



KRITIK

Entwicklung einer Evidenzgrundlage zum Umgang mit
kritischen Infrastrukturen in der Raumordnung

Dissertation

an der Technischen Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung
zur Erlangung des akademischen Grades Dr.-Ing.

Eingereicht von M.Sc. Hanna Christine Schmitt

Dortmund, Oktober 2020

Quellennachweis Titelblatt:
Eigene Darstellung, eigenes Foto.

Was heißt hier eigentlich ‚kritisch‘?

Entwicklung einer Evidenzgrundlage zum Umgang mit kritischen Infrastrukturen in der
Raumordnung

Dissertation zum Erlangen des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
an der Fakultät Raumplanung der TU Dortmund

Eingereicht von:
Hanna Christine Schmitt

Matrikelnr.: 128283

Oktober 2020

Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Greiving, TU Dortmund (Gutachter 1)

Prof. Dr.-Ing. Jörn Birkmann, Universität Stuttgart (Gutachter 2)

Prof. Dr.-Ing. Dietwald Gruehn, TU Dortmund (Vorsitzender)

Zusammenfassung

„Kritische Infrastrukturen (KRITIS) [gelten als] Hauptschlagadern moderner Gesellschaften. Sie liefern Strom und Wasser, ermöglichen den Transport von Gütern und Informationen und sorgen in ihrem Zusammenwirken für ein funktionierendes Gemeinwesen“ (Schmitt, 2019: 48, eigene Ergänzung). Von welcher unerlässlicher, ‚kritischer‘ Relevanz die Versorgungsleistungen der KRITIS sind, zeigt sich insb., wenn diese ausfallen. Einerseits ist die Gesellschaft solchen Ausfällen gegenüber hochgradig vulnerabel. Andererseits offenbart sich, oftmals erst während eines KRITIS-Ausfalls, dass deren Versorgungsleistungen auch für andere KRITIS unerlässlich sind. So breiten sich die Auswirkungen auf diverse Versorgungsleistungssysteme und über administrative Grenzen hinweg aus, was auch als Kaskadeneffekt bezeichnet wird. Diese Kaskadeneffekte werden erst durch die systemische Vernetzung von KRITIS möglich und sind somit in einer Kerneigenschaft des komplexen KRITIS-Wirkungsgefüges begründet, welches auch als System-von-Systemen (engl. ‚system-of-systems‘) bezeichnet wird.

In § 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ROG lautet es seit dem Jahr 2008: „Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen.“ Damit sind KRITIS in ihrem funktionalen, grenz- und systemüberschreitenden Charakter Aufgabe der Raumordnung. Nicht aufgrund ihrer besonderen Empfindlichkeit oder Gefährdung, sondern aufgrund ihrer systemischen Versorgungsrelevanz und ihrer potenziell verheerenden Kaskadeneffekte sind sie Schutzgut und raumordnerischer Abwägungsbelang (BMI, 2020: 23). Allerdings gestaltet sich die Überführung des KRITIS-Grundsatzes in formelle, raumordnerische Instrumente bisher schwierig. Bis heute (Erhebungsstand 30.06.2019) konkretisiert keiner der in Deutschland rechtskräftigen Raumordnungspläne den o. g. KRITIS-Grundsatz (► s. Kap. 1.1.3). Als Begründung für die ausbleibende Konkretisierung benennen die Träger*innen der Raumordnung die Abstraktheit und Komplexität des Schutzauftrages sowie fehlende Operationalisierungs- und Entscheidungsgrundlagen (Riegel, 2015: 122f.).

An dieser Problemstellung setzt die vorliegende Dissertation an. Ziel ist es, Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zu entwickeln, die KRITIS als komplexes System-von-Systemen (be-)greifbar machen und somit eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit diesem, insb. in der Raumordnung, schaffen (► s. Kap. 2.1).

Den Ausgangspunkt bildet die Frage, was eigentlich ‚kritisch‘ heißt und inwiefern sich ‚kritische‘ von ‚normalen‘ Infrastrukturen unterscheiden lassen. Zur Beantwortung dieser Frage wird zunächst das Konzept von Kritikalität theoretisch erfasst und dieses von probabilistischen, objekt- und standortgebundenen Konzepten, wie Risiko und Vulnerabilität, abgegrenzt. Kritikalität wird im Folgenden als distinktes Konzept entwickelt, dem ein integriertes Kritikalitätsverständnis zugrunde liegt und das insb. in seiner KRITIS-internen, versorgungsleistungsbezogenen Dimension, seinem Charakter als System-von-Systemen, einer weiteren Analyse unterzogen wird (► s. Kap. 3.3).

In der Analyse des Systems-von-Systemen wird der Herausforderung begegnet, dieses verständlich und in seinen einzelnen Subsystemen mess- und bewertbar zu machen, damit Akteur*innen wie die Raumordnung mit diesem umgehen können. Dazu werden einerseits Verständnisgrundlagen erarbeitet, die KRITIS systematisch charakterisieren, die einzelnen Subsysteme des Systems-von-Syste-

men sowie ihr Zusammenwirken erfassen und sie schließlich für unterschiedliche Adressat*innenkreise begreifbar machen. Andererseits wird der Operationalisierungsansatz des ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘ entwickelt, der die Versorgungsleistungen erbringenden Subsysteme zwecks Skalier- und Reproduzierbarkeit generisch mess- und bewertbar macht.

Der Operationalisierungsansatz des ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘ misst den Grad und die Enge der Vernetzung zwischen den Subsystemen und ermittelt die Möglichkeit und Stärke eines sich potenziell über das KRITIS-Wirkungsgefüge ausbreitenden Kaskadeneffekts über die Zeit (► s. Kap. 4.2). Zur Erprobung des Operationalisierungsansatzes sowie zur Erarbeitung der benötigten Verständnisgrundlagen erfolgt eine Ausarbeitung auf Bundesebene für die 29 Teilsektoren der nationalen KRITIS-Strategie als (politisch) legitimierte Approximation der Subsysteme. Die Datengrundlage bildet eine Online-Befragung mit mehr als einhundert Teilnehmenden aus Bundesbehörden und anderen Einrichtungen mit deutschlandweiter Expertise, die Aussagen über das Vorhandensein, die Stärke und die zeitliche Entwicklung der Abhängigkeiten zwischen den Subsystemen vornehmen (► s. Kap. 4.3).

In der Erprobung des Operationalisierungsansatzes kann bestätigt werden, dass sich die 29 Teilsektoren hinsichtlich ihres ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘ valide messen und vergleichen lassen. Kernerkenntnisse sind, dass zwischen den Subsystemen deutliche Unterschiede hinsichtlich ihres Potenzials zur Weitergabe von Kaskadeneffekten bestehen und dass insb. solche Versorgungssysteme, von denen viele andere Systeme abhängig sind, mögliche Kaskadeneffekte mit hoher Intensität in kurzer Zeit weitergeben (► s. Kap. 5.2). Die beispielhafte Auswertung und Aufbereitung der gewonnenen Daten erfolgt u. a. in Form von Teilsektor-Steckbriefen, Netzwerk- und Kaskadendiagrammen (► s. Kap. 5.3). Diese bilden bedarfsgerechte Verständnisgrundlagen unterschiedlicher Komplexität und stellen erstmalig für Deutschland geschaffene Informations- und Kommunikationsinstrumente dar (► s. Kap. 6).

Aufbauend auf den entwickelten Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen werden schließlich mögliche Anwendungspotenziale dieser Evidenzgrundlage diskutiert. Dabei wird gezeigt, dass die methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse dieser Arbeit in zahlreiche bestehende Strategien und Instrumente unterschiedlicher Akteur*innengruppen zum Umgang mit und Schutz von KRITIS eingebunden werden können (► s. Kap. 7.2). Ein großes Anwendungspotenzial wird in der raumordnerischen Implementierung von Methodik und Ergebnissen identifiziert und u. a. die Aufstellung und möglichen Inhalte eines ‚Bundesraumordnungsplans KRITIS‘ diskutiert. Es wird gezeigt, dass ein solcher sowohl zur Lösung des Spannungsfeldes des KRITIS-Grundsatzes mit dem Trassenbündelungsprinzip geeignet ist als auch die Grundlage zur Regelung und Gewichtung der unterschiedlichen, kritischen Versorgungsleistungssysteme auf Basis eines klassifizierten ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘ bieten kann (► s. Kap. 7.3).

Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse sowie die Methodenauswahl und -ausgestaltung perspektivisch und kritisch diskutiert, um den Beitrag der Dissertation im Umgang mit und Schutz von KRITIS zu reflektieren (► s. Kap 8).

Danksagung

Auf dem Weg zur Fertigstellung dieser Dissertation wurde ich von zahlreichen Personen unterstützt, bei denen ich mich hiermit bedanken möchte.

Allen voran gilt mein Dank meinem Doktorvater und langjährigen Chef, Prof. Dr. Stefan Greiving. Du hast mich von Beginn an auf eigene, wissenschaftliche Beine gestellt und mir stets mit hilfreichen Anmerkungen und Denkanstößen zur Seite gestanden. Nicht nur hast Du mir die Freiheit gelassen, mein für die Raumplanung exotisches Dissertationsthema umzusetzen, sondern mich darin bestärkt und mich an aktuellen raumordnerischen Debatten teilhaben lassen. Vielen Dank für alles, Stefan. Mein herzlicher Dank gilt auch meinem zweiten Gutachter, Prof. Dr. Jörn Birkmann, und dem Vorsitzenden meiner Prüfungskommission, Prof. Dr. Dietwald Gruehn. Danke, dass Sie sich dazu bereit-erklärt haben, sich mit mir in dieses ‚kritische‘ Themenfeld zu wagen.

Die inhaltliche Realisierung dieser Arbeit wäre ohne die wertvollen Rückmeldungen von zahlreichen Praktiker*innen nicht möglich gewesen. Daher möchte ich einen besonderen Dank an Thomas Pütz vom BBSR, an Peter Lauwe, Dr. Ina Wienand und Jan Bäumer vom BBK sowie an Nick Wenger vom BABS aussprechen. Sie alle waren mir in ausführlichen Gesprächen sowohl bei der Konkretisierung des Forschungsbedarfs als auch bei der Diskussion und Validierung der Ergebnisse eine große Hilfe. Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben, Ihr Wissen mit mir zu teilen und klare, offene Worte gefunden haben. Bedanken möchte ich mich darüber hinaus bei den mehr als ein-hundert Umfrageteilnehmenden, die mich mit wertvollen Einblicken in die KRITIS-Teilsektoren ver-sorgt haben.

Ein herzliches Dankschön geht auch an meine diversen Korrekturleser*innen. Ihr habt Euch für mich den Kopf zermartert, Euch den ‚Forschungsstand erschossen‘ und ‚Grundalgen‘ geerntet. Danke für Eure Rot- und Pinkstifte, guten Gedanken, witzigen Kommentare und ehrlichen Worte. Ein großes Dankeschön möchte ich darüber hinaus meinen derzeitigen und ehemaligen Kolleg*innen vom IRPUD aussprechen. Ihr wart sowohl fachlich wie moralisch eine kontinuierliche Unterstützung für mich. Das gilt besonders für Euch, Dennis und Nadine, und Eure Unterstützung in der Themenfin-dung und -abgrenzung. Und für Dich, Lisa, für Deine unablässige Bereitschaft für thematische Brain-stormings, neue Visualisierungsideen und einen riesigen Berg an ‚*moral support*‘. Auch den vielen Hilfskräften, die mich über die Jahre zuverlässig in Recherche- und Visualisierungsaufgaben unter-stützt haben, möchte ich hiermit herzlich danken und zwar ganz besonders Laura und Leonie, Jan und Florian sowie Tanja, Sina und Lea. Außerdem danke ich meinen Mädels aus der mentoring³-Schreibgruppe. Ich bin so froh, die diversen Lockdowns virtuell mit Euch verbracht zu haben.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freund*innen bedanken. Danke für Euer hervorragendes Maß zwischen Ablenkung und Einigeln-Lassen, dafür, dass ihr mich nicht den Blick auf das Wesentliche habt verlieren lassen, und für Euren Zuspruch und Stolz. Das gilt allen voran Dir, Helge. Ohne Deine unerschütterliche, bedingungslose Unterstützung auf so vielfältige Weise wäre diese Dissertation deutlich weniger unbeschwert zu realisieren gewesen. > <

Dortmund, Oktober 2020.

Lesehinweis:

Die Abkürzung KRITIS wird in dieser Dissertation für den Begriff ‚kritische Infrastrukturen‘ (Plural) verwendet. Dieser bezieht sich auf das Wirkungsgefüge aus (physischen) Infrastrukturanlagen und (funktionalen) Versorgungsleistungssystemen.

Eine Verwendung des Begriffs ‚kritische Infrastruktur‘ (Singular) wird vermieden, da in dieser Dissertation argumentiert wird, dass eine einzelne, physische Infrastruktur(anlage) i. e. S. nicht ‚kritisch‘ sein kann, da sie keine Kritikalität besitzt. Erst die von dieser (und anderen Infrastrukturen gemeinsam) erbrachten Versorgungsleistungen machen KRITIS ‚kritisch‘.

Wird auf andere Quellen Bezug genommen, in denen das Adjektiv ‚kritisch‘ im Zusammenhang einzelner, physischer Infrastrukturanlagen verwendet wird, ist diese Bezeichnung jeweils durch die Verwendung einfacher Anführungszeichen (‚kritische‘ Infrastrukturanlage) kenntlich gemacht.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Danksagung.....	iii
Abbildungs- & Tabellenverzeichnis	viii
Abkürzungsverzeichnis.....	x
1. Einführung.....	1
1.1 Was KRITIS ‚kritisch‘ macht.....	5
1.1.1 ‚Relevante‘ vs. ‚kritische‘ Infrastrukturen	6
1.1.2 Charakterisierung kritischer Infrastrukturen.....	8
1.1.3 Herausforderung Kritikalität	13
1.2 Kompetenzverteilung im Themenfeld KRITIS	16
1.3 KRITIS als Handlungsfeld der Raumordnung	20
1.3.1 Raumplanungsrelevanz von KRITIS.....	20
1.3.2 Kompetenztitel der Raumordnung	22
1.3.3 Status quo des raumordnerischen Umgangs mit KRITIS	25
1.4 Forschungslücke – KRITIS als SoS (be-)greifbar machen	35
Zwischenfazit – Anlass & Problemstellung	37
2. Forschungsdesign.....	39
2.1 Ziel der Arbeit und Forschungsfrage.....	39
2.2 Forschungsrahmen	40
2.3 Forschungskonzeption und Aufbau der Arbeit	43
2.3.1 Forschungskonzeption	43
2.3.2 Forschungsablauf.....	44
2.4 Methoden.....	46
2.4.1 Methoden der Sekundärforschung.....	47
2.4.2 Methoden der Primärforschung	48
Zwischenfazit – Forschungsdesign.....	55
3. Konzeptualisierung von KRITIS.....	59
3.1 Systematisierung des Standes der Kritikalitätsforschung	60
3.1.1 Bestehende Kritikalitätsverständnisse	61
3.1.2 Operationalisierungsansätze für KRITIS	63
3.2 Diskussion des Forschungsstandes	71
3.2.1 Diskussion der Operationalisierungsansätze.....	72

3.2.2	Diskussion der bestehenden Kritikalitätsverständnisse.....	78
3.3	KRITIS theoretisch-konzeptionell (be-)greifbar machen	80
3.3.1	Entwicklung eines integrierten Kritikalitätsverständnisses.....	80
3.3.2	Kritikalität als Konzept.....	82
3.3.3	Konkretisierung des KRITIS-SoS.....	84
3.3.4	Ausgestaltung der KRITIS-Dimensionen.....	85
3.4	Synthese der Systematisierung.....	88
	Zwischenfazit – Konzeptualisierung von KRITIS	90
4.	Operationalisierung des KRITIS-SoS	93
4.1	Erkenntnisstand zum KRITIS-SoS	93
4.1.1	Empirische Studien zum KRITIS-SoS.....	94
4.1.2	Diskussion der Erhebungseigenschaften der Studien.....	98
4.2	Entwicklung eines Operationalisierungsansatzes.....	99
4.2.1	Anforderungen an den Operationalisierungsansatz.....	100
4.2.2	Operationalisierungsansatz des ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘	101
4.3	Erhebungsmethodik	104
4.3.1	Erhebungskonzept.....	104
4.3.2	Ausgestaltung der Online-Befragung	108
4.3.3	Ausgestaltung der Netzwerkanalyse	119
4.4	Auswertungskonzept.....	122
4.4.1	Auswertungsabsichten zum Operationalisierungsansatz	127
4.4.2	Auswertungsabsichten zum Verständnis des KRITIS-SoS.....	128
	Zwischenfazit – Operationalisierung des KRITIS-SoS.....	134
5.	Analyse des KRITIS-SoS	135
5.1	Durchführung der Analyse	135
5.1.1	Zeitlicher Ablauf der Analyse.....	135
5.1.2	Durchführung und Rücklauf der Befragung	136
5.2	Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials	139
5.2.1	Parameter 1 – Vernetzungsgrad.....	140
5.2.2	Parameter 2 – Vernetzungsdichte	142
5.2.3	Parameter 3 – Stärke der ausgehenden Abhängigkeit.....	143
5.2.4	Parameter 4 – Zeit.....	145
5.2.5	Zusammenführung der Parameter	146
5.3	Verständnis über das KRITIS-SoS.....	152

5.3.1	Ausgestaltung des Gesamtnetzes	152
5.3.2	Charakteristika der Teilspektoren.....	161
5.3.3	Verständnisgrundlage Teilspektor-Steckbriefe	171
	Zwischenfazit – KRITIS-SoS in Deutschland.....	203
6.	Interpretation, Plausibilisierung und Validierung der Ergebnisse.....	205
6.1	Interpretation und Plausibilisierung des Systemischen Kaskadenpotenzials	209
6.2	Interpretation und Plausibilisierung der Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS.....	214
6.2.1	Verständnis des Gesamtnetzes	214
6.2.2	Teilspektorbezogenes Verständnis.....	217
6.3	Externe Validierung der Methodik und Ergebnisse	221
6.3.1	Validierung der Methodik und Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials ..	222
6.3.2	Validierung der Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS.....	223
6.3.3	Abschließende Einschätzung der Validierung	224
	Zwischenfazit – Interpretation & Validierung.....	226
7.	Potenziale zum Umgang mit KRITIS	229
7.1	Theoretisch-konzeptionelle Beförderung des Umgangs mit KRITIS.....	230
7.1.1	Eine Versorgungslistungsperspektive einnehmen.....	230
7.1.2	Kritikalität und Risiko zusammenführen.....	233
7.2	Strategisch-instrumentelle Beförderung des Umgangs mit KRITIS	236
7.2.1	Zentrale Akteur*innengruppen im Umgang mit KRITIS.....	237
7.2.2	Dimensionsbezogene Anwendungs- und Weiterentwicklungspotenziale	239
7.3	Raumordnerische Beförderung des Umgangs mit KRITIS	246
7.3.1	Raum- und Raumordnungsrelevanz von kritischen Infrastruktursystemen.....	247
7.3.2	Implementierung des KRITIS-SoS in Raumordnungsplänen.....	249
7.3.3	Raumordnerische Anwendungspotenziale und -hemmnisse	256
7.4	KRITIS als Gemeinschaftsaufgabe	259
7.4.1	Etablierung eines Bundesprogramms zum KRITIS-Schutz	259
7.4.2	Weiterentwicklungsbedarfe in Richtung KRITIS-Schutz	261
	Zwischenfazit – Den Umgang mit KRITIS befördern.....	263
8.	Fazit und Ausblick.....	267
8.1	Inhaltliche Reflexion und Einordnung der Forschungserkenntnisse	267
8.2	Reflexion der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts	276
8.3	Weiterer Forschungs- und Erkenntnisbedarf	286
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	291

Abbildungs- & Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Direkte und indirekte Abhängigkeiten.....	9
Abbildung 2: Akteur*innen und Instrumente im Handlungsfeld KRITIS.....	16
Abbildung 3: Forschungskonzeption und arbeitsleitende Fragestellungen.....	44
Abbildung 4: Aufbau der Arbeit.....	45
Abbildung 5: Quellen zur systematischen Gewinnung von Wissen.....	47
Abbildung 6: Befragungstypen.....	49
Abbildung 7: Ungerichtete vs. gerichtete Graphen.....	53
Abbildung 8: Perspektiven und Dimensionen von KRITIS.....	59
Abbildung 9: Kritikalität als erweiterter Risikofaktor.....	66
Abbildung 10: Kritikalität als Gegengewicht zu Vulnerabilität.....	69
Abbildung 11: Kritikalitäts-Assessment nach Fekete (2018).....	71
Abbildung 12: ‚CI at risk‘.....	72
Abbildung 13: ‚CI pose risk‘.....	72
Abbildung 14: Risiko ⁺ -Ansätze.....	73
Abbildung 15: ‚Systemic Risks‘.....	74
Abbildung 16: Anlagenvulnerabilität.....	75
Abbildung 17: Vulnerabilität interdependenter Systeme.....	75
Abbildung 18: Gesellschaftliche Vulnerabilität.....	75
Abbildung 19: Resilienz.....	76
Abbildung 20: Kritikalitäts-Assessment.....	77
Abbildung 21: Kritikalität vs. Risiko.....	84
Abbildung 22: KRITIS-SoS vs. Umgebung.....	85
Abbildung 23: Ausgestaltung der KRITIS-Dimensionen.....	86
Abbildung 24: Abhängigkeitsmatrix des BABS.....	95
Abbildung 25: Sektor-Verhalten bei unterschiedlichen Ausfalldauern (Laugé et al., 2015).....	96
Abbildung 26: Abhängigkeits-Graph (Luijff et al., 2010).....	97
Abbildung 27: Faktoren des Operationalisierungsansatzes.....	102
Abbildung 28: Parameter des Operationalisierungsansatzes.....	103
Abbildung 29: Berechnungsgrundlage des Operationalisierungsansatzes.....	103
Abbildung 30: Aufbau der Online-Umfrage.....	115
Abbildung 31: Beispiel für Frage 03.....	116
Abbildung 32: Auswertungskonzept.....	125
Abbildung 33: Blanko-Spinnennetzdiagramm zur prozentualen Stärke der Abhängigkeiten.....	131
Abbildung 34: Vereinfachtes Kaskadendiagramm.....	132
Abbildung 35: Arbeitsschritte und zeitliche Umsetzung der Analyse.....	136
Abbildung 36: Rückmeldungen nach Einrichtungen.....	139
Abbildung 37: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, ungerichtet (alle Antworten).....	154
Abbildung 38: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, ungerichtet (Mehrheitsantworten).....	156
Abbildung 39: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, gerichtet (alle Antworten).....	158
Abbildung 40: Gesamtnetzwerke nach Ausfalldauern (alle Antworten).....	159
Abbildung 41: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, gerichtet (Mehrheitsantworten).....	160
Abbildung 42: Gesamtnetzwerke nach Ausfalldauern (Mehrheitsantworten).....	161

Abbildung 43: Punktediagramm ein- und ausgehende Abhängigkeiten (Mehrheitsantworten)	162
Abbildung 44: Abhängigkeitsmatrix gemittelte Stärke der Abhängigkeit (Mehrheitsantworten)	163
Abbildung 45: Ausgehende Abhängigkeiten des Teilsystems <i>Mineralöl</i> (Mehrheitsantworten)	163
Abbildung 46: Eingehende Abhängigkeiten des Teilsystems <i>Mineralöl</i> (Mehrheitsantworten)	163
Abbildung 47: Eingehende Abhängigkeiten von <i>Mineralöl</i> pro Ausfalldauer (Mehrheitsantworten)	164
Abbildung 48: Kaskadendiagramm Teilsystem <i>Ernährungswirtschaft</i> (sechs Wochen)	170
Abbildung 49: Vergleich der Rückmeldungen vor und nach dem Brand von Notre-Dame	208
Abbildung 50: Zusammenführung der Versorgungsperspektive	231
Abbildung 51: Kombination von Anlagenrisiko und systemischer Kritikalität in Risikobewertung	235
Abbildung 52: Zentrale Akteur*innengruppen und ihre Kooperation in den KRITIS-Dimensionen	238
Abbildung 53: Weiterentwicklungspotenziale zum Umgang mit KRITIS	245
Tabelle 1: Sektor- und Teilsystemeinteilung von KRITIS in Deutschland	3
Tabelle 2: Charakterisierung kritischer Infrastrukturen	12
Tabelle 3: Kategoriensystem und Kontextleitfaden zur Raumordnungsplananalyse	26
Tabelle 4: Empirische Studien zur Abbildung des KRITIS-SoS	99
Tabelle 5: Eigenschaften des Operationalisierungsansatzes ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘	104
Tabelle 6: Übersicht und Begründung der erhobenen Ausfalldauern	108
Tabelle 7: Erhebungskonzept zum Systemischen Kaskadenpotenzial	108
Tabelle 8: Kriterienplan zur Stichprobenziehung	110
Tabelle 9: Auswahlplan zur Stichprobenziehung	111
Tabelle 10: Klassenbildung zur Stärke der Beeinträchtigung	127
Tabelle 11: Potenzierte Gewichtung der Ausfalldauern im Parameter ‚Zeit‘	128
Tabelle 12: Klassenbildung zum Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten	129
Tabelle 13: Teilsystembezogene Berechnung des Vernetzungsgrades	140
Tabelle 14: Teilsystembezogene Nähezentralitätswerte	142
Tabelle 15: Teilsystembezogene, durchschnittliche Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten	143
Tabelle 16: Teilsystembezogene Gewichtung der Ausfalldauern	145
Tabelle 17: Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (alle Antworten)	147
Tabelle 18: Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (Mehrheitsantworten)	148
Tabelle 19: Vergleich des Systemischen Kaskadenpotenzials (alle und Mehrheitsantworten)	149
Tabelle 20: Beispielhafte Klassifizierung des Systemischen Kaskadenpotenzials	151
Tabelle 21: Sektorzugehörigkeit der Netzwerkknoten	153
Tabelle 22: Kantenfarbe nach Stärke der Abhängigkeit	157
Tabelle 23: Durchschnittliche Anzahl der direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten	164
Tabelle 24: Fehleinschätzung ausgehende Abhängigkeiten (alle und Mehrheitsantworten)	166
Tabelle 25: Legende der Kaskadendiagramme	169
Tabelle 26: Ranking der Teilsysteme für Faktor 1 ‚Position der Subsysteme‘	210
Tabelle 27: Bewusstsein der Teilsysteme mit hohem Systemischem Kaskadenpotenzial über ihre ausgehenden Abhängigkeiten	220
Tabelle 28: Beispielhafter Fragebogen zur Erhebung der ‚Gesellschaftlichen Vulnerabilität‘	232
Tabelle 29: Mögliche Klassifizierung integrierter Kritikalität	233

Abkürzungsverzeichnis

ALF	Arbeitsleitende Fragestellung
AR	<i>Assessment Report</i> (Sachstandsbericht des IPCC)
BABS	Schweizer Bundesamt für Bevölkerungsschutz
BAK	Branchenarbeitskreis (innerhalb des UP KRITIS)
BauGB	Baugesetzbuch
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BKM	Betriebliches Kontinuitätsmanagement
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI	Bundesministerium des Innern (bis Frühjahr 2018), bzw. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (seit Frühjahr 2018)
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
B-Plan	Bebauungsplan
BRP	Bundesraumordnungsplan
BRPH	Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz
BRP-KRITIS	Bundesraumordnungsplan Kritische Infrastrukturen
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BSI-KritisV	Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz
BULE	Bundesprogramm Ländliche Entwicklung
COVID-19	<i>corona virus disease 2019</i>
D-A-CH	Deutschland – Österreich – Schweiz
EKI	Europäische Kritische Infrastrukturen
EU	Europäische Union
EUREK	Europäisches Raumentwicklungskonzept
ExWoSt	Experimenteller Wohnungs- und Städtebau
FNP	Flächennutzungsplan
HFA	<i>Hyogo Framework for Action</i> (Hyogo Aktionsrahmen – frei übersetzt)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Weltklimarat)
IRGC	<i>International Risk Governance Council</i> (Internationaler Risikorat)
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
KRITIS-SoS	Gesamtgefüge aller kritischen Infrastrukturanlagen und -systeme, zusammengesetzt aus KRITIS (kritische Infrastrukturen) und SoS („ <i>system-of-systems</i> “)
LEP	Landesentwicklungsplan
LEPro	Landesentwicklungsprogramm
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
MORO	Modellregion der Raumordnung
MORO-Risiko	MORO-Projekt ‚Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung‘ (Eigenname)

NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Nordatlantikpakt-Organisation)
NROG	Niedersächsisches Raumordnungsgesetz
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PPP	<i>Public-Private Partnership</i> (Öffentlich-Private Partnerschaft)
RFNP	Regionaler Flächennutzungsplan
ROG	Raumordnungsgesetz
ROV	Raumordnungsverfahren
SFDRR	<i>Sendai Framework for Disaster Risk Reduction</i> (Sendai-Rahmen für die Reduzierung des Katastrophenrisikos – frei übersetzt)
SKI-Programm	Programm zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (der Schweiz)
SoS	<i>system-of-systems</i> (System-von-Systemen)
SREX	IPCC-Sonderbericht <i>Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation</i> (Eigenname)
Strl.SchV	Strahlenschutzverordnung
StöV	Störfall-Verordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
TAK	Themenarbeitskreis (innerhalb des UP KRITIS)
TEN	Transeuropäische Netze
TEN-T	<i>Trans-European Transport Network</i> (Transeuropäische Transportnetze)
UN	<i>United Nations</i> (Vereinte Nationen)
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i> (Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung)
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> (Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation)
UP	Umweltprüfung
UP KRITIS	Ehemals: Umsetzungsplan Kritische Infrastrukturen (heute: Eigenname)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
WTC	<i>World Trade Center</i> (Welthandelszentrum)
ZSKG	Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes

A network diagram with several nodes of varying sizes and colors (purple, blue, green, teal) connected by thin lines. The nodes are arranged in a roughly circular pattern, with some larger nodes and some smaller ones. The lines connect the nodes in a complex, interconnected manner.

Block I – Einführung

1. Einführung

11. September 2001, New York, USA. Die Terroranschläge auf das World Trade Center (WTC) in New York City, Manhattan, führen zu weit mehr als dem Einsturz der Gebäude des Welthandelszentrums mit tausenden Toten und Verletzten. Unmittelbar betroffen ist das städtische Krisenmanagement, dessen Operationszentrale, in einem Nebengebäude des WTC gelegen, ebenfalls einstürzt, womit die lokale Koordination der Notfall- und Rettungskräfte wegfällt. Die auf dem WTC installierten Sendemasten, die mit den Gebäuden einstürzen, führen zu einem Zusammenbruch des örtlichen Mobilfunknetzes, was wiederum massive Auswirkungen auf die Kommunikationsfähigkeit aller von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) abhängigen Systeme in der Nähe hat. Darüber hinaus kommt es zu monatelangen Störungen des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), da der unter dem WTC gelegene U-Bahn-Verkehrsknotenpunkt ‚Süd-Manhattan‘ aufgrund der Zerstörungen gesperrt ist (Lauwe & Riegel, 2008: 117). Es gibt wohl unzählige weitere Einschränkungen, die nicht zuletzt psychologisch-kulturellen Ausmaßes sind. Sie markieren den Startpunkt für die (sicherheits-)politische Debatte um kritische Infrastrukturen (KRITIS) und deren Wahrnehmung als nationale und internationale Aufgabe (Fekete, 2018: 20).

4. November 2006, Emsland, Deutschland. In zahlreichen Ländern Westeuropas bis hin nach Nordafrika kommt es gebietsweise zu Stromausfällen. Der Grund ist eine zwar geplante, allerdings unzureichend kommunizierte Teilnetzabschaltung der 380 kV-Leitung im Emsland. Innerhalb von wenigen Sekunden führen Frequenzschwankungen im europäischen Stromnetz zu Notabschaltungen in zwölf Ländern, darunter in Frankreich, Belgien, den Niederlanden, Österreich, Italien, Spanien und Marokko. Mehrere Millionen Menschen haben infolgedessen für bis zu zwei Stunden keinen Strom. Etliche Großverbraucher werden, unter großen wirtschaftlichen Konsequenzen, kurzfristig vom Netz genommen (van der Vleuten et al., 2016: 4; Klaver et al., 2011: 27; BNetzA, 2007: 8f.).

15-17. April 2010, Island. Der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull beeinträchtigt durch seine weiträumig verteilte Aschewolke über mehrere Tage den Flugverkehr in weiten Teilen Europas. Es kommt zu direkten Auswirkungen auf etwa 8,5 Millionen Flugpassagiere, was die Tourismus- und Business-Reisebranche schwer trifft und einige Fluggesellschaften an den Rand des Ruins treibt. Darüber hinaus ist der Frachtverkehr empfindlich gestört, was sich insb. auf den Lebensmittelhandel und den Transport von Medizinprodukten und Organspenden auswirkt (Pescaroli & Alexander, 2015: 63).

12. August 2017, Rastatt, Deutschland. Aufgrund einer Fehlkalkulation kommt es bei Gleisbauarbeiten entlang der Rheintalbahn bei Rastatt zu einer Gleisabsenkung und infolgedessen zu einer Havarie einer Tunnelvortriebsmaschine. Durch die Havarie verzögert sich die Fertigstellung des internationalen Bahnprojekts Rotterdam-Genua, Teilabschnitt Karlsruhe-Basel, unter massiven indirekten wirtschaftlichen Kosten, um mehrere Jahre (Website DB Netz AG, 2019). Die Folgen der Havarie sind insb. im Güterverkehr zu spüren, der aufgrund von Umfahrungen und hohen Streckenauslastungen auf den Ausweichstrecken lediglich knapp ein Viertel des Normalvolumens bewältigen kann (Website NEE, 2017). Die Folgen sind insb. in der Schweiz zu spüren, wo benötigte Güter aus Nordeuropa, bspw. in der Chemieindustrie sowie andere *just-in-time* Lieferungen, zwischenzeitlich knapp werden (Interview Wenger, 2019: B.11).

Dezember 2019, Wuhan, China. Zahlreiche Menschen werden mit einer bis dato unbekanntem Lungenkrankheit in Krankenhäuser eingeliefert, die aus dem Viruserreger SARS-CoV-2 resultiert. Zu dem Zeitpunkt, an dem die Krankheit als Pandemie bezeichnet wird und den Namen COVID-19 (engl.: *„corona virus disease 2019“*) erhält, hat sich der Erreger aufgrund der internationalen Mobilität bereits in alle Teile der Welt ausgebreitet. Innerhalb von knapp vier Monaten infizieren sich nachweislich mehr als eine Million Menschen. Nach knapp zehn Monaten sind es bereits mehr als 34 Millionen Infizierte und eine Million Todesfälle, bei einer befürchteten, um ein Vielfaches höherliegenden Dunkelziffer (WHO, 2020: Min 60' 45''-61' 53''). Es kommt zu Überlastungen in den Gesundheitssystemen, Schließungen von staatlichen und kulturellen Einrichtungen sowie aufgrund der in vielen Ländern verhängten Ausgangssperren zu Lieferengpässen von Lebensmitteln und Medizinprodukten. Indirekt führt die Pandemie, aufgrund des Ausfalls von Arbeitskräften, zu Einschränkungen in wohl allen Bereichen kritischer Infrastrukturen (KRITIS). Die sozialen und ökonomischen Folgen sind auch knapp ein Jahr nach dem ersten Krankheitsfall noch immer nicht in Gänze abzuschätzen. Eine weltweite Rezession mit all ihren sekundären Folgen ist jedoch von Beginn der Pandemie an nicht abzuwenden (Website DLF, 2020; Website ECDC, 2020).

