätigte Maßnahmen, graue Kreise für technische Elemente der Stromversorgung, etc.).

Für die Darstellung verschiedener Beziehungstypen hat sich in der Fachwelt der Ansatz von Rinaldi et al. (2001) international durchgesetzt. Dabei werden die Abhängigkeiten in verschiedene Kategorien eingeordnet²¹:

- **Physikalische Abhängigkeiten**, d.h. der Zustand eines Systemelements ist abhängig von dem Zustand/der Verfügbarkeit eines anderen;
- **Informationelle Abhängigkeiten**, d.h. Bedarf an Kommunikation, Informationen oder Daten;
- **geografische Abhängigkeiten**, d.h. räumliche Nähe zueinander oder Beeinflussung durch lokale Umwelteinflüsse und
- **logische Abhängigkeiten**, als Sammelbegriff für soziale und politische Prozesse und sonstige Beziehungen.

3.2. Zweiter Schritt: Verringerung der Komplexität

Die Fülle an Informationen zu Elementen und Beziehungen, die in den Interviews gegeben wurden, muss in eine handhabbare Form gebracht werden. Dazu werden verschiedene Elemente und Beziehungen in einem diskursiven Prozess zu Einflussfaktoren gruppiert, wie in Abb. 5 schematisch dargestellt.

Ein möglicher Einflussfaktor könnte z.B. „Entstörungsmanagement“ heißen, ein weiterer „Krisenmanagement“. Bestehen keine entgegenschließenden bzw. widersprüchlichen Funktions- und Reaktionsmuster, können beide auch zu einem einzigen Faktor zusammengefasst werden. Dieser würde dann u.a. folgende Elemente in sich gruppieren:

- 1) Störungsannahme,
- 2) Störmelderechnersystem,

21. nach Rinaldi et al., 2001; Turoff et al., 2014: Development of a Dynamic Scenario Model for the Interaction of Critical Infrastructures; Dierich et al., 2019

- 3) Entstörungspersonal (handelt es sich um einen Einflussfaktor im Bereich Wasser bspw. die Rohrnetzbetreuung),
- 4) Entstörungsfahrzeuge,
- 5) Entstörungsmaßnahmen (z.B. Abschiebern, Notchlorierung)
- 6) ggf. Kompensationsmöglichkeiten,
- 7) (Unternehmens-)Krisenstab,
- 8) Meldehierarchie/ Eskalationsregeln,
- 9) interne Kommunikationstechnik und
- 10) Krisenkommunikation.



Abbildung 4: Unschärfe im Detail, aber das große Ganze wird sichtbar

Quelle: inter 3 GmbH

Welche analytischen Schritte umfasst eine Interdependenzanalyse?

Solche Faktoren werden auch für verschiedene übergeordnete Funktionsbereiche der anderen beteiligten KRITIS gebildet. Die Aggregation zu Einflussfaktoren unterliegt einer Reihe von bestimmten Regeln. Sie garantieren, dass ein In-Beziehung-Setzen der Faktoren möglich ist. Die wichtigsten davon sind:

Anzahl an Faktoren überschaubar halten: Es sollten insgesamt nicht mehr als 15-20 Einflussfaktoren sein, die in der anschließenden Cross-Impact-Bewertung zueinander in Beziehung gesetzt werden. Schließlich steigt die Anzahl an zu bewertenden Beziehungen (N^2-N) mit jedem zusätzlichen Faktor um $2N-2$.

Heterogene Faktoren bilden: Die Einflussfaktoren sollten jeweils Strukturen und Prozesse beinhalten und sich aus technologischen, menschlichen und institutionell-rechtlichen Elementen zusammensetzen, da im Betrieb (und insbesondere in intersektoralen Zusammenhängen) diese Dimensionen niemals getrennt voneinander wirken.

Widersprüchliche Reaktionen vermeiden: Eigenschaften der unterschiedlichen Elemente eines Faktors sollten bei Störung eines der anderen Einflussfaktoren möglichst keine entgegengesetzten Reaktionsmuster auslösen. Im Zweifelsfall ist (in Abwägung der Relevanz) ein weiterer Einflussfaktor zu bilden.

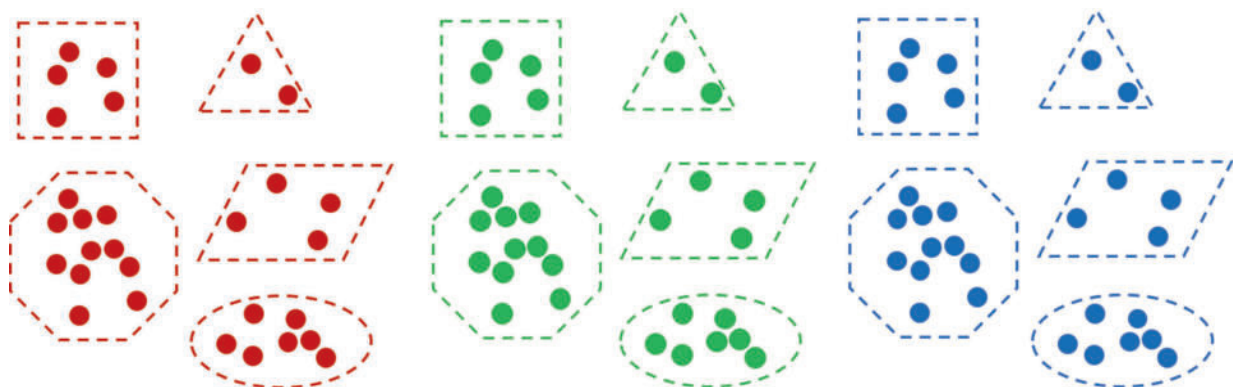


Abbildung 5: Aggregation von Systemelementen zu „Einflussfaktoren“

Quelle inter 3 GmbH

3.3. Dritter Schritt: Sensitivitätsanalyse

Die Systemanalyse allein bietet noch keine ausreichenden Informationen über Richtung und Stärke der Wirkungen zwischen den einzelnen Systembestandteilen bzw. über deren jeweilige Verwundbarkeit oder „Kritizität“. Zum Zweck der Qualifizierung von Strukturen und Wirkungsmechanismen innerhalb der Teilsysteme und zwischen Systemen müssen die Wirkungsbeziehungen der Einflussfaktoren aufgezeigt und durch die Praxispartner diskursiv bewertet werden.

Durch das Erfassen der Wirkungsbeziehungen und der hieraus resultierenden Abhängigkeiten eines KRITIS-Teils von anderen Systemen lassen sich nicht nur Fehlerquellen verstehen, sondern auch die sich daraus möglicherweise ergebenden Dynamiken und Rückkopplungen, ggf. wiederum für andere KRITIS, ablesen.

Bei der hier vorgeschlagenen Variante der Sensitivitätsanalyse werden die Wirkungen, die ein Einflussfaktor auf andere Einflussfaktoren hat, mit Werten von 0 bis 3 bewertet. Eine „Cross-Impact-Matrix“ (Abb. 6) gibt jeweils die Struktur vor, nach der die Beziehungen bewertet werden. So kann jeder Bewertung das folgende Frageschema zugrunde liegen: „Ein Ausfall bzw. eine Funktionseinschränkung bei Einflussfaktor A (in der Spalte) hat auf die Funktionsfähigkeit von Einflussfaktor B (in der Zeile): (0) keine, (1) wenig, (2) mittlere/proportionale oder (3) starke/überproportionale Wirkung.“ Die Begründungen für die Wirkungen sowie inhaltliche Aussagen zur Zusammensetzung der Faktoren, ihren Wirkungsbeziehungen und zu weiteren Systemzusammenhängen werden dokumentiert.

Aus der Cross-Impact-Bewertung lassen sich drei zentrale Ergebnisse ableiten:

- 1) Die Kritizität der Einflussfaktoren lässt sich in Form von Aktiv- und Passivsummen ablesen. Die Aktivsumme beschreibt das Maß, in welchem ein Einflussfaktor andere Einflussfaktoren beeinflusst, die Passivsumme das Maß, in dem ein Einflussfaktor von anderen Einflussfaktoren beeinflusst wird. Die Einflussfaktoren lassen sich anschließend in einem Koordinatensystem darstellen, bei welchem die x-Achse die Passivsumme und die y-Achse die Aktivsumme

Wirkung auf von	[Symbole]												Aktivsumme
	[Symbol 1]	[Symbol 2]	[Symbol 3]	[Symbol 4]	[Symbol 5]	[Symbol 6]	[Symbol 7]	[Symbol 8]	[Symbol 9]	[Symbol 10]	[Symbol 11]	[Symbol 12]	
[Symbol 1]	x	0	3	1	1	2	3	3	0	2	1	1	17
[Symbol 2]	1	x	1	0	2	0	1	2	0	0	0	0	7
[Symbol 3]	3	1	x	3	1	2	1	2	2	2	3	2	22
[Symbol 4]	2	1	1	x	0	0	1	0	2	3	2	1	13
[Symbol 5]	1	0	0	2	x	1	1	1	0	2	1	1	10
[Symbol 6]	3	0	1	1	0	x	2	0	0	1	1	2	11
[Symbol 7]	3	1	2	3	1	0	x	0	2	1	3	1	17
Passivsumme	20	10	13	14	8	10	18	22	9	15	13	12	164

Abbildung 6: Cross-Impact-Matrix Bewertungsschema

Quelle inter 3 GmbH

Welche analytischen Schritte umfasst eine Interdependenzanalyse?

wiedergibt (Abbildung 7). Besonders sensitive Einflussfaktoren haben sowohl hohe Aktiv-, als auch hohe Passivsummen und markieren ausgesprochen kritische Knotenpunkte im System. Im Gegensatz dazu reagieren Einflussfaktoren mit geringen Summen eher langsam und können eine puffernde Wirkung haben. Dennoch können auch diese Faktoren aufgrund einzelner starker Wirkungsbeziehungen eine wichtige Rolle bei Kaskadeneffekten haben.

- 2) Mithilfe einer grafischen, Vektor-basierten Darstellung der Bewertungen können die Wirkungsbeziehungen zwischen den Faktoren auch als sogenanntes „Wirkungsgefüge“ dargestellt werden. Sie sind darin als unterschiedlich dicke und gerichtete Pfeile dargestellt.
- 3) Schließlich können auf Grundlage der Bewertungen auch mögliche Kaskadeneffekte dritter oder vierter Ordnung ermittelt werden. Rückkopplungs-Schleifen werden dabei sichtbar, welche die „versteckten“ und in der Praxis oft übersehenen intersektoralen Risiken aufzeigen.

Zusammengefasst verdeutlichen Schritte 1-3 die Position und (im Unterschied zur reinen Systemanalyse) auch die Kritizität der Einflussfaktoren im Gesamtzusammenhang.