Was diese exemplarisch angeführten Ereignisse verdeutlichen ist, dass sich die Ursachen für die Störung kritischer Infrastruktursysteme durchaus unterscheiden können. Manche werden von sog. ‚Naturgefahren‘, andere durch menschliche Einflussnahme bzw. deren Versagen ausgelöst (Zio, 2016: 146). Unabhängig der Ausfallursache ist diesen Ereignissen vor allen Dingen gemein, dass sie zu Beeinträchtigungen von unabsehbarem Ausmaß führen, die sich über administrative Grenzen hinweg fortpflanzen und kaskadenartig, teilweise zugleich, mehrere andere Infrastruktursysteme betreffen (Habegger & Kmiecik, 2010: 6).

Die wesentliche Herausforderung im Umgang mit KRITIS besteht entsprechend nicht in der initialen Störung, sondern vielmehr in den möglichen Kaskadeneffekten, die aus der ursächlichen Störung heraus resultieren. Daher stellen Kaskadeneffekte und ihre Auswirkungen den Anlass dieser Dissertation dar, während die nachfolgend erläuterten Herausforderungen im Umgang mit diesen die zentrale Problemstellung bilden. Denn Forschung und Praxis haben den Bedarf nach einem Umgang mit KRITIS zwar erkannt, allerdings besteht noch umfassender Erkenntnisbedarf.

In der praktischen Auseinandersetzung mit KRITIS und ihren möglichen Kaskadeneffekten lässt sich feststellen, dass der KRITIS-Schutz national wie international als strategische Aufgabe wahrgenommen und (sicherheits-)politisch debattiert wird (Fekete, 2018: 20). So fordern internationale Übereinkommen wie das *Hyogo Framework for Action* (HFA) und das *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* (SFDRR) u. a. die Berücksichtigung von KRITIS in Risikomanagementstrategien (Fekete, 2018: 11; UNISDR, 2015, 2005; Bouchon, 2006: 60). Zudem hat der KRITIS-Schutz als globales Ziel der Vereinten Nationen (engl. *„United Nations“*, kurz: UN) Eingang in das SFDRR gefunden. Denn dort lautet es: *„Substantially reduce disaster damage to critical infrastructure and disruption of basic services, among them health and educational facilities, including through developing their resilience by 2030“* (UNISDR, 2015: 35). Und auch der Weltklimarat erkennt unter dem Begriff der ‚Schlüsselrisiken‘ solche systemischen Ereigniskonsequenzen an, die zu einem sektor- und regionenübergreifenden *„[...] Zusammenbruch von Infrastrukturnetzen und entscheidenden Dienstleistungen führen [können]“* (IPCC, 2014: 67, eigene Ergänzung).

In der Europäischen Union (EU) existiert seit dem Jahr 2008 mit Richtlinie 2008/114/EG eine Rechtsgrundlage zur Abstimmung der nationalen Schutzbemühungen für KRITIS. Darin ist festgelegt, dass

die Mitgliedstaaten KRITIS von Europäischer Bedeutung (kurz: EKI) zu ermitteln und auszuweisen haben und Angaben zur eventuell notwendigen Verbesserung deren Schutzes treffen müssen. Eine europäische Bedeutung haben KRITIS dann, wenn ihr Ausfall mindestens zwei Mitgliedstaaten un-mittelbar betrifft und dort potenziell zu signifikanten Beeinträchtigungen führt. Bei der Ermittlung sind ausdrücklich auch sektorübergreifende Abhängigkeiten, sog. Dependenz, zu berücksichtigen (Art. 2b 2008/114/EG). Gegenwärtig umfasst die EKI-Richtlinie jedoch ausschließlich EKI des Energie- und Verkehrssektors (Anhang I 2008/114/EG). Welche Sektoren und Teilsektoren abseits der EKI-Richtlinie als ‚kritisch‘ festgelegt werden, liegt in der Entscheidung der Mitgliedstaaten. Festzustellen ist, dass in einem internationalen Vergleich die meisten Länder den großräumigen, technischen und vor allen Dingen physischen Infrastrukturnetzen der Bereiche Energie, Transport, Kommunikation und Wasser eigene Sektoren einräumen (Garschagen & Sandholz, 2018: 1235; de Bruijne & van Eeten, 2007: 18).

In Deutschland existiert seit dem Jahr 2009 eine ‚Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen‘ (kurz: nationale KRITIS-Strategie). Diese *„fasst die Zielvorstellungen und den politisch-strategischen Ansatz des Bundes [...] zusammen“* (BMI 2009: 2). Die neun in der KRITIS-Strategie benannten Sektoren sind für die Bundesebene in 29 Branchen¹ unterteilt, die im Weiteren, aufgrund der eindeutigeren Verständlichkeit, als Teilsektoren bezeichnet werden (Website BBK & BSI, 2019). In alphabetischer Reihenfolge der Sektoren lauten diese:

Tabelle 1: Sektor- und Teilsektoreinteilung von KRITIS in Deutschland

Sektor	Teilsektor
Energie	Elektrizität
	Mineralöl
	Gas
Ernährung	Ernährungswirtschaft
	Lebensmittelhandel
Finanz- & Versicherungswesen	Banken
	Börsen
	Versicherungen
	Finanzdienstleister
Gesundheit	Medizinische Versorgung
	Arzneimittel & Impfstoffe
	Labore
Informationstechnik & Telekommunikation	Telekommunikation
	Informationstechnik
Medien & Kultur	Rundfunk & Presse
	Kulturgut
	Symbolträchtige Bauwerke
Staat & Verwaltung	Regierung & Verwaltung
	Parlament
	Justizeinrichtungen
	Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz

¹ Zum Zeitpunkt des Einreichens dieser Dissertation wurden die Teilsektoren dahingehend überarbeitet, dass ein zusätzlicher Teilsektor *Fernwärme* unter den Sektor *Energie* aufgenommen und der Teilsektor *Rundfunk & Presse* in zwei separate Teilsektoren unterteilt wurde (Website BBK & BSI, 2020b).

Transport & Verkehr	Luftfahrt
	Seeschifffahrt
	Binnenschifffahrt
	Schieneverkehr
	Straßenverkehr
Wasser	Logistik
	Öffentliche Wasserversorgung
	Öffentliche Abwasserbeseitigung

Quelle: eigene Darstellung nach Website BBK & BSI, 2019.

Neben der nationalen KRITIS-Strategie existiert seit dem Jahr 2016 zusätzlich die ‚Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz‘ (kurz: BSI-KritisV). Diese legt, unter dem Aspekt der Sicherheit informationstechnischer Systeme, Schwellenwerte zur Identifizierung kritischer Infrastrukturanlagen von nationaler Bedeutung fest (Anhänge 1-4 BSI-KritisV). Und auch in das Raumordnungsgesetz (ROG) hat eine Auseinandersetzung mit KRITIS Eingang gefunden. Seit der Novelle des Jahres 2008 lautet es dort als Grundsatz der Raumordnung in § 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ROG: „Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen.“ Durch diese Verankerung wird der KRITIS-Schutz zum raumordnerischen Abwägungsbelang, der auf allen nachgeordneten Planungsebenen ebenso zu berücksichtigen ist, wie bei fachplanerischen Belangen und sonstigen raumbedeutsamen Maßnahmen (Website ARL, 2020a).

Trotz der KRITIS-bezogenen Strategien und Instrumente, Rechtsverordnungen und raumordnerischen Grundsätze stellt sich die Frage, welche Akteur*innengruppen auf den diversen Maßstabsebenen (welche) Kompetenzen besitzen, um mit KRITIS und den möglichen Konsequenzen ihres Ausfalls umzugehen. Diese Frage ist aufgrund des grenz- und systemüberschreitenden Charakters der Kaskadeneffekte besonders komplex, da diese in ihrem Wirkungsraum i. d. R. nicht mit den administrativen Zuständigkeitsräumen der Akteur*innen übereinpassen und es somit zum sog. ‚*problem of fit*‘ (► s. Kap. 1.1.2) kommt (Birkmann et al., 2016: 10; Greiving et al., 2016: 7). Insb. stellt sich diese Frage für die Raumordnung, deren Aufgabe die überörtliche und überfachliche Ordnung, Sicherung und Entwicklung des Raumes ist. Zwar belegt der KRITIS-Grundsatz des ROG die raumordnerische Relevanz von KRITIS, allerdings stellt dessen Lesart und weitere Konkretisierung bisher eine große Herausforderung für Planungspraxis und -wissenschaft dar (Riegel, 2015a: 172). Insgesamt steht die praktische Auseinandersetzung mit KRITIS, und insb. im Sinne von funktionalen Versorgungsleistungssystemen, noch sehr weit am Anfang (Folkers, 2018: 132f.; Katina & Hester, 2013: 215).

In der Forschung ist festzustellen, dass eine systemische Perspektive auf KRITIS, d. h. auf ihre Vernetzung untereinander, ebenfalls ein noch vergleichsweise junges Forschungsfeld darstellt (Fekete, 2018: 22, 25; Folkers, 2018: 132f.; Bach et al., 2013: 3; Greiving, 2008: 81; Lauwe & Riegel 2008: 119). Aufgekommen ist die Notwendigkeit eines Perspektivwechsels mit Beginn des 21. Jahrhunderts aufgrund der zunehmenden Komplexität des KRITIS-Gesamtsystems² bei einer gleichzeitig immer unüberschaubarer werdenden Gefahrenlage: Auf der einen Seite nimmt die Vernetzung von Infrastrukturen u. a. aufgrund der rasanten Entwicklung der IKT zu, was zu immer stärker werdenden Abhängigkeiten der Infrastruktursysteme untereinander führt. Auf der anderen Seite stehen dem eng vernetzten KRITIS-Gesamtsystem durch Cyber- und Terrorangriffe sowie (in Frequenz und Magnitude)

² Als KRITIS-Gesamtsystem wird das Wirkgefüge aller kritischen Infrastrukturanlagen und -systeme bezeichnet, das zu einem späteren Zeitpunkt auch als System-von-Systemen (engl. ‚*system-of-systems*‘) eingeführt wird (► s. Kap. 1.1.2).

zunehmende Extremwetterereignisse nicht abschätzbare Gefahren gegenüber. Nicht zuletzt bergen auch (funktionale) Privatisierung³ und Dezentralisierung von Infrastrukturanlagen neue Herausforderungen (Folkers, 2018: 133f.; de Bruijne & van Eeten, 2007: 19; Rinaldi et al., 2001: 21).

Einhergehend mit dem Perspektivwechsel entstanden in den diversen Disziplinen, die sich mit KRITIS befassen, unterschiedliche Verständnisse darüber, was KRITIS ‚kritisch‘ macht und wie sich diese erfass- und messbar machen lassen könnten. Innerhalb dieser Debatten lässt sich feststellen, dass relativ basale Fragen, bspw. danach, was überhaupt ‚kritische‘ Infrastrukturen sind und inwiefern sich diese von ‚normalen‘ Infrastrukturen unterscheiden, bisher nicht abschließend geklärt wurden (Engels & Nordmann, 2018: 8). Auch finden sich insgesamt wenige Studien, die sich der KRITIS-internen Vernetzung und dem (funktionalen) Zusammenwirken der Versorgungsleistungssysteme widmen. Aufgrund dieser grundlegenden Forschungs- und Erkenntnislücken ist es wenig überraschend, dass auch komplexere Fragen, wie die Operationalisierung der Vernetzung und das Antizipieren von Kaskadeneffekten und deren KRITIS-internen, möglichen Auswirkungen, noch umfangreiches Forschungspotenzial bieten.

Diesen wissenschaftlichen und praktischen Problemstellungen widmen sich die nachfolgenden Unterkapitel mit dem Ziel, erste Antworten zu liefern und abschließend die wesentliche Forschungslücke, der sich diese Dissertation widmet, einzugrenzen (► s. Kap. 1.4). Dabei wird zunächst geklärt, was KRITIS überhaupt ‚kritisch‘ macht, damit diese anschließend charakterisiert und hinsichtlich ihrer Kritikalität untersucht werden können (► s. Kap. 1.1). Anschließend erfolgt eine Aufbereitung der Kompetenzverteilung im Themenfeld KRITIS, die für die diversen räumlichen Maßstabebenen die zentralen Akteur*innengruppen, ihre rechtlichen Handlungsgrundlagen und Instrumente zusammenträgt (► s. Kap. 1.2), ehe ein Fokus auf die kompetenzielle und praktische Rolle der Raumordnung in diesem Themenfeld gelegt wird (► s. Kap. 1.3).

1.1 Was KRITIS ‚kritisch‘ macht

Was sind KRITIS und was macht diese ‚kritisch‘? Diesen Fragen widmet sich dieses Unterkapitel, indem diese zunächst etymologisch erörtert werden (► s. Kap. 1.1.1) und anschließend eine Charakterisierung von KRITIS erfolgt (► s. Kap. 1.1.2). Ebenfalls diskutiert wird im Folgenden, ob manche KRITIS ‚kritischer‘ als andere sind, also ob sich diese hinsichtlich ihres Kritisch-Seins differenzieren und priorisieren lassen. Da es sich bei dieser Fragestellung um eine für das Forschungsfeld der Kritikalitätsforschung klassische Frage handelt, erfolgt eine erste, inhaltliche Näherung durch eine Einführung in das Forschungsfeld (► Kapitel 1.1.3).

³ Funktionale Privatisierung meint, dass die Aufgabendurchführung zwar durch Private erfolgt, die Aufgabenverantwortung allerdings in staatlicher Hand verbleibt und die Aufgabendurchführung durch diese überwacht wird (Greiving, 2008: 83).

1.1.1 ‚Relevante‘ vs. ‚kritische‘ Infrastrukturen

Begriffserläuterung Infrastruktur

Der Begriff ‚Infrastruktur‘ setzt sich aus den lateinischen Silben *infra* (unten, unterhalb, darunter) und *structura* (Struktur, Bau, Aufbau) zusammen und bezeichnet den Unterbau eines Systems, z. B. eines Landes. Populär wurde der Begriff Ende des 18. Jahrhunderts im Eisenbahnbau als Bezeichnung für Strukturen, die unter Gleisanlagen verbaut wurden (Trassen, Brücken etc.). In den 1940er Jahren führte die NATO (engl. ‚*North Atlantic Treaty Organization*‘) diesen als Begriff all jener Strukturen ein, die modernen Gesellschaften und Organisationen unterliegen. Heute werden im allgemeinen Sprachgebrauch unter Infrastrukturen vorrangig technische Linien- und Netzinfrastrukturen zum Transport von Personen und Gütern, Energie, Wasser oder Informationen verstanden. Im fachsprachlichen Sinne umfasst der Begriff jedoch alle für eine Gesellschaft grundlegenden Strukturen, inkl. sog. „sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen“ (BMI, 2009: 5), unter die bspw. auch Einrichtungen des Gesundheits- und Finanzwesens fallen (BABS, 2017: 5; van der Vleuten et al., 2016: 7f.; Fekete, 2012: 1105). Das Verständnis von Infrastrukturen als sozialer wie technischer ‚Unterbau der Gesellschaft‘ reflektiert ihren Charakter als integriertes, sozio-technisches System (Di Mauro et al., 2010: 280).

Abseits der Differenzierung in technische und soziale Infrastrukturen finden sich zahlreiche weitere Infrastruktureigenschaften, die zur Charakterisierung dieser herangezogen werden können. So lässt sich bspw. zwischen punkt- und linienartigen Infrastrukturen (Riegel, 2015a: 9), zwischen natürlichen und menschengemachten Infrastrukturen (Fekete, 2018: 35) sowie zwischen staatlichen und privatwirtschaftlichen Infrastrukturen (BBK, 2017: 16) unterscheiden. Zudem unterliegen Infrastrukturen einer bestimmten Umgebung bzw. bestimmten Rahmenbedingungen (engl. ‚*environment*‘), die durch den Raum, in dem sie sich befinden sowie den darin vorherrschenden politisch-institutionellen, gesetzlichen, ökonomischen, sozialen Gegebenheiten resultieren. Diese Rahmenbedingungen und ihre gelegentlichen Veränderungen wirken sich auf den Betrieb der Infrastrukturen aus. Vice versa können sich Veränderungen in den Infrastrukturen auf die Ausgestaltung des ‚*environment*‘ auswirken (Di Mauro et al., 2010: 280; Fekete, 2011: 17; Bouchon, 2006: 16; Rinaldi et al., 2001: 12).

Darüber hinaus existieren Infrastrukturen einerseits als gebaute, d. h. im Raum manifestierte, physische Anlagen. Andererseits erbringen diese zugleich innerhalb eines Versorgungsprozesses systemisch-abstrakte, unsichtbare Leistungen (Fekete, 2012: 1107f.; Fekete, 2011: 17; Rinaldi et al., 2001: 13). Diese Versorgungsleistungen der Infrastrukturen sind für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung von Bedeutung (Lenz, 2009: 13), weshalb Infrastrukturen an sich als ‚relevant‘ gelten (Fekete, 2012: 1104f.).

Folgendes Verständnis von Infrastrukturen wird in dieser Dissertation verwendet und allen weiteren Ausführungen zugrunde gelegt:

*Als **Infrastrukturen** werden natürliche wie menschengemachte, physische wie nicht-physische, staatliche wie private, sozio-technische Einrichtungen verstanden, die aufgrund ihrer Versorgungsleistung den Unterbau der Gesellschaft bilden und daher relevant sind.*

Worin der Unterschied zwischen ‚normalen‘, also ‚relevanten‘, und ‚kritischen‘ Infrastrukturen liegt, und inwiefern sich diese abgrenzen lassen, ist Gegenstand der nachfolgenden Begriffserläuterung.

Begriffserläuterung ‚kritische Infrastruktur‘

Die Differenzierung in ‚kritische‘ und ‚relevante‘ Infrastrukturen basiert auf weit mehr als einem veränderten Adjektiv. Dennoch ist eine Begriffsbestimmung ein geeigneter Startpunkt zu einem tieferen Verständnis von ‚kritischen‘ Infrastrukturen.

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden als Synonyme zu ‚kritisch‘ die Begriffe ‚prüfend‘ und ‚beurteilend‘ (z. B. im Sinne eines negativen Kommentars) oder ‚bedrohlich‘ und ‚gefährlich‘ (z. B. im Sinne einer Situation) verwendet (Website Duden, 2018; Riegel, 2015a: 10). Im Kontext von Infrastrukturen ist der Begriff ‚kritisch‘ jedoch eng mit dem Konzept von Krise verknüpft und beschreibt einen entscheidenden Zeitpunkt, der eine Wende im System ankündigt (Engels, 2018a: 25; Lukitsch et al., 2018: 12; Fekete, 2011: 16; Bouchon, 2006: 36).

Als Synonyme für ‚kritisch‘ im Kontext von Infrastrukturen finden sich die Begriffe ‚gefährlich‘ wie auch ‚relevant‘ bzw. ‚bedeutsam‘. ‚Gefährlich‘ bezieht sich hierbei nicht primär auf die Gefahr, die von einer physischen Infrastrukturanlage ausgeht (z. B. Entgleisung eines Zuges, Zerstörung eines Kraftwerks), sondern vielmehr auf die Gefahr einer Unterbrechung der Versorgungsleistung einer Infrastruktur. ‚Relevant‘ bzw. ‚bedeutsam‘ bezieht sich auf die Relevanz der Versorgungsleistung für die Gesellschaft (Riegel, 2015a: 10; Fekete, 2012: 1104f.). Hierbei offenbart sich ein Problem des deutschen Sprachgebrauchs. Während im Englischen eine klare Differenzierung zwischen den Begriffen ‚important‘ und ‚critical‘ möglich ist, ist im Deutschen der Begriff ‚relevant‘ ein Synonym zu ‚kritisch‘. Da der Begriff ‚kritisch‘ im Zusammenhang mit Infrastrukturen allerdings international etabliert ist, wird auch im Deutschen daran festgehalten (Lenz, 2009: 17).

In unterschiedlichen Disziplinen herrschen unterschiedliche Fachverständnisse des Begriffs ‚kritisch‘ vor, weshalb eine sorgfältige Abgrenzung notwendig ist. In der Thermodynamik bspw. wird der Punkt des Wechsels eines Aggregatzustands in einen anderen als ‚kritischer Punkt‘ bezeichnet. In der Nuklearphysik wird als ‚kritischer Zustand‘ der Moment bezeichnet, ab dem sich eine Kettenreaktion selbst erhält (Engels, 2018a: 24; Bouchon, 2006: 36). Im Betrieblichen Kontinuitätsmanagement (BKM) gilt ferner eine Entscheidung als ‚kritisch‘, wenn diese von zentraler Bedeutung hinsichtlich der Zielerreichung ist (Münzberg & Ottenburger, 2018: 182f.).

In der vom Deutschen Innenministerium herausgegebenen Definition heißt es: *„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“* (BMI, 2009: 3). Das ‚Gemeinwesen‘ ist entsprechend die Bewertungsbasis für welche die KRITIS ‚kritisch‘ bzw. besonders relevant sind. Bedrohlich ist eine Einschränkung oder Unterbrechung der Versorgungsleistung, die die öffentliche Sicherheit gefährden oder zu anderen dramatischen Folgen führen könnte. Die Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit wird somit implizit als Zielvorstellung eingeführt, ebenso wie im Weiteren das Vermeiden von Gefährdungen von Leib und Leben, ökonomischen Konsequenzen oder der Gefährdung der öffentlichen Ordnung (BBK, 2017: 20, 36).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle Infrastrukturen, egal ob physische oder nicht-physische, staatliche oder private, technische oder soziale Infrastrukturen, ‚relevant‘ für die Gesellschaft sind, weil sie deren Unterbau bilden (Bouchon, 2006: 16; BABS, 2017: 5; Website bpb, 2016; Pescaroli & Alexander, 2016: 176; Fekete, 2011: 17; Riegel, 2015a: 8). Der Unterschied zwischen ‚relevanten‘ und ‚kritischen‘ Infrastrukturen liegt darin, dass Letztere eine besondere, (über-)lebenswichtige Relevanz

für das Gemeinwesen besitzen und dass ihre Versorgungsunterbrechung besonders ‚bedrohlich‘ oder ‚gefährlich‘ für dessen Funktionsfähigkeit ist (Fekete, 2012: 1104f.; BMI, 2009: 3).

Ehe der Begriff ‚kritische Infrastrukturen‘ jedoch in einer eigenen Definition festgehalten werden kann, ist zunächst ein tieferes Verständnis über den Charakter von KRITIS und deren ‚kritische‘ Versorgungsleistungen erforderlich. Hierzu werden nachfolgend Attribute von KRITIS aus der Literatur zusammengetragen und systematisiert.

1.1.2 Charakterisierung kritischer Infrastrukturen

Wie in ► Kapitel 1.1.1 eingeführt, ermöglichen KRITIS und ihre Versorgungsleistungen einerseits die Funktionsfähigkeit des Gemeinwesens und gefährden dieses andererseits im Falle einer Unterbrechung der Versorgungsleistung aufgrund der hohen gesellschaftlichen Abhängigkeit. Da die Gesellschaft an ein uneingeschränktes Funktionieren von KRITIS und deren beständige, allzeit verfügbare Leistung gewöhnt ist und sich auf diese verlässt, trifft sie ein Ausfall überproportional hart. Dieser Umstand wird auch als ‚Vulnerabilitätsparadoxon‘ bezeichnet: je zuverlässiger eine Versorgungsleistung erbracht wird und je seltener eine Unterbrechung dieser auftritt, desto höher sind die Bewältigungskosten eines Ausfalls (Eifert et al., 2018: 24; BMI, 2009: 8; Egan, 2007: 4).

Es lässt sich nachfolgende Definitions- und Charakterisierungsgrundlage über KRITIS ableiten.

- Grundlage: **KRITIS haben eine besonders hohe, ‚kritische‘ Relevanz für das Gemeinwesen, da die von ihnen erbrachten Versorgungsleistungen von so unabhkömmlicher Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Gemeinwesens sind, dass eine Unterbrechung der Versorgungsleistung zu gravierenden Konsequenzen führt.**

Im Zentrum der Charakterisierung von KRITIS stehen also deren Versorgungsleistungen, von deren Funktionieren das Gemeinwesen abhängig ist (Prior, 2015: 12). Diese entscheiden darüber, ob KRITIS ‚kritisch‘ sind. Die Versorgungsleistung wird i. d. R. jedoch durch mehr als eine (physische) Infrastrukturanlage erbracht und setzt sich aus mehreren (funktionalen) Prozessen und Dienstleistungen zusammen (BBK, 2017: 16). Zur Stromversorgung braucht es bspw. neben dem Kraftwerk, Freileitungsmasten und Übertragungsleitungen, Umspannwerke etc. Daher wird von Infrastruktursystemen gesprochen, die die Versorgungsleistung erbringen.

- **Attribut 1: Die ‚kritische‘ Versorgungsleistung wird von (funktionalen) Infrastruktursystemen erbracht, die aus mehreren Infrastrukturanlagen, Prozessen und Dienstleistungen bestehen.**

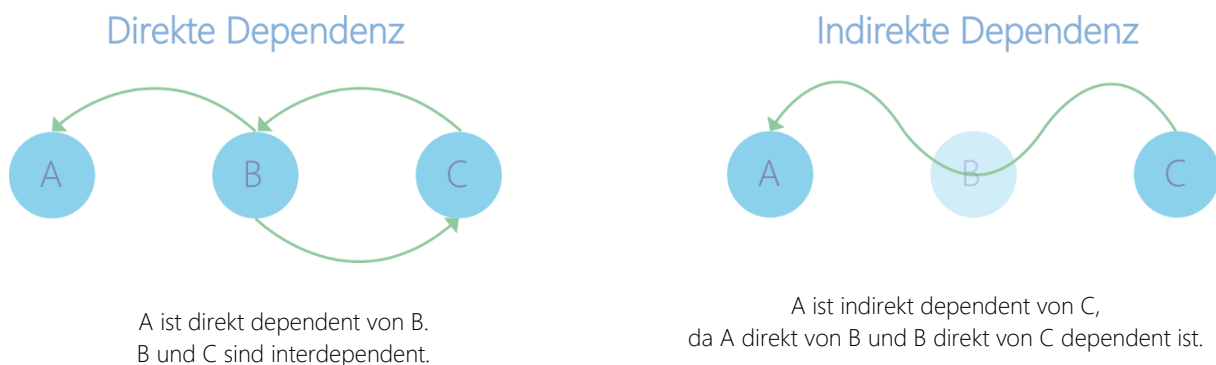
Die physischen wie funktionalen Infrastruktursysteme sind zur Erbringung ihrer Versorgungsleistungen auf den Input anderer kritischer Infrastrukturanlagen und -systeme angewiesen. So ist ein wesentlicher Bestandteil der Stromversorgung bspw. die Gewinnung von Elektrizität, die i. d. R. durch Verbrennung von Brennstoffen in Kraftwerken erfolgt. Der Transport dieser Brennstoffe zu den Kraftwerken ist mittelbar also für die Stromversorgung verantwortlich, selbst wenn der Transport der Brennstoffe an sich keine ‚kritische‘ Versorgungsleistung darstellt (BBK, 2017: 36; Laugé et al., 2015: 17).

- **Attribut 2: Um ihre Versorgungsleistung(en) erbringen zu können, sind die Infrastruktursysteme und ihre Anlagen von Versorgungsleistungen anderer Infrastruktursysteme abhängig.**

Infrastruktursysteme können entweder durch einseitig gerichtete Abhängigkeiten (Dependenzen) oder durch beidseitige Abhängigkeiten (Interdependenzen) miteinander vernetzt sein (Johansson & Hassel, 2010: 1337). Ist ein Infrastruktursystem zum Funktionieren auf die Versorgungsleistung eines anderen Infrastruktursystems angewiesen, ist ersteres von letzterem dependent. Bedingt sich das Funktionieren von zwei Infrastruktursystemen gegenseitig, sind die Infrastruktursysteme interdependent⁴.

Dependenzen lassen sich des Weiteren in direkte und indirekte Dependenzen unterteilen: Während die direkten, unmittelbaren Dependenzen eines Infrastruktursystems oftmals bekannt sind, besteht bezüglich der indirekten, mittelbaren Dependenzen deutlich größere Unwissenheit (Laugé et al., 2015: 17). Denn indirekte Dependenzen ergeben sich dadurch, dass Infrastruktur A von Infrastruktur B abhängig ist, während Infrastruktur B zugleich von Infrastruktur C abhängig ist. Entsprechend ist Infrastruktur A indirekt auch von Infrastruktur C abhängig (s. Abb. 1). Indirekte Dependenzen offenbaren sich häufig erst im Ereignisfall (Lauwe & Riegel, 2008: 119).

Abbildung 1: Direkte und indirekte Dependenzen



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Laugé et al. 2015: 17; Johansson & Hassel 2010: 1137.

Die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Infrastruktursystemen haben zwei Konsequenzen. Zum einen ergeben sich aufgrund der Abhängigkeiten engmaschige Vernetzungen zwischen diesen, so dass die Infrastruktursysteme ein komplexes Gesamtsystem ergeben, das auch als ‚System-von-Systemen‘ (engl. ‚system-of-systems‘, kurz: SoS) bezeichnet wird (Katina & Hester, 2013: 213; Eusgeld et al., 2011: 681; Lenz, 2009: 21; Brown et al., 2004: 113).

- **Attribut 3: Aufgrund der (gegenseitigen) Abhängigkeiten zwischen Infrastrukturanlagen und -systemen entsteht ein funktionales, hochgradig vernetztes, komplexes KRITIS-Gesamtsystem. Dieses wird auch als System-von-Systemen (engl. ‚system-of-systems‘) bezeichnet und als KRITIS-SoS abgekürzt.**

⁴ Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Begriffe ‚Dependenz‘ und ‚Interdependenz‘ in der internationalen KRITIS-Forschung nicht einheitlich verwendet werden. Während unter dem hier verwendeten, europäischen Verständnis eine klare Differenzierung zwischen Dependenzen und Interdependenzen (als gegenseitige Abhängigkeiten bezüglich derselben Versorgungsleistung) gemacht wird (Luijff et al., 2010: 5; Nieuwenhuijs et al., 2009: 206), versteht die US-amerikanische KRITIS-Forschung unter ‚dependency‘ die ein- oder beidseitige Abhängigkeit zwischen Infrastrukturanlagen oder -systemen und unter ‚interdependency‘ die Abhängigkeit der Gesellschaft von diesen (Katina & Hester, 2013: 219-221).

Zum anderen führen die gegenseitigen Abhängigkeiten dazu, dass sich das SoS sowohl physisch als auch funktional umfassend erstreckt. Es macht nicht an administrativen Grenzen halt⁵, sondern ist grenz- und systemüberschreitend, was zu dem sog. ‚*problem of fit*‘ führt. D. h. während die Akteur*innen innerhalb ihres Zuständigkeitsraums im Rahmen eindeutiger, administrativer Grenzen operieren, funktionieren Infrastrukturnetze systemisch und daher i. d. R. über die administrativen Gebietsabgrenzungen hinaus, was zu einer Nichtübereinstimmung (engl. ‚*mismatch*‘) der Passung zwischen Problem- und Zuständigkeitsraum führt (Birkmann et al., 2016: 10; Greiving et al., 2016: 7).

- **Attribut 4: Das hochgradig vernetzte, funktionale KRITIS-Gesamtsystem lässt sich i. d. R. nicht an administrativen Grenzen festmachen, was zum sog. ‚*problem of fit*‘ führt.**

Da das KRITIS-Gesamtsystem ein komplexes Wirkungsgefüge darstellt, wird es auch als komplexes System charakterisiert. Komplexe Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie mehr als die Summe ihrer Einzelteile ausmachen. Sie bilden ein eigenständig funktionierendes, dynamisches, unüberschaubares Konstrukt (Keating & Katina, 2011: 239). Komplexe Systeme werden häufig unterschätzt, weil der menschliche Verstand die komplexen Vernetzungen nicht zu begreifen vermag, da dieser primär auf das Erfassen von Kausalitäten in räumlicher und zeitlicher Nähe ausgerichtet ist (IRGC, 2018: 11; Vester 2015: 18). Komplexe Systeme lassen sich dadurch charakterisieren, dass ihre Subsysteme *„[...] in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinanderstehen [und] zu einem Wirkungsgefüge vernetzt sind. In dieses kann man nicht eingreifen, ohne dass sich die Beziehung aller Teile zueinander und damit der Gesamtcharakter des Systems ändern würde“* (Vester 2015: 25, eigene Ergänzung).

- **Attribut 5: Das komplexe KRITIS-SoS lässt sich aufgrund der engmaschigen Vernetzung nicht in einzelnen Subsystemen verändern, ohne das Gesamtgefüge zu beeinflussen.**

Wie alle komplexen Systeme ist das KRITIS-Gesamtsystem also ein dynamisches Wirkungsgefüge, in dem sich die einzelnen Subsysteme aufgrund ihrer Vernetzung untereinander prägen und teilweise gegenseitig bedingen. Die Vernetzung ermöglicht jedoch auch, dass sich Kaskadeneffekte über das System ausbreiten und negativ auf Subsysteme einwirken, die in keinem direkten Zusammenhang mit der initialen Beeinträchtigung stehen. Somit sind die in das KRITIS-Gesamtsystem eingebundenen Infrastrukturanlagen und -systeme neben externen Gefahren (z. B. Naturgefahren, menschliches Versagen) den internen Kaskadeneffekten ausgesetzt. In umgedrehter Perspektive können KRITIS nicht nur extern gefährdend wirken, indem z. B. bei einer Zerstörung der physischen Anlagen unmittelbar negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft entstehend, sondern aufgrund der systemischen Vernetzung auch intern selbst zur Gefahr werden. Bspw. kann ihre Zerstörung systemisch zu einer Unterbrechung der Versorgungsleistung führen, die sich ebenfalls indirekt auf die Gesellschaft auswirken kann (Engels & Nordmann, 2018: 7; Greiving et al., 2016: 5f.; Pescaroli & Alexander, 2016: 176, 181; Bouchon, 2006: 16, 79).