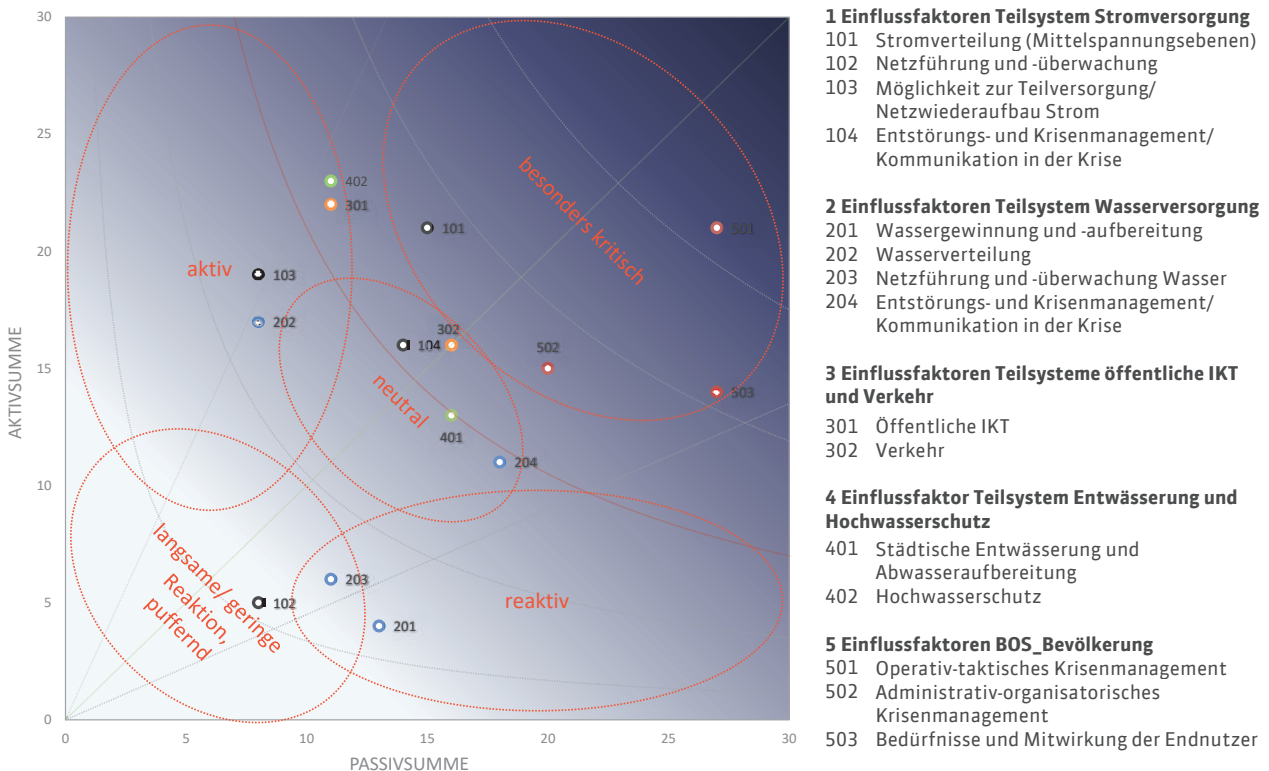


Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der Kritizität von Einflussfaktoren

Quelle inter 3 GmbH

4. Wie kann eine Interdependenzanalyse praktisch umgesetzt werden?

Ein mögliches Vorgehen beim Erstellen einer Interdependenzanalyse könnte ein durch staatliche Stellen initiiertes Arbeitskreis sein, in welchem die relevanten KRITIS-Betreiber und BOS vertreten sind und in dem in partizipativen Dialogformaten (Workshops) die benötigten Informationen zusammengetragen und bewertet werden können.

Dabei können seitens der Infrastrukturbetreiber bereits bestehende Risiko- bzw. Verwundbarkeitsanalysen u.a. als Grundlage dienen, sollten aber wie erwähnt durch eine erneute, dezidiert intersektorale Analyse der Systeme im Gesamtzusammenhang ergänzt werden. Zu dem Zweck sollten (in Vorbereitung auf oder begleitend zu den Workshops) Interviews mit entsprechenden Wissensträgern der beteiligten Institutionen durchgeführt werden.

Für die Durchführung der Interviews und Analysen sowie die Moderation des Dialogprozesses sollte ein externer Dienstleister hinzugezogen werden.

Im Folgenden ein Vorschlag für die praktische Durchführung einer intersektoralen Interdependenzanalyse mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener KRITIS und Behörden.

Möglicher organisatorischer Ablauf einer Interdependenzanalyse

Schritt 1: Initiierung des Interdependenzanalyse-Prozesses durch behördliches Krisenmanagement oder das Krisen- und Risikomanagement eines Versorgungsunternehmens

Schritt 2: Planungstreffen eines Koordinationsteams zur Festlegung der Gebiets-/Systemgrenzen, Zeitplanung und Identifizierung weiterer relevanter KRITIS- Akteure. Das Koordinationsteam könnte sich aus den verantwortlichen Katastrophenschutzbeauftragten im betrachteten Versorgungsgebiet, Aufsichtsbehörden, der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr und dem externen Dienstleister zusammensetzen.

Schritt 3: Die Datengrundlage für die Interdependenzanalyse muss zusammengetragen werden, dies kann durch Experteninterviews und/oder durch intersektorale Arbeitsgruppen geschehen. Hierdurch werden wichtige Elemente und Prozesse identifiziert und beschrieben, z.B. werden technische und organisatorische Eigenschaften der einzelnen Infrastruktursysteme herausgearbeitet.

Schritt 4: Erstellung der Systemanalyse und Vorbereitung der Sensitivitätsanalyse:

- Die Prozesse und Elemente werden in verschiedene Kategorien strukturiert.

- Die Verbindungen und Interdependenzen werden analysiert und schriftlich sowie grafisch aufbereitet. Zur Orientierung bzw. als Ansatz dafür können die im Anhang gegebenen beispielhaften Elemente und Beziehungen dienen.
- Zum Zweck der Komplexitätsreduktion des Gesamtsystems sowie als Voraussetzung für eine Sensitivitätsanalyse werden die Elemente zu Einflussfaktoren gruppiert.

Schritt 5: Workshop-Phase (1) – Vorstellung und Abstimmung der Systemanalyse. Anschließende Plausibilisierung der Systemelemente, Beziehungen und vorgenommenen.

Schritt 6: Workshop-Phase (2) – Sensitivitätsanalyse wird durchgeführt. Durch Cross-Impact-Analysen werden Dynamiken und besondere Schwachstellen zwischen den Einflussfaktoren erarbeitet.

Schritt 7: Aufbereitung der Ergebnisse (z.B. Verknüpfung der Ergebnisse mit GIS-Analysen und Visualisierungen) und bei Bedarf Ableitung von Maßnahmen und Handlungsperspektiven.



Abbildung 8: Prozesse in Wasserwerken sind von vielfachen externen Ressourcen abhängig

5. Standardisierte Elemente und Beziehungen als Arbeitsgrundlage für eine Interdependenzanalyse

Die im Anhang dokumentierte Auswahl von Beziehungen wurde im Forschungsprojekt „Kritische Infrastrukturen-Resilienz als Mindestversorgungskonzept“ (KIRMin) auf Grundlage bestehender nationaler und internationaler Forschungsergebnisse sowie ca. 25 in den KIRMin- Fallstudiengebieten durchgeführter Experteninterviews identifiziert und in Workshopdiskussionen verifiziert. Betrachtet wurden Beziehungen a) zwischen verschiedenen Versorgungsbereichen, b) zwischen den jeweiligen Betreibern und den Endnutzern und c) zu kommunaler Gefahrenabwehr und städtischem Krisenmanagement. Der Fokus lag auf den Infrastrukturbereichen Stromversorgung, Wasserversorgung und Entwässerung/ Abwassermanagement. Des Weiteren wurden die Infrastrukturbereiche Straßen/ Individualverkehr, öffentliche Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Medien teilweise in die Betrachtung einbezogen.