- **Attribut 6: Aufgrund der Abhängigkeiten zwischen den Infrastruktursystemen können sich Leistungsunterbrechungen innerhalb des SoS über einzelne Infrastruktursysteme und Versorgungsleistungen hinweg kaskadenartig ausbreiten.**

⁵ Högselius et al. (2016) beschreiben in ihrem Buch ‚The Making of Europe’s Critical Infrastructure‘, dass Infrastruktursysteme historisch mit dem Ziel errichtet wurden, Räume zu verbinden (z. B. im Transportwesen) oder (europäische) Einheitlichkeit und Stabilität herbeizuführen (z. B. im Energiewesen). Entsprechend sind Infrastrukturnetze auch über Staatsgrenzen hinausgewachsen, womit die heutigen Akteur*innen lernen müssen umzugehen (van der Vleuten et al., 2016: 5).

Die große Komplexität des KRITIS-Gesamtsystems als eigenständiges, dynamisches Konstrukt (Attribut 3) macht es unmöglich, dieses in Gänze zu (be-)greifen. Daher unterliegt es Unsicherheiten, bzw. Ungewissheiten⁶ (BMVBS & BBSR, 2013: 30; Sousa-Poza et al., 2008: 15; Perrow, 1984: 9).

- **Attribut 7: Aufgrund seiner Komplexität ist das KRITIS-Gesamtsystem niemals vollständig (be-)greifbar, sondern es herrscht Ungewissheit über dessen exakte Ausgestaltung und Funktionsweise.**

Die Nicht-(Be-)Greifbarkeit des KRITIS-Gesamtsystems bzw. die Ungewissheit über dessen exakte Ausgestaltung und Funktionsweise ist ein wesentlicher Grund, der den Umgang mit KRITIS erschwert. Aber auch das ‚*problem of fit*‘, das aus der Nichtübereinstimmung zwischen administrativen Zuständigkeitsräumen und grenzüberschreitenden Ausbreitungsräumen der netzartigen Infrastruktursysteme resultiert (Attribut 4), verkompliziert den Umgang mit KRITIS. Letztlich befinden sich die einzelnen kritischen Infrastrukturanlagen auch kompetenziell in einem Spannungsfeld. So ist insb. die Frage nach den Zuständig- und Verantwortlichkeiten zwischen Akteur*innen schwierig, da KRITIS häufig von öffentlicher Hand geplant und errichtet werden, ihr Betrieb und physischer Schutz jedoch überwiegend in privater bzw. unternehmerischer Hand liegen, während zugleich der Schutz der Bürger*innen unter die staatliche Gefahrenabwehr fällt (Engels, 2018a: 18f.; Folkers, 2018: 133f.; Di Mauro et al., 2010: 280; de Bruijne & van Eeten, 2007: 22f.). Herausfordernd ist also, dass KRITIS sich häufig in geteilter Verantwortlichkeit befinden: Es sind jeweils diverse Akteur*innengruppen für einen Teil des Infrastruktursystems verantwortlich, ohne dass es eine primäre Akteur*innenkompetenz für das Management des gesamten Systems gibt⁷.

- **Attribut 8: Der Umgang mit KRITIS ist dadurch erschwert, dass diese eine Teilmenge eines komplexen, nicht vollständig (be-)greifbaren SoS mit ungeklärten Zuständig- und Verantwortlichkeiten sind.**

Die Vielzahl und Komplexität der KRITIS-Attribute führt bisher dazu, dass sich viele KRITIS-Studien auf einzelne Subsysteme oder Infrastrukturanlagen fokussieren, da diese vermeintlich (be-)greifbarer sind. Allerdings verringert das Detailwissen die Komplexität nicht, sondern erhört diese stattdessen (Vester, 2015: 16). Wie die Argumentation jedoch gezeigt hat, sollte eine Erforschung von Subsystemen nicht ohne das grundlegende Verständnis ihrer Vernetzung und Einbettung in das SoS erfolgen. Denn: „*Omitting interdependencies will at best limit the validity of analyses and at worse lead to bad or inappropriate policies*“ (Bouchon, 2006: 58).

Tabelle 2 stellt die KRITIS-Attribute gesammelt entsprechend der zuvor dargelegten Argumentationskette dar und systematisiert diese Eigenschaften als solche, die KRITIS als Infrastruktursysteme auszeichnen, solche, die KRITIS aufgrund ihres Charakters als komplexes Gesamtsystem besitzen und solche, die den Umgang mit diesen bestimmen.

⁶ Entscheidungen lassen sich unter Sicherheit treffen, wenn die eintretende Situation mit deterministischen Entscheidungsmodellen exakt vorhergesagt werden kann. Da dies im Planungsalltag häufig nicht der Fall ist, bspw. aufgrund von unvollständigen Informationen über zukünftige Entwicklungen, wird das Treffen von Entscheidungen unter Unsicherheit erforderlich. Dabei kann unterschieden werden in Entscheidungen unter Risiko, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit und Folgen eines Ereignisses bekannt sind, und Entscheidungen unter Ungewissheit, wenn die potenziell eintretenden Ereignisse, nicht aber ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und Folgen bekannt sind (BMVBS & BBSR 2013: 30).

⁷ Daraus resultiert das sog. ‚*common pool problem*‘, ein Allokationsproblem in der Nutzung eines Allmendegutes: Kurzfristig gewinnen die Entscheidungsträger*innen, die bezüglich der Risikoreduktion eine Trittbrettfahrer*inneneinstellung besitzen, weil es keine angemessenen Anreize für einen proaktiven Schutz gibt (IRGC, 2018: 11).

Tabelle 2: Charakterisierung kritischer Infrastrukturen

Grundlage		
KRITIS haben eine besonders hohe, ‚kritische‘ Relevanz für das Gemeinwesen, da die von ihnen erbrachten Versorgungsleistungen von so unabhömmlicher Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Gemeinwesens sind, dass eine Unterbrechung der Versorgungsleistung zu gravierenden Konsequenzen führt.		
Eigenschaften von KRITIS als Infrastruktursysteme		
Attribut 1: Die ‚kritische‘ Versorgungsleistung wird von (funktionalen) Infrastruktursystemen erbracht, die aus mehreren Infrastrukturanlagen, Prozessen und Dienstleistungen bestehen.		
Attribut 2: Um ihre Versorgungsleistung(en) erbringen zu können, sind die Infrastruktursysteme und ihre Anlagen von Versorgungsleistungen anderer Infrastruktursysteme abhängig.		
Attribut 3: Aufgrund der (gegenseitigen) Abhängigkeiten zwischen Infrastrukturanlagen und -systemen entsteht ein funktionales, hochgradig vernetztes, komplexes KRITIS-Gesamtsystem. Dieses wird auch als System-von-Systemen (engl. ‚system-of-systems‘) bezeichnet und als KRITIS-SoS abgekürzt.	Attribut 4: Das hochgradig vernetzte, funktionale KRITIS-Gesamtsystem lässt sich i. d. R. nicht an administrativen Grenzen festmachen, was zum sog. ‚problem of fit‘ führt.	
Eigenschaften des komplexen KRITIS-Gesamtsystems		
Attribut 5: Das komplexe KRITIS-SoS lässt sich aufgrund der engmaschigen Vernetzung nicht in einzelnen Subsystemen verändern, ohne das Gesamtgefüge zu beeinflussen.	Attribut 6: Aufgrund der Abhängigkeiten zwischen den Infrastruktursystemen können sich Leistungsunterbrechungen innerhalb des SoS kaskadenartig ausbreiten.	Attribut 7: Aufgrund seiner Komplexität ist das KRITIS-Gesamtsystem niemals vollständig (be-)greifbar. Es herrscht Ungewissheit über dessen exakte Ausgestaltung und Funktionsweise.
Herausforderungen im Umgang mit KRITIS		
Attribut 8: Der Umgang mit KRITIS ist dadurch erschwert, dass diese eine Teilmenge eines komplexen, nicht vollständig (be-)greifbaren SoS mit ungeklärten Zuständig- und Verantwortlichkeiten sind.		

Quelle: eigene Darstellung.

Nach erfolgreicher Distinktion des Begriffs ‚kritischer‘ Infrastrukturen (► s. Kap. 1.1.1) und deren systematischen Charakterisierung (► s. Kap. 1.1.2) lässt sich folgende Definition von KRITIS aufstellen, die der weiteren Verwendung zugrunde liegt:

KRITIS sind physische Anlagen und funktionale Systeme, die aufgrund der positiven wie negativen Relevanz ihrer Versorgungsleistungen (systemintern) füreinander sowie (systemextern) für das Gemeinwesen von unerlässlicher, ‚kritischer‘ Bedeutung sind.

Im Weiteren bezieht sich der Begriff ‚kritische Infrastrukturen‘ (Plural, abgekürzt KRITIS) entsprechend der Definition auf das Wirkungsgefüge aus Infrastrukturanlagen und Versorgungsleistungssystemen. Der Begriff ‚kritische Infrastruktur‘ (Singular) wird vermieden⁸. Sofern eine Differenzierung zwischen Anlagen und Systemen erforderlich ist, werden diese explizit benannt.

1.1.3 Herausforderung Kritikalität

Nachdem eine Definition und Charakterisierung von KRITIS erfolgt sind, verbleiben die eingangs gestellten Fragen, ob manche KRITIS ‚kritischer‘ als andere sind und auf welcher Grundlage sie sich hinsichtlich ihres Kritisch-Seins differenzieren und priorisieren lassen. Eine erste thematische Näherung an diese Fragen lässt sich vornehmen, indem einerseits der Begriff und andererseits das konzeptionelle Verständnis von Kritikalität beleuchtet werden. Da mit dieser Näherung jedoch zahlreiche weitere Fragen einhergehen, die einer tiefergehenden, theoretischen Auseinandersetzung mit dem Konzept von Kritikalität bedürfen, werden nachfolgend die wesentlichen Herausforderungen destilliert.

Begriffsverständnis von Kritikalität als Herausforderung

Der Begriff ‚Kritikalität‘ stammt aus der Medizin und wurde ursprünglich zur Beschreibung des Zeitpunktes im Krankheitsverlauf von Patient*innen verwendet, an dem sich ihr Überleben oder Tod entschied. Später diffundierte der Begriff und seine Beschreibung eines Wendepunkts als ‚*turning point*‘ oder ‚*point of no-return*‘ in Theologie, Recht und Militär (Lukitsch et al., 2018: 12).

Im Kontext von KRITIS finden sich zwei unterschiedliche Verwendungen des Begriffs. Teilweise wird Kritikalität als ein inhärentes Attribut von Infrastrukturanlagen verstanden, das diese von ‚relevanten‘ Infrastrukturen unterscheidet (Münzberg & Ottenburger, 2018: 183f.; Räikkönen et al., 2016: 172; Riegel 2015a: 169; Fekete et al., 2012: 344; Hellström, 2007: 419). Vorherrschend ist jedoch die Verwendung des Begriffs Kritikalität, um Infrastrukturanlagen und -systeme untereinander hinsichtlich ihres Grades des ‚Kritisch-Seins‘ zu differenzieren (Lukitsch et al., 2018: 11, 14f.; Münzberg & Ottenburger, 2018: 183f.; Singh et al., 2014: 81; Bouchon, 2006: 36). Die Differenzierung ermöglicht

⁸ Der Verzicht auf die Verwendung des Begriffs ‚kritische Infrastruktur‘ (Singular) begründet sich darin, dass im weiteren Verlauf der Arbeit (► s. Kap. 3.3) argumentiert wird, dass eine einzelne, physische Infrastruktur(anlage) i. e. S. nicht ‚kritisch‘ sein kann, da sie keine Kritikalität besitzt, sondern erst die von ihr (und anderen Infrastrukturen) erbrachten Versorgungsleistungen ‚kritisch‘ sind. Somit wird der Zusatz ‚kritisch‘ ausschließlich für Versorgungsleistungssysteme verwendet. Wird auf andere Quellen Bezug genommen, in denen das Adjektiv ‚kritisch‘ im Zusammenhang einzelner Infrastrukturanlagen verwendet wird, ist diese Bezeichnung jeweils durch die Verwendung einfacher Anführungszeichen (‚kritische‘ Infrastrukturanlage) kenntlich gemacht.

wiederum eine Priorisierung, die i. d. R. mit der Absicht der Zuweisung bestimmter finanzieller oder sonstiger schutzbezogener Ressourcen erfolgt (Lauwe & Riegel, 2008: 120; Moteff et al., 2003: 12f.).

In der KRITIS-Strategie des deutschen Bundesministeriums des Innern (BMI) wird Kritikalität im Sinne des zweiten Begriffsverständnisses definiert, als „*relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat*“ (BMI, 2009: 5).

Diesem Begriffsverständnis wird in dieser Dissertation weitgehend gefolgt, dieses jedoch um eine systeminterne, versorgungsleistungsbezogene Perspektive ergänzt:

Kritikalität bezeichnet das Maß zur Bewertung der Relevanz von KRITIS für das Gemeinwesen oder für die Versorgungsleistung anderer Infrastruktursysteme.

Konzeptionelles Verständnis von Kritikalität als Herausforderung

Hinter dem Begriffsverständnis von Kritikalität als Maß zur Bewertung der Relevanz von KRITIS verbergen sich in der aktuellen wissenschaftlichen Auseinandersetzung unterschiedliche konzeptionelle Verständnisse. In den Gesellschafts- und Politikwissenschaften findet sich ein Kritikalitätsverständnis, das vorrangig die potenziellen Auswirkungen einer Beeinträchtigung von KRITIS für Staat, Gesellschaft und Wirtschaft untersucht. Was häufig als ‚konsequenzbezogenes‘ (Egan, 2007: 12; Lukitsch et al., 2018: 17) oder ‚teleologisches‘ Kritikalitätsverständnis (Bouchon, 2006: 48) bezeichnet wird, fokussiert die Versorgungsleistung von KRITIS und bewertet potenzielle Auswirkungen einer Versorgungsunterbrechung auf das Gemeinwesen.

Unter einem ingenieurwissenschaftlichen Verständnis wird Kritikalität eher systemisch begriffen. Ursprünglich auf Infrastrukturanlagen und ihre Anlagenbestandteile beschränkt, befasst sich dieses konzeptionelle Verständnis mittlerweile mit der Bedeutsamkeit eines Infrastruktursystems für die Funktionsfähigkeit aller anderen Versorgungsleistungen erbringenden Infrastruktursysteme innerhalb des KRITIS-SoS. Im Fokus dieses Verständnisses stehen i. d. R. Untersuchungen zur Vernetzung von Infrastrukturanlagen und -systemen sowie potenzielle Kaskadeneffekte, weshalb es als eher technokratisches Verständnis gilt (Birkmann et al., 2016: 3; Engels, 2018a: 30f.).

In Konsequenz resultieren die unterschiedlichen konzeptionellen Verständnisse in einer Zerstreuung des noch jungen Forschungsfeldes. Denn nur selten erfolgt in wissenschaftlichen und praktischen Studien eine Auseinandersetzung mit den sich zusehends auseinander entwickelnden Verständnissen, was immer wieder zu Missverständnissen führt (Engels, 2018b: 7; Lukitsch et al., 2018: 19f.). Einige Wissenschaftler*innen befürchten, dass sich die Kritikalitätsforschung nicht als eigenes Forschungsfeld wird etablieren können, sofern nicht ein einheitliches konzeptionelles Verständnis entwickelt und etabliert wird (Keating & Katina, 2011: 251).

Operationalisierung von Kritikalität als Herausforderung

Abseits des Dissens um das begriffliche und konzeptionelle Verständnis von Kritikalität stellt sich die Frage nach dem ‚Messbar-Machen‘ von Kritikalität, also deren Operationalisierung. Dabei zeigt sich die Herausforderung, dass Kritikalität eine Frage der Perspektive ist.

Zunächst ist festzustellen, dass Kritikalität ein **normatives** Konzept ist. Das ‚Kritisch-sein‘ von KRITIS wird immer vor dem Hintergrund bestimmter, soziopolitisch gefärbter Zielvorstellungen bewertet (Engels, 2018a: 30; Folkers, 2018: 145f.; Fekete et al., 2012: 344), was Kritikalität zu einem sozial geprägten Konzept macht (Di Mauro et al, 2010: 290). Somit ist Infrastrukturkritikalität kein objektiv gegebener Fakt, sondern wird immer von einem bewertenden Subjekt in Relation zu etwas Anderem gesetzt, für das diese Infrastruktur(-systeme) kritisch sind (Engels, 2018a: 17f.; Lukitsch et al., 2018: 14f.), was es zusätzlich zu einem **relativen** Konzept macht. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Bestandteile einer kritischen Infrastrukturanlage per se ‚kritisch‘ sind und dass zugleich jeder Infrastrukturbestandteil unter einer gewissen (subjektiven und relativen) Perspektive ‚kritisch‘ werden kann (BBK, 2017: 17; Johansson & Hassel, 2010: 1335; Fekete, 2011: 19; Hellström, 2007: 419; Bouchon, 2006: 16; Moteff et al., 2003: Summary).

Neben Normativität und Relativität weist Kritikalität darüber hinaus eine **Maßstabsabhängigkeit** auf. Diese bezieht sich einerseits auf einen geographischen und andererseits auf einen zeitlichen Maßstab (Bouchon, 2006: 49). Geographisch kann die Beurteilung der Infrastrukturkritikalität auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen (inkl. deren diversen Zielvorstellungen der Akteur*innen) variieren: eine auf lokaler Ebene hochgradig relevante Infrastruktur, wie bspw. ein im ländlichen Raum gelegenes Kreiskrankenhaus, wird auf nationaler Ebene eventuell nicht als ‚kritisch‘ eingestuft (Birkmann et al., 2016: 16; Bouchon, 2006: 51). Die geographische Maßstabsabhängigkeit von Kritikalität spiegelt sich im Ausmaß der Konsequenzen des Ausfalls wider (Egan, 2007: 13). Der zeitliche Maßstab beeinflusst die Beurteilung von Infrastrukturkritikalität zum einen hinsichtlich der situativen Zeit (morgens-abends, Sommer-Winter), innerhalb derer die Relevanz der Versorgungsleistung variieren kann. Zum anderen bezieht sich dieser auf die zeitliche Dauer einer Versorgungseinschränkung oder -unterbrechung (Bouchon, 2006: 49, 51; Rinaldi et al., 2001: 22).

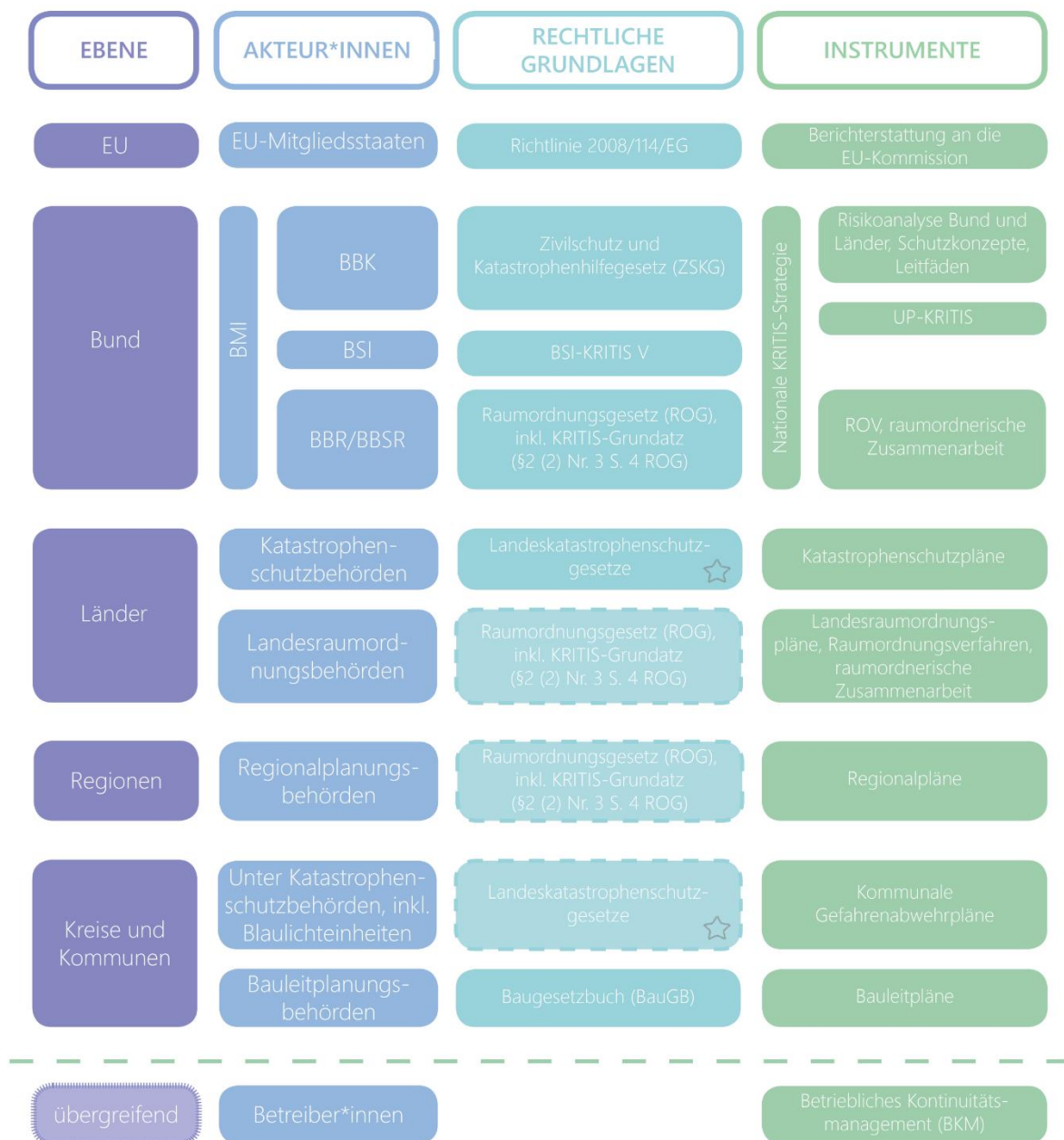
Die unterschiedlichen Verständnisse von Kritikalität sowie dessen Normativität, Relativität und Maßstabsabhängigkeit führen zu einem Flickenteppich von Operationalisierungsansätzen. Während Kritikalität in einigen Studien als Bestandteil von etablierten Konzepten wie Risiko oder Vulnerabilität gesehen wird (Forzieri et al., 2018: 106; Zio, 2016: 147; Riegel 2015a: 169; Katina et al., 2014: 15; Di Mauro et al., 2010: 281; Johansson & Hassel, 2010: 1335; Theoharidou et al., 2009: 36; Bouchon, 2006: 81), argumentieren andere, dass es sich dabei um ein eigenständiges Konzept handelt (Kruse et al., 2021; Fekete, 2018: 26, 36f.; Lukitsch et al., 2018: 14f.) (► s. Kap. 3).

Vorerst lässt sich zusammenfassend feststellen, dass es bisher an einem einheitlichen, konzeptionellen Verständnis sowie einer Systematisierung der Perspektiven auf Kritikalität fehlt, was sich in zahlreichen, unterschiedlichen Operationalisierungsansätzen widerspiegelt. Somit steht die Kritikalitätsforschung, deren eigentliche Aufgabe es ist die unterschiedlichen konzeptionellen Verständnisse von Kritikalität aufzuzeigen, zu systematisieren und die Beziehungen sowohl zwischen als auch innerhalb von sozio-technischen Systemen zur Unterstützung politischer Entscheidungsträger*innen aufzubereiten (Lukitsch et al., 2018: 14f.), noch vor großen Forschungs- und Erkenntnislücken.

1.2 Kompetenzverteilung im Themenfeld KRITIS

Die Zuständig- und Verantwortlichkeiten für KRITIS und deren Schutz variieren zwischen und innerhalb von Nationen und hängen häufig auch vom geographischen Ausmaß der Folgen eines Infrastrukturversagens ab (Garschagen & Sandholz, 2018: 1236). Zur Verdeutlichung des politisch-institutionellen Rahmens von KRITIS in Deutschland werden in diesem Unterkapitel die wichtigsten Ebenen, Akteur*innengruppen, Gesetzesgrundlagen und Instrumente eingeführt, ehe anschließend der Kompetenztitel der Raumordnung fokussiert wird. Als erste Übersicht dient Abbildung 2, die die Kompetenzverteilung im Umgang mit KRITIS in Deutschland zusammenfasst.

Abbildung 2: Akteur*innen und Instrumente im Handlungsfeld KRITIS



 Brandschutz-, Feuerwehr- & Gefahrenabwehrgesetze

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Vielhauer et al., 2019: 18.

KRITIS auf europäischer Ebene

Auf europäischer Ebene sind die EU und ihre Mitgliedstaaten zentrale KRITIS-Akteur*innen. Am 8. Dezember 2008 hat der Rat der EU Richtlinie 2008/114/EG ‚über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern‘ verabschiedet. Gemäß Artikel 1 der Richtlinie sind deren Gegenstände *„ein Verfahren zur Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen („EKI“) sowie ein gemeinsamer Ansatz für die Bewertung der Notwendigkeit eines besseren Schutzes derartiger Infrastrukturen [..], um zum Schutz der Menschen beizutragen“* (Art. 1 2008/114/EG).

Als EKI werden KRITIS dann bezeichnet, wenn sie in einem Mitgliedstaat der EU gelegen sind und deren (Zer-)Störung *„erhebliche Auswirkungen in mindestens zwei Mitgliedstaaten hätte“* (Art. 2b 2008/114/EG). Dabei umfasst die Richtlinie Infrastrukturen des Energie- und Verkehrssektors, präziser die Teilsektoren *Strom, Öl und Gas* im Energiesektor und die Teilsektoren *Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr, Binnenschifffahrt sowie Hochsee- und Küstenschifffahrt und Häfen* im Sektor Verkehr (Anhang I 2008/114/EG). Gemäß Artikel 2e werden unter dem Begriff ‚Schutz‘ *„alle Tätigkeiten zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit, der Kontinuität und der Unversehrtheit kritischer Infrastrukturen und zur Abwendung, Minderung oder Neutralisierung einer Bedrohung, eines Risikos oder einer Schwachstelle“* (Art. 2b 2008/114/EG) verstanden.

Die EKI-Richtlinie 2008/114/EG verpflichtet somit die EU-Mitgliedstaaten zur Ermittlung (Art. 3) und Ausweisung (Art. 4) von EKI sowie zum Aufstellen von Sicherheitsplänen (Art. 5) und einer kontinuierlichen Berichterstattung (Art. 7). In den EKI-Sicherheitsplänen sind die wichtigsten EKI-Anlagen zu benennen, deren Schwachstellen und möglichen Auswirkungen unter den relevantesten Bedrohungsszenarien einer Risikoanalyse zu unterziehen und Gegenmaßnahmen und Verfahren zum Schutz zu ermitteln, auszuwählen und in Rangfolge zu bringen (Anhang II).

Im Vertrag über die Arbeitsweise der EU ist darüber hinaus der supranationale *„Auf- und Ausbau transeuropäischer Netze in den Bereichen der Verkehrs-, Telekommunikations- und Energieinfrastruktur“* (Artikel 170) geregelt. Mit diesen Transeuropäischen Netzen (TEN) fördert die EU den Binnenmarkt, verhilft jedoch auch zu einer Vereinheitlichung und Weiterentwicklung der Infrastruktur. Gemäß Art. 171 Abs. 1 kann die EU hierzu Leitlinien, Ziele und Prioritäten aufstellen, zur Harmonisierung technischer Normen beitragen und die Mitgliedstaaten im Auf- und Ausbau finanziell und durch Expertise unterstützen. Insb. für die TEN-Verkehr (kurz: TEN-T für *„Trans-European Transport Network“*) wurden durch die EU-Verordnung 1315/2013 bereits tieferegehende Regelungen über den Ausbau der Schienen- und Straßenverkehrsinfrastruktur, des Luftverkehrs sowie der Seeverkehrsinfrastruktur und Binnenwasserstraßen getroffen (Abschnitte 1-5).

KRITIS auf Bundesebene

Auf Bundesebene sind die zentralen KRITIS-Akteur*innen das BMI und die Bundesoberbehörden in seinem Geschäftsbereich. Gemeinsam sind sie für die innere Sicherheit des Landes zuständig und befassen sich mit KRITIS im Rahmen des Zivilschutzes, d. h. des Bevölkerungsschutzes im Verteidigungsfall. Der Katastrophenschutz, d. h. der alltägliche Bevölkerungsschutz, ist hingegen Aufgabe der Länder (Website BMI, 2020a; Garschagen & Sandholz, 2018: 1236; Riegel, 2015a: 38).

Das BMI koordiniert und beaufsichtigt die Bundesoberbehörden, die sich mit KRITIS befassen, insb. das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) bzw. dessen Ressortforschungseinrichtung, das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Die Zuständigkeiten des BBK liegen in der Koordinierung des Zivilschutzes, der konzeptionellen Vorsorge zum KRITIS-Schutz, der Entwicklung und Vorbereitung von Maßnahmen der Notfallvorsorge, Risikokommunikation sowie die Koordination des Bund-Länder-übergreifenden Krisenmanagements bei besonderen Gefahrenlagen (Website BMI, 2020b).

Innerhalb des BBK befassen sich zwei Referate mit KRITIS. Referat II.3 hat die KRITIS-Strategie und das Thema Cyber-Sicherheit zur Aufgabe. Referat II.4 obliegen die Aufgaben KRITIS-Risikomanagement und KRITIS-Schutzkonzepte sowie der Kulturgutschutz nach Haager Konvention (Website BBK, 2020a). Das BSI befasst sich mit KRITIS insb. vor dem Hintergrund der IT-Sicherheit und dem Schutz der Teilsektoren *Informationstechnik* und *Telekommunikation*. Zuständig für diese Aufgaben ist im BSI die Abteilung WG – Cyber-Sicherheit für Wirtschaft und Gesellschaft (Website BSI, 2020). Im BBSR des BBR ist das Handlungsfeld KRITIS ein Themenbaustein des Referats I.5 Digitale Stadt, Risikovorsorge und Verkehr. Dort findet eine Befassung mit dem Thema KRITIS insb. vor dem Hintergrund einer räumlichen Risikovorsorge statt (Interview Pütz, 2020: A.2; Website BBSR, 2020a).

Die wichtigsten gesetzlichen Grundlagen sind auf nationaler Ebene zum einen das Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (kurz: Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz, ZSKG), demnach Bund und Länder zur Zusammenarbeit, auch hinsichtlich KRITIS, verpflichtet sind und eine Risikoanalyse des Bundes und der Länder durchzuführen haben (§ 18 ZSKG). Zum anderen existiert seit dem Jahr 2016 die BSI-KritisV. Diese legt, unter dem Aspekt der Sicherheit informationstechnischer Systeme, Schwellenwerte zur Identifizierung national bedeutsamer, kritischer Infrastrukturanlagen fest. Betreiber*innen dieser Anlagen sind über die BSI-KritisV verpflichtet, erhebliche IT-Vorfälle an das BSI zu melden und durch Umsetzung von Mindestsicherheitsstandards ein hinreichendes Schutzniveau ihrer Anlagen zu gewährleisten (Website BBK & BSI, 2020a).

Und auch in das ROG hat eine Auseinandersetzung mit kritischen Infrastrukturen Eingang gefunden. Als abwägungsrelevanter Grundsatz der Raumordnung heißt es in § 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ROG: *„Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen.“*

Sonstige Instrumente auf Bundesebene sind die bereits eingeführte nationale KRITIS-Strategie, die regelmäßige Durchführung einer ‚Risikoanalyse Bund und Länder‘ gemäß ZSKG (Website BBK, 2020b; Deutscher Bundestag 19/9521), diverse vom BBK erstellte und vom BMI herausgegebene Schutzkonzepte, wie das Basisschutzkonzept (BMI, 2005) und der Risiko- und Krisenmanagementleitfaden (BMI, 2011) sowie der UP KRITIS (kurz für ehem. Umsetzungsplan Kritische Infrastrukturen, heute Eigenname). Der UP KRITIS ist eine seit dem Jahr 2007 bestehende Plattform zum Austausch des Bundes mit KRITIS-Betreiber*innen. Ihm gehören mittlerweile knapp 600 KRITIS-Unternehmen, Aufsichtsbehörden und sonstige Landesvertreter*innen an. Der Austausch erfolgt über sog. Branchenarbeitskreise (BAK) und Themenarbeitskreise (TAK). Während die BAK sich mit spezifischen Teilsektoren befassen, arbeiten die TAK teilsektorenübergreifend (Interview Lauwe & Wienand, 2019: D2).

KRITIS auf Länder- und regionaler Ebene

Auf Ebene der Bundesländer und Regionen sind die zentralen Akteur*innen die Landeskatastrophenschutzbehörden sowie die Träger*innen der Landes- bzw. regionalen Raumordnungsplanung. Während das ROG die Landesraumordnungs- und Regionalplanungsebene umfasst und in Landesraumordnungs- und Regionalplänen konkretisiert wird, verfügt jedes Bundesland über ein eigenes Katastrophenschutzgesetz. Hinzu kommen Fachgesetze für einzelne KRITIS-(Teil-)Sektoren, wie bspw. Wasser oder Ernährung (Garschagen & Sandholz, 2018: 1236). Es ist festzustellen, dass es auf Ebene der Länder und Regionen keine separate Zuständigkeit für KRITIS gibt.

KRITIS auf lokaler Ebene

Auf lokaler Ebene sind die Landkreise und Kommunen zuständig für Bevölkerungsschutz und Raumplanung, was sie zu zentralen Akteur*innen im Umgang mit KRITIS macht. Die Landeskatastrophenschutzgesetze greifen auf die lokale Ebene durch und verpflichten zur Aufstellung von Gefahrenabwehrplänen. Untersuchungen ergaben jedoch, dass der präventive Schutz von KRITIS auf lokaler Ebene gering ausgeprägt ist und diesem, insb. im Vergleich zum Krisenmanagement, in nur wenigen Fällen Aufmerksamkeit gewidmet wird (Riegel, 2015a: 43).

Auf lokaler Ebene erfolgt die Raumplanung im Wesentlichen durch die bauleitplanerischen Instrumente Flächennutzungsplan (FNP) und Bebauungsplan (B-Plan). Auch gilt auf dieser Ebene das Baugesetzbuch (BauGB) und nicht mehr das ROG. Auch hier finden sich zwei Rechtsnormen mit KRITIS-Bezug: Erstens sind gem. § 1 Abs. 6 Nr. 7j BauGB *„die Auswirkungen, die aufgrund der Anfälligkeit der nach dem Bebauungsplan zulässigen Vorhaben für schwere Unfälle oder Katastrophen zu erwarten sind, auf die Belange nach den Buchstaben a bis d und i“* zu prüfen. Dies schließt nach Anlage 1 Nr. 2b) neben direkten auch *„die etwaigen indirekten, sekundären, kumulativen, grenzüberschreitenden, kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen, ständigen und vorübergehenden sowie positiven und negativen Auswirkungen der geplanten Vorhaben“* ein und damit auch den Ausfall von Versorgungsleistungen. Zweitens gehören zu den besonders zu berücksichtigenden, städtebaulichen Belangen gem. in § 1 Abs. 6 Nr. 8e BauGB die lokalen Wasser- und Energienetze, *„einschließlich der Versorgungssicherheit“*.

Betreiber*innen

Die Gruppe der Betreiber*innen kritischer Infrastrukturanlagen und -netze bildet sich vorrangig aus Unternehmen und sonstigen Organisationen, in deren Besitz sich die Anlagen befinden und die für den sicheren Betrieb dieser verantwortlich sind (Website BBK & BSI, 2017). Gemäß BSI-KritisV sind Betreiber*innen eine *„natürliche oder juristische Person, die unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Umstände bestimmenden Einfluss auf die Beschaffenheit und den Betrieb einer Anlage oder Teilen davon ausübt“* (§ 1 Nr. 2 BSI-KritisV). Der sichere Betrieb der Anlagen wird insb. durch Standards zum BKM geregelt. Für ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen greift zudem die BSI-KritisV und Betreiber*innen dieser Anlagen sind in den UP KRITIS eingeladen. Für besonders gefährdende Anlagen, sog. Störfallanlagen, gelten die Störfall-Verordnung (StöV) respektive Strahlenschutzverordnung (Strl.SchV).

1.3 KRITIS als Handlungsfeld der Raumordnung

In Deutschland stellt ein präventiver, vorsorgender Umgang mit dem KRITIS-SoS und möglichen Kaskadeneffekten noch immer wissenschaftliches und praktisches Neuland dar. Insb. wird kritisiert, dass Akteur*innen mit mittel- bis langfristigem Planungshorizont, wie die Raum- und Umweltplanung, bisher nicht in die Strategieentwicklung und -umsetzung einbezogen werden (Interview Pütz, 2020: A.4; Birkmann et al., 2016: 10; Lauwe & Riegel, 2008: 120f.).

Zugleich hat der Gesetzgeber mit Einführung des KRITIS-Grundsatzes in das ROG deutlich gemacht, dass KRITIS ein für die räumliche Planung relevantes Handlungsfeld darstellen. Adressiert wird mit dem Grundsatz die Raumordnung, deren Aufgabe *„die vorausschauende, zusammenfassende, überörtliche und überfachliche Planung für die raum- und siedlungsstrukturelle Entwicklung ihres Planungsraumes auf mittlere und längere Sicht“* (ARL 2005: 965 nach §§ 7, 8 ROG) ist. Durch die Sicherung, Ordnung und Entwicklung des Gesamttraumes trägt die Raumordnung dem KRITIS-Schutz, als einem von diversen Abwägungsbelangen, Rechnung. Da die Raumordnung durch ihre Festlegungen sowohl die Fachplanungen als auch andere, raumbedeutsame Maßnahmen, bspw. von KRITIS-Betreiber*innen, steuert und eine überörtliche und überfachliche Regelungskompetenz besitzt, ist sie grundsätzlich zum Umgang mit KRITIS befähigt.

Dennoch gilt es zunächst grundlegend zu klären, woraus sich die Relevanz zum Schutz von KRITIS für Raumplanung und Raumordnung ergeben und wie ihr Kompetenztitel ausgestattet ist. Daher wird zunächst die Raumplanungs- und Raumordnungsrelevanz von KRITIS diskutiert (► s. Kap. 1.3.1), ehe auf die Lesart des KRITIS-Grundsatzes sowie in die rechtlich-instrumentellen Grundlagen von Raumordnung (► s. Kap. 1.3.2) eingegangen werden. Abschließend erfolgt eine Untersuchung und Abschätzung dazu, wie sich der gegenwärtige Umgang mit KRITIS in der Raumordnung ausgestaltet (► s. Kap. 1.3.3).

1.3.1 Raumplanungsrelevanz von KRITIS

Die Aufgabe der Raumplanung ist es, Nutzungsansprüche an den Raum so zu koordinieren, dass Nutzungskonflikte minimiert und der Raum gesamtgesellschaftlich optimiert und vorsorgend geordnet und entwickelt wird. Diese Aufgabe erfüllt die Raumplanung unter dem Leitbild einer nachhaltigen Raumentwicklung, also im Sinne einer ausgewogenen, ressourcenschonenden und damit langfristig tragfähigen Entwicklung aller Lebensbereiche (Website ARL, 2020b; Pohl & Rother, 2011: 3; Wernig et al., 2011: 81).

Innerhalb dieses Aufgabenspektrums ist die Raumplanung mit Risiken konfrontiert, weil *„Ereignisse, Entscheidungen oder Phänomene nicht nur eine Störung des technischen oder gesellschaftlichen Systems darstellen, sondern zugleich den Raum als Ganzes negativ tangieren können“* (Pohl, 2011: 11) und damit die nachhaltige Raumentwicklung potenziell gefährden. Hierunter sind insb. natürlich und anthropogen verursachte Risiken, wie bspw. Extremwetterereignisse und auch KRITIS-Versagen zu nennen, die in einem Ereignisfall zu Schäden führen können. Handelt es sich bei diesen um raumplanungsrelevante Risiken, fallen diese in den Kompetenzbereich der Raumplanung (Greiving, 2011a: 22f.).

Eine Raumplanungsrelevanz von Risiken ist dann gegeben, wenn „mithilfe raumplanerischer Instrumente Eintrittswahrscheinlichkeit oder Konsequenz eines Ereignisses für bestimmte, hinlänglich sicher identifizierbare Entstehungs- und/oder Gefährdungsräume beeinflussbar sind“ (Greiving, 2011a: 23). Entscheidende Kriterien zur Bestimmung, ob ein Risiko raumplanungsrelevant ist, sind entsprechend ein räumlich differenziertes Auftreten (der Gefahr oder der Wirkfolgen), also die Raumrelevanz des Ereignisses, und dass dieses mit den Instrumenten der räumlichen Planung beeinflusst bzw. gesteuert werden kann, z. B. hinsichtlich dessen Eintrittswahrscheinlichkeit oder Schadensausmaß (Gruehn et al., 2010: 13).

Die Raumplanungsrelevanz lässt sich spezifizieren, indem nach der räumlich-kompetenziellen Ebene eines Ereignisses differenziert wird. Entsprechend kann sich die Relevanz entweder auf die Ebene der Bauleitplanung oder der Raumordnung beziehen⁹. Eine Relevanz für die Bauleitplanung liegt dann vor, wenn es einen konkreten Bezug zur Bodennutzung und den Instrumenten der Bauleitplanung gibt (Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG i. V. m. § 1 Abs. 1 BauGB). Dies ist dann der Fall, wenn „die räumlichen Auswirkungen die bauliche und sonstige Nutzbarkeit des Bodens einschränken (§ 5 Abs. 2 Nr. 6 und 7 BauGB) und/oder Flächen für besondere Vorkehrungen gegenüber ihren Einwirkungen benötigt werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 16 und 24 BauGB)“ (Greiving, 2011a: 23). Eine Relevanz für die Raumordnung ergibt sich, wenn die Risiken eine überörtliche und überfachliche Perspektive gemäß § 1 Abs. 1 ROG bzw. § 8 Abs. 6 ROG erfordern. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn Auswirkungen sich überörtlich vermeiden, vermindern oder anderweitig bewältigen lassen (Greiving, 2011a: 23; Gruehn et al., 2010: 14).

„[Die Bauleitplanung] ist aufgrund ihrer engen bodenrechtlichen Ausrichtung und ihres kleinräumigen Bezugs an sich weniger für ein umfassendes Risikomanagement geeignet, sondern dient im Risikomanagement in erster Linie als Sicherheits- und Umsetzungsinstrument“ (Wernig et al., 2011: 90, eigene Ergänzung). In Bezug auf KRITIS ist sie jedoch bezüglich des Anlagenschutzes von zentraler Bedeutung, indem sie das Risikopotenzial und eine potenziell negative Raumwirksamkeit reduziert, indem sie den Ausschluss von Nutzungen aus Gefährdungsgebieten und, vice versa, den Ausschluss von gefährdenden Nutzungen aus vulnerablen Gebieten umsetzt (Schmitt & Greiving, 2018: 61; Greiving et al. 2016: 6; Pohl, 2011: 13). Die Raumordnung kann hingegen Teil eines umfassenden Risikomanagements werden, was vor dem Hintergrund der Überörtlichkeit und Überfachlichkeit möglicher Wirkfolgen einer KRITIS-Versorgungsleistungsunterbrechung auch notwendig ist.

Diesen Handlungsauftrag an die Raumordnung bekräftigt das ROG mit dem KRITIS-Grundsatz, indem dieser in direkten Zusammenhang mit der staatlichen Daseinsvorsorge gestellt wird. KRITIS nehmen entsprechend in der Gewährleistung der Vorsorgeleistungen einen herausragenden Stellenwert ein (agl & PRC 2015: 57). Damit ist der KRITIS-Schutz einer von wenigen Handlungsbereichen, für den die Risikovorsorge überhaupt explizit gemacht wird (Wernig et al., 2011: 89).

Zentrale Herausforderungen in einem raumplanerischen Umgang mit KRITIS bleiben jedoch, wie in ► Kapitel 1.1.2 beschrieben, die Komplexität des KRITIS-SoS, das ‚*problem of fit*‘ sowie die Ungewiss-

⁹ Risiken können auch relevant für die Vorhabengenehmigung, sprich Baugenehmigung und Planfeststellung sein. In diesem Fall liegt eine Relevanz dadurch vor, dass durch Normen oder Bauordnungen vorsorgende Maßnahmen ergriffen werden können (Gruehn et al., 2010: 14). Dieser Fall wird hier nicht näher beleuchtet.

heit über die Risikoausprägung. Um trotz der Komplexität und in Ermangelung einer genauen Vorhersage von möglichen Kaskadeneffekten dem großen Schadenspotenzial dennoch Rechnung tragen zu können, lassen sich KRITIS unter das Vorsorgeprinzip stellen.

Das Vorsorgeprinzip zielt darauf, trotz der Ungewissheit über die exakte Ausgestaltung von potenziellen Ereigniskonsequenzen, Schäden möglichst zu reduzieren und entsprechend vorsorgende Handlungen zu legitimieren. Seinen Ursprung hat das Vorsorgeprinzip in der Umweltforschung, wo es erstmalig von der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (*United Nations Conference on Environment and Development*, kurz: UNCED) im Rahmen der auf der Rio-Konferenz im Jahre 1992 beschlossenen Agenda 21 in Kapitel 35 Abs. 3 wie folgt konkretisiert wurde: *„Angesichts der Gefahr irreversibler Umweltschäden sollte ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Entschuldigung dafür dienen, Maßnahmen hinauszuzögern, die in sich selbst gerechtfertigt sind. Bei Maßnahmen, die sich auf komplexe Systeme beziehen, die noch nicht voll verstanden worden sind und bei denen die Folgewirkungen von Störungen noch nicht vorausgesagt werden können, könnte der Vorsorgeansatz als Ausgangsbasis dienen“* (UNCED, 1992: 320f.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass KRITIS in Konsequenz ein Handlungsfeld der Raumplanung und aufgrund ihres systemischen Charakters und der überörtlichen, überfachlichen Ausprägung insb. ein Handlungsfeld der Raumordnung sind. Die Kompetenzen, mit denen die Raumordnung in diesem Handlungsfeld ausgestattet ist, ergeben sich maßgeblich aus der Lesart des KRITIS-Grundsatzes sowie den Zuständig- und Verantwortlichkeiten, die sich aus den rechtlichen Grundlagen, der Organisationsstruktur und ihren Instrumenten ergeben. Daher werden diese nachfolgend zunächst eingeführt, ehe der aktuelle Umgang der Raumordnungspraxis mit dem Handlungsauftrag KRITIS-Schutz und dessen Herausforderungen (► s. Kap. 1.3.3) erörtert wird.

1.3.2 Kompetenztitel der Raumordnung

Rechtsgrundlage der Raumordnung ist das ROG. Dieses benennt Grundsätze der Raumordnung, die auf den verschiedenen Raumordnungsebenen in Form von Zielen, Grundsätzen und sonstigen Erfordernissen konkretisiert werden können (§ 2 Abs. 1 ROG). Dabei sind Ziele der Raumordnung nach § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG *„verbindliche Vorgaben in Form von räumlich und sachlich bestimmten oder bestimmbar, vom Träger der Raumordnung abschließend abgewogenen textlichen oder zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums“*. Sie sind entsprechend endabgewogen und in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen direkt verbindlich zu beachten (§ 4 Abs. 1 ROG). Grundsätze der Raumordnung treffen nach § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG: *„Aussagen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums als Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen; Grundsätze der Raumordnung können durch Gesetz oder als Festlegungen in einem Raumordnungsplan aufgestellt werden“*. Sie sind somit im Gegensatz zu Zielen der Raumordnung nicht endabgewogen und daher in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen zu berücksichtigen (§ 4 Abs. 1 ROG). Sonstige Erfordernisse der Raumordnung sind gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 4 ROG *„[...] in Aufstellung befindliche Ziele der Raumordnung,*

Ergebnisse förmlicher landesplanerischer Verfahren wie des Raumordnungsverfahrens und landesplanerische Stellungnahmen“, die in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen ebenfalls zu berücksichtigen sind (§ 4 Abs. 1 ROG).

Lesart des KRITIS-Grundsatzes

Der KRITIS-Grundsatz des ROG in § 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ist ein bundesgesetzlicher Grundsatz der Raumordnung gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG und entfaltet als solcher *„eine differenzierende Steuerungs- und Bindungswirkung“* (Spannowsky, 2012: 27). Er ist gemäß § 4 Abs. 1 ROG im Falle raumbedeutsamer Planungen durch alle anderen öffentlichen Stellen in der Abwägung zu berücksichtigen und kann darüber hinaus entweder konkretisiert werden, oder es kann von diesem abgewichen werden.

Durch den KRITIS-Grundsatz erhält die Raumordnung einen klaren Schutzauftrag für KRITIS, der vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Raumentwicklung in der Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes zu berücksichtigen ist (agl & PRC, 2015: 56). Dieser Schutzauftrag wird in Ermangelung einer Fachplanung KRITIS und dem grenzüberschreitenden Charakter des KRITIS-SoS umso relevanter (Riegel, 2015a: 122f.). Somit werden KRITIS zu einem Schutzgut, deren Schutzwürdigkeit sich – im Gegensatz zu Schutzgütern der Umweltprüfung (UP) – nicht primär aus ihrer Empfindlichkeit oder Gefährdung, sondern ihrer systemischen Versorgungsrelevanz ergibt (BMI, 2020: 23).

Somit darf der ROG-Grundsatz *„[d]em Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen“* (§ 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ROG) nicht allgemeinsprachlich verstanden werden. Denn dieser bezieht sich auf weit mehr, als eine ‚gebührende Berücksichtigung‘ (Website Duden, 2020): KRITIS sind durch eine nachhaltige Sicherung, Ordnung und Entwicklung des Raumes zu schützen und ebendiesem Schutz ist bei der Einstellung in die Abwägung eine herausgehobene Bedeutung beizumessen (agl & PRC 2015: 57).

Kompetenzverteilung nach Raumordnungsebenen und -instrumenten

Die Raumordnung lässt sich in drei wesentliche Planungsebenen untergliedern: die Bundesraumordnung, die Landesraumordnung und die Regionalplanung. Darüber hinaus beeinflusst die EU über (verbindliche) Richtlinien sowie über das (unverbindliche) Europäische Raumentwicklungskonzept (EUREK) die Raumordnung und -entwicklung in ihren Mitgliedstaaten, besitzt allerdings selbst keine umfassende Raumordnungskompetenz (Website ARL, 2020a; Website ARL, 2020c).

Die Bundesraumordnung entwickelt Leitbilder und Grundsätze, die u. a. von den Beschlüssen der EU geleitet sind. Während erstere unverbindlich sind und die Raumentwicklung des Bundesgebietes beschreiben, sind die Grundsätze verbindlich für *„die nachfolgenden Planungsebenen, die Fachplanungen und die raumbedeutsamen öffentlichen Maßnahmen“* (Website ARL, 2020a). Zudem stellt die Bundesraumordnung gemäß § 17 Abs. 1 ROG einen Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone auf. Seit der Föderalismusreform des Jahres 2006 und der Einführung der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz gemäß Art. 72ff. GG besitzt der Bund die Kompetenz, Vollregelungen auf dem Gebiet der Raumordnung zu erlassen (Birkmann et al., 2013: 124).

Darunter fällt auch die Aufstellung zusätzlicher Bundesraumordnungspläne (BRP) gemäß § 17 Abs. 3 ROG. Die Länder besitzen nach § 6 ROG Abweichungsrecht.

Die Landesraumordnung ist für die Sicherung von Flächen sowie die Entwicklung von Abwägungsdirektiven für die nachgelagerten Planungsebenen zuständig. Diese greifen bis auf die Ebene der Bauleitplanung durch, indem Vorgaben über den Ausschluss oder die Eignung von bestimmten Gebietskategorien gemacht werden. Diese werden als Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete in den Landesentwicklungsplänen (LEP) und -programmen (LEPro) festgehalten und sind auf regionaler Ebene zu konkretisieren (Website ARL, 2020a).

Die Regionalplanung bildet die regionale und damit konkreteste Handlungsebene der Raumordnung. Sie beachtet und berücksichtigt die Leitvorstellungen, Ziele und Grundsätze der Raumordnung der höhergeordneten Planungsebenen und konkretisiert diese für die jeweiligen regionalen Teilräume in Regionalplänen gemäß § 8 Abs. 1 Nr. 2 ROG (Website ARL, 2020a). Dabei besitzen die Regionalplanungsregionen z. T. sehr unterschiedliche Gebietsgrößen, Organisationsformen und Steuerungsmodelle. Während in Hessen und Nordrhein-Westfalen Regierungsbezirke als Regionalplanungsregionen dienen, sind es in Niedersachsen bspw. Landkreise und kreisfreie Städte. Zugleich werden in den Stadtstaaten regionale Planungsbelange in den (regionalen) FNP verankert und das Saarland verzichtet gänzlich auf eine Regionalplanung (Schmitt, 2016: 10f.).

Den Raumordnungsträger*innen steht ein umfangreiches Instrumentarium an formellen und informellen Instrumenten zur Erfüllung ihrer Aufgaben zur Verfügung. Zentrales Planungsinstrument sind die Raumordnungspläne, die für alle Teilräume sowie den Gesamttraum aufzustellen sind. Gemäß § 7 Abs. 1 ROG sind *„[i]n Raumordnungsplänen [...] für einen regelmäßig mittelfristigen Zeitraum Festlegungen als Ziele und Grundsätze der Raumordnung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums, insbesondere zu den Nutzungen und Funktionen des Raums, zu treffen.“* Diese Festlegungen können gemäß § 7 Abs. 3 ROG auch als Gebietsausweisungen in Form von Vorrang-, Vorbehalts- oder Eignungsgebieten erfolgen.

Für die Bundesebene ist ein BRP für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone gemäß § 17 Abs. 1 ROG aufzustellen. Darüber hinaus können *„länderübergreifende Raumordnungspläne für den Hochwasserschutz sowie zu Standortkonzepten für Häfen und Flughäfen“* gemäß § 17 Abs. 2 ROG sowie gemäß § 17 Abs. 3 ROG weitere, ROG-Grundsätze konkretisierende BRP aufgestellt werden. Auf Ebene der Länder ist ein landesweiter Raumordnungsplan aufzustellen und dieser für die Teilräume der Länder gemäß § 13 Abs. 1, 2 ROG zu konkretisieren. Diese beinhalten insb. Festlegungen zur Siedlungs- und Freiraumstruktur (gemäß § 13 Abs. 5 Nr. 1, 2 ROG) sowie zu den zu sichernden Standorten und Trassen für Infrastruktur (gemäß § 13 Abs. 5 Nr. 3 ROG).

Weitere formelle Instrumente der Raumordnung sind sachliche Teilpläne und Raumordnungsverfahren (ROV). Sachliche Teilpläne bieten gemäß § 7 Abs. 1 ROG die Möglichkeit, ausführliche räumliche oder sachliche Strategien zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes mit derselben Bindungswirkung wie Regionalpläne festzulegen. Dabei behandeln sachliche Teilpläne im Gegensatz zu Regionalplänen jedoch nur ein bestimmtes Sachgebiet, bspw. Energie oder Daseinsvorsorge, und werden i. d. R. nach Aufstellung in den Regionalplan integriert (BMVBS, 2009: 28). ROV (gemäß § 15 ROG) und beschleunigte ROV (gemäß § 16 ROG) sind ein Abstimmungsinstrument für Einzelvorhaben mit überörtlichen Auswirkungen, deren Ergebnis ebenfalls bei nachfolgender Planung zu berücksichtigen ist (ARL, 2005: 884). Sie finden häufig dann Anwendung, wenn die

Raumordnungspläne unzureichend detaillierte Aussagen enthalten, wie bspw. im Falle einer Standortsuche für eine Umgehungsstraße oder Hochspannungsleitung, und dienen der Koordination und Abstimmung dieser in Bezug auf ihre Raumverträglichkeit (Gruehn et al, 2010: 84).

Wesentliches informelles Instrument der Raumordnung ist die Raumordnerische Zusammenarbeit gemäß § 14 ROG, inkl. der Zusammenarbeit von Bund und Ländern innerhalb der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) gemäß § 24 ROG. Die Formen der Zusammenarbeit dienen der Vorbereitung und Verwirklichung von Raumordnungsplänen oder anderen raumbedeutsamen Maßnahmen und können sowohl ebenenbezogen als auch ebenenübergreifend ausgestaltet sein (§ 14 Abs. 1 ROG). Unter Raumordnerische Zusammenarbeit fallen gemäß § 14 Abs. 2 ROG: „1. Vertragliche Vereinbarungen, insbesondere zur Koordinierung oder Verwirklichung von raumordnerischen Entwicklungskonzepten und zur Vorbereitung oder Verwirklichung von Raumordnungsplänen, 2. Maßnahmen wie regionale Entwicklungskonzepte, überregionale, regionale und interkommunale Netzwerke und Kooperationsstrukturen, regionale Foren und Aktionsprogramme zu aktuellen Handlungsanforderungen, 3. Durchführung einer Raumbesichtigung und Bereitstellung der Ergebnisse für regionale und kommunale Träger sowie für Träger der Fachplanung im Hinblick auf raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen, sowie Beratung dieser Träger.“

Der raumordnerische Kompetenztitel im Handlungsfeld KRITIS resultiert entsprechend aus der überörtlichen und überfachlichen Raumbedeutsamkeit von KRITIS und den Konsequenzen eines möglichen (Versorgungsleistungs-)Ausfalls dieser. Gestützt wird der Kompetenztitel durch den Handlungsauftrag des ROG-Grundsatzes zum KRITIS-Schutz. Dabei ist anzumerken, dass die Raumordnung selbstverständlich nicht alleinige Trägerin eines Kompetenztitels ist, sondern dass zentrale Phasen des Risikomanagements, wie die Ereignisbewältigung, eher von Akteur*innen der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes wahrgenommen werden. Der Beitrag der Raumordnung im Risikomanagement von KRITIS ist eine mittel- bis langfristig ausgerichtete Vorsorgeaufgabe (Pohl, 2011: 11f.). Inwiefern diesem vorsorgenden Handlungsauftrag bisher nachgekommen wird und worin Forschungs- und Erkenntnislücken bestehen, untersucht das nachfolgende Unterkapitel.

1.3.3 Status quo des raumordnerischen Umgangs mit KRITIS

Wie zuvor dargelegt, wurde die besondere Schutzwürdigkeit von KRITIS durch den Gesetzgeber erkannt (agl & PRC, 2015: 56) und diese im ROG in Form eines Grundsatzes der Raumordnung verankert. Inwiefern diesem Schutzauftrag gegenwärtig nachgekommen wird und worin fortbestehende Forschungs- und Erkenntnislücken bestehen, ist Gegenstand der nachfolgenden Untersuchung. Hierzu wird der Status quo der Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes in den formellen Raumordnungsplänen über eine Raumordnungsplananalyse erfasst. Diese kann als Aktualisierung der Erhebung von Riegel (2015a) im Rahmen seiner Dissertation im Jahr 2011 verstanden werden, da in beiden Analysen das Erkenntnisinteresse in einer Verortung der raumordnerischen Praxis im Themenfeld KRITIS liegt (Riegel, 2015a: 81). Aus diesem Grund folgt auf die Raumordnungsplananalyse eine Plausibilisierung der Ergebnisse, die u. a. einen Abgleich mit den Ergebnissen Riegels beinhaltet. Des Weiteren erfolgt ein Exkurs in aktuelle, raumordnerische Aktivitäten zum KRITIS-Schutz.

Ablauf der Raumordnungsplananalyse

Um den Status quo der Umsetzung des KRITIS-Grundsatzes in der raumordnerischen Praxis zu ermitteln, wird dessen Konkretisierung im stärksten formellen und zugleich auf allen Ebenen vorliegenden Instrument der Raumordnung, den Raumordnungsplänen, untersucht. Das Ziel ist es, in einer zweistufigen Inhaltsanalyse aufzudecken, in welchen Raumordnungsplänen KRITIS direkt (Analysestufe I) und indirekt (Analysestufe II) thematisiert werden. Als Grundgesamtheit der Untersuchung gelten alle Raumordnungspläne der Bundesrepublik Deutschland, die zum Stichtag 30. Juni 2019 als integrierte, rechtskräftige und online verfügbare, nicht kopiergeschützte Pläne vorlagen. Zusätzlich wird, aus einem allgemeinen Erkenntnisinteresse, der aktuelle Bundesraumordnungsbericht (2017) nach derselben Analysemethode untersucht.

Zur Ermittlung und Auswertung der Daten wird die Methode der Inhaltsanalyse in Form einer Methodenkombination aus Frequenz- und Kontextanalyse angewandt (► s. Kap. 2.4.2). Dafür wird als Analysebasis zunächst ein Kategoriensystem aufgestellt, das die zu untersuchenden Begriffskategorien festhält und mit Suchworten belegt. Ergänzend wird ein Kontextleitfaden entwickelt, der die Suchworte und Begriffskategorien in ihrer kontextualen Verwendung für das Untersuchungsinteresse eingrenzt (Mayring, 2015: 16). Das Kategoriensystem dieser Untersuchung ist inkl. Kontextleitfaden in nachfolgender Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Kategoriensystem und Kontextleitfaden zur Raumordnungsplananalyse

Suchwort	Begriffskategorie	Im Kontext von	Analysestufe
kriti*	kritisch	Bedeutsamkeit von KRITIS, das ‚Kritisch-Sein‘ von Infrastrukturen	Direkte Thematisierung (Stufe I)
	Kritikalität		
	KRITIS		
	kritische Infrastruktur(en)		
system	systemisch	Gesamtsystem der Infrastrukturen, Vernetzung von Infrastrukturen, Teilsysteme (innerhalb des SoS)	Indirekte Thematisierung (Stufe II)
netz	Infrastruktursystem		
	netzgebunden		
	netzartig		
abhängig	Infrastrukturnetz	(gegenseitige) Abhängigkeiten zwischen KRITIS; Abhängigkeit von Versorgungsleistungen anderer Infrastruktursysteme)	
	abhängig		
	Abhängigkeit		
	Dependenz		
dependen	dependent	Gewährleistung der Versorgung mit Infrastrukturleistungen (inkl. deren Funktionsfähigkeit) im Normalfall / Regelbetrieb und im Krisenfall, ggf. Versorgung der Bevölkerung	
	interdependenz		
	interdependent		
	abhängig		
versorgung	Abhängigkeit	Gewährleistung der Versorgung mit Infrastrukturleistungen (inkl. deren Funktionsfähigkeit) im Normalfall / Regelbetrieb und im Krisenfall, ggf. Versorgung der Bevölkerung	
	Wasserversorgung		
	Energieversorgung		
	Stromversorgung		
	Versorgungssicherheit		

Quelle: eigene Darstellung.

In Analysestufe I, der Untersuchung der direkten Thematisierung von KRITIS, erfolgt die Analyse ausschließlich für das Suchwort *kriti**. Durch eine Frequenzanalyse wird die Häufigkeit des Vorkommens

des Suchwortes in den Raumordnungsplänen ermittelt. Anschließend werden die Treffer, die den Untersuchungskriterien des Kontextleitfadens entsprechen, herausgefiltert und tiefergehend interpretiert. Dieses Vorgehen bietet einen ersten, quantitativen wie qualitativen Überblick über das Erhebungsinteresse.

In Analysestufe II werden alle Suchworte, die auf eine indirekte Thematisierung von KRITIS hinweisen, inkl. der sonstigen *kriti**-Treffer, einer Kontextanalyse unterzogen. Dazu wird jeder Suchworttreffer aller Suchworte bereits im Plandokument daraufhin gescannt, ob dieser im Sinne des Kontextleitfadens verwendet wird. Ist dem so, wird dieser als direktes Zitat in eine Datenbank übertragen und es wird, wo möglich, eine Angabe dazu gemacht, um welche textliche Festlegungsart es sich handelt: Ziel, Grundsatz, sonstiges Erfordernis oder Begründung, Erläuterung, Hinweis etc. Die zweite Analysestufe erfolgt entsprechend ausschließlich qualitativ und ergibt ein Bild darüber, vor welchem Hintergrund KRITIS gegenwärtig indirekt in Raumordnungsplänen diskutiert werden.

Gegenstand der Untersuchung sind die Textteile integrierter Raumordnungspläne und ihre Begründungen. Entsprechend werden weder Planentwürfe noch sachliche Teilpläne, Teilfortschreibungen oder Kartendarstellungen inkludiert. Aus Ressourcengründen finden ausschließlich online verfügbare, nicht-kopiergeschützte Pläne Eingang, was zu einem Ausschluss von insgesamt 18 Plänen¹⁰, 17 Regionalplänen und einem Landesraumordnungsplan, führt. Somit ergibt sich ein Analyseumfang von 105 Plänen (von theoretisch 123 plus neun Sonderformen, s. u.).

Zudem werden alle Regionen ausgeschlossen, für die Sonderregelungen nach § 13 ROG oder gem. den Landesraumordnungsgesetzen gelten. Sonderregelungen existieren für die Stadtstaaten Berlin, Bremen (und Bremerhaven) und Hamburg, die von der Verpflichtung zur Aufstellung von Landesraumordnungs- und Regionalplänen befreit sind. In den Stadtstaaten übernimmt ein FNP nach § 5 BauGB die Funktionen eines LEP. Des Weiteren ist das Saarland von der Verpflichtung zur Aufstellung von Regionalplänen befreit, besitzt jedoch einen LEP, der theoretisch Gegenstand der Analyse ist, praktisch jedoch aufgrund des ausschließlichen Vorhandenseins von Teilplänen ausgeschlossen wird. Gemäß § 5 Abs. 2 des Niedersächsischen Landesraumordnungsgesetzes (NROG) sind die fünf kreisfreien Städte und die kreisangehörige Stadt Göttingen ebenfalls von der Verpflichtung zur Aufstellung von Regionalplänen befreit.

Die Vorteile einer Inhaltsanalyse sind ihre Transparenz und Systematik, eine hohe Ergebnisvalidität und das Ermöglichen des Auswertens umfangreicher Daten. Weitere Hintergrundinformationen zur Methode finden sich in ► Kapitel 2.4. Die vollständige Datenbank, die die Möglichkeit tiefergehender Analysen bietet und die einzelnen Ausschlussgründe darlegt, befindet sich in ► Anhang I.ii.

¹⁰ Ausgeschlossen sind aus einem der o. g. Gründe (► s. Anhang II.ii): Regionalplan Region Donau-Iller (BW/BY), Regionalplan Region München (BY), Regionalplan Region Oberfranken-Ost (BY), Regionalplan Region Oberfranken-West (BY), Regionalplan Havelland-Fläming (BB), Regionalplan Lausitz-Spreewald (BB), Regionalplan Oderland Spree (BB), Regionalplan Prignitz-Oberhavel (BB), Regionalplan Uckermark-Barnim (BB), Regionales Raumordnungsprogramm Ammerland (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Aurich (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Cloppenburg (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Friesland (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Heidekreis (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Landkreis Oldenburg (NI), Regionales Raumordnungsprogramm Vechta (NI), Regionaler Raumordnungsplan Region Trier (RP), Landesentwicklungsplan Saarland.

Ergebnisse der Raumordnungsplananalyse

Die Untersuchung von Analysestufe I ergibt, dass in den 105 Plänen das Suchwort *kriti** insgesamt 200 Mal vorkommt. Im Sinne des Kontextleitfadens gibt es jedoch lediglich fünf Treffer in fünf unterschiedlichen Plänen, die KRITIS direkt thematisieren, was einer Quote von knapp zwei Prozent kontextualen Treffern und von knapp fünf Prozent aller Raumordnungspläne entspricht.

Die fünf direkten Fundstellen sind:

- Landesentwicklungsplan 2013 Sachsen, Begründung zu Grundsatz 6.5.2 im Kapitel Öffentliche Verwaltung, Gerichtsbarkeit, Sicherheit und Ordnung, Verteidigung:
„Unter Berücksichtigung der lokalen Situation soll sichergestellt werden, dass bei Eintritt von Katastrophen und Naturereignissen diejenige Infrastruktur aufrechterhalten wird, die für Katastrophenschutzmaßnahmen und die öffentliche Sicherheit von Bedeutung ist. Insoweit gilt auch der Grundsatz der Raumordnung in § 2 Abs. 2 Nr. 3 ROG, wonach dem Schutz kritischer Infrastrukturen Rechnung zu tragen ist“ (Sächsische Staatsregierung, 2013: 174).
- Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025, Begründung zu Grundsatz 5.2.2 im Kapitel Energie:
„Zum Schutz kritischer Infrastrukturen, also von Institutionen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, kann von der Bündelung abgewichen werden (siehe § 2 Abs. 2 Nr. 3 ROG)“ (Freistaat Thüringen, 2014: 90).
- Regionales Raumentwicklungsprogramm Westmecklenburg, Begründung zu Grundsatz 6.5.7 im Kapitel Energie:
„Im Interesse des Freiraum- und Landschaftsschutzes sollen neue Leitungsbauwerke mit vorhandenen Infrastrukturtrassen gebündelt werden. Die technische Überformung der Landschaft und die Zerschneidungswirkung von Linieninfrastrukturvorhaben kann durch eine unterirdische Verlegung weitestgehend vermieden werden. Die Parallelführung und Bündelung von Linieninfrastrukturen soll unter Berücksichtigung der Verletzbarkeit kritischer Infrastrukturen erfolgen“ (Regionaler Planungsverband Westmecklenburg, 2011:129).
- Regionales Raumordnungsprogramm Uelzen, Begründung zu Grundsatz 4.2.03 im Kapitel Energie:
„[...] Hochspannungsleitungen können eine erhebliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes darstellen. Daher ist eine Bündelung der Leitungstrassen anzustreben (Satz 1). Wenn aus Sicht des Schutzes kritischer Infrastrukturen (KRITIS) vor Schadensereignissen eine Bündelung nicht angebracht ist, sollten die Leitungen unterirdisch verlegt werden, um dadurch eine Verwundbarkeit gegenüber Naturgefahren und andere Szenarien zu reduzieren. Außerdem besteht für bestimmte Höchstspannungsgleichstromübertragungsleitungen nunmehr ein gesetzlicher Vorrang der Erdverkabelung“ (Landkreis Uelzen, 2019: 118).
- Regionalplan Düsseldorf, Erläuterung zu Grundsatz 4.4.4.2 im Kapitel Vorbeugender Hochwasserschutz:
„Die ebenfalls in der Beikarte 4H – Vorbeugender Hochwasserschutz – abgebildeten Extremhochwasserbereiche stellen die überfluteten Bereiche bei einem Extremereignis dar. Hierbei handelt es sich um ein Hochwasserereignis mit geringer Wahrscheinlichkeit (seltener als alle 100 Jahre), sogenannte ‚Jahrtausendhochwasser‘. Diese Ereignisse haben zwar eine geringe Wahrscheinlichkeit, jedoch verheerende Folgen, wenn man sich nicht adäquat auf sie einstellt.“

In ihnen soll wegen des möglichen besonders hohen volkswirtschaftlich relevanten Schadenspotentials dem Risiko einer Überflutung besonderes Gewicht bei der weiteren räumlichen Nutzung beigemessen werden. Insbesondere soll innerhalb der Vorbehaltsgebiete: - nach Möglichkeit auf zusätzliche Nutzungen verzichtet werden, die im Fall einer Überflutung eine Gefährdung für die Allgemeinheit darstellen, - neue kritische Infrastruktur, z.B. Standorte für den Katastrophenschutz, Krankenhäuser, Turnhallen und Leitstellen nicht vorgesehen werden“ (Bezirksregierung Düsseldorf, 2018: 121).