Um die Auswahl an Elementen und Beziehungen zu plausibilisieren und ihre Übertragbarkeit in andere Regionen jenseits der Fallstudiengebiete von KIRMin zu testen, wurden projektexterne Experten (insbesondere Infrastrukturbetreiber) zu einem gesonderten Workshop eingeladen. Die Aufteilung der Teilnehmer in zwei Diskussionsgruppen (für Metropolräume und für städtisch-ländlich geprägte Räume) hat leicht abweichende Bewertungen hinsichtlich der Relevanz der jeweiligen Beziehungen ergeben. Alle im Anhang dargestellten Beziehungen jedoch haben sich aus Perspektive beider Gruppen als mäßig oder sehr kritisch herausgestellt. Einige offenkundig und allgemein als kritisch anerkannte Beziehungen wurden bewusst nicht für eine gesonderte Bewertung im Workshop ausgewählt und sind nicht in der Liste enthalten. Dies waren u.a.:

- die Angewiesenheit der städtischen Krisenstabsarbeit auf die Beteiligung der KRITIS-Betreiber in Entscheidungssituationen,
- die allgemeine Abhängigkeit aller Infrastrukturbereiche von verfügbarem und dem Bedarf entsprechend ausgebildetem Personal, z.B. Monteure, Ingenieure, Leitstellenpersonal sowie Führer von Spezial-KFZ und -gerätschaften (teilw.. durch Fremdfirmen gestellt),
- die allgemeine Abhängigkeit von der Treibstoffversorgung, insbesondere zum Zweck der Betankung von Fahrzeugen und Notstromaggregaten,
- die Abhängigkeit seitens der Verteilnetze von der Stromeinspeisung aus Übertragungsnetzen,
- die Abhängigkeit der Informationsmedien von der Stromversorgung (insbesondere für die Endgeräte wie Fernseher, Receiver, Radios, Computer),
- die Abhängigkeit der IKT von der Stromversorgung und
- im Krisenfall der Bedarf seitens der Betreiber an Schutz, Verkehrs-Sonderrechten und ggf. Gefahrenabwehr durch BOS (insb. Polizei und Feuerwehr).

Die Auswahl an aufgezeigten Beziehungen soll somit einerseits als methodisches Anwendungsbeispiel dienen. Andererseits liefert sie eine Basis an Systemelementen und Wirkungsbeziehungen, an welcher für die Durchführung einer Systemanalyse angeknüpft werden kann. Die Liste der Beispielbeziehungen ist bei weitem nicht vollständig und muss je nach Spezifika des Versorgungsgebiets und je nach Untersuchungsschwerpunkt ergänzt und angepasst werden.

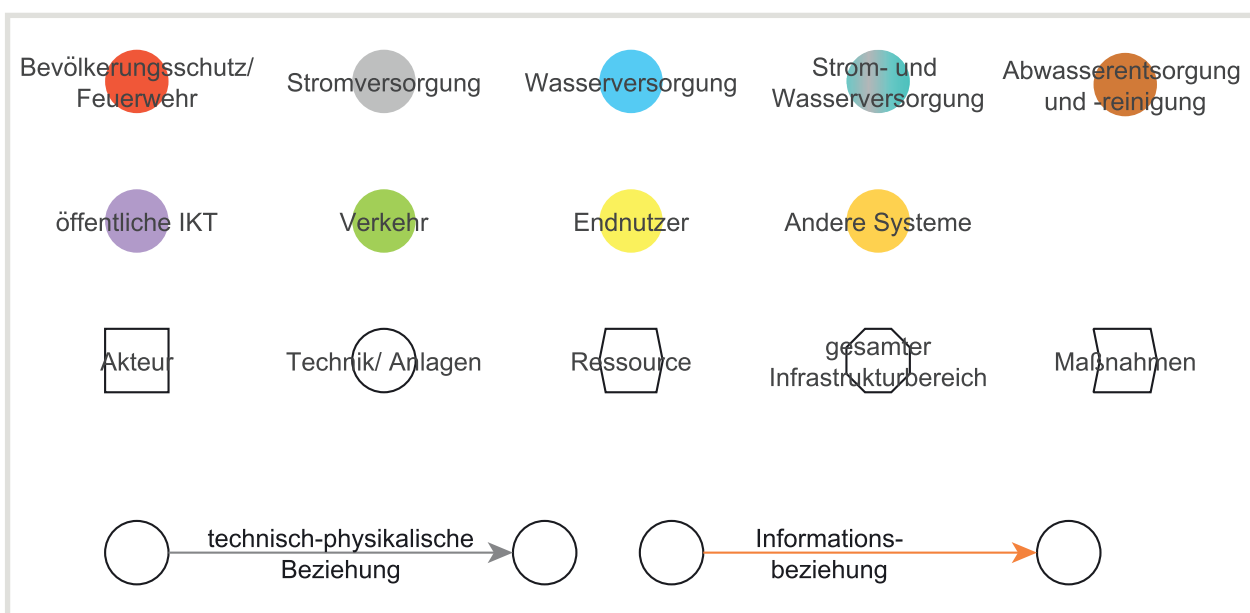
Die in vier Abschnitte gegliederte Darstellung im Anhang umfasst zunächst die Legende mit den standardisierten Benennungen verschiedener zentraler Elemente- und Beziehungstypen. Die darauffolgende Auflistung ist in vier Kapitel unterteilt. Sie beinhaltet insgesamt 34 Beziehungen zwischen jeweils zwei bis drei Einflussfaktoren. Die Beziehung bzw. Abhängigkeit wird jeweils stichwortartig beschrieben. Im Hinblick auf die Klassifizierung von Rinaldi et al. (siehe oben) beinhalten die folgenden Beispiele nur technisch-physikalische Beziehungen und Informationsbeziehungen.