Die o. g. Treffer verdeutlichen, dass KRITIS zum einen sehr selten überhaupt und wenn, dann in relativ jungen Raumordnungsplänen erwähnt werden und dass es sich im Falle deren Erwähnung zum anderen um unterschiedliche Kontexte handelt. In drei von fünf Fällen erfolgt die Begriffsverwendung im Kontext von Energie und dort insb. vor dem Hintergrund des Trassenbündelungsprinzips des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG). Dieses sieht vor, dass leitungsgebundene, technische Infrastrukturen nach Möglichkeit in gemeinsamen Trassen geführt werden sollen, um eine Zersiedelung der Landschaft zu vermeiden. Vor dem Hintergrund des KRITIS-Schutzes wird (insb. die oberirdische) Leitungsbündelung jedoch kritisiert, da durch die Konzentration der Leitungen diese zugleich gewissen Gefährdungen ausgesetzt sind, was bei einem lokalen Ereignis zu einem parallelen Ausfall mehrerer Systeme führen kann (Riegel, 2015b: 276) und auch als „*common cause failure*“ (Rinaldi et al., 2001: 22) bezeichnet wird.

Ebenfalls aus einer Gefahrenperspektive wird der KRITIS-Zusammenhang im Regionalplan Düsseldorf argumentiert, allerdings vor dem Hintergrund des vorbeugenden Hochwasserschutzes. In potenziellen Überflutungs- und Extremhochwasserbereichen, die häufig bereits durch baulich-technische Anlagen geschützt sind, soll insb. von der Neuplanung von KRITIS abgesehen werden. Als einziger Plan führt der des Regierungsbezirks Düsseldorf darüber hinaus Beispiele für KRITIS auf, nämlich „*Standorte für den Katastrophenschutz, Krankenhäuser, Turnhallen und Leitstellen [...]*“ (Bezirksregierung Düsseldorf, 2018: 121).

Im LEP Sachsen erfolgt die Auseinandersetzung mit KRITIS im Kontext der Gefahrenabwehr. Es wird festgelegt, dass Infrastrukturen mit Bedeutung für den Katastrophenschutz und die öffentliche Sicherheit im Ereignisfall prioritär aufrechterhalten werden sollen. Eine nähere Konkretisierung, abseits des Verweises auf den KRITIS-Grundsatz des ROG, erfolgt jedoch nicht.

Als Ergebnis aus Analysestufe I lässt sich zusammenfassend festhalten, dass zumindest der Begriff KRITIS bisher in nur wenige Pläne eingegangen ist und im Bundesraumordnungsbericht ebenfalls nicht enthalten ist (► s. Anhang I.i). Die Begriffsverwendung in den fünf Fällen legt nahe, dass insb. die technischen, leitungsgebundenen Basisinfrastrukturen (Wasser, Strom, Verkehr) sowie Anlagen des Katastrophenschutzes bedacht werden und zwar im Sinne des Schutzes physischer Anlagen. Mit dem KRITIS-SoS, der Aufrechterhaltung dessen Funktionsfähigkeit oder den potenziellen gesellschaftlichen Auswirkungen eines möglichen Ausfalls befasst sich keiner der Pläne. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass selbst im Falle einer direkten Begriffsverwendung keine echte Konkretisierung des Bundesgrundsatzes erfolgt, sondern eher auf diesen verwiesen wird, oder bestenfalls Beispiele für ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen gegeben werden. Auffällig ist auch, dass der Begriff KRITIS, egal ob auf Infrastrukturanlagen oder -systeme bezogen, ausschließlich im Begründungsteil der Pläne zu finden ist und bisher nicht als (konkretisierte) Festlegung eingeht. Inwiefern KRITIS indirekt thematisiert werden, ist Gegenstand von Analysestufe II.

Analysestufe II, die Untersuchung der indirekten Thematisierung von KRITIS in Raumordnungsplänen, bietet zahlreiche Treffer, die als Zusammenfassung ► Anhang I.i und im Detail ► Anhang I.ii entnommen werden können. Vor dem Hintergrund des hiesigen Erkenntnisinteresses, einen Überblick über die gegenwärtige KRITIS-Thematisierung zu gewinnen und mögliche Problemstellungen aufzuzeigen, eignet sich insb. eine zusammenfassende, qualitative Auseinandersetzung mit den einzelnen Suchworten und den dahinterliegenden Begriffskategorien.

Das Suchwort *kriti** wird insgesamt, wie die Frequenzanalyse eindrücklich belegt, eher selten im Kontext von kritischen Infrastrukturen verwendet. Stattdessen beinhalten die meisten Treffer ein allgemeinsprachliches Verständnis des Begriffs ‚kritisch‘, im Sinne von ‚Kritik‘ oder ‚kritisieren‘. Dennoch lässt sich auch die allgemeinsprachliche Verwendung des Suchwortes in gewissen Themenbereichen häufiger finden als in anderen. Dabei sticht besonders eine Verwendung im Kontext der Daseinsvorsorge sowohl in Landesraumordnungs- als auch Regionalplänen hervor, was eine indirekte Inklusion von KRITIS im übergeordneten Kontext der Daseinsvorsorge hindeutet. Häufige weitere Kontexte der Treffer des Suchwortes *kriti** sind die Siedlungsentwicklung, Zentrale Orte, Erreichbarkeit und Mobilität, Wassergüteklassen und sonstige Umweltaspekte (► Anhang I.ii).

Die Suchworte **system** und **netz**, die im Kontext eines Gesamtsystems der Infrastrukturen und ihrer Vernetzung analysiert werden, führen tendenziell zu Treffern, die eher i. w. S. mit KRITIS in Verbindung gebracht werden können. Bei beiden zeigt sich eine Häufung von Treffern in Bezug auf den Sektor *Transport & Verkehr*, bzw. auf die Vernetzung von Verkehrssystemen. Unter dem Suchwort **system** gibt es jedoch auch diverse Treffer in einem engeren KRITIS-Sinne, die sich mit der Sicherung der Wasser-, Energie- und Gasversorgung über Verbundsysteme befassen. Auch finden sich mehrere Treffer im Kontext des Gesundheitssystems bzw. der medizinischen Versorgung. Das Suchwort **netz** führt neben den bereits erwähnten Treffern zum Verkehrsnetz (z. B. Schienennetz, ÖPNV-Netz) vor allem zu Treffern im Sektor *Informationstechnik & Telekommunikation*, bspw. bezüglich Kommunikations- oder Breitbandnetzen. I. w. S. wird oftmals auch die Sicherung der Daseinsvorsorge über ein tragfähiges Infrastrukturnetz thematisiert. I. e. S. gibt es jedoch nur wenige Treffer, die sich bspw. auf Gefährdungen oder Katastrophen beziehen, die mehrere Infrastruktursysteme umfassen würden. Auch findet sich keine unmittelbare Bezugnahme zu Aus- oder Störfällen und deren potenzielle Konsequenzen.

Das Suchwort **dependen**, stellvertretend für die Begriffskategorien dependent, Dependenz, interdependent und Interdependenz, liefert keine Treffer und wird folglich in den Raumordnungsplänen weder i. e. S. noch i. w. S. verwendet. Das Suchwort **abhängig**, das auf denselben Kontext wie das Suchwort **dependen** abzielt, liefert lediglich wenige Treffer, die die Abhängigkeit zwischen kritischen Infrastruktursystemen beschreiben. Hier dominieren die Themen einer unabhängigen Wasser-Notversorgung, der Abhängigkeit der Bevölkerung von einem funktionierenden Schienenpersonen- und -fernverkehr sowie der Transportabhängigkeit des Großhandels. In einigen Ausnahmen wird das Suchwort **abhängig** im Kontext der Sicherung der Wasser- und Energieversorgung in Katastrophenfällen thematisiert, insb. in Regionalplänen in Niedersachsen. So heißt es bspw. im Regionalen Raumordnungsprogramm der Region Hannover als Begründung zu Grundsatz 4.3.4.02 im Kapitel Katastrophenschutz, zivile Verteidigung: *„In Katastrophenfällen kommt der Sicherung der Wasser- und Energieversorgung besondere Bedeutung zu. Die bereits bestehenden Verbundnetze zur Fernwasserversorgung sollen erhalten und ausgebaut werden, um eine größtmögliche Ausfallsicher-*

heit zu gewährleisten. Dies gilt auch für das Energieverbundnetz. Zur Sicherung einer netzunabhängigen Trinkwasserversorgung soll der Wasserbedarf so weit wie möglich aus regionalen Wasservorkommen gedeckt werden. Stillgelegte Brunnen sollen (soweit möglich) als Notbrunnen erhalten werden“ (Region Hannover, 2016: 372).

Das Suchwort **versorgung** ergibt erwartungsgemäß die meisten Treffer, lässt sich jedoch noch in die Begriffskategorien Wasser-, Energie- bzw. Stromversorgung und Versorgungssicherheit untergliedern. Die mit deutlichem Abstand meisten Treffer sind für die Wasserversorgung zu finden. Diese beziehen sich nahezu vollständig auf die Trinkwasserversorgung und zwar sowohl auf eine Sicherung und Stärkung der (physischen) Versorgungsnetze als auch auf die Bereitstellung der Versorgungsleistung. Eine Häufung von Treffern lässt sich insb. bezüglich des Schutzes von Grundwasservorräten und der Festlegung von Vorranggebieten für die Trinkwasserversorgung feststellen. Auch der Verbund einzelner Wasserversorgungssysteme zu einem Verbundnetz findet gelegentlich Erwähnung, ebenso in Einzelfällen die Krisenfestigkeit und eine flächendeckende Notversorgung. Nur wenige Treffer beziehen sich auf die Abwasserbeseitigung, was an der kommunalen Zuständigkeit für diese Aufgabe liegen könnte.

Die Begriffe Energie- und Stromversorgung werden häufig synonym verwendet, auch wenn die Energieversorgung per Definition weitere Energiequellen umfasst. Vorrangige Themen sind diesbezüglich die Stärkung des Verbundsystems, die Sicherung der Netzstabilität und die Ausweitung des bestehenden Energienetzes. Insb. in jüngeren Plänen häufen sich Treffer zu einer nachhaltigen, umweltverträglichen oder klimagerechten Energieversorgung, die auch den Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger thematisiert. Der Ausbau von Infrastrukturnetzen, der eine solche Energieversorgung ermöglicht, findet sich ebenfalls in zahlreichen Plänen. Als besonders von der Energieversorgung abhängig wird oftmals die Wirtschaft aufgeführt. In einem Fall findet sich ein Treffer zu krisensicheren Strom- und Gastransportnetzen, und zwar als Leitbild »Nachhaltige Energieversorgung« im Landesentwicklungsprogramm Rheinland-Pfalz: *„Eine sichere, kostengünstige, umweltverträgliche und ressourcenschonende Energieversorgung ist die Voraussetzung für die zukünftige Entwicklung des Standortes Rheinland-Pfalz. Krisensichere Strom- und Gastransportnetze und ein hohes Maß an Versorgungssicherheit mit einem möglichst hohen Anteil heimischer Energieträger bilden hierfür die Voraussetzung. Neben der Energieeinsparung und einer rationellen und energieeffizienten Energieverwendung bilden der weitere Ausbau erneuerbarer Energien und die Stärkung der eigenen Energieversorgung die vier wichtigen Pfeiler der rheinland-pfälzischen Energiepolitik“* (Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz, 2008: 157).

Der Begriff Versorgungssicherheit bezieht sich in den meisten Raumordnungsplänen ebenfalls auf die Netze der Energie- und Wasserversorgung und wird häufig mit dem Begriff ‚Netzicherheit‘ gleichgesetzt. In Einzelfällen wird die Versorgungssicherheit in den Kontext von Krisen, Naturgefahren oder Extrem(wetter)ereignissen gesetzt und eine Sicherung der Notversorgung angestrebt. Teilweise wird die Versorgungssicherheit auch als Standortfaktor oder Wettbewerbsvorteil in den Raumordnungsplänen benannt. Zahlreiche, wenngleich tendenziell unspezifische Treffer finden sich bezüglich des Ausbaus der für die Versorgung notwendigen Infrastruktur, um das Suchwort, die Versorgungssicherheit, gewährleisten zu können.

Alle o. g. qualitativen Ausführungen lassen sich, auch als Zusammenfassung des ► Anhangs I.ii, in Form quantifizierter Aussagen wie folgt zusammenfassen. In den 105 ausgewerteten Raumordnungsplänen finden sich insgesamt 800 Suchworttreffer. Mehr als 80 Prozent dieser Treffer lassen

sich zumindest indirekt mit KRITIS in Verbindung bringen. Dabei halten sich Treffer, die sich auf physische Infrastrukturanlagen und solche, die sich auf (einzelne) funktionale Versorgungssysteme beziehen, in etwa die Waage. Aufgeschlüsselt nach Bundesländern lassen sich die meisten Treffer in den Bundesländern Niedersachsen, Bayern und Baden-Württemberg feststellen¹¹, wobei insb. in Niedersachsen ein Fokus auf physischen Anlagen liegt. Im Direktvergleich der Suchworte zeigt sich, dass einige Suchworte, wie **system** und **netz**, hauptsächlich Treffer mit physischem Infrastrukturbezug hervorbringen. Ein leicht überwiegender funktionaler Infrastrukturbezug zeigt sich bei den Treffern zu den Suchworten im Kontext von **versorgung**.

Als Ergebnis aus Analysestufe II lässt sich zusammenfassend festhalten, dass in den seltensten Fällen eine übersektorale, systemische Perspektive auf (mehrere) KRITIS eingenommen wird. Stattdessen ist die gegenwärtige Thematisierung in Raumordnungsplänen auf einzelne KRITIS-Versorgungssysteme beschränkt, und zwar vorrangig auf solche der Sektoren *Energie* und *Wasser*. Eine intersektorale Auseinandersetzung bleibt i. d. R. ebenso aus, wie eine begriffliche Definition davon, was KRITIS sind.

Es ist auf zwei Limitationen dieser Inhaltsanalyse hinzuweisen, ehe die Ergebnisse plausibilisiert werden. Erstens ist die Aussagekraft der Ergebnisse von der Erhebungsabsicht und dem Erhebungsumfang abhängig. Da bspw. Teilfortschreibungen und Entwurfsversionen aus Ressourcengründen nicht in die Analyse einbezogen wurden, lassen sich die aktuellsten und fachplanerischen Festlegungen durch diese nicht abbilden.¹² Zweitens erlangten von den 105 untersuchten Raumordnungsplänen lediglich knapp die Hälfte nach dem 31.12.2008 und damit nach Einführung des KRITIS-Grundsatzes in das ROG Rechtsgültigkeit. Eine direkte Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes wäre entsprechend ebenfalls nur in diesen Plänen möglich gewesen. Zugleich erlangten die 52 Pläne, die nach dem 31.12.2008 aufgestellt wurden, im Durchschnitt im Jahr 2013 Rechtskräftigkeit, was eine ebenfalls durchschnittliche, statistische Möglichkeit zur Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes von fünf Jahren beträgt.

Nach dieser Ergebnispräsentation und dem Verweis auf die Limitationen gilt es diese nachfolgend zu plausibilisieren und zu interpretieren, um den weiteren Forschungs- und Erkenntnisbedarf zu ermitteln.

¹¹ Diese drei Bundesländer besitzen, neben Nordrhein-Westfalen (13) allerdings auch die größte Anzahl an Regionalplanungsregionen: Niedersachsen (41), Bayern (19), Baden-Württemberg (13).

¹² Hier ist zunächst auf den aktuellen Aufstellungsprozess des BRPH zu verweisen, der später noch behandelt wird. Zwei weitere Beispiele für vielversprechende zukünftige Raumordnungsplaninhalte stammen z. B. aus der LEP-Änderung Hessen und dem Regionalplanentwurf Leipzig-West Sachsen. So wird mit dem geänderten LEP Hessen eine Pflicht an Eigentümer*innen von neuen und bestehenden KRITIS ergehen, die konkrete Hochwassergefährdung zu prüfen und baulich-technische Anpassungsmaßnahmen umzusetzen (HMWEV, 2017: 49). In den Regionalplan Leipzig-West Sachsen soll der Schutz von KRITIS vor Hochwasser als eigener Grundsatz (G 4.1.2.22) festgelegt werden. Dieser lautet in der Entwurfsversion: „In ‚Gebieten mit hohem Schutzbedarf gegenüber Hochwasser‘ sollen sensitive Nutzungen und kritische Infrastrukturen durch Maßnahmen des vorsorgenden und technischen Hochwasserschutzes vor überschwemmungsbedingten Beeinträchtigungen geschützt werden“ (Website Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen, 2020).

Plausibilisierung und Interpretation der Raumordnungsplananalyse

Die Ergebnisse der Raumordnungsplananalyse sind ähnlich zu denen, die Christoph Riegel im Jahr 2011 im Rahmen seiner Dissertation über eine Regionalplananalyse erhob. Daher können Riegels Erkenntnisse zur Plausibilisierung der hier erzielten Ergebnisse herangezogen sowie zur Interpretation und Begründung der gegenwärtig geringen Thematisierung von KRITIS in Raumordnungsplänen genutzt werden.

Riegels Regionalplananalyse ergab, dass zum Erhebungszeitpunkt im April 2011 weder auf Bundes-, Landes-, noch auf Regionalplanungsebene eine Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes stattfand. Er stellte fest, dass bis dato kein Regionalplan den Begriff ‚kritisch‘ im Sinne des KRITIS-Vokabulars beinhaltet (Riegel, 2015a: 59f., 83). In seiner anschließenden Befragung richtete sich Riegel postalisch und elektronisch an die damals 111 Träger*innen der Regionalplanung. Sein Erkenntnisinteresse bestand darin, das Thema KRITIS und den Umgang mit diesen in der Planungspraxis zu erfassen. Dazu fragte er u. a. ab, wie sich der bisherige Praxiskontakt mit dem Themenfeld KRITIS gestaltete und erfragte die in den Regionen wahrgenommene Relevanz des Themas und das Bewusstsein für eine raumordnerische Zuständig- und Verantwortlichkeit (Riegel, 2015a: 81f.).

Zentrales Ergebnis aus Riegels Befragung ist, dass sich die Regionalplanungsträger*innen auf der einen Seite des Handlungsauftrages KRITIS weitgehend bewusst sind und sich in Ermangelung einer übersektoralen ‚Fachplanung KRITIS‘ als geeignete Adressat*innen verstehen. Auf der anderen Seite ergibt die Befragung jedoch auch, dass sich die Regionalplanungsträger*innen dem Thema KRITIS kaum widmen, da es an fachlichen Informationen, Methoden und Ressourcen zur Umsetzung fehlt (Riegel, 2015a: 122f.). Zudem geben knapp die Hälfte der Befragten an, nicht zu wissen, ob und wo in ihrer Region ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen vorhanden sind (Riegel, 2014: 27) und inwiefern sich eine übersektorale Perspektive auf diese überhaupt räumlich umsetzen ließe (Riegel, 2015b: 267).

Innerhalb der Allgemeinen Ressortforschung des BBSR widmete sich der Planungsjurist Prof. Willy Spannowsky im Jahr 2012 ebenfalls der Frage nach der Konkretisierung der Grundsätze der Raumordnung, allerdings durch die Bundesraumordnung. Im Hinblick auf den KRITIS-Grundsatz kommt er zu der Erkenntnis, dass der Mangel an einer Konkretisierung darüber, welche KRITIS von besonderer Relevanz für das Gemeinwesen sind und welche Belange zu deren Identifizierung und Gewichtung herangezogen werden können, die zentralen Herausforderungen darstellen (Spannowsky, 2012: 115). Daher plädiert er dafür, eine Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes in Raumordnungsplänen voranzutreiben, damit sich auf deren Grundlage konkrete Aussageinhalte (KRITIS-Identifizierung) oder sogar Gewichtungsvorgaben (KRITIS-Priorisierung) ableiten lassen und der KRITIS-Grundsatz damit eine Steuerungswirkung entfalten kann (Spannowsky, 2012: 29). Riegel wiederum stellt diesbezüglich als Erkenntnis seiner Befragung heraus, dass es zu diesem Zweck komplexitätsreduzierter, reproduzier- und skalierbarer Methoden bräuchte, um zu einer übersektoralen Bewertung von KRITIS und belastbaren, abwägungssicheren Grundlagen zu kommen (Riegel, 2015a: 122f., 172).

Durch Abgleich der hiesigen Ergebnisse mit den Ausführungen von Riegel (2015a) und Spannowsky (2012) lässt sich aufzeigen, dass die Träger*innen der Raumordnung offensichtlich auch mehr als ein Jahrzehnt nach Einführung des KRITIS-Grundsatzes in das ROG noch immer einem Mangel an Konkretisierungsmöglichkeiten gegenüberstehen. Dieser Zusammenhang wird seitens des BBSR in einem Expert*inneninterview bestätigt (Interview Pütz, 2020: A.5). Es fehlt entsprechend einerseits

an Verständnis- und andererseits (darauf aufbauend) an Operationalisierungsgrundlagen, um KRITIS (be-)greifbar zu machen und einen Umgang mit diesen zu fördern. Der KRITIS-Grundsatz des ROG entfaltet daher bisher so gut wie keine Steuerungswirkung.

Da das formelle Instrument der Raumordnungspläne aufgrund der langen Aufstellungs- und Fortschreibungsdauern ein eher unflexibles Instrument ist, gilt es daher weitere, aktuelle Aktivitäten im raumordnerischen Umgang mit KRITIS zu identifizieren. Hierbei sind zwei Aktivitäten besonders erwähnenswert: ein Forschungsprojekt im Rahmen des BBSR-Forschungsprogramms Modellregionen der Raumordnung (MORO) und das Verfahren zur Aufstellung eines BRP-Hochwasserschutz (BRPH).

Sonstige aktuelle Aktivitäten im raumordnerischen KRITIS-Schutz

In den Jahren 2013 bis 2015 fand die erste und zwischen 2017 und 2020 die zweite Phase des MORO-Projektes ‚Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung‘, im Weiteren in Kurzform als ‚MORO-Risiko‘ bezeichnet, statt. Ziel des Projektes war es, einen übertragbaren Risikomanagementansatz zu entwickeln und im Zuge dessen raumrelevante Gefährdungen zu erfassen und u. a. vor dem Hintergrund der Vulnerabilität ‚kritischer‘ Infrastrukturanlagen zu bewerten, um letztlich Möglichkeiten zur raumordnerischen Vorsorge aufzuzeigen (Website BBSR, 2020b). Eine Veröffentlichung als Handreichung zur Risikobewertung soll noch erfolgen (Interview Pütz, 2020: A.2).

Bereits in der ersten Projektphase wurden erstmals beispielhafte Zielfestlegungen zum KRITIS-Schutz vor dem Hintergrund der Gefahr Hochwasser formuliert. Diese lauten:

*„(Z) Die Errichtung oder der Ausbau von kritischen Infrastrukturen und Störfallbetrieben in von Extremereignissen betroffenen Bereichen ist zu vermeiden. Ist dies unumgänglich, sind geeignete Objektschutzmaßnahmen zu ergreifen und durch den Vorhabenträger nachzuweisen.
(Z) Energieleitungen und sonstige Leitungen sind, soweit wirtschaftlich und sicherheitstechnisch vertretbar, raumsparend zu bündeln und in ihrer Trassenführung nach Möglichkeit an Verkehrswege und andere Leitungstrassen anzulehnen (Bündelungsprinzip). Von diesem Bündelungsprinzip soll abgewichen werden, wenn von Extremereignissen betroffene Gefahrenbereiche tangiert sind“ (agl & PRC, 2015: 59).*

Auf Grundlage der Erkenntnisse der ersten Projektphase des MORO-Risiko sowie der ROG-Novelle im Jahr 2017, die die Möglichkeit der Aufstellung eines BRPH einführte, vergab das BMI noch im Jahr 2017 die Vorbereitung und ab 2019 die Durchführung eines Planspiels zu einem möglichen BRPH (Website agl, 2020). Die positiven Ergebnisse des Planspiels zum Testplan (Website BMI, 2020c) führten dazu, dass im Februar 2020 der Aufstellungsbeschluss gefasst und offiziell mit dem Planaufstellungsverfahren für einen BRPH begonnen wurde. Ein Entwurf wird noch innerhalb des Jahres 2020 erwartet und die Fertigstellung in 2021 angestrebt (Kruse et al., 2021; Website BMI, 2020d).

Aus KRITIS-Perspektive ist der BRPH in zweierlei Hinsicht spektakulär. Einerseits handelt es sich um den ersten BRP, der abseits des Raumordnungsplans zur allgemeinen und ausschließlichen Wirtschaftszone unter der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz aufgestellt wird. Andererseits soll der BRPH, aufgrund des großen Erfolges im Planspiel, als erster Raumordnungsplan KRITIS-Netze berücksichtigen. Dabei beruft er sich auf die TEN, die gemäß Art. 170 des Vertrages über die Arbeitsweise der EU supranational auf- und ausgebaut werden (►s. Kap. 1.2) (Kruse et al., 2021; BMI, 2020: 24; Website BMI, 2020e).

Wenngleich die Raumordnungsplananalyse nachweist, dass bisher fast keine Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes im formellen Instrument der Raumordnungspläne in Deutschland stattfindet, belegen das anwendungsbezogene Forschungsprojekt MORO-Risiko sowie der Aufstellungsprozess zum BRPH, dass durchaus Aktivitäten vorhanden sind und politischer Wille besteht, KRITIS verstärkt Rechnung zu tragen. Die Forschungs- und Erkenntnislücke gestaltet sich daher unterschiedlich: einerseits fehlt es an inhaltlichen und methodischen Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen, insb. für das KRITIS-SoS, die den Träger*innen der Raumordnung einen Umgang mit KRITIS ermöglichen. Andererseits bedarf es einer stärkeren KRITIS-bezogenen Ausrichtung bestehender und neuer Instrumente. Die gesamte Forschungs- und Erkenntnislücke, der sich diese Arbeit widmet, ist im folgenden Unterkapitel zusammengefasst.

1.4 Forschungslücke – KRITIS als SoS (be-)greifbar machen

Im Einführungskapitel konnten bereits viele KRITIS-Grundlagen dargelegt und diverse Forschungs- und Erkenntnislücken aufgezeigt werden. Deutlich geworden ist, dass die Ursachen für Ereignisse mit Infrastrukturversagen vielfältig sein können und dass die initialen Ereignisse und ihre direkten Konsequenzen vor dem Hintergrund von systemischen Kaskadeneffekten in den Hintergrund rücken. Zugleich sind diese systemischen Kaskadeneffekte kaum vorauszusehen und verdeutlichen oftmals die fehlende Passung zwischen Ausbreitungsraum der Konsequenzen und administrativem Zuständigkeitsraum der Kompetenztitelträger*innen (*„problem of fit“*). Zugleich zeigt sich die Gesellschaft besonders vulnerabel gegenüber dem Leistungsausfall von KRITIS (*„Vulnerabilitätsparadoxon“*). Daher sind KRITIS in Deutschland und Europa zu einem Schutzgut ernannt worden, das diesen Status nicht aufgrund seiner Empfindlichkeit, sondern aufgrund seiner potenziellen Konsequenzen erhält.

Als eine zentrale theoretische wie praktische Herausforderung im Themenfeld KRITIS zeigt sich die begriffliche und konzeptionelle Definition von ‚kritischen‘ Infrastrukturen. Denn so eingängig der Begriff KRITIS ist, so schwierig ist die dahinterliegende Differenzierung zu ‚normalen‘, bzw. ‚relevanten‘ Infrastrukturen. Einen wichtigen Beitrag in der Debatte, was KRITIS auszeichnet, hat bereits die systematische Charakterisierung dieser in ► Kapitel 1.1.2 geliefert. Darin werden KRITIS statt als einzelne (physische) Infrastrukturanlagen als (funktionale) Infrastruktursysteme beschrieben, die in ihrem Zusammenspiel Versorgungsleistungen füreinander und für das Gemeinwesen erbringen. Zwischen diesen Infrastruktursystemen bestehen ein- oder beidseitige Abhängigkeiten, die in ihrer Gesamtheit ein engmaschig vernetztes, komplexes KRITIS-SoS ergeben. Dieses komplexe SoS zeichnet sich dadurch aus, dass es

- mehr ist, als die Summe seiner Bestandteile,
- sich verändert, sobald ein Bestandteil im Wirkungsgefüge variiert wird,
- sich i. d. R. nicht an administrativen (oder überhaupt an räumlichen) Grenzen festmachen lässt,

- aufgrund seines funktionalen Charakters niemals vollständig erfasst werden kann, wodurch es mit zahlreichen Ungewissheiten behaftet ist,
- in ein Setting aus sozialen Zuschreibungen und politisch-institutionellen Kompetenzen eingebettet ist (Engels, 2018a: 17f.; Lukitsch et al., 2018: 14f.; Riegel, 2015a: 8; Vester, 2015: 16, 25; Di Mauro et al., 2010: 280; Egan, 2007: 5; Bouchon, 2006: 16, 29).

Zugleich bringt die Charakterisierung von KRITIS als komplexes SoS weitere Herausforderungen mit sich. Auf theoretisch-konzeptioneller Ebene liegen diese insb. in der Frage nach dem begrifflichen und konzeptionellen Verständnis sowie der Operationalisierung von Kritikalität. Zwar scheint diese als relatives Maß zur Bewertung und ggf. Priorisierung des ‚Kritisch-Seins‘ von KRITIS grundsätzlich geeignet zu sein. Allerdings existieren gegenwärtig unterschiedliche konzeptionelle Verständnisse, die wiederum in zahlreichen, unterschiedlichen Operationalisierungsansätzen resultieren, denen es bisher an einem einheitlichen Rahmen mangelt, um die Kritikalitätsforschung als eigenes Forschungsfeld zu etablieren (► s. Kap. 1.1.3). Daher zeigt sich als eine zentrale (theoretische) Forschungs- und Erkenntnislücke der Bedarf nach einer Konzeptualisierung und Operationalisierung von KRITIS und ihrer Kritikalität.

Nicht nur auf theoretischer, sondern auch auf strategisch-instrumenteller und praktischer Ebene zeigen sich noch zahlreiche Herausforderungen im Umgang mit KRITIS. Zwar wurde die Notwendigkeit zur Auseinandersetzung mit diesen aus einer (sicherheits-)politischen und raumordnerischen Perspektive durch den Gesetzgeber erkannt. Allerdings sieht sich die Raumordnungspraxis mit dem Problem konfrontiert, dass es nach wie vor an Konkretisierungsoptionen des KRITIS-Grundsatzes mangelt, was u. a. ebenfalls auf die fehlenden theoretisch-konzeptionellen Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zurückzuführen ist. Entsprechend thematisieren die wenigsten Raumordnungspläne überhaupt KRITIS und insb. nehmen sie keine gesamtsystemische Perspektive ein, wie sie dem Charakter von KRITIS entspräche (► s. Kap. 1.3).

Im Kern der einführenden Betrachtung zeigt sich der dringende Bedarf nach einer Evidenzgrundlage, also einer sachlichen, entscheidungsunterstützenden inhaltlichen und methodischen Basis, die einen Umgang mit KRITIS, insb. in der Raumordnung, möglich macht. Als zentrale Voraussetzung auf dem Weg dorthin lässt sich der Bedarf nach einem tieferen Verständnis von KRITIS als SoS feststellen, das für das (Be-)Greifbarmachen von KRITIS dringend erforderlich ist. Entsprechend dem Wortspiel braucht es also einerseits Grundlagen zum ‚Begreifen von KRITIS‘, also einer Systematisierung und Weiterentwicklung des Forschungsstandes über das KRITIS-SoS und das Konzept von Kritikalität. Andererseits bedarf es eines ‚Greifbar-Machens von KRITIS‘, also der Entwicklung von Operationalisierungs- und Priorisierungsgrundlagen, die KRITIS praktisch mess- und steuerbar machen.

Schlussendlich bedarf es einer Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS, die sowohl Verständnisgrundlagen über die Ausgestaltung und Wirkweise von KRITIS als SoS beinhaltet als auch entsprechende Operationalisierungsgrundlagen bietet, die dieses mess- und bewertbar machen.

Zwischenfazit – Anlass & Problemstellung

Beispiele für Ereignisse, in denen sog. ‚kritische‘ Infrastrukturen versagen, gibt es viele. Gemein ist ihnen, dass sich ihre Auswirkungen grenz- und systemüberschreitend ausbreiten und dass diese sog. Kaskadeneffekte oftmals deutlich schwerer wiegen, als die unmittelbaren Konsequenzen des initialen Ausfalls. Sie stellen Forschung und Praxis vor diverse Herausforderungen, nicht zuletzt, da der physische und funktionale Ausbreitungsraum der Kaskadeneffekte mit dem an administrativen Grenzen orientierten Zuständigkeitsraum öffentlicher Akteur*innen kollidiert (*„problem of fit“*). Weitere Forschungs- und Erkenntnislücken, die den Umgang mit KRITIS bisher einschränken, offenbaren sich jedoch auch in noch grundlegenden Fragen, bspw. nach dem begrifflichen und konzeptionellen Verständnis darüber, was KRITIS eigentlich ‚kritisch‘ macht.