6. Anhang

Die folgende Darstellung der 34 ausgewählten Beziehungen ist in vier Kapitel untergliedert:

- I. „Abhängigkeiten seitens KRITIS von externen Ressourcen und Technologien“,
- II. „Kommunikation und sonstige Abhängigkeiten zwischen Akteuren“,
- III. „Infrastrukturbereichs-interne Beziehungen“ und
- IV. „Beziehungen zu Endnutzern im Krisenfall“.

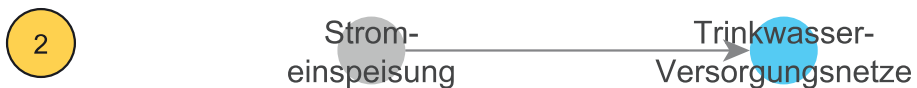
Legende



Abhängigkeiten seitens KRITIS von externen Ressourcen und Technologien



Netzgebundene Stromeinspeisung
für die Wasseraufbereitung bzw. Wasserwerke



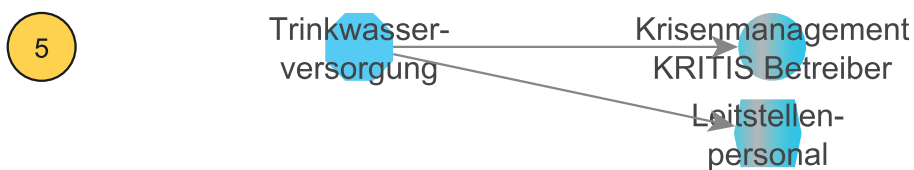
Netzgebundene Stromversorgung
für Wasser-Versorgungsnetze
(z.B. Druckerhöhungsanlagen, Schieber, etc.)



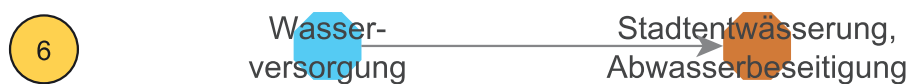
Netzgebundene Stromversorgung
der Überwachungs- und Steuerungstechnik und deren Bedeutung
für die Netzführung in Strom- und Wasserinfrastrukturen



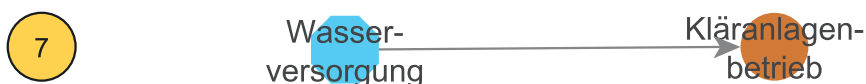
Netzgebundene Stromeinspeisung für
Feuerwehrwachen und -leitstellen



TW-Versorgung für das Personal, z.B. zum Trinken/
Kaffee kochen/ Zubereitung von Mahlzeiten und
für Toilettenspülungen



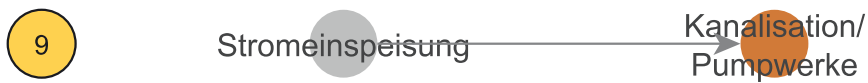
Bedeutung der leitungsgebundenen Wasserversorgung
für die Abwasser-/Fäkalienbeseitigung



Bedeutung von Störungen in der leitungsgebundenen
Wasserversorgung für den Kläranlagenbetrieb,
z.B. Ausfall der Wasserversorgung



Bedeutung einer netzgebundenen Stromeinspeisung
für den Kläranlagenbetrieb



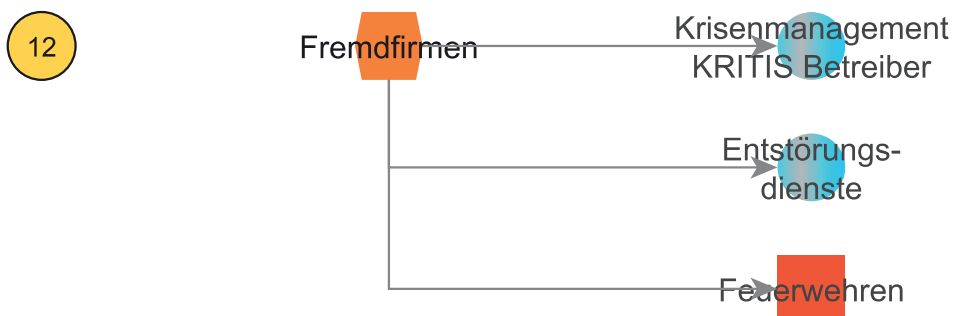
Bedeutung der netzgebundenen Stromversorgung für die Abwasserbeseitigung, z.B. Druckrohrleitungen und Pumpwerke



Bedeutung der netzgebundenen Stromversorgung für öffentliche Beleuchtung und damit die öffentliche Sicherheit

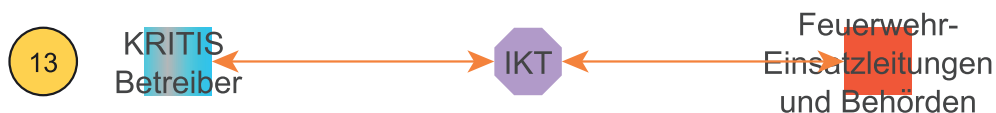


Bedeutung der netzgebundenen Stromversorgung für Verkehrsleitsysteme wie Ampeln, digitale Anzeigen, Schranken, Tunnel usw.



Bedeutung der Unterstützung durch Fremdfirmen zur Behebung von Schäden oder für Logistik

Kommunikation und sonstige Abhängigkeiten zwischen Akteuren



Bedeutung von IKT für die Kommunikation zwischen Betreibern und Einsatzleitung sowie Behörden



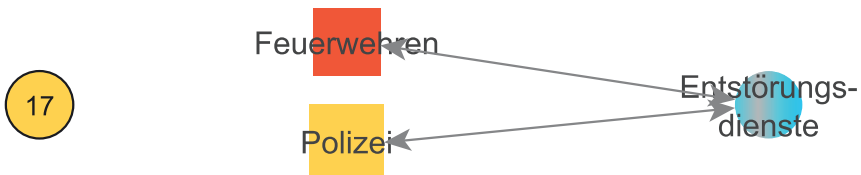
Bedeutung von Satellitentelefonie für die Kommunikation zwischen Betreibern und Einsatzleitung und Behörden bei Ausfall anderer Kommunikationskanäle



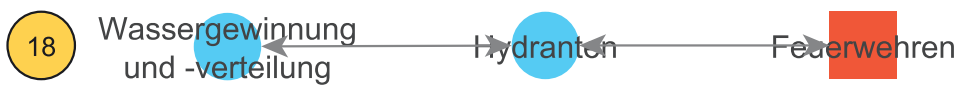
Bedeutung des Digitalfunks für die Kommunikation zwischen Feuerwehrleitstelle und den Einsatzleitungen vor Ort



Bedeutung einer Vorgabe bzw. Empfehlung von prioritären Versorgungszielen durch Behörden/ Krisenstäbe im Falle einer mengenmäßig reduzierten Versorgungskapazität

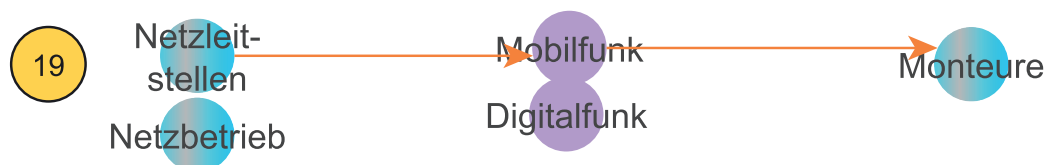


Zusammenarbeit zwischen Entstörungsdiensten und Feuerwehr und Polizei (sowie ggf. weiteren BOS)



Bedeutung eines ausreichenden Wasserdrucks für die Feuerwehren.
Umgekehrt bei reduziertem Druck wegen (Teil)ausfällen in der Wasserproduktion
Gefahr für das TW-Versorgungsnetz durch Feuerwehr-Pumpen.

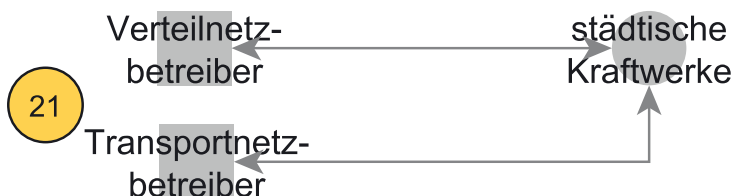
Infrastrukturbereichs-interne Beziehungen



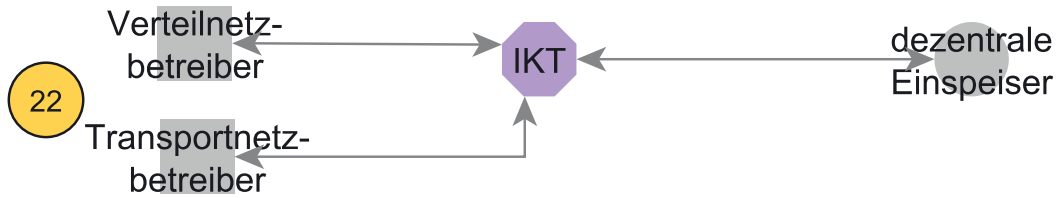
Bedeutung von Mobilfunk und Digitalfunk für die Kommunikation zwischen Netzsteuerung (z.B. Strom/Wasser) und den Monteuren der jeweiligen Entstörungsdienste



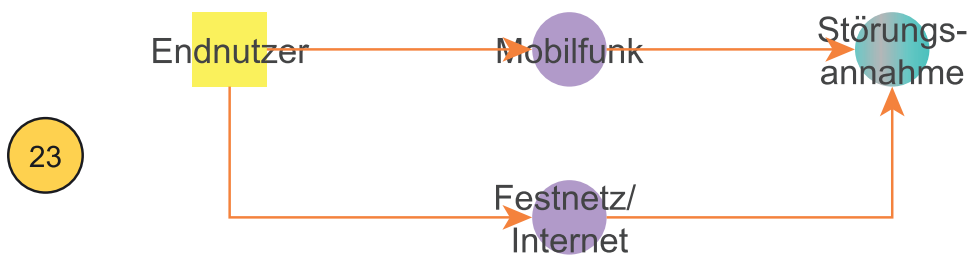
Kommunikationsbeziehungen zwischen Verteilnetz- und Transportnetz- (bzw. Übertragungsnetz-) betreibern Strom



Bedeutung städtischer Kraftwerke für die Stromversorgung in Ihrer Stadt

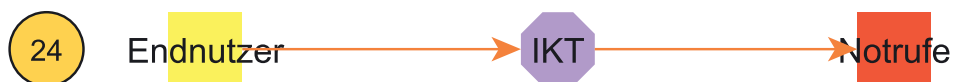


Bedeutung des Zugriffs auf dezentrale Einspeiser durch Stromnetz-Leitstellen über IKT



Bedeutung von Mobilfunk, Festnetz-Telefon und Internet (IKT) für die Meldung von Störungen durch Endnutzer/Kunden

Beziehungen zu Endnutzern im Krisenfall



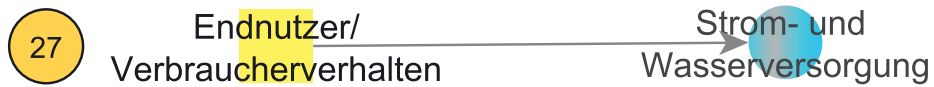
Bedeutung von Informations- und Kommunikationstechnologien (Mobilfunk, Festnetz-Telefon und Internet, IKT) für das Absetzen von Notrufen durch die Bevölkerung



Bedeutung der Medien für die Vermittlung von Informationen zu einer Krise oder Störung an die Öffentlichkeit/ Endnutzer durch die KRITIS-Betreiber