Daher erfasst dieses Kapitel die diversen Problemstellungen, die im Umgang mit KRITIS existieren und identifiziert die wesentlichen Forschungs- und Erkenntnislücken, denen sich diese Dissertation widmet. Dazu gehört auch, erste, einführende Grundlagen darzulegen, weshalb zunächst eine Charakterisierung von KRITIS stattfindet. Diese ergibt, dass KRITIS physische Anlagen und funktionale Systeme darstellen, die aufgrund der positiven wie negativen Relevanz ihrer Versorgungsleistungen (systemintern) füreinander sowie (systemextern) für das Gemeinwesen von unerlässlicher, ‚kritischer‘ Bedeutung sind. KRITIS stellen dabei somit Versorgungsleistungen erbringende Systeme dar, die untereinander engmaschig vernetzt sind und sich gegenseitig beeinflussen, was sie zu einem komplexen System-von-Systemen (engl. *„system-of-systems“*, kurz: SoS) macht. KRITIS als SoS zu begreifen und begreifbar zu machen, stellt sich dabei als eine wesentliche Herausforderung heraus, der sich diese Dissertation widmet. (► s. Kap. 1.1)

Auch der Frage nach der Kompetenzverteilung im Umgang mit KRITIS widmet sich das Einführungskapitel, um die Vielfalt an Zuständig- und Verantwortlichkeiten diverser Akteur*innengruppen, ihrer rechtlichen Grundlagen und wesentlichen Instrumente darzulegen. (► s. Kap. 1.2) Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem Kompetenztitel der Raumordnung, die für die überörtliche und überfachliche Sicherung, Ordnung und Entwicklung des Raumes zuständig ist. Als solche ist sie einerseits dazu befähigt, eine system- und (bis zu einem gewissen Grad) grenzüberschreitende Perspektive einzunehmen, die zum Umgang mit KRITIS und potenziellen Kaskadeneffekten erforderlich ist. Auch hat sie durch Einführung des KRITIS-Grundsatzes in das ROG einen offiziellen Schutzauftrag für KRITIS erhalten. Die Betrachtung des Status quo des raumordnerischen Umgangs mit KRITIS zeigt jedoch, dass im stärksten formellen Instrument, den Raumordnungsplänen, bisher nahezu keine Konkretisierung des Grundsatzes stattfindet. Die Gründe sind vielfältig, lassen sich jedoch insb. auf einen Mangel an Operationalisierungsgrundlagen herunterbrechen. (► s. Kap. 1.3)

Es fehlt entsprechend, neben den o. g. Verständnisgrundlagen, auch an Grundlagen zum Erfassen, Messen und Bewerten von KRITIS als Systeme-von-Systemen. Daher widmet sich diese Dissertation dem Bedarf nach einem (Be-)Greifbar-Machen des KRITIS-SoS und dem Umgang mit KRITIS, insb. in der Raumordnung. (► s. Kap. 1.4)

2. Forschungsdesign

Die eingangs dargestellte Forschungslücke, die aus der Komplexität des KRITIS-SoS resultiert, erfordert zur Bearbeitung ein systematisches Forschungsdesign, das im Folgenden ausgestaltet wird. Dieses dient der Strukturierung der Untersuchung, indem es den inhaltlichen und methodischen Rahmen der Forschungsarbeit festlegt (Schnell et al., 2013: 199f.). Hierzu werden zunächst das Ziel der Arbeit sowie die Forschungsfrage entwickelt (► s. Kap. 2.1), um anschließend den Untersuchungsgegenstand zu konkretisieren und einhergehende Limitationen bereits vorab transparent zu machen (► s. Kap. 2.2). Der Forschungsrahmen wird anschließend in eine Forschungskonzeption überführt, indem arbeitsleitende Fragestellungen (ALF) aufgestellt und in einen Forschungsablauf überführt werden (► s. Kap. 2.3). Abschließend gilt es die zentralen Methoden zu identifizieren und zu beschreiben, die zur Erarbeitung des Untersuchungsgegenstandes erforderlich sind (► s. Kap. 2.4).

2.1 Ziel der Arbeit und Forschungsfrage

Wie in ► Kapitel 1 herausgestellt, bestehen im Themenfeld KRITIS diverse Forschungs- und Erkenntnislücken, die dazu führen, dass ein Umgang mit KRITIS, insb. in der Raumordnung, bisher kaum erfolgt. Die zahlreichen Gründe für diesen Umstand lassen sich im Kern auf zwei Aspekte herunterbrechen. Erstens gibt es erhebliche Lücken im Verständnis von KRITIS als System(-von-Systemen). Diese lassen sich insb. auf unklare Begrifflichkeiten und Konzepte (KRITIS und Kritikalität) sowie auf fehlende allgemeine Informationen, bspw. zum Umfang und zur Abgrenzung der KRITIS-Teilspektoren, zurückführen. Zweitens führen diese umfangreichen Verständnislücken dazu, dass bisher kein Operationalisierungsansatz existiert, der die benötigte, gesamtsystemische Perspektive auf KRITIS einzunehmen und das SoS messbar zu machen vermag.

An diesen Kernaspekten setzt das Ziel dieser Arbeit an, das wie folgt lautet:

- **Das Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Entwicklung von Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen für das KRITIS-SoS eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit diesem zu schaffen und so einen Beitrag zu leisten, einen Umgang mit KRITIS in der Raumordnung zu etablieren.**

Die Zielformulierung impliziert bereits, dass es für den Umgang mit KRITIS erforderlich ist, zunächst das Verständnis über das KRITIS-SoS zu erhöhen und dieses mess- und bewertbar zu machen. Diese Implikation findet sich in Form des Wortspiels ‚(be-)greifbar machen‘ in der Forschungsfrage wieder. Einerseits liegt der Fokus daher auf dem inhaltlichen Begreifbar-Machen des KRITIS-SoS, seiner Subsysteme und deren Zusammenwirken. Andererseits ist das KRITIS-SoS auch methodisch greifbar, also mess- und bewertbar zu machen. D. h. erst, wenn entsprechende Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen geschaffen sind und in der Anwendung die gewünschten Erkenntnisse generieren, entsteht eine Evidenzgrundlage, auf deren Basis Entscheidungen zum Umgang mit KRITIS, inkl. deren Schutz, getroffen werden können.

Um diese zu erreichen lautet daher die Forschungsfrage dieser Arbeit:

- **Wie kann das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht und eine Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS geschaffen werden?**

Die Forschungsfrage vermeidet bewusst die im Ziel vorgenommene Hervorhebung der Raumordnung, da bereits im Einführungskapitel die Vielzahl an relevanten Akteur*innen innerhalb des Themenfeldes KRITIS und deren kollektiver Bedarf nach Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen herausgestellt wurden. Entsprechend soll weder die Entwicklung noch die Erprobung der Grundlagen exklusiv auf die Raumordnung ausgerichtet sein. Dennoch gilt es, aufgrund des Ziels der Arbeit, das Anwendungspotenzial dieser Grundlagen und damit die Frage nach der Gültigkeit und dem Umfang der Evidenzgrundlage schlussendlich speziell für die Raumordnung herauszustellen.

Ehe in der Forschungskonzeption eine Ausgestaltung der ALF und eine detailliertere Strukturierung der Arbeit stattfinden, gilt es nachfolgend zunächst den Forschungsrahmen und den Untersuchungsgegenstand des KRITIS-SoS zu konkretisieren.

2.2 Forschungsrahmen

Zur Konkretisierung des Untersuchungsgegenstandes und der anschließenden Formulierung von ALF ist es erforderlich, zunächst den inhaltlichen, methodischen und arbeitsorganisatorischen Rahmen dieser Forschungsarbeit festzulegen. Wichtige Bestandteile sind hierzu die Ausrichtung des Forschungsansatzes (theoriebildend vs. hypothesentestend) sowie die Formulierung von Prämissen, unter denen die Forschung erfolgt.

Zunächst lässt sich festhalten, dass die thematische Ausrichtung der Arbeit auf das (raumordnerisch) bisher weitgehend unerforschte Themenfeld KRITIS die vorliegende Dissertation zu einer Grundlagenforschungsarbeit macht. Als solche zielt sie darauf, wissenschaftliche Zusammenhänge zu erfassen, zu systematisieren, zu plausibilisieren und weiterzuentwickeln. Der in dieser Arbeit verfolgte Forschungsansatz ist entsprechend explorativ und theoriebildend.

Inhaltlich ist der Untersuchungsgegenstand, gemäß Ziel und Forschungsfrage, auf das Schaffen theoretisch-konzeptioneller als auch methodischer Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen für das KRITIS-SoS ausgerichtet, um dieses (be-)greifbar zu machen. Diese Grundlagen sollen so ausgestaltet und erprobt werden, dass eine Entscheidungs- bzw. Evidenzgrundlage für den Umgang mit KRITIS, insb. in der Raumordnung, entsteht. Zur Konkretisierung des Untersuchungsgegenstandes und des Forschungsrahmens stellt sich daher die Frage, wie und unter welchen Bedingungen das KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht werden kann. Hierzu werden nachfolgende Forschungsprämissen formuliert.

Zunächst muss es eine **arbeitsorganisatorische Prämisse** sein, den Untersuchungsgegenstand inhaltlich und methodisch so einzugrenzen, dass dieser innerhalb der Ressourcen einer Dissertation liegt.

Inhaltliche Prämisse ist es, das KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ zu erfassen, d. h. alle seine Subsysteme einzubeziehen und ihr Zusammenspiel als Wirkungsgefüge nachzuvollziehen. Diese inhaltliche Prämisse steht der **methodischen Prämisse** gegenüber, die auf eine ressourceneffiziente Generierung übertrag- bzw. skalier- und reproduzierbarer Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zielt.

Einhergehend mit dieser Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes ergeben sich einige, grundsätzliche Limitationen. Zunächst kann die Arbeit als Grundlagenforschungsarbeit mit theoriebildendem Forschungsansatz nicht zugleich hypothesentestend ausgestaltet werden. Daher erfolgt lediglich eine beispielhafte Erprobung der entwickelten Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen sowie eine konzeptionelle Ausgestaltung der Anwendungspotenziale dieser. Eine vergleichende Untersuchung unterschiedlicher Anwendungskontexte muss hingegen ebenso Gegenstand zukünftiger Forschung sein, wie die praktische Erprobung und Implementierung.

Darüber hinaus führen auch die Prämissen zu Limitationen. So ergibt sich bspw. aus der arbeitsorganisatorischen Prämisse, in Verbindung mit dem theoriebildenden Forschungsansatz, eine Beschränkung des Analyse- bzw. Erprobungsumfangs auf ein leistbares Maß. Wie stark diese Limitation wirkt, kann jedoch erst nach Abschluss der Methodikentwicklung und ihrer beispielhaften Erprobung bewertet werden und ist daher Gegenstand von Ergebnisvalidierung (► s. Kap. 6.3) und methodischer Reflexion (► s. Kap. 8.2). Es ist jedoch anzunehmen, dass die etwaigen Limitationen vor dem Hintergrund des Ziels der Arbeit nicht allzu schwer wiegen.

Die inhaltliche Prämisse, Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zu schaffen, die das KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ zu umfassen vermögen, ist zugleich größter Mehrwert und zentrale Herausforderung der Arbeit. Denn ein Kerncharakteristikum komplexer Systeme ist, dass sich diese niemals in Gänze abbilden lassen (BMVBS & BBSR, 2013: 30; Sousa-Poza et al., 2008: 15; Perrow, 1984: 9). Die Lösung des augenscheinlichen Widerspruchs liegt in der Komplexitätsreduktion dessen, was als KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ verstanden wird. Werden die Subsysteme so weit abstrahiert, dass sie in ihrer charakteristischen Ausgestaltung (statt in ihren technischen Details) erfasst werden können, ergibt sich daraus die Chance, das komplexe Wirkungsgefüge abzubilden (Vester, 2015: 26). Daher wird die Komplexitätsreduktion i. e. S. nicht als Limitation, sondern als Chance begriffen, über die es dennoch an diversen Stellen zu reflektieren gilt.

Die methodische Prämisse stellt sicher, dass die Erhebung der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen ressourceneffizient erfolgen kann und trägt somit der Übertrag-, bzw. Skalier- und Reproduzierbarkeit der Grundlagen Rechnung. Dabei bezieht sich die Ressourceneffizienz auch auf eine disziplinübergreifende Verständlichkeit und eine Durchführbarkeit auch unter geringen zeitlichen, finanziellen und personellen Mitteln.

Die Übertragbarkeit der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen lässt sich auf zwei Arten sicherstellen. Einerseits gilt es die Erhebungs- und Auswertungsmethodik so auszugestalten, dass diese auf unterschiedlichen Maßstabsebenen skalierbar und für diverse Kontexte reproduzierbar ist. Andererseits können jedoch bereits die in dieser Arbeit generierten Erkenntnisse aus der beispielhaften Erprobung so ausgestaltet werden, dass sie einen möglichst großen gemeinsamen Nenner für alle spezifischeren Anwendungsfälle bieten.

Sowohl die angestrebte Ressourceneffizienz als auch die Übertragbarkeit limitieren den Detaillierungsgrad der Ausgestaltung der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen. Die endgültigen Limitationen lassen sich allerdings erst im Rahmen der Ausgestaltung der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4) abschätzen und in der Ergebnisreflexion (► s. Kap. 8) abschließend beurteilen.

Auf Grundlage der Forschungsprämissen ergibt sich bereits in der Formulierung des Forschungsrahmens eine inhaltliche Implikation für die Ausgestaltung der Erhebungsmethodik, und zwar die Erprobung des Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen auf nationaler Ebene. Die Gründe hierfür sind die folgenden. Es liegt im Charakter des KRITIS-SoS, grenzüberschreitend zu sein und sich nicht an administrativen Grenzen festmachen zu lassen, was zum sog. ‚*problem of fit*‘ führt. Logische Konsequenz aus diesem Umstand ist es, den höchstmöglichen Betrachtungsmaßstab als Untersuchungsebene zu wählen, um die Subsysteme ‚in Gänze‘ zu erfassen und das ‚*problem of fit*‘ möglichst gering zu halten. Zugleich ist es jedoch so, dass es weder auf einem welt- noch einem europaweiten Betrachtungsmaßstab ein einheitliches Verständnis und klare Zuständigkeiten für KRITIS gibt. In Konsequenz müssten die Subsysteme auf diesen Ebenen entweder zunächst definiert werden, was weder in der Expertise noch den Ressourcen dieser Dissertation liegt, oder die Forderung dahingehend präzisiert werden, dass ein möglichst hoher Betrachtungsmaßstab einzunehmen ist, auf dem ein einheitliches Verständnis über das KRITIS-SoS und seine Subsysteme (und im Idealfall auch eine legitimierte Analysegrundlage) vorhanden ist, was zu einer Ausgestaltung für die nationale Ebene führt.

Dieselbe Schlussfolgerung ergibt sich aus dem Spannungsfeld zwischen der inhaltlichen Prämisse (KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ betrachten) und der methodischen Prämisse (Übertragbarkeit, Komplexitätsreduktion, Ressourceneffizienz). Denn um das KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ zu erfassen und eine Übertragbarkeit der Erkenntnisse zu gewährleisten, gilt es zwar einen möglichst hohen Betrachtungsmaßstab und einhergehend möglichst großen gemeinsamen Nenner zu wählen. Dieser muss zugleich jedoch einheitliche definitorische, rechtliche und kompetenzielle Grundlagen aufweisen, um eine valide Vergleichbarkeit zwischen den Subsystemen herzustellen. Ergo ist die bundesdeutsche Ebene der angemessenste Betrachtungsmaßstab unter dem hiesigen Erkenntnisinteresse. Die weitere Ausgestaltung dessen ist jedoch nicht Gegenstand des Forschungsrahmens, sondern erst des Erhebungsrahmens (► s. Kap. 4).

Abschließend wird der Forschungsrahmen unmittelbar durch die Zielsetzung der Arbeit geprägt. Denn die Entwicklung einer Evidenzgrundlage zum Umgang mit KRITIS bezieht sich eindeutig und ausschließlich auf die Sachebene. Eine Wertebene, die eine normative Bewertung, bspw. über prioritäre Schutzmaßnahmen umfassen würde, ist nicht Gegenstand dieser Forschungsarbeit. Stattdessen ist die Wertebene von den kompetenziell dazu befähigten Entscheidungsträger*innen auf Basis der auf Sachebene entwickelten, wissenschaftlichen Evidenzgrundlagen zu füllen (Greiving, 2019: 71). Entsprechend ist der Forschungsrahmen dieser Dissertation darauf ausgerichtet, den Umgang mit KRITIS (passiv) zu befördern, indem eine Evidenzgrundlage für die (aktive) Förderung durch die entsprechenden Akteur*innen geschaffen wird. Somit kann diese Arbeit als Entscheidungsunterstützung, nicht jedoch als Handlungsanleitung verstanden werden.

2.3 Forschungskonzeption und Aufbau der Arbeit

Nachdem der Forschungsrahmen der Arbeit erläutert wurde, wird nachfolgend die inhaltliche Konzeption der Arbeit vorgestellt. Diese konkretisiert die inhaltliche und strukturelle Ausgestaltung der Arbeit, indem ALF¹³ eingeführt werden, die die Forschungsfrage untergliedern und schrittweise beantwortbar machen (► s. Kap. 2.3.1). Diese prägen den anschließend erläuterten Forschungsablauf und den Aufbau der Arbeit (► s. Kap. 2.3.2).

2.3.1 Forschungskonzeption

Die Forschungskonzeption bietet eine Vorschau auf den inhaltlichen Aufbau der Arbeit, indem die zentralen inhaltlichen Bausteine und ihre schrittweise Abfolge entworfen werden. Zu diesem Zweck werden ALF entwickelt, die sich den unterschiedlichen Forschungslücken widmen, die die Forschungsfrage begründen.

Hinter der Forschungsfrage *Wie kann das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht und eine Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS geschaffen werden?* verbergen sich vier Teilfragen, die es zu untersuchen gilt. Zunächst stellt sich die Frage, wie das KRITIS-SoS theoretisch und konzeptionell begreifbar gemacht werden kann. Der Schlüssel zu dieser Frage liegt, wie in ► Kapitel 1 hergeleitet, in einem Verständnis des Begriffes und Konzeptes von Kritikalität. Entsprechend lautet die erste ALF:

- **Wie kann Kritikalität theoretisch-konzeptionell abgebildet werden?**

Methodisch stellt sich die Frage, wie das KRITIS-SoS greifbar, also durch einen Operationalisierungsansatz bewertbar und anwendbar gemacht werden kann. Im Kern steht hier die Forschungs- und Erkenntnislücke über die Ausgestaltung von Vernetzungen zwischen den Versorgungsleistungssystemen und dem Wissen darüber, ob und inwieweit sich diese messbar machen lassen. Somit lautet die zweite ALF:

- **Inwiefern lässt sich das KRITIS-SoS erfassen und mess- und bewertbar machen?**

Inwiefern die Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit dem KRITIS-SoS zu bilden vermögen, zeigt sich erst nach einer beispielhaften Anwendung und anschließenden Reflexion. Insofern gilt es die Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen exemplarisch anzuwenden und mittels einer empirischen Erhebung und Auswertung beispielhafte Ergebnisse zu generieren. Da im Forschungsrahmen bereits die bundesdeutsche Ebene als Untersuchungsmaßstab eingeführt wurde, lautet die dritte ALF:

- **Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?**

Als letzte verbleibende Teilfrage soll untersucht werden, wie sich das Anwendungspotenzial der entwickelten Evidenzgrundlage gestaltet. Wenngleich aufgrund der Konzentration auf die Sachebene keine Empfehlungen entwickelt werden, lassen sich dennoch konzeptionelle Überlegungen dazu

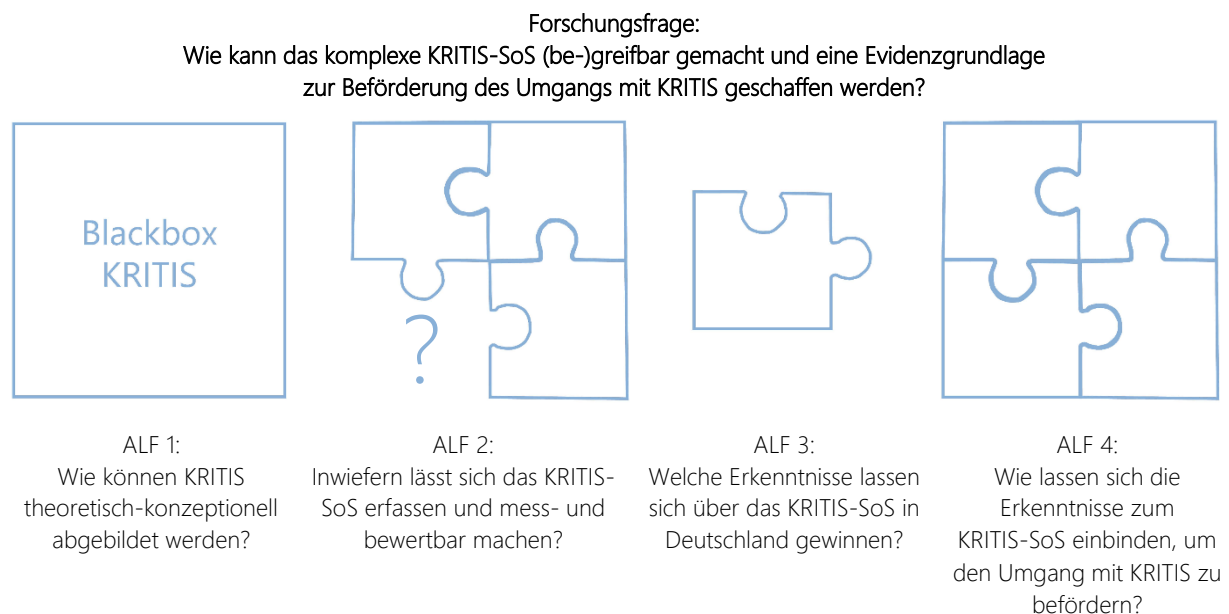
¹³ Erinnerung: Die Abkürzung ALF steht für arbeitsleitende Fragestellungen.

ausführen, wie die Erkenntnisse über das KRITIS-SoS in den Umgang mit KRITIS, insb. in der Raumordnung, eingebunden werden und diesen befördern können. Aus diesem Grund lautet die vierte ALF:

- **Wie lassen sich die Erkenntnisse zum KRITIS-SoS einbinden, um den Umgang mit KRITIS zu befördern?**

Sind alle vier arbeitsleitenden Fragestellungen beantwortet, lässt sich auch die Forschungsfrage beantworten. Abbildung 3 visualisiert die Forschungskonzeption in einer schematischen Darstellung und benennt die arbeitsleitenden Fragestellungen.

Abbildung 3: Forschungskonzeption und arbeitsleitende Fragestellungen



Quelle: eigene Darstellung.

Um die Forschungskonzeption in ein systematisches Vorgehen zu überführen, wird im Folgenden der Forschungsablauf beschrieben.

2.3.2 Forschungsablauf

Zur strukturierten Beantwortung der ALF und schlussendlich der Forschungsfrage ist es erforderlich, den Forschungsablauf zu bestimmen. Dieser legt neben dem inhaltlich-strukturellen Aufbau der Arbeit auch die wichtigsten Methoden dar, die wiederum im darauffolgenden Unterkapitel eingeführt werden.

Wie Abbildung 4 visualisiert, ist die Dissertation in fünf inhaltliche Blöcke gegliedert. Der **erste Block** bietet eine Einführung in die KRITIS-Thematik, indem die zentrale Forschungslücke herausgearbeitet werden (► s. Kap. 1) und das Forschungsdesign zur Bearbeitung dieser eingeführt wird (► s. Kap. 2). Neben dem Literaturstudium kommen in Block I Methoden zur Anwendung, die die Aktualität der Thematik zu erfassen vermögen. Bei diesen handelt es sich um eine Inhaltsanalyse aller rechtskräftigen Raumordnungspläne Deutschlands sowie um explorative Expert*inneninterviews.

Abbildung 4: Aufbau der Arbeit



Quelle: eigene Darstellung.

Der **zweite Block** bildet das theoretisch-konzeptionelle Grundgerüst der Arbeit und dient dem Schaffen wissenschaftlicher Verständnisgrundlagen. In diesem wird mittels Literaturstudium in den aktuellen Stand der Kritikalitätsforschung eingeführt, indem dieser zunächst systematisiert (► s. Kap. 3.1) und anschließend diskutiert (► s. Kap. 3.2) wird. Auf Grundlage dessen erfolgt mittels Schreibtischforschung¹⁴ (engl. ‚desk research‘) eine Weiterentwicklung des Verständnisses von Kritikalität und dem KRITIS-SoS (► s. Kap. 3.3). Somit widmet sich der zweite Block der Beantwortung von ALF 1.

Der **dritte Block** widmet sich der Entwicklung von (anwendungsorientierten) Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zum KRITIS-SoS. Im Fokus stehen zunächst die Entwicklung eines Operationalisierungsansatzes zum Greifbar-Machen des SoS sowie die Ausgestaltung einer Erhebungsmethodik samt Auswertungskonzept (► s. Kap. 4), die zugleich ALF 2 beantworten. Die anschließende Analyse für die Bundesebene zielt sowohl auf die Erprobung des Operationalisierungsansatzes als auch auf die Gewinnung tiefergehender, übertragbarer Verständnisgrundlagen, die das

¹⁴ Bei der Weiterentwicklung von systematisch aufbereiteten Informationen aus Literaturquellen handelt es sich um eine empirische Leistung im Rahmen der Sekundärforschung, weshalb diese als Schreibtischforschung (engl. ‚desk research‘) bezeichnet wird (Kornmeier, 2007: 107).

KRITIS-SoS begreifbar machen (► s. Kap. 5). Dabei kommen diverse Methoden der Primär- und Sekundärforschung zur Anwendung, darunter unterschiedliche Befragungsformen, deskriptive und interpretative Analysen sowie die Methode der (sozialen) Netzwerkanalyse. Den Abschluss des dritten Blocks bildet die (interne) Interpretation und Plausibilisierung der Ergebnisse, gekoppelt mit einer (externen) Validierung dieser (► s. Kap. 6). Letztgenannte wird über Expert*inneninterviews erreicht. Die Analyse, Interpretation und Validierung beantworten gemeinsam ALF 3.

Im **vierten Block** der Arbeit werden die Weiterentwicklungspotenziale der Erkenntnisse diskutiert. Dabei werden sowohl disziplin- und ebenenübergreifend Wege zur Beförderung des KRITIS-Schutzes aufgezeigt als auch die Eignung der Evidenzgrundlage für einen raumordnerischen Umgang mit KRITIS dargelegt und somit ALF 4 beantwortet (► s. Kap. 7). Dies erfolgt aufgrund der Kontaktbeschränkungen während der Corona-Pandemie in Form konzeptioneller Überlegungen mittels der Methoden ‚desk research‘ und digitalen Expert*inneninterviews.

Im **fünften Block** erfolgt eine Einordnung der Forschungsergebnisse, indem diese im aktuellen Forschungskontext verortet, kritisch reflektiert und hinsichtlich des weiteren Forschungsbedarfs aufbereitet werden (► s. Kap. 8). Darunter fällt auch die finale Beantwortung der Forschungsfrage.

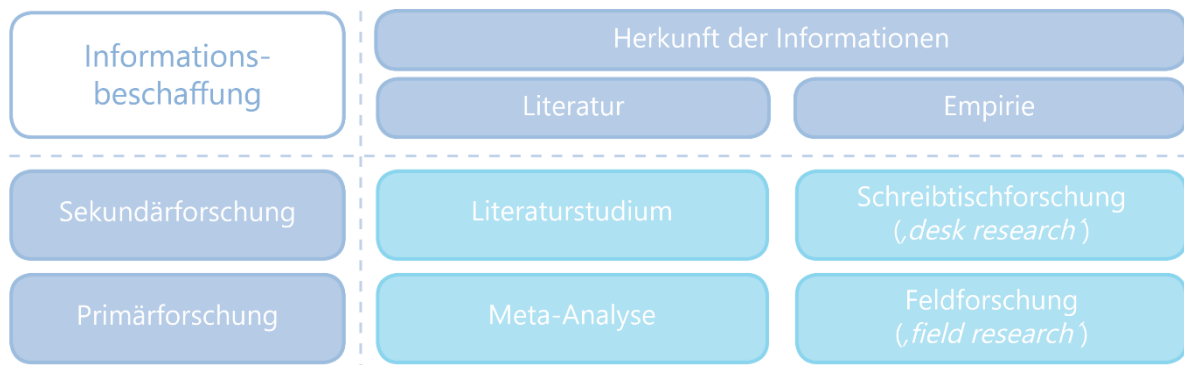
Da die Methoden zur Realisierung des Untersuchungsgegenstandes bisher lediglich erwähnt wurden, gilt es diese nachfolgend beschreibend einzuführen, um im weiteren Verlauf eine zielführende erhebungsmethodische Ausgestaltung dieser vornehmen zu können (► s. Kap. 4.3).

2.4 Methoden

Dieses Unterkapitel führt in die Methoden ein, die eine Erbringung der theoretisch-konzeptionellen und empirischen Forschungsleistung ermöglichen. Dazu werden einzelne Methoden der Sekundär- und Primärforschung vorgestellt, ohne jedoch deren anwendungsspezifische Ausgestaltung vorwegzunehmen, die, mit Ausnahme der Inhaltsanalyse, erst Gegenstand der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4.3) ist.

Das Kapitel ist untergliedert nach Methoden der Sekundärforschung (► s. Kap. 2.4.1) und Methoden der Primärforschung (► s. Kap. 2.4.2). Während Methoden der Sekundärforschung auf bereits erhobenem Wissen basieren, stellen Methoden der Primärforschung eigene Erhebungen dar. Nach Kornmeier (2007: 107ff.) ist bei dieser Unterscheidung jedoch mit dem Irrtum aufzuräumen, dass sich Sekundärforschung ausschließlich auf Literaturquellen stütze, während die Primärforschung alleinig auf empirischen Erhebungen basiere. Stattdessen können in der Sekundär- wie auch der Primärforschung Informationen sowohl aus Literatur als auch aus Empirie gewonnen werden, wie Abbildung 5 veranschaulicht. So stellt die Weiterentwicklung von systematisch aufbereiteten Informationen aus Literaturquellen bspw. eine empirische Leistung der Sekundärforschung dar, die auch als Schreibtischforschung (engl. ‚desk research‘) bezeichnet wird. Zugleich basieren Meta-Analysen zwar auf Literaturquellen, sind jedoch eine eigene Erhebung, weshalb diese der Primärforschung angehören (Kornmeier, 2007: 107).

Abbildung 5: Quellen zur systematischen Gewinnung von Wissen



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Kornmeier, 2007: 107.

2.4.1 Methoden der Sekundärforschung

Nachfolgend werden die Methoden der Sekundärforschung, die in dieser Dissertation Anwendung finden, eingeführt. Hierzu erfolgt zunächst eine Einführung und Differenzierung von Literaturstudium und Schreibtischforschung. Anschließend wird die Methode der Inhaltsanalyse vorgestellt.

Literaturstudium und Schreibtischforschung

Die Methode des Literaturstudiums umfasst im Wesentlichen das Zusammentragen des aktuellen Forschungsstandes, was eine Erschließung und zusammenfassende Wiedergabe der wichtigsten Literaturquellen umfasst (Heesen, 2014: 34; Kornmeier, 2007: 107f.). Das Kernelement der Methode ist daher die Literaturrecherche. Die Methode Literaturstudium dient einerseits dem Nachweis der Problemstellung und legitimiert andererseits die wissenschaftliche Arbeit, indem sie nachweist, dass die Problemstellung in der Literatur noch nicht hinreichend untersucht wurde (Heesen, 2014: 32, 34). Neben der Recherche umfasst das Literaturstudium auch die kritische Würdigung des Diskussions- und Erkenntnisstandes, was dieses meist zum theoretischen Fundament der Arbeit macht (Kornmeier, 2007: 107f.).

Die Schreibtischforschung (engl. *desk research*, seltener auch *desk study*) basiert zumeist auf dem durch das Literaturstudium geschaffenen, theoretischen Fundament der Arbeit und dient der Fortführung eigener Gedanken und Argumentationsstränge. Sie erfolgt i. d. R. verbal-argumentativ und unternimmt weiterführende Aufbereitungen und Auswertungen von Informationen, auch unter Heranziehung von theoretisch anspruchsvollen Beiträgen. Die Schreibtischforschung dient entsprechend gezielt der Weiterentwicklung des Diskussions- und Erkenntnisstandes für die eigene Forschungsfrage (Kornmeier, 2007: 107f.). Zusammengenommen bereiten Literaturstudium und Schreibtischforschung den Stand der Forschung auf, verknüpfen diesen mit eigenen Gedanken und übertragen das Wissen auf die eigene Arbeit (Heesen, 2014: 32f.; Kornmeier, 2007: 107).

Inhaltsanalyse

Die Inhaltsanalyse ist eine empirische Methode der Sekundärforschung, die sich mit der Untersuchung von schriftlicher Kommunikation, i. d. R. Text, befasst (Lamnek, 2010: 438). Sie zielt darauf, inhaltliche oder formale Merkmale von Text systematisch und objektiv zu beschreiben und zu analysieren (Diekmann, 2017: 578, nach Früh, 2001), sodass daraus nicht-sprachliche Schlüsse abgeleitet werden können (Diekmann, 2017: 576; Lamnek, 2010: 434, nach Mayntz et al., 1974). Da die Inhaltsanalyse somit i. e. S. über die Analyse von Inhalten hinausgeht, schlägt Mayring (2015) vor, stattdessen den Begriff „*kategoriengeleitete Textanalyse*“ (Mayring, 2015: 13) zu verwenden.

Es gibt unterschiedliche Arten der Inhaltsanalyse, die sich insb. in qualitative und quantitative Analysearten unterscheiden lassen. Da die Methode jedoch bereits in ► Kapitel 1 in Form einer Raumordnungsplananalyse Eingang gefunden hat, wird nachfolgend die angewendeten Unterarten der Frequenz- und Kontextanalyse fokussiert. Weitere Arten der Inhaltsanalyse, die hier nicht näher beleuchtet werden, sind Valenz- und Intensitätsanalysen sowie Kontingenz- und Bedeutungsfeldanalysen (s. hierzu z. B. Mayring, 2015: 15f.; Lamnek, 2010: 459).

Frequenzanalysen zielen darauf, Schriftstücke auf die Häufigkeit des Vorkommens bestimmter Elemente zu untersuchen, weshalb sie auch als Häufigkeitsanalysen bezeichnet werden. Oftmals handelt es sich um Häufigkeitsuntersuchungen bestimmter Wörter, die über ein standardisiertes Schema als Indikatoren für bestimmte Kategorien dienen (Mayring, 2015: 13f.; Lamnek, 2010: 454, 259). Zu den Vorteilen von Frequenzanalysen zählen, dass sich diese zumeist als Vollerhebung realisieren lassen und aufgrund der alleinigen Suche nach Wörtern eine hohe Validität der Angaben erzielt wird, da es keinen subjektiven Interpretationsspielraum gibt. Ein Nachteil ist, dass somit auch keine Hintergrundinformationen zur Begriffsverwendung, bspw. Begründungen oder Meinungen, destilliert werden können (Lamnek, 2010: 546, nach Schneider, 1983: 15f.).