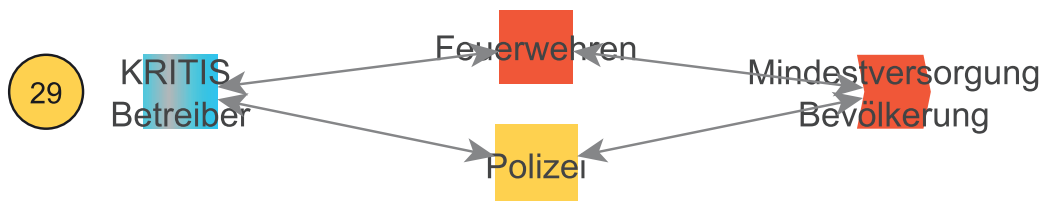
Bedeutung der Medien für die Vermittlung von Informationen zu einer Krise oder Störung an die Öffentlichkeit/ Endnutzer durch Behörden



Angewiesenheit der Versorger auf moderaten Verbrauch, insbesondere bei Minder- bzw. Teilversorgung



Angewiesenheit seitens BOS auf Mitwirkung und Eigenvorsorge der Bevölkerung, sowie auf gemäßigte Verhaltensweisen z.B. im Verkehr



Bedarf seitens der KRITIS-Betreiber an Unterstützung durch Feuerwehr, Polizei oder andere BOS für eine Mindestversorgung der Bevölkerung im Krisenfall



Bedarf seitens der KRITIS-Betreibern an Unterstützung durch Feuerwehr, Polizei oder anderen BOS speziell für die Versorgung von Krankenhäusern und anderen sensiblen Einrichtungen im Krisenfall



Bedarf an Personal des Wasserversorgers für den Betrieb städtischer Notbrunnen

Literaturverzeichnis

Ackoff, R. L. 1971: "Towards a System of Systems Concepts". Management Science Vol. 17, No. 11, Theory Series

Bach, C., Bouchon, S., Fekete, A., Birkmann, J. und Serre, D. 2013. "Adding Value to Critical Infrastructure Research and Disaster Risk Management. The Resilience Concept." S.A.P.I.EN.S, 6(1), 1-12.

Bagheri, E. und Ghorbani, A.A. 2008. "The state of the art in critical infrastructure protection: a framework for convergence", International Journal of Critical Infrastructures, 4(3), 215 - 244.

Bloomfield, R., Chozos, N. und Nobles, P. 2009. "Infrastructure Interdependency Analysis: Requirements, Capabilities and Strategy", Adelard LLP.

BSI-Kritisverordnung vom 22. April 2016 (BGBl. I S. 958), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juni 2017 (BGBl. I S. 1903) geändert worden ist.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Hrsg. 2008. „Nationales Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz.“ Praxis im Bevölkerungsschutz 1.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Hrsg. 2011. „Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement Leitfaden für Unternehmen und Behörden.“

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Hrsg. 2012. „Schutzkonzepte Kritischer Infrastrukturen im Bevölkerungsschutz: Ziele, Zielgruppen, Bestandteile und Umsetzung im BBK.“ Wissenschaftsforum 11.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Hrsg. 2014. „Stromausfall. Grundlagen und Methoden zur Reduzierung des Ausfallrisikos der Stromversorgung“. Wissenschaftsforum Band 12.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Hrsg. 2016. „Sicherheit der Trinkwasserversorgung. Teil 1: Risikoanalyse.“ Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 15.

Bundesministerium des Innern, Hrsg. 2009. „Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen.“

Dierich, A., Tzavella, K., Setiadi, N. J., Fekete, A. und Neisser, F. 2019. „Enhanced Crisis-Preparation of Critical Infrastructures through a Participatory Qualitative-Quantitative Interdependency Analysis Approach.“ Angenommen für: Franco, Z. González, J.J., Canós, J.H. (Hrsg.) T14-Protecting Critical Infrastructures in Crisis Situations. Proceedings of the 16th ISCRAM Conference – València, Spain May 2019.

Dierich, A., Schön, S., Bartels, M. und Hahne, M. 2012. „Szenarioanalyse für intersektorales Infrastruktur-Management.“, energie | wasser-praxis Heft 6/2012, S. 20-23.

DIN-EN 15975-2. 2013. „Sicherheit der Trinkwasserversorgung - Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement“. Deutsche Fassung EN 15975-2:2013.

Faturechi, R. und Miller-Hooks, E. 2015. “Measuring the performance of transportation infrastructure systems in disasters: a comprehensive review”, *Journal of Infrastructure Systems*, 21(1), 04014025.

Giannopoulos, G., Filippini, R. und Schimmer, M. 2012. “Risk assessment methodologies for Critical Infrastructure Protection. Part I: A state of the art”. Joint Research Centre – Institute for the Protection and Security of the Citizen.

López-Silva, J., Bañuls, V.A. und Turoff, M. 2015. “Scenario Based Approach for Risks Analysis in Critical Infrastructures”. In: Palen, L., Büscher P.; M., Comes, T. und Hughes, A. (Hrsg.) *Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference*, Kristiansand.

Mayer, Julia. 2017. „Treibstoffversorgung bei Stromausfall: Empfehlung für Zivil- und Katastrophenschutzbehörden: Fachinformation“. *Praxis im Bevölkerungsschutz*, Band 18. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.

Neisser, F., Fekete, A., Dierich, A. und Wurbs, S. 2019: „Kritische Abhängigkeiten der Wasserver- und -entsorgung“. *energie | wasser-praxis* 3/2019, S. 38-41.

O’Rourke, T. D. 2007. „Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience“. *The Bridge - Linking Engineering and Society*.

Ouyang, M. 2014. „Review on Modeling and Simulation of Interdependent Critical Infrastructure Systems“. *Reliability Engineering & System Safety* 121: 43–60.

Perrow, C. 1999. “Normal Accidents Living with High Risk Technologies - Updated Edition”

Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. und Riehm, U. 2010. „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften - am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung“. *Arbeitsbericht Nr. 141*. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. und Riehm, U. 2013. „Was bei einem Blackout geschieht: Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls.“ *Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag* 33. Berlin: ed. sigma.

Rinaldi et al. 2001. „Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies“. *IEEE Control Systems Magazine* 12/2001: 1-25.

Schätter, F., Wiens, M., Meng, S. und Schultmann, F. 2014. „A multi - stage scenario construction approach for critical infrastructure protection“. In: Hiltz, S.R., Pfaff, M.S., Plotnick, L. und Shih, P.C (Hrsg.) *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference*, Pennsylvania, USA.