Aus diesem Grund wurden in der Raumordnungsplananalyse zwar in Analysestufe I alle Begriffstref-fer zum Suchwort *kriti** gesammelt, anschließend jedoch nur solche in die Datenaufbereitung übernommen, die in einem KRITIS-Kontext verwendet wurden (► s. Kap. 1.3.3). Somit wurde die rein quantitative Frequenzanalyse mit einer qualitativen Kontextanalyse verknüpft. Diese Kombination aus Frequenz- und Kontextanalyse ermöglicht, dass die Vorteile einer quantitativen Inhaltsanalyse, wie die Bewältigung großer Datenmengen, mit dem Vorteil der Berücksichtigung des Begriffskontextes einer qualitativ-interpretativen Inhaltsanalyse kombiniert werden können und die Auswahl der Treffer trotzdem standardisiert und objektiv valide erfolgen kann (Mayring & Fenzl, 2014: 543).

2.4.2 Methoden der Primärforschung

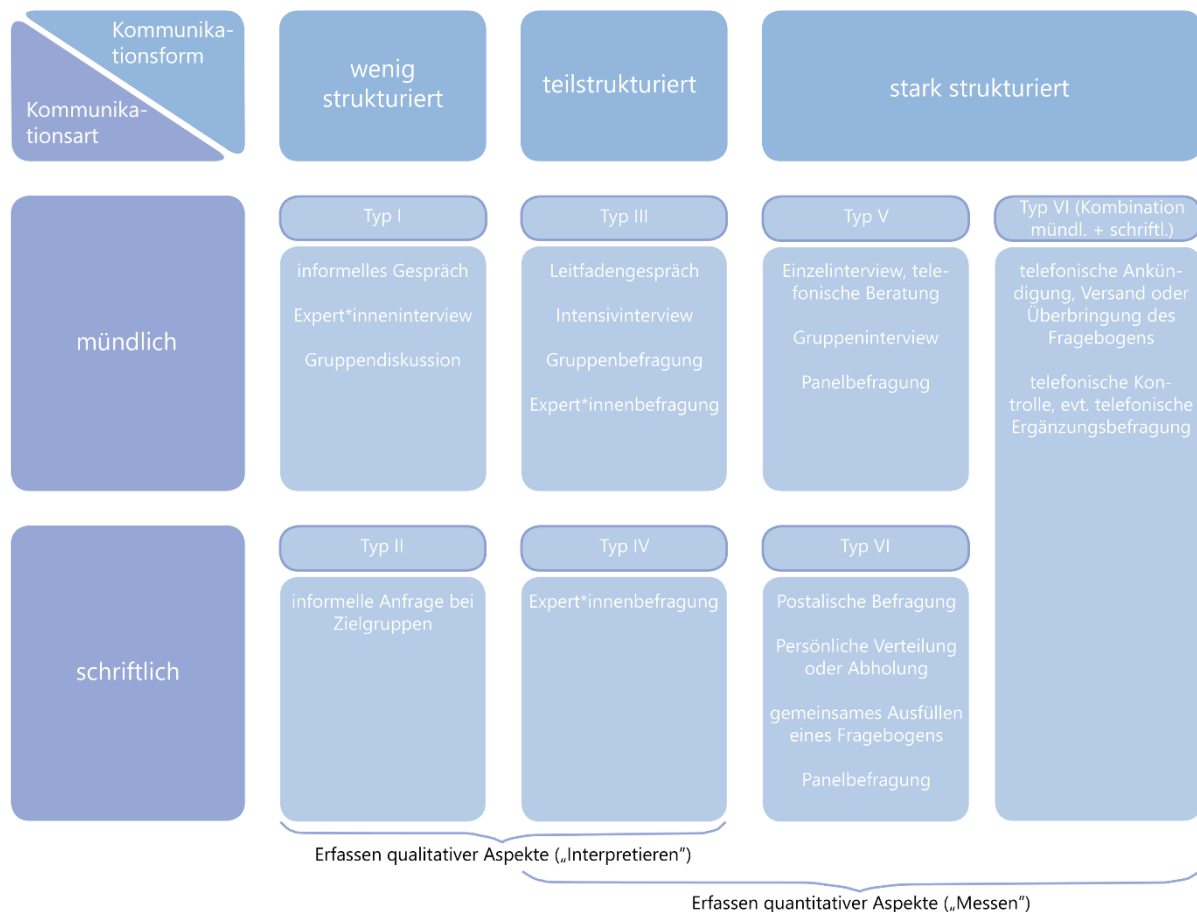
Nachfolgend werden die Methoden der Primärforschung, die in dieser Arbeit angewendet werden, eingeführt. Im Fokus steht die Ausführung von Grundlagen für Befragungen und die Einführung in zwei Befragungsarten, nämlich Expert*innen- und Online-Befragungen. Anschließend wird die Methode der (Sozialen) Netzwerkanalyse vorgestellt.

Grundlagen für Befragungen

Allen Befragungen ist gemein, dass sie sich einem Befragungstyp zuordnen lassen und in ihrem Erhebungsumfang entweder als Voll- oder als Teilerhebung stattfinden. Daher werden zunächst Grundlagen über Befragungstypen und Erhebungsumfang eingeführt, ehe auf die Ausgestaltung der in dieser Arbeit verwendeten Befragungstypen eingegangen wird.

Es gibt diverse Befragungstypen, die sich nach dem Grad ihrer Strukturiertheit (wenig, teilweise, stark strukturiert) sowie ihrer Kommunikationsart bzw. Befragungsform (mündlich, schriftlich) unterscheiden lassen (s. Abb. 6). Je nach Befragungstyp zielt die Befragung eher auf das Erfassen qualitativer oder quantitativer Aspekte, wobei tendenziell ein Zusammenhang mit dem Grad der Strukturiertheit der Kommunikationsform erkennbar ist: Wenig strukturierte Befragungstypen zielen eher auf das Erfassen qualitativer Aspekte, während stark strukturierte Befragungstypen eher quantitative Aspekte abbilden (Atteslander, 2010: 133). Die Kommunikationsarten lassen sich weiter untergliedern in persönliche und telefonische sowie analoge und digitale Befragungsformen (Diekmann, 2017: 437).

Abbildung 6: Befragungstypen



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Atteslander, 2010: 133.

Abseits des Befragungstyps ist für jede Befragung festzulegen, ob das Befragungsinteresse über eine Voll- oder eine Teilerhebung abgebildet werden soll. Während eine Vollerhebung die gesamten Elemente einer Grundgesamtheit zum Gegenstand hat, untersucht eine Teilerhebung lediglich eine

bestimmte Teilmenge der Grundgesamtheit. Wird eine Teilerhebung angestrebt, z. B. weil eine Vollerhebung zu ressourcenintensiv ist, ist die zu untersuchende Teilmenge der Grundgesamtheit mittels Stichprobenziehung zu ermitteln (Schnell et al., 2013: 258f.; Atteslander, 2010: 273).

Bei der Stichprobenziehung handelt es sich um ein Auswahlverfahren, in dem nach bestimmten Regeln die Stichprobe (engl. ‚sample‘) der Teilerhebung ermittelt wird (Schnell et al., 2013: 261). Die Stichprobe gilt es so auszugestalten, dass diese ein möglichst gutes Abbild der Grundgesamtheit darstellt (Atteslander, 2010: 273). Dabei lassen sich unterschiedliche Stichprobenarten bzw. Auswahlverfahren unterscheiden. Bei einer Zufallsstichprobe ist die Grundgesamtheit bekannt und es lässt sich die Wahrscheinlichkeit berechnen, mit der ein Element bei einer zufälligen Ziehung aus der Grundgesamtheit Teil der Stichprobe wird (Schnell et al., 2013: 257f.). Häufiger angewendet wird jedoch eine bewusste Auswahl der Stichprobe, bei der einem Kriterien- und Auswahlplan folgend eine überprüfbare Auswahl erfolgt. Dabei können entweder besonders typische bzw. für die Grundgesamtheit charakteristische Elemente, oder auch extreme Fälle ausgewählt werden (Schnell et al., 2013: 290f.).

Neben der Stichprobenart ist die Stichprobengröße ein entscheidendes Qualitätsmerkmal in Teilerhebungen. Idealerweise läuft eine Teilerhebung so lange, bis sich eine theoretische Sättigung einstellt und alle Merkmalsausprägungen in angemessenem Umfang erhoben sind. In der Praxis ist dies jedoch aufgrund von begrenzten Ressourcen, aus inhaltlichen Erwägungen oder aufgrund von sonstigen Konventionen, bspw. der Auswertungsmethodik, nur selten möglich (Akremi, 2014: 277f.). Aus diesem Grund ist eine nachvollziehbare Stichprobenauswahl auf Basis eines Kriterien- und Auswahlplans (► s. Kap. 4.3.3) umso wichtiger (Akremi, 2014: 273f.; Schnell et al., 2013: 290).

Zu Ausgestaltung des Kriterien- und Auswahlplans ist i. d. R. grundsätzlich festzulegen, was den Expert*innenstatus der Befragten ausmacht. Grundsätzlich lässt sich diesbezüglich festhalten, dass Expert*innen ihren Status als solche insb. dadurch erreichen, dass sie über ein bestimmtes, für das Forschungsinteresse relevantes (Fach-, Sonder- oder Handlungs-)Wissen verfügen. Zugleich nutzen sie dieses Wissen, um es praxiswirksam und handlungsleitend für andere Akteur*innen auszugestalten (Lamnek, 2010: 655f.).

Als letzte Grundlage für Befragungen ist festzuhalten, dass die Fragen einer Befragung als offene oder geschlossene (oder halboffene) Fragen formuliert sein, direkten oder indirekten Charakter haben und Überzeugungen und Haltungen ebenso wie sozio-statistische Merkmale erfragen können (Diekmann, 2017: 476f.; Atteslander, 2010: 146, 149; Schnell et al., 2013: 322). Wichtigste Anforderungen an die Frageformulierung sind deren Verständlichkeit und Prägnanz, Adressat*innen-gerechtigkeit, Sachlichkeit sowie das Vermeiden von Suggestion (Schnell et al., 2013: 328f.).

Die in dieser Arbeit angewendeten Befragungstypen sind, nach Atteslander (2010), Typ III, die teilstrukturierte, leitfadengestützte Expert*innenbefragung, auch als Expert*inneninterview bezeichnet, und Typen VI und VII, die online-gestützte, telefonisch unterstützte, stark strukturierte Befragung. Alle Typen werden nachfolgend tiefergehend eingeführt. Vorweggenommen werden kann, dass die leitfadengestützten Expert*innenbefragungen in dieser Arbeit auf das Erfassen qualitativer Aspekte ausgerichtet sind. Sie finden einerseits in Block I zur Erfassung der Problemstellung Eingang und werden andererseits in den Blöcken III und IV dazu genutzt, die Forschungsergebnisse zu diskutieren, zu validieren und konzeptionell weiter auszugestalten. Die Online-Befragung wird dazu eingesetzt, um vorrangig quantitative Daten zur Operationalisierung des KRITIS-SoS zu gewinnen.

Expert*inneninterviews

Die Befragung von Expert*innen können unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. Explorative Interviews zielen auf Erkenntnisse zur thematischen Strukturierung des Untersuchungsgegenstandes, während theoriegenerierende Interviews subjektive Informationen über Handlungen und Entscheidungen der Expert*innen zur Erfassung von Mustern nutzen. Systematisierende Interviews, die auch als Validierungsinterviews bezeichnet werden, profitieren von dem Erfahrungswissen der Expert*innen und nutzen dieses, um vor diesem Hintergrund eigene Ideen zu validieren (Schnell et al., 2013: 378; Lamnek, 2010: 656). Da die für diese Arbeit geführten Expert*inneninterviews in unterschiedliche Blöcke einfließen, werden nachfolgend die methodischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede erläutert.

Zunächst verfolgen die geführten Expert*inneninterviews unterschiedliche Ziele. Während die zu Beginn der Dissertation geführten Gespräche explorativer Natur sind und auf ein tieferes Verständnis für die gegenwärtigen Forschungs- und Erkenntnislücken zielen (► s. Anhang V.i), sind die zum Ende geführten Gespräche von validierendem Charakter (► s. Anhang V.ii).

Alle Expert*inneninterviews erfolgen unter einer teilstrukturierten Kommunikationsform. Diese ermöglicht eine flexible Gesprächsführung (Atteslander, 2010: 134f.), da sich eine Strukturierung des Gesprächs zugleich mit offenen Fragen verbinden lässt (Diekmann, 2017: 437f.). Die Strukturierung erfolgt über einen Gesprächsleitfaden, der bezüglich Inhalt, Anordnung und Anzahl der Fragen durch das jeweilige Gesprächsziel geprägt ist. Aufgrund der relativ freien Antwortmöglichkeit der Befragten wird die inhaltliche Kontrolle der Antworten sowie die ggf. nachträgliche Zuordnung zu den Fragen der interviewenden Person überlassen, wobei alle Inhalte in einem Gesprächsprotokoll festgehalten und mit den Befragten abgestimmt werden (Atteslander, 2010: 134f.). Allen Interviews gemein ist, dass sie mit gesprächsanregenden Einleitungsfragen beginnen und anschließend nach Themenbereichen gruppierte Fragen gestellt werden. Dabei ist der Platzierungseffekt zu berücksichtigen, da jede Frage die nachfolgenden Fragen und Antworten beeinflusst (Schnell et al., 2013: 335f., 338).

In ihrer Kommunikationsart unterscheiden sich die Expert*inneninterviews voneinander. Wenngleich alle Gespräche mündlich erfolgen, handelt es sich bei den explorativen Interviews um persönliche (engl. *face-to-face*) Befragungen. Die Validierungsinterviews müssen aufgrund der Kontaktbeschränkungen durch die Corona-Pandemie hingegen digital erfolgen. Die wesentlichen Nachteile der digitalen Gespräche bestehen darin, dass ggf. die Kooperationsbereitschaft und das Engagement der Befragten etwas niedriger ist (Schnell et al., 2013: 376), da mehr Anonymität bzw. soziale Distanz zwischen Interviewer*in und Befragten besteht. Außerdem sind eventuelle Zusatzmaterialien ebenfalls digital aufzubereiten und vorab zu versenden.

Online-Befragungen

Bei Online-Befragungen handelt es sich um elektronische Befragungen, die digital erzeugt und auf einem Server abgelegt werden, wo die Befragten diese ausfüllen und abspeichern (Schnell et al., 2013: 368; Atteslander, 2010: 166). Im Vergleich zu anderen Befragungsarten erfordert eine Online-Befragung, aufgrund der Abwesenheit der interviewenden Person und der daraus resultierenden

mangelnden Qualitätskontrolle während des Antwortprozesses, eine besonders sorgfältige Fragekonzeption (Schnell et al., 2013: 352f.). Zugleich bietet sie den Vorteil, dass viele Personen in kurzer Zeit befragt werden können und dass die Datendokumentation bereits mit der Fragebogenkonzeption angelegt und automatisch gefüllt wird (Wagner & Hering, 2014: 668).

Online-Befragungen ähneln in ihrem Aufbau stark klassischen Fragebögen und unterliegen denselben Regeln zur Platzierung von Fragen, wie bei Expert*inneninterviews. Zusätzlich zum analogen Fragebogen haben Online-Befragungen ein Deckblatt, das i. d. R. den Titel der Studie, das Erhebungsinteresse und die Kontaktdaten der Urheber*innen der Studie nennt. Des Weiteren können auf dem Deckblatt Informationen zum inhaltlichen und zeitlichen Umfang sowie ein Datenschutzhinweis gegeben werden. Ebenfalls gibt es eine letzte Seite, die i. d. R. einen Dank, einen Speicherrhinweis und ggf. eine Einladung zur freien Kommentierung beinhaltet (Schnell et. al., 2013: 353f.).

Nach Ablauf der Befragung stehen die Datenwerte unmittelbar auf dem Befragungsserver zur Verfügung. Von dort können sie, häufig mit der Möglichkeit von Exportfiltern, exportiert und anschließend bereinigt und aufbereitet werden. Die quantitativen und qualitativen Rohdaten verbleiben, ebenso wie Druckversionen der ausgefüllten Online-Fragebögen, auf dem Server (Wagner & Hering, 2014: 668).

Da es der interviewenden Person während einer Online-Befragung i. d. R. nicht möglich ist, in die Befragung einzugreifen, ist das Durchführen eines inhaltlichen und technischen Pretests unerlässlich. Ein Pretest ist eine der Befragung vorangestellte, probeweise Durchführung des Fragebogens, die das Erfüllen der von Anforderungen wie Verständlichkeit, Prägnanz, Adressat*innengerechtigkeit, Sachlichkeit und Non-Suggestion überprüft (Schnell et al., 2013: 339f.).

Erst seit wenigen Jahren angewandt aber dennoch anerkannt (Atteslander, 2010: 132) ist die Möglichkeit, die schriftliche Online-Befragung mit einer mündlichen Kommunikationsart, bspw. einem Telefonat zu koppeln. Dieser Befragungstyp VII nach Atteslander (2010) ermöglicht der interviewenden Person aufgrund der starken Strukturierung während des Antwortprozesses in geringem Maße eine Qualitätskontrolle. Bei einem solchen Vorgehen ist jedoch durch klare Regelungen zu gewährleisten, dass es nicht zu einer Verzerrung der Daten kommt (Atteslander, 2010: 159).

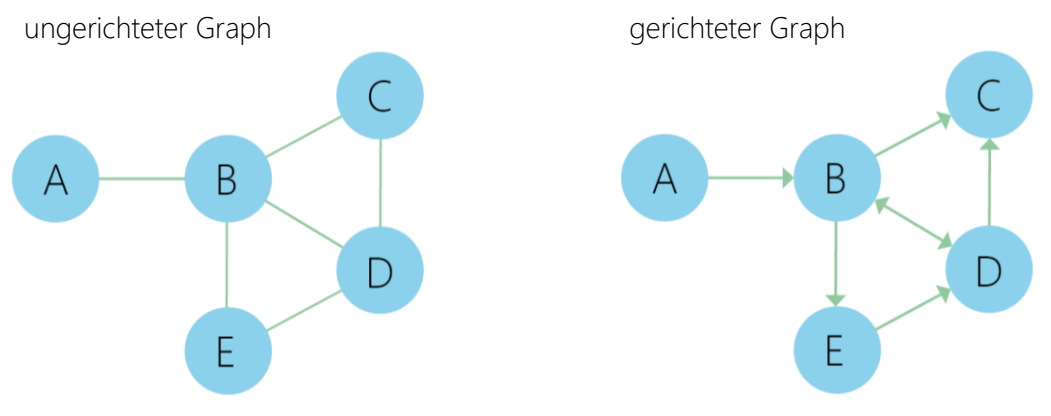
(Soziale) Netzwerkanalyse

Die (Soziale) Netzwerkanalyse ist eine Methode zur Erfassung von Beziehungen zwischen Akteur*innen und deren Stellung innerhalb eines Gesamtgeflechts. Sie geht auf die Methode der Soziometrie nach J. L. Moreno (1934) zurück und bedient sich der mathematischen Graphentheorie. Sie stellt ein Wissenschaftsfeld dar, das durch die zunehmende Digitalisierung in den 1990er Jahren an Bedeutung gewonnen hat (Trappmann et al., 2011: 15f.; Stegbauer, 2010: 11). Zwar konnte sich der Begriff der Sozialen Netzwerkanalyse (engl. ‚*Social Network Analysis*‘) in den 1970er Jahren disziplinübergreifend etablieren, allerdings ist dieser auch über Sozialgeflechte hinaus anwendbar (Schnell et al., 2013: 248; Raab, 2010: 577; Trappmann et al., 2011: 15f.), weshalb sich häufig – so auch in dieser Arbeit – der Begriff Netzwerkanalyse findet.

Netzwerkanalysen zielen darauf, Strukturen und Muster zu identifizieren, die sich aus der Verbindung zwischen Einheiten ergeben (Schnell et al., 2013: 248; Thiel, 2010: 1). Dabei hat das Vorhandensein und die Qualität der Verbindungen Einfluss auf die Position von jeder Einheit sowie auf die Ausgestaltung des Gesamtnetzwerks (Knoke & Kuklinski, 1982: 13). Die Erhebung der Netzwerkdaten kann sowohl über primäre Erhebungsmethoden, wie Befragungen und Beobachtungen, als auch über Sekundärquellen erfolgen (Schnell et al., 2013: 249f.). Werden die Einheiten und ihre Verbindungen anschließend als Knoten und Kanten in einem (abstrakten) Graphen – auch als Netzwerkdiagramm bezeichnet – visualisiert, werden mathematische Analysen und Interpretationen möglich (Trappmann et al., 2011: 17).

Es existieren verschiedene Darstellungsarten für Netzwerke, die unterschiedlichen Erkenntnisinteressen dienen und verschiedene Arten der Datenerhebung voraussetzen. So lässt sich bspw. ein egozentriertes Netzwerk erstellen, sobald Daten von einer Einheit über alle anderen vorliegen. Ein Gesamtnetzwerk lässt sich hingegen nur dann erstellen, wenn von jeder Einheit Daten über alle anderen Einheiten vorliegen (Rürup et al., 2015: 23-25). Darüber hinaus kann zwischen uniplexen und multiplexen Netzwerken unterschieden werden. Während uniplexe Netzwerke nur eine Eigenschaft der Verbindungen auszudrücken vermögen, z. B. deren Richtung, lassen sich in multiplexen Netzwerken diverse Eigenschaften der Verbindungen abbilden, z. B. Richtung und Stärke, wodurch ein bewerteter Graph entsteht (Schnell et al., 2013: 250f.; Trappmann et al., 2011: 18). Zuletzt lässt sich zwischen gerichteten und ungerichteten Graphen unterscheiden (s. Abb. 7). In ungerichteten Graphen gibt es entweder keine Richtung der Verbindung zwischen Einheiten, oder diese ist symmetrisch. Ist dies nicht der Fall, handelt es sich um gerichtete Kanten, die als Pfeile dargestellt werden (Trappmann et al., 2011: 18). Die unterschiedlichen Darstellungsarten sind jeweils miteinander kombinierbar, z. B. als multiplexes, gerichtetes Gesamtnetzwerk.

Abbildung 7: Ungerichtete vs. gerichtete Graphen



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Turau & Weyer, 2015: 20.

Herausforderungen, die sich in der Anwendung der Methode Netzwerkanalyse stellen, liegen insb. in der akkuraten Datenakquise. Denn nur, wenn Informationen über alle relevanten Einheiten vorliegen, ergibt eine (Gesamt-)Netzwerkanalyse Sinn (Schnell et al., 2013: 251). Als Richtwert, ab wann eine Netzwerkanalyse nützliche Ergebnisse liefert, gilt die Anzahl von 20 Einheiten und deren Verbindungen (Thiel, 2010: 1). Zudem kann eine Netzwerkanalyse lediglich strukturbeschreibend sein und besitzt niemals den Anspruch, die Wirklichkeit abzubilden (Schnell et al., 2013: 251).

Vorteile einer Netzwerkanalyse sind, dass diese nicht nur Beziehungen zwischen Einheiten abzubilden vermag, sondern durch mathematische Verfahren bspw. auch besonders zentrale Einheiten identifizieren kann. Aus diesem Grund sieht der Internationale Risikorat (engl. *International Risk Governance Council*, kurz: IRGC) in Netzwerkanalysen eine gute Möglichkeit, potenzielle Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten zu identifizieren (IRGC, 2018: 62). Zum Teil wird die Methode sogar dazu genutzt, um Ressourcen auf besonders eng vernetzte, zentrale Netzwerkknoten zu allokalieren (Uday & Marais, 2015: 502).

Mit Abschluss der Darlegung der Methoden ist die Entwicklung des Forschungsdesigns dieser Dissertation vollständig und damit bereit für die inhaltliche Ausgestaltung (► s. Kap. 4) und Anwendung (► s. Kap. 5). Strukturiert entlang der ALF setzt sich der folgende Block II jedoch zunächst mit den theoretisch-konzeptionellen Verständnisgrundlagen auseinander.

Zwischenfazit – Forschungsdesign

Auf Grundlage der in ► Kapitel 1 identifizierten Forschungslücken befasst sich dieses Kapitel mit der Ausgestaltung des Forschungsdesigns, d. h. der inhaltlichen und methodischen Strukturierung der Untersuchung. Dabei wird zunächst das Ziel der Dissertation festgelegt, das wie folgt lautet:

- **Das Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Entwicklung von Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen für das KRITIS-SoS eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit diesem zu schaffen und so einen Beitrag zu leisten, einen Umgang mit KRITIS in der Raumordnung zu etablieren. (► s. Kap. 2.1)**

Zur weiteren Strukturierung erfolgt eine Eingrenzung des Forschungsrahmens. Dieser konkretisiert den Untersuchungsgegenstand, indem die Ausrichtung des Forschungsansatzes (theoriebildend statt hypothesentestend) ausgestaltet wird und inhaltliche, methodische und arbeitsorganisatorische Forschungsprämissen festgelegt werden. Während es die inhaltliche Prämisse dieser Dissertation ist, das KRITIS-SoS in Gänze abzubilden, stellen die methodische und arbeitsorganisatorische Prämisse sicher, dass die entsprechende Realisierung ressourceneffizient, komplexitätsreduziert und übertragbar erfolgt. (► s. Kap. 2.2)

Der Forschungsrahmen wird anschließend in eine konkrete Forschungskonzeption überführt, die die nachfolgende Forschungsfrage durch Konkretisierung in arbeitsleitende Fragestellungen (ALF) umsetzt:

- **Wie kann das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht und eine Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS geschaffen werden?**

Die vier ALF untergliedern die Forschungsfrage, indem zunächst eine Auseinandersetzung mit dem theoretisch-konzeptionellen Verständnis von KRITIS und Kritikalität erfolgt (ALF 1) und das KRITIS-SoS anschließend erfass-, mess- und bewertbar gemacht wird (ALF 2). Eine beispielhafte Anwendung dieser Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen soll nicht nur tiefgehendes Wissen über die Zusammensetzung und Funktionsweise des KRITIS-SoS liefern, sondern dient zugleich der Erprobung und Validierung der Methodik und Ergebnisse (ALF 3). Abschließend erfolgt eine konzeptionelle Überprüfung des Anwendungspotenzials der Erkenntnisse im Sinne einer Beförderung des Umgangs mit KRITIS (ALF 4). Die Forschungskonzeption kann dann in einen konkreten Forschungsablauf überführt werden, der den Aufbau der Arbeit inkl. der angestrebten, zu verwendenden Methoden vorzeichnet. (► s. Kap. 2.3)

Die Darlegung der Methodenwahl ist erforderlich, um die Vorgehensweise zur Erbringung der theoretisch-konzeptionellen und empirischen Forschungsleistung transparent zu machen. In diesem Zuge lassen sich vorab Potenziale und Limitationen identifizieren, denen in der späteren, anwendungsspezifischen Ausgestaltung begegnet wird. (► s. Kap. 2.4) Das Forschungsdesign legt somit das Fundament für die inhaltliche und methodische Ausgestaltung der Untersuchung. Mit Abschluss dessen kann die inhaltliche Arbeit begonnen werden.

A network diagram with several nodes of varying sizes and colors (purple, blue, green, teal) connected by thin light blue lines. The nodes are scattered across the page, with a larger purple node on the left and a larger teal node at the bottom center.

Block II – Systematisierung

KRITIS als System-von-Systemen
(be-)greifbar machen

3. Konzeptualisierung von KRITIS

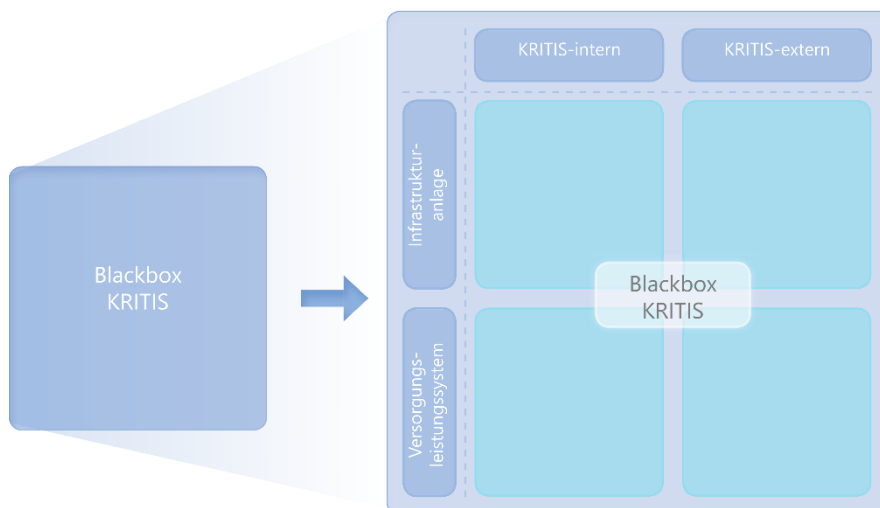
Bereits die Frage danach, was genau KRITIS sind und was diese ‚kritisch‘ macht, ist keine leicht zu beantwortende Frage, wie ► Kapitel 1.1 dargelegt hat. Die Frage allerdings, was das KRITIS-SoS und seine Kritikalität im Kern ausmacht und wie diese messbar gemacht werden können, ist bisher nahezu unerforscht. Es ist ein „*erhebliches Literatur- und Theoriedefizit beim Thema Kritikalität*“ (Engels & Normann, 2018: 7f.) festzustellen, da sich die Wissenschaft bisher vergleichsweise wenig mit Kritikalität als Konzept befasst hat (Lukitsch et al., 2018: 11).

Einführend wurden KRITIS bereits charakterisiert (► s. Kap. 1.1.2) und Kritikalität als das Kritisch-Sein dieser beschrieben (► s. Kap. 1.1.3). Auf diesen ersten Grundlagen wird nachfolgend aufgebaut, um eine theoretisch-konzeptionelle Aufbereitung und Konzeptualisierung von KRITIS und ihrer Kritikalität zu erarbeiten. Damit steht das Kapitel unter ALF 1: **Wie können KRITIS theoretisch-konzeptionell abgebildet werden?** Als Ausgangspunkt der Konzeptualisierung dient die in ► Kapitel 1.1.3 entwickelte Definition von KRITIS:

KRITIS sind physische Anlagen und funktionale Systeme, die aufgrund der positiven wie negativen Relevanz ihrer Versorgungsleistungen (systemintern) füreinander sowie (systemextern) für das Gemeinwesen von unerlässlicher, ‚kritischer‘ Bedeutung sind.

Aus der Definition lässt sich ableiten, dass es unterschiedliche Perspektiven auf KRITIS gibt, die die ‚Blackbox KRITIS‘ strukturieren und zu einer Ausprägung von vier Dimensionen führen (s. Abb. 8). Einerseits kann eine KRITIS-interne oder eine KRITIS-externe Perspektive eingenommen werden, in der entweder die KRITIS und ihre Vernetzung oder deren Wirken auf ihr ‚environment‘ fokussiert sind. Andererseits lässt sich zwischen einer anlagen- und eine versorgungsleistungsbezogenen Perspektive unterscheiden, die sich aus der Fokussierung entweder (physischer) Infrastrukturanlagen oder (funktionaler) Infrastruktursysteme ergibt. In visualisierter Form ergeben diese Perspektiven die nachfolgend dargestellte Matrix von KRITIS-Dimensionen, die sowohl den konzeptionellen Ausführungen dieses Kapitels als auch den folgenden Blöcken dieser Arbeit zugrunde gelegt wird.

Abbildung 8: Perspektiven und Dimensionen von KRITIS



Quelle: eigene Darstellung.

In den Unterkapiteln dieses Kapitels wird zunächst der Forschungsstand systematisiert, indem bestehende KRITIS-bezogene Operationalisierungsansätze und Kritikalitätsverständnisse des weiten Themenfeldes der Kritikalitätsforschung zusammengetragen und nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden aufbereitet werden (► s. Kap. 3.1). Anschließend werden diese hinsichtlich ihrer Annahmen und von ihnen abgedeckten Dimensionen diskutiert (► s. Kap. 3.2), um etwaige Ungenauigkeiten und Lücken und somit den Weiterentwicklungsbedarf herauszuarbeiten. Am Ende des Kapitels erfolgt eine theoretisch-konzeptionelle Weiterentwicklung hinsichtlich des Verständnisses von Kritikalität, dessen Konzeptualisierung sowie der Ausgestaltung der oben eingeführten KRITIS-Dimensionen (► s. Kap. 3.3).

3.1 Systematisierung des Standes der Kritikalitätsforschung

Zur Systematisierung des Forschungsstandes fokussiert diese Dissertation das Forschungsfeld der Kritikalitätsforschung. Diese stellt, insb. in Deutschland, ein noch immer junges Forschungsfeld dar und begreift ihre Aufgabe darin, die unterschiedlichen konzeptionellen Verständnisse von Kritikalität aufzuzeigen, zu systematisieren und die Beziehungen sowohl zwischen als auch innerhalb von sozio-technischen Systemen zu studieren. Letztlich zielt die Kritikalitätsforschung darauf, mit ihren theoretisch-konzeptionellen Erkenntnissen einen Beitrag zur Identifizierung, Priorisierung und letztlich zum Umgang mit KRITIS zu leisten, indem (politischen) Entscheidungsträger*innen Grundlagen zur Entscheidungsunterstützung geboten werden (Lukitsch et al., 2018: 14f.).

Bisher ist jedoch festzustellen, wie die nachfolgenden Ausführungen belegen, dass es zur Entscheidungsunterstützung an einem rahmengebenden Verständnis von Kritikalität ebenso mangelt, wie an anwendbaren Operationalisierungsansätzen. Während sich die Kritikalitätsverständnisse definitiv überschneiden, variieren die bestehenden Operationalisierungsansätze bisher so stark, dass sowohl intra- als auch interdisziplinär kein Konsens erkennbar ist. Dieser theoretisch-konzeptionelle Dissens resultiert in einem Mangel an anwend- und standardisierbaren Ansätzen, die im Rahmen der Ressourcen von Wissenschaftler*innen und Entscheidungsträger*innen nutzbar sind (Fekete, 2018: 27, nach Theoharidou et al., 2009).

Die nachfolgende Systematisierung des Forschungsstandes, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, zielt daher insb. darauf, die unterschiedlichen Ansätze und Verständnisse zusammenzutragen und auf Basis etwaiger Gemeinsamkeiten aufzubereiten. Eine Diskussion und Bewertung dieser findet im anschließenden ► Kapitel 3.2 vor dem Hintergrund der o. g. KRITIS-Dimensionen statt, um daraufhin in ► Kapitel 3.3 Weiterentwicklungen hinsichtlich des theoretisch-konzeptionellen Verständnisses von KRITIS vorzunehmen sowie den weiteren Forschungsbedarf herauszustellen.