Turoff, M., V.A. Bañuls, L. Plotnick, und S.R. Hiltz. 2014. „Development of a Dynamic Scenario Model for the Interaction of Critical Infrastructures“. In Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference. Pennsylvania, USA.

Utne, I.B., P. Hokstad, und J. Vatn. 2011. „A Method for Risk Modeling of Interdependencies in Critical Infrastructures“. Reliability Engineering & System Safety 96 (6): 671–78.

VDE (FNN). 2012. „S 1001 - Sicherheit in der Stromversorgung - Hinweise für das Risikomanagement des Netzbetreibers.“

VDE (FNN). 2011. „S 1002 - Effektives Krisenmanagement durch Prävention.“

Vester, F. 2002. „Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität“. Ein Bericht an den Club of Rome.

Stimmen aus der Praxis

„Eine funktionierende Wasserversorgung kann eine Krise erheblich abmildern, wie in der in KIRMin durchgeführten Sensitivitätsanalyse herausgekommen ist. Für den Krisenfall ist es wichtig, dass sich KRITIS-Betreiber frühzeitig austauschen. Nur so können schon vorab Schwerpunkte festgelegt und in der Krise entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.“
Constantin Blanck, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH

„Es hat mir viel Freude gemacht, als Praxispartner zum Gelingen des Projektes beigetragen zu haben. Insbesondere die Analyse der gegenseitigen Abhängigkeiten und die Szenarios haben auch für das Krisenmanagement im Rhein-Erft-Kreis nochmals wertvolle Anregungen für eine integrative Vorsorge geliefert.“

Dirk Durst, Brandschutzingenieur / Sachbearbeiter Brand- und Bevölkerungsschutz, Abteilung 32.2 Rettungsdienst, Brand- und Bevölkerungsschutz, Brandschutzdienststelle

„Das Forschungsprojekt KIRMin hat durch seinen integrativen und partizipativen Ansatz das Bewusstsein in Mülheim an der Ruhr für die gemeinsame Krisenprävention gestärkt. Nicht nur die Infrastrukturbetreiber selbst, sondern auch die Feuerwehr kann sich natürlich besser auf Krisenlagen vorbereiten, wenn wir wissen, welche sensiblen Abhängigkeiten zwischen KRITIS bestehen und an welchen Stellen bei Ausfällen unbedingt eine Ersatzversorgung zu schaffen ist.“

Dipl.-Ing. (FH) Michael Lülfi, M.Sc., Berufsfeuerwehr Mülheim an der Ruhr (Stabsstelle)

„In der Vorbereitung auf komplexe Einsatzlagen ist die Feuerwehr auch stark auf die reibungslose Zusammenarbeit mit den verschiedenen KRITIS-Akteuren angewiesen. Da hilft es sehr, wenn vorab alle an einem Tisch versammelt werden, um über die gemeinsamen Abhängigkeiten zu sprechen.“

Martin Müller-Saidowski, Berufsfeuerwehr Köln

Ihre Notizen:

Auf den Punkt gebracht

Zusammenhänge und Abhängigkeiten erfassen

Gerade im Bereich der Sicherheitsforschung kommt es darauf an, Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen komplexen Systemen genau zu verstehen. Mit der Interdependenzanalyse bietet das inter 3 Institut für Ressourcenmanagement eine praktische Möglichkeit, kritische Knotenpunkte und Dynamiken zwischen komplexen Systemen sichtbar zu machen. Unternehmen können dadurch Risiken besser vorbeugen und wissen im Krisenfall, was zu tun ist.

Für wen und wozu ist das nützlich?

Zum Beispiel für Kommunen und Versorgungsunternehmen, die einen Überblick über intersektorale Abhängigkeiten in ihrem Versorgungsgebiet benötigen, um auf dieser Basis wirksame Krisen- oder Notfallpläne aufzustellen. Das Ergebnis: Grafisch aufbereitete Pläne und Bewertungen der relevanten Systemelemente und Wirkungsbeziehungen.

Herausfinden, womit man rechnen muss

inter 3 unterstützt Infrastrukturbetreiber auch mit anderen Dienstleistungen wie Szenarioanalysen oder Delphi-Befragungen dabei, sich für zukünftige Herausforderungen zu wappnen und auf Zukunftstrends rechtzeitig einzustellen. Alle wissenschaftlichen Dienstleistungen sind darauf ausgerichtet, dass Wissenschafts- und Praxispartner – trotz immer begrenzter Ressourcen – aussage-, entscheidungs- und handlungsfähig werden.

Kontakt und weitere Fragen

Für detailliertere Auskünfte und Hilfestellung zur Methodik, zum Ablauf des Prozesses und zu den übertragbaren Elementen und Beziehungen stehen die Autoren dieses Leitfadens jederzeit zur Verfügung.

**Gern beraten wir Sie zu konkreten Einsatzmöglichkeiten in Bezug auf Ihr Anliegen.
Sprechen Sie uns an:**

Dipl.-Pol. Axel Dierich
+49(0)30 34 34 74 49
dierich@inter3.de
www.inter3.de

Dieser Leitfaden zeigt eine methodische Herangehensweise auf, um gegenseitige Abhängigkeiten funktionaler, technischer und organisationaler Art zwischen KRITIS (wie z.B. dem Energie- und Wassersektor) oder zwischen KRITIS und Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (z.B. Feuerwehren) zu erkennen und zu bewerten. Im Anhang werden zudem ausgewählte Beispiele für intersektorale Abhängigkeiten aufgeführt, deren Übertragbarkeit mit Experten getestet wurde und die als Ausgangspunkt für eine solche Systemanalyse in unterschiedlichsten Versorgungsgebieten Deutschlands dienen können.

Dies schafft eine solide und zugleich handhabbare Wissensgrundlage, um den intersektoral entstehenden Vulnerabilitäten präventiv entgegenzutreten. Insbesondere integrierte Notfallkonzepte, ein integriertes Risikomanagement, aber auch Szenarios, gemeinsame Übungen und sonstige bi- oder multilaterale Sicherheitspartnerschaften können hierauf aufbauen.

ISBN: 978-3-9819610-4-1