3.1.1 Bestehende Kritikalitätsverständnisse

In der Kritikalitätsforschung existieren unterschiedliche Verständnisse von Kritikalität, wobei sich in der nationalen und internationalen Literatur drei Verständnisse hervorheben: Ein konsequenzbezogenes Kritikalitätsverständnis, das die gesellschaftlichen Konsequenzen zum Hauptaspekt von Kritikalität macht und das im Bevölkerungsschutz sowie in den Politikwissenschaften vorherrschend ist. Ein systemisches Kritikalitätsverständnis, das die Abhängigkeiten der Infrastruktursysteme untereinander in den Fokus stellt und in den Ingenieurwissenschaften vorherrschend ist. Und ein symbolisches Kritikalitätsverständnis, das eine kulturell-ideelle Perspektive auf KRITIS einnimmt.

Konsequenzbezogene Kritikalität

Das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis setzt an der gesellschaftlichen Relevanz von KRITIS und ihren Versorgungsleistungen an. Es fokussiert die potenziellen, negativen Konsequenzen, die sich aus einer Unterbrechung der Versorgungsleistung für die Gesellschaft, oftmals unterschieden in Bevölkerung und Wirtschaft, ergeben (Engels, 2018a: 30f.; Lukitsch et al., 2018: 17).

Wenngleich innerhalb des konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnisses Konsens darüber herrscht, dass der Fokus auf den Konsequenzen einer Versorgungsleistungsunterbrechung liegt, variiert der Bewertungsmaßstab für das, was unter ‚Gesellschaft‘ verstanden wird, zwischen Disziplinen und Nationen. So finden sich als Ziel- bzw. Schutzzustellungen für ‚Gesellschaft‘ u. a. die Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung (Theoharidou et al., 2009: 40), das Wohlergehen der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen (BABS, 2010: 6), das Vertrauen in den Staat (Riegel, 2015a: 19), sowie die Sicherung von Ökosystemen (Theoharidou et al., 2010: 643). Im Bevölkerungsschutz gehören häufig auch die Kapazitäten zur Vermeidung, Verminderung und zum Ausgleich von Konsequenzen aus Versorgungsleistungsunterbrechungen zu einem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis (Engels, 2018a: 28; Fekete, 2018: 36f.).

Deutschland folgt in der nationalen KRITIS-Strategie ebenfalls einem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis. Darin heißt es: Kritikalität ist ein „*relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat*“ (BMI, 2009: 5). Zudem finden sich in der nationalen KRITIS-Strategie implizit auch einige sozio-politische (Schutz-)Ziele, wie die Vermeidung „*nachhaltig wirkende[r] Versorgungsengpässe, erhebliche[r] Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere[r] dramatische[r] Folgen*“ (BMI, 2009: 3, eigene Ergänzung). Diese (Schutz-)Ziele sind einhergehend auch in der Begriffsdefinition und Charakterisierung von KRITIS enthalten.

Systemische Kritikalität

Das systemische Kritikalitätsverständnis fokussiert die Beziehungen innerhalb und zwischen Infrastruktursystemen und deren Versorgungsleistungen und bewertet deren (interne) Relevanz für das „*Gesamtsystem infrastruktureller Versorgung*“ (Engels, 2018a: 30f.). Teilweise wird das systemische

Kritikalitätsverständnis daher, auch im Gegensatz zu einem konsequenzbezogenen Verständnis, als relationales Verständnis bezeichnet (Lukitsch et al, 2018: 11; Egan, 2007: 10).

Die Ursprünge des systemischen Kritikalitätsverständnisses liegen in den Ingenieurwissenschaften, in denen der Begriff z. T. bis heute genutzt wird, um das Zusammenspiel einzelner Anlagenbestandteile für das Funktionieren einer Großanlage zu ergründen und betriebliche Fehlerkausalitäten nachzuvollziehen (s. z. B. Khakzad & Reniers, 2015; Khakzad et al., 2013; Perrow, 1984). Im Kontext der Debatte um KRITIS wurde das Verständnis zunächst auf einzelne netzbasierte Systeme und auf deren Abhängigkeiten übertragen (s. z. B. Eusgeld et al., 2009; Theoharidou et al., 2009; Little, 2002) (Engels, 2018a: 30f.). Das heutige Verständnis ist nahezu entkoppelt von der physisch-strukturellen, abhängigen, linearen und ausschließlich ingenieurwissenschaftlichen Betrachtungsweise und fokussiert stattdessen ganze Versorgungssysteme (wie z. B. bei Kruse et al., 2021; Birkmann et al., 2016; Greiving et al., 2016; Högselius et al., 2016; Laugé et al., 2015; Katina & Hester, 2010; Bouchon, 2006) unter einer funktionellen, interdependenten, non-linearen Perspektive auf die Verbindungen und Abhängigkeiten innerhalb des KRITIS-SoS (Folkers, 2018: 132f.).

Die nationale KRITIS-Strategie thematisiert systemische Kritikalität lediglich am Rande, erläutert den Begriff jedoch wie folgt: *„Eine Infrastruktur besitzt vor allem dann eine systemische Kritikalität, wenn sie aufgrund ihrer strukturellen, funktionellen und technischen Positionierung im Gesamtsystem der Infrastrukturbereiche von besonders hoher interdependenter Relevanz ist“* (BMI, 2009: 5, Hervorhebung im Original). Damit folgt sie tendenziell der letztgenannten, auf (Inter-)Abhängigkeiten ausgerichteten Auslegung von systemischer Kritikalität, bietet jedoch aufgrund der Unschärfe der Formulierung (‘Infrastrukturbereiche’, ‘strukturelle, funktionelle und technische Positionierung’) Interpretationsspielraum.

Symbolische Kritikalität

Das symbolische Kritikalitätsverständnis bezieht sich auf solche kritischen Infrastrukturanlagen, die aufgrund ihrer Existenz von hoher (sicherheits-)politischer oder psychologischer Relevanz für Staat und Gesellschaft sind (Riegel, 2015a: 19; Bouchon, 2006: 48; Metzger, 2004: 77). Es entwickelte sich maßgeblich im Nachgang der Terroranschläge des 11. September 2001 auf das WTC und das Pentagon (Riegel, 2015a: 19).

Das symbolische Kritikalitätsverständnis umfasst solche ‘kritischen’ Infrastrukturen, die inhärent kritisch sind, da sie für die (Sicherheits-)Politik und Moral einer Gesellschaft von hoher Relevanz sind. Im Vergleich zum konsequenzbezogenen und systemischen Kritikalitätsverständnis können auch solche Infrastrukturanlagen eine (symbolische) Kritikalität besitzen, die weder die Lebensgrundlage der Gesellschaft bedrohen noch einen hohen materiellen Wert haben oder systemisch vernetzt sind (BMI, 2009: 5; Bouchon, 2006: 48). Teilweise vertreten Wissenschaftler*innen die Auffassung, dass Infrastrukturen mit symbolischer Kritikalität nicht einmal zwangsläufig physische Anlagen sein müssen, sondern bspw. auch ein Staatsoberhaupt darstellen können (Metzger, 2004: 77).

In der nationalen KRITIS-Strategie ist das symbolische Kritikalitätsverständnis wie folgt erklärt: *„Eine symbolische Kritikalität kann eine Infrastruktur dann besitzen, wenn aufgrund ihrer kulturellen oder identitätsstiftenden Bedeutung ihre Zerstörung eine Gesellschaft emotional erschüttern und psychologisch nachhaltig aus dem Gleichgewicht bringen kann“* (BMI, 2009: 5, Hervorhebung im Original).

KRITIS von symbolischer Kritikalität finden sich insb. in den Teilsektoren des Sektors *Medien & Kultur* (BSI, 2016: 16).

3.1.2 Operationalisierungsansätze für KRITIS

Die nachfolgende Systematisierung von Operationalisierungsansätzen, die auf Grundlage der Methoden Literaturstudium und ‚desk research‘ erfolgt und auf die Darlegung des aktuellen Forschungs- und Diskussionsstandes zielt, unterteilt die Operationalisierungsansätze in solche im Kontext von Risiko, im Kontext von Vulnerabilität, im Kontext von Resilienz und als eigenständiges Konzept.

Kritikalität im Kontext von Risiko

Das Konzept und die methodischen Ansätze der Risikoforschung werden von diversen Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen unterschiedlicher Disziplinen als umfassende Lösung zur Bewertung, Kategorisierung, Priorisierung sowie zum Schutz von KRITIS erachtet (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2017: 524f.; Zio, 2016: 147; Di Mauro et al., 2010: 281; Johansson & Hassel, 2010: 1335; Theoharidou et al., 2009: 36). Als Gründe hierfür werden insb. die klare Prozessstrukturierung von Risikoanalysen und -assessments angeführt, sowie dass diese in der Praxis bereits in anderen Kontexten verankert sind und erfolgreich angewendet werden (Zio, 2016: 147; Interview Wenger, 2019: C 1). Ein weiterer Vorteil wird darin gesehen, dass der Schutzgrad für ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen über Kosten-Nutzen-Rechnungen risikobasiert festgelegt und dadurch politisch-normativ legitimiert werden kann (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2017: 524f.).

Im Hinblick auf ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen lassen sich zwei Risiko-Blickrichtungen differenzieren. Die eine Blickrichtung fokussiert das Risiko, dem die Infrastrukturanlagen gegenüber ausgesetzt sind und das zu einer Beeinträchtigung oder Zerstörung dieser führen kann (gefährdete Infrastrukturanlagen). Die andere Blickrichtung fokussiert das Risiko, das Infrastrukturanlagen für (andere) Schutzgüter darstellen, indem sich ihre potenzielle Zerstörung materiell oder funktional auf diese auswirkt (gefährdende Infrastrukturanlagen). Bouchon (2006) fasst diese zwei Blickrichtungen wie folgt zusammen: „*CI are therefore at risk, and pose a risk themselves*“ (Bouchon, 2006: 79).

Die erstgenannte Blickrichtung der gefährdeten Infrastrukturanlagen (*CI at risk*) wird häufig wie folgt argumentiert: Jede physische Infrastrukturanlage wird unter einem gewissen Risiko (bzw. unter multiplen, internen und externen Gefahren) betrieben. Dieses Risiko ergibt sich aus natürlichen sowie absichtlichen und unabsichtlichen menschlichen Gefährdungen, die am Infrastrukturstandort auftreten können. Zu einem zweiten Teil resultiert das Risiko aus der Vulnerabilität der Anlage, die einerseits gefährdungsspezifisch ist, sich also aus der Exposition der Anlage gegenüber den Gefährdungen ergibt, und andererseits anlagenbezogen aus dessen Zustand (Stand der Technik, Verschleiß etc.) resultiert (Greiving et al., 2016: 5f.; Zio, 2016: 140; Katina & Keating, 2015: 325f.; Katina et al., 2014: 13; Eusgeld et al., 2009: 954; Bouchon, 2006: 79).

Die zweitgenannte Blickrichtung der gefährdenden Infrastrukturanlagen (*‘Cl pose risk’*) behandelt die bedrohende Seite, die diese für ihre räumliche Umgebung oder das System, in dem diese operieren, darstellen können (Pescaroli & Alexander, 2016: 176, nach Alexander, 2013; Eusgeld et al., 2009: 954). Unter der Gefährdung für die Umgebung werden häufig Umweltverschmutzung oder Gesundheitsbelastung angeführt, die bspw. durch Infrastrukturanlagen wie Kläranlagen, Stauseen, (Kern-)Kraftwerke, Biochemieanlagen und andere entstehen können (Greiving et al., 2016: 6, nach Riegel, 2014; Pescaroli & Alexander, 2016: 181). Darüber hinaus können ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen eine Gefährdung für die Funktionsfähigkeit des (Versorgungsleistungs-)Systems darstellen, weil entweder andere Infrastrukturanlagen auf diese angewiesen sind oder die Gesellschaft auf eine Versorgungsleistung angewiesen ist (van der Vleuten et al., 2016: 6; Egan, 2007: 6).

Unter diesen ursprünglichen, anlagen- und risikobezogenen Blickrichtungen ist die Auffassung vorherrschend, dass die Konzepte von Kritikalität und Risiko auf dasselbe Ziel, nämlich die Operationalisierung einer bestimmten Auswirkung ausgerichtet und daher miteinander kompatibel bzw. sogar gleichzusetzen sind (Theoharidou et al., 2009: 38f.). Einige risikobezogene Kritikalitätsansätze der jüngeren Vergangenheit verlassen jedoch den Fokus auf einzelne Infrastrukturanlagen und inkludieren stattdessen u. a. (Inter-)Dependenzen zwischen mehreren Anlagen. Diese verstehen Kritikalität vornehmlich als Teilmenge von Risiko, die als zusätzlicher Faktor, neben Gefährdung und Vulnerabilität, in die Risikogleichung aufgenommen wird (Forzieri et al., 2018: 99f.; Riegel et al., 2015: 169; Katina et al., 2014: 15). Allerdings bestehen auch unter dieser erweiterten Risikoperspektive, im Folgenden als Risiko⁺-Perspektive bezeichnet, diverse unterschiedliche Operationalisierungsansätze, wie nachfolgende Beispiele zeigen.

Risiko⁺: Erweitertes Risiko-Assessment nach Theoharidou et al. (2009)

Unter der erweiterten risikobezogenen Operationalisierung von Kritikalität nach Theoharidou et al. (2009) erhalten (Inter-)Dependenzen zwischen Infrastrukturanlagen ein besonderes Gewicht. Diese fließen, neben Gefährdung und Vulnerabilität, in das sog. ‚erweiterte Risiko‘ ein, das sich über Anlagen hinaus auch auf die Gesellschaft beziehen kann (Theoharidou et al., 2010: 644, nach European Council, 2008; Theoharidou et al., 2009: 40). Die Schritte der Operationalisierung ähneln denen eines klassischen Risiko-Assessments, sind jedoch um einen Schritt zur Identifizierung von (Inter-)Dependenzen ergänzt.

- a) Identifizierung kritischer Anlagen(-bestandteile),
- b) Herausarbeitung von Abhängigkeiten und Interdependenzen,
- c) Abschätzung des potenziellen Impact,
- d) Identifizierung von (externen) Gefährdungen,
- e) Abschätzung von Gefährdungs- und Vulnerabilitätslevel,
- f) Abschätzung des Kritikalitätsrisikos (*‘Criticality Risk’*) (Theoharidou et al., 2009: 40f.).

Während das ‚erweiterte Risiko-Assessment‘ noch immer einzelne Infrastrukturanlagen und ihre Bestandteile als Ausgangspunkt nimmt, argumentieren die Autor*innen in einem späteren Artikel, dass die (Inter-)Dependenzen inter- und intrasektoral ermittelt werden sollen, womit das Anlagenrisiko dann eher zu einer Teilmenge von Kritikalität wird (Theoharidou et al., 2010: 644). Als Beispiele zur

Abschätzung von Punkt f) werden z. B. Interdependenzen, ökonomische Auswirkungen, internationale Beziehungen, Verteidigung, öffentliche Sicherheit, öffentliche Wahrnehmung, Wiederherstellungszeit, Ausfalldauer, u. v. m. genannt (Theoharidou et al., 2009: 43, 45).

Risiko⁺: Vernetzungsgrad als risikobezogener Kritikalitätsfaktor nach Katina et al. (2014)

Katina et al. (2014) nutzen den ‚Vernetzungsgrad‘ (engl. ‚*degree of interdependency*‘) zwischen KRITIS als zusätzlichen, systeminternen Kritikalitätsfaktor. Je stärker eine Infrastrukturanlage mit anderen vernetzt ist, desto größer ist das (interne) Risiko eines Ausfalls, da die Wahrscheinlichkeit steigt, von einem Ausfall einer anderen KRITIS betroffen zu sein. Sie schlagen folgende Anpassung der Risikoformel vor, um die Kritikalität interdependenter kritischer Infrastruktursysteme messbar zu machen:

$$ICR = P_{OI} \times C_{OI} \times I_{FA}$$

worin

ICR das Risiko bzw. den ‚*impact*‘ darstellt, dem eine interdependente Infrastrukturanlage unterliegt,

P_{OI} die Eintrittswahrscheinlichkeit einer (externen) Gefährdung mit Auswirkungen auf die Infrastrukturanlage beschreibt,

C_{OI} die Auswirkungen der (externen) Gefährdung auf den Infrastrukturbetrieb darstellt und

I_{FA} die Interdependenzen (interne Vernetzung, externe Beziehungen, u. a.) zwischen Infrastrukturanlagen faktorisiert. (Katina et al., 2014: 17, 21).

Risiko⁺: Systeminterne Exposition als risikobezogener Kritikalitätsfaktor nach Forzieri et al. (2018)

Forzieri et al. (2018) argumentieren, dass Kritikalität mehr als das Vorhandensein von (Inter-)Dependenzen ist und ein Kritikalitätsfaktor entsprechend über die Ansätze von Theoharidou et al. (2009) und Katina et al. (2014) hinausgehen sollte. Unter der Bezeichnung der ‚internen Exposition‘ (engl. ‚*internal exposure*‘) verstehen die Wissenschaftler*innen – zumindest theoretisch – jeweils das Risiko aller kritischen Infrastrukturanlagen, die mit der zu untersuchenden Anlage (inter-)dependent sind. Somit wird aus der anlagenbezogenen Risikoanalyse im Prinzip eine Verkettung von Risikoanalysen für alle Infrastrukturanlagen, die mit dieser vernetzt sind (Forzieri et al., 2018: 106).

$$R_{CI} = H_{CI} \times V_{CI} \times R_{CI}^n$$

worin

R_{CI} das Risiko darstellt, dem eine interdependente Infrastrukturanlage unterliegt,

H_{CI} die (externen) Gefährdung für die Infrastrukturanlage beschreibt,

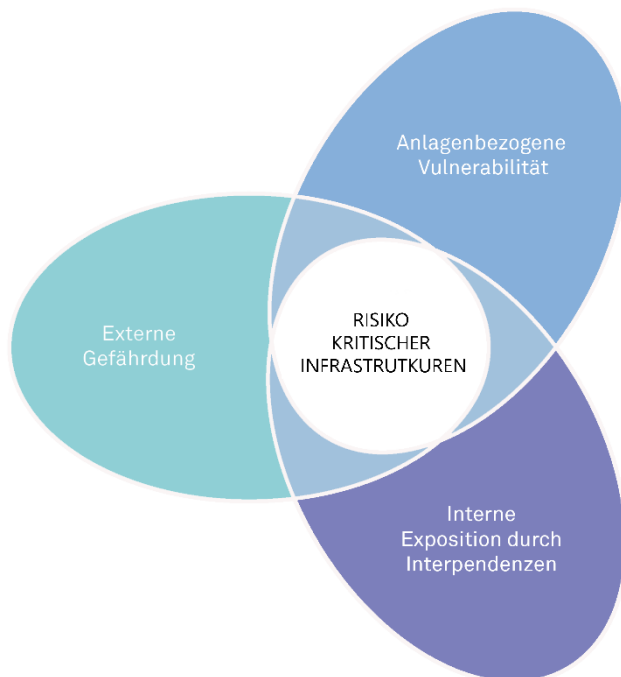
V_{CI} die anlagenbezogene Vulnerabilität darstellt und

R_{CI}^n das Risiko der Infrastrukturanlagen abbildet, mit denen die Infrastrukturanlage (inter-)dependent ist.

(Forzieri et al., 2018: 106)

Den drei Risiko⁺-Ansätzen ist gemein, dass sie Infrastrukturkritikalität als Teilkomponente eines anlagenbezogenen Risikos bemessen, die mit gleichem Gewicht wie (externe) Gefährdung und (interne) Vulnerabilität in die Berechnung eingeht. Die Ansätze lassen sich durch Abbildung 9 veranschaulichen.

Abbildung 9: Kritikalität als erweiterter Risikofaktor



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von IPCC, 2012: 4.

Systemische Risiken

Um den Fokus von einzelnen Infrastrukturanlagen ab- und vernetzten Infrastruktursystemen zuzuwenden hat der IRGC das Konzept und den Begriff der ‚systemischen Risiken‘ (engl. ‚*systemic risks*‘) eingeführt. Damit macht er auf die Komplexität aufmerksam, die sich aus der systemischen Vernetzung von KRITIS ergibt und reflektiert die zahlreichen Unsicherheiten, die mit einer risikobezogenen Operationalisierung von Kritikalität einhergehen und die über traditionelle Risikomanagementansätze eigentlich nicht abgebildet werden können (IRGC, 2018: 5).

‚Systemische Risiken‘ werden als Möglichkeit definiert, dass sich das Versagen einzelner Anlagen (-bestandteile) über Kaskadeneffekte auf ein größeres System ausbreitet, dessen Funktionsfähigkeit beeinträchtigt und zu einem Ausfall des gesamten Systems führt (IRGC, 2018: 9, nach Centeno et al., 2015 und Kaufman & Scott, 2003). Zu ‚systemischen Risiken‘ kommt es laut IRGC insb. in hochgradig vernetzten Subsystemen, die durch komplexe, funktionale wie strukturelle Zusammenhänge gekennzeichnet sind. Diese Systeme können sich ggf. sogar eigenständig in ihrer Komplexität und Vernetzung weiterentwickeln. In diesen komplexen Systemen lassen sich keine linearen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge mehr identifizieren. Auswirkungen sind stochastisch (zufallsbedingt) und potenziell grenz- und systemüberschreitend (IRGC, 2018: 9-11, nach Renn, 2016, 2017).

Nach dem IRGC-Verständnis unterscheiden sich ‚systemische‘ insofern von ‚normalen‘ Risiken, als dass diese keiner typischen Risikoverteilung folgen, sondern tendenziell ‚*fat-tailed*‘ sind, also mit fortschreitender Weitergabe der Störung gravierender werden. Darüber hinaus haben diese eine hohe Wahrscheinlichkeit, im Eintrittsfall katastrophale Folgen hervorzurufen, die zu grundlegenden Systemänderungen führen können. Diese katastrophalen Folgen können dabei über das Subsystem, in dem sie ursprünglich aufgetreten sind, hinauswirken, wodurch sie großflächige Systeme bedrohen

(IRGC, 2018: 9-11). Derzeit ist das Konzept der ‚systemischen Risiken‘ allerdings noch theoretischer Natur, da es bisher an einem konkreten Operationalisierungsansatz fehlt.

Kritikalität im Kontext von Vulnerabilität

Das Konzept und die methodischen Ansätze der Vulnerabilitätsforschung erlangen zusehends an Popularität in der Auseinandersetzung mit Kritikalität. Im Gegenteil zum Risikoansatz fokussiert der Vulnerabilitätsansatz überwiegend, wenn auch nicht in allen Denkströmungen (s. u.), die Auswirkungen, die eine Versorgungsunterbrechung oder Infrastrukturzerstörung für die Gesellschaft hat (Birkmann et al., 2016: 15f.). Dabei wird in der vulnerabilitätsbezogenen Kritikalitätsforschung betont, dass auch die soziokulturellen und politischen Hintergründe eines bestimmten geographischen Gebiets als mögliche externe Einflussfaktoren auf Vulnerabilität zu beachten sind, da dasselbe technische Infrastruktursystem in unterschiedlichen Gesellschaften unterschiedliche Vulnerabilitäten aufweisen kann (Eifert et al, 2018: 23, 26, nach Birkmann, 2011 und Bouchon, 2006 und Collet, 2012). Bisher existieren jedoch auch unter einem Verständnis von Kritikalität im Kontext von Vulnerabilität unterschiedliche Denkströmungen und Operationalisierungsansätze, die sich teilweise auf die Gesellschaft, teilweise jedoch auch auf Infrastrukturanlagen und -systeme beziehen (van der Vleuten et al., 2016: 10).

Im Wesentlichen lassen sich drei Denkströmungen von Infrastrukturvulnerabilität unterscheiden. Diese mögen von unterschiedlichen Autor*innen unterschiedlich betitelt werden, lassen sich im Kern jedoch auf folgende Ausprägungen herunterbrechen: (1) Vulnerabilität von Infrastrukturanlagen, (2) Vulnerabilität von interdependenten Infrastruktursystemen und (3) Vulnerabilität der Gesellschaft, die von Infrastrukturleistungen abhängig ist (Bouchon, 2006: 81).

Denkströmung (1) – Kritikalität als (Bestandteil von) Anlagenvulnerabilität

Unter Denkströmung (1) finden sich zwei Operationalisierungsansätze, die aus verschiedenen Kritikalitätsverständnissen resultieren. Auf der einen Seite, unter einem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis (► s. Kap. 3.1.1), wird Kritikalität mit Anlagenvulnerabilität gleichgesetzt. Die Operationalisierung erfolgt durch die Ermittlung der Exposition (engl. ‚*exposure*‘) und Anfälligkeit (engl. ‚*susceptibility*‘) einer Infrastrukturanlage, überwiegend gegenüber externen (Natur-)Gefahren. Unter diesem Verständnis wird Kritikalität im Sinne eines Defizits ausgelegt, das eine Anlage so vulnerabel wie ihren vulnerabelsten Bestandteil macht. Dieselbe Logik wird teilweise auf das KRITIS-Gesamtsystem übertragen, indem die Kritikalität eines Anlagenbestandteils als Ursache für besonders vulnerable Netzknospunkte argumentiert wird (Egan, 2007: 5).

$$Cl_C = E_{Cl} \times S_{Cl}$$

worin

Cl_C die Kritikalität einer Infrastrukturanlage ausdrückt, berechnet aus

E_{Cl} der Exposition bzw. dem Ausgesetztsein der Anlage gegenüber einer (externen) Gefährdung und

S_{Cl} der Anfälligkeit der Anlage aufgrund ihres Anlagenzustandes (z. B. Alter, Wartungszustand, Redundanzen).

Auf der anderen Seite wird Denkströmung (1) durch Operationalisierungsansätze unter dem ursprünglichen, ingenieurwissenschaftlichen Verständnis von systemischer Kritikalität (► s. Kap. 3.1.1)

geprägt. Hierbei drückt Kritikalität die Relevanz eines Anlagenbestandteils für den Betrieb einer Großanlage aus und wird als ein Bestandteil von Anlagenvulnerabilität verstanden, der diese zusätzlich zu Exposition und Anfälligkeit prägt. Als besonders vulnerabel gelten entsprechend Anlagen, die eine hohe Exposition und Anfälligkeit gegenüber externen Gefahren aufweisen und darüber hinaus über (viele) ‚kritische‘ Anlagenbestandteile verfügen¹⁵ (Bouchon, 2006: 83). Als Berechnungsvorschrift ausgedrückt steht Kritikalität als Faktor neben Exposition und Anfälligkeit und beeinflusst die Vulnerabilität einer Infrastrukturanlage:

$$C_V = E_{CI} \times S_{CI} \times C_{CI}^n$$

worin

C_V die Vulnerabilität einer Infrastrukturanlage ausdrückt, berechnet aus

E_{CI} der Exposition bzw. dem Ausgesetztsein der Anlage gegenüber einer (externen) Gefährdung,

S_{CI} der Anfälligkeit der Anlage aufgrund ihres Anlagenzustandes (z. B. Alter, Wartungszustand, Redundanzen) und

C_{CI}^n der Kritikalität von n Anlagenbestandteilen für die Großanlage.

Denkströmung (2) – Kritikalität im Kontext der Vulnerabilität interdependenter Infrastruktursysteme

Studien, die Kritikalität in den Kontext der Vulnerabilität von interdependenten Infrastruktursystemen stellen, nehmen insb. eine systeminterne, versorgungsleistungsbezogene Perspektive ein (Bouchon, 2006: 81). In diesen wird Kritikalität häufig auch als systeminhärenter Zustand beschrieben. Je nachdem, wie ‚kritisch‘ eine Infrastrukturanlage oder ein Versorgungssystem ist, wirken sich systemexterne und -interne Gefahren stärker auf dieses aus (Haimes, 2009: 1649; Haimes, 2006: 293).

Operationalisierungsansätze unter Denkströmung (2) erfassen Kritikalität überwiegend als Grad der Abhängigkeit (engl. ‚*degree of dependency*‘) eines Infrastruktursystems von einem anderen System oder einer Infrastrukturanlage (Bouchon, 2006: 84). Diese Ansätze nutzen Kritikalität, um eine indirekte, systeminterne Vulnerabilität zu messen und sehen in dieser den wesentlichen Grund für das Auslösen von Kaskadeneffekten. Zum Teil wird Kritikalität daher auch als ‚Kaskadenvulnerabilität‘ bezeichnet (Greiving et al., 2016: 6 nach Pescaroli & Alexander, 2016; Khakzad & Reniers, 2015: 72; Egan, 2007: 7). Diverse Ansätze unter Denkströmung (2) operationalisieren Kritikalität ausschließlich über ihre (Inter-)Dependenzen (Eifert et al., 2018: 22f.). Solche Ansätze finden sich bspw. bei Egan (2007) in Form von ‚kritischen Externalitäten‘ (engl. ‚*critical externalities*‘), bei Rinaldi et al. (2001) als sog. ‚Kaskadenversagen‘ (engl. ‚*cascading failures*‘) oder bei Perrow (1984) als sog. ‚normale Unfälle‘ (engl. ‚*normal accidents*‘).

Denkströmung (3) – Kritikalität im Kontext von gesellschaftlicher Vulnerabilität

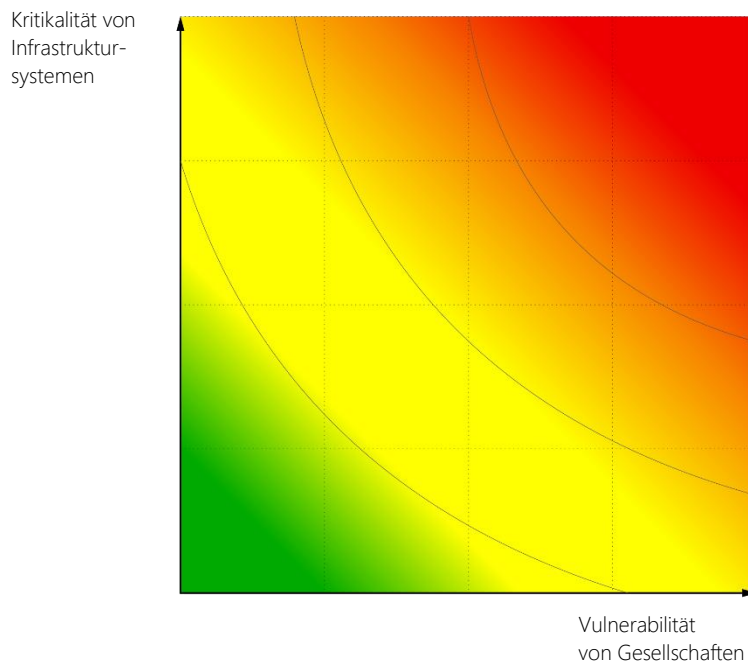
Unter Denkströmung (3) findet sich Kritikalität im Kontext der Vulnerabilität der Gesellschaft wieder, die von den Versorgungsleistungen abhängig ist. Vulnerabilität bezieht sich dabei i. d. R. auf räumlich eingrenzbar Gebiete, ihre Gesellschaft und Wirtschaft (Garschagen & Sandholz, 2018: 1234; Di Mauro et al., 2010: 284, nach Steetkamp & van Wijk, 1994; Bouchon, 2006: 81). Ansätze unter

¹⁵ Teilweise wird der Ansatz im wissenschaftlichen Diskurs bis auf einzelne Anlagenbestandteile heruntergebrochen, indem z. B. die Vor- und Nachteile von Softwareerneuerung diskutiert werden, die einerseits bestehende Vulnerabilitäten ausgleichen können, andererseits aber eventuell unbekannte, neue Vulnerabilität schaffen (Egan, 2007: 10, 12f.).

Denkströmung (3) nehmen an, dass erst die zunehmende Abhängigkeit der Gesellschaft die Auswirkungen von Versorgungsunterbrechungen kritisch macht (Birkmann et al., 2016: 15f.). In diesem Zusammenhang wird auch das Vulnerabilitätsparadoxon (► s. Kap. 1.1.2) diskutiert (Eifert et al., 2018: 24, nach Folkers, 2012).

Operationalisierungsansätze unter Denkströmung (3) differenzieren zwischen Kritikalität und Vulnerabilität. Kritikalität wird darin als relatives, positives wie negatives Maß der Relevanz eines kritischen Infrastruktursystems oder einer ‚kritischen‘ Infrastrukturanlage für die Gesellschaft verstanden. Vulnerabilität hingegen bezeichnet das Maß für die potenziellen Auswirkungen eines Infrastrukturversagens bzw. einer Versorgungsunterbrechung auf die Gesellschaft (Fekete, 2013: 330-333). Dabei lassen sich Kritikalität und Vulnerabilität als Achsen eines Diagramms interpretieren (s. Abb. 10), das teilweise dazu genutzt wird, die Dringlichkeit für Schutzbemühungen abzuleiten. Argumentiert wird, dass bei gleicher gesellschaftlicher Vulnerabilität solche KRITIS schützenswerter sind, die eine hohe Kritikalität aufweisen und vice versa (Crespo et al., 2018: 45f.).

Abbildung 10: Kritikalität als Gegengewicht zu Vulnerabilität



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Crespo et al., 2018: 45f. und Fekete, 2013: 333.

Kritikalität im Kontext von Resilienz

Da quantifizierende Operationalisierungsansätze, wie Risiko und Vulnerabilität, insb. im Erfassen der systemischen Vernetzung von KRITIS (im Sinne eines SoS) an die Grenzen der Anwendbarkeit stoßen, wird eine qualitative Behandlung von Kritikalität, z. B. im Rahmen des Resilienzkonzepts, immer prominenter (Libbe et al., 2018: 54). Resilienz wird als Option gesehen, mit dem komplexen, adaptiven, sozio-technischen KRITIS-Gesamtsystem sowie dessen (Inter-)Dependenzen und potenziellen Kaskadeneffekten umzugehen. Denn Resilienz ist ein ganzheitliches Konzept, das über einzelne Sektoren hinausgeht, kein Equilibrium für eine Beschreibung braucht und eine soziale und technische Perspektive zu kombinieren vermag (Elsner et al., 2018: 36). Die Erhöhung der Resilienz von Systeme-

men bei gleichzeitiger Wahrung von Flexibilität ist deshalb nicht zuletzt vom IRGC und der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (engl. ‚*Organisation for Economic Co-operation and Development*‘, kurz: OECD) empfohlen, um im Falle globaler Schocks und Kaskadeneffekte handlungsfähig zu bleiben (IRGC, 2018: 9, nach OECD, 2011, 2014).

Im Kontext von KRITIS wird Resilienz als Fähigkeit eines Systems verstanden, mit Störungen umzugehen, ihnen standzuhalten bzw. im Falle eines Ausfalls die Funktionsfähigkeit wiederzuerlangen (Katina et al., 2014: 15). Dabei fokussiert Resilienz (im Katastrophendiskurs) auf die ‚positive‘, gegenläufige Seite von Vulnerabilität und umfasst Parameter wie Reliabilität (Ausfallsicherheit der Leistungserbringung) und Robustheit (Widerstandsfähigkeit) (Zio, 2016: 140; Bouchon, 2006: 80).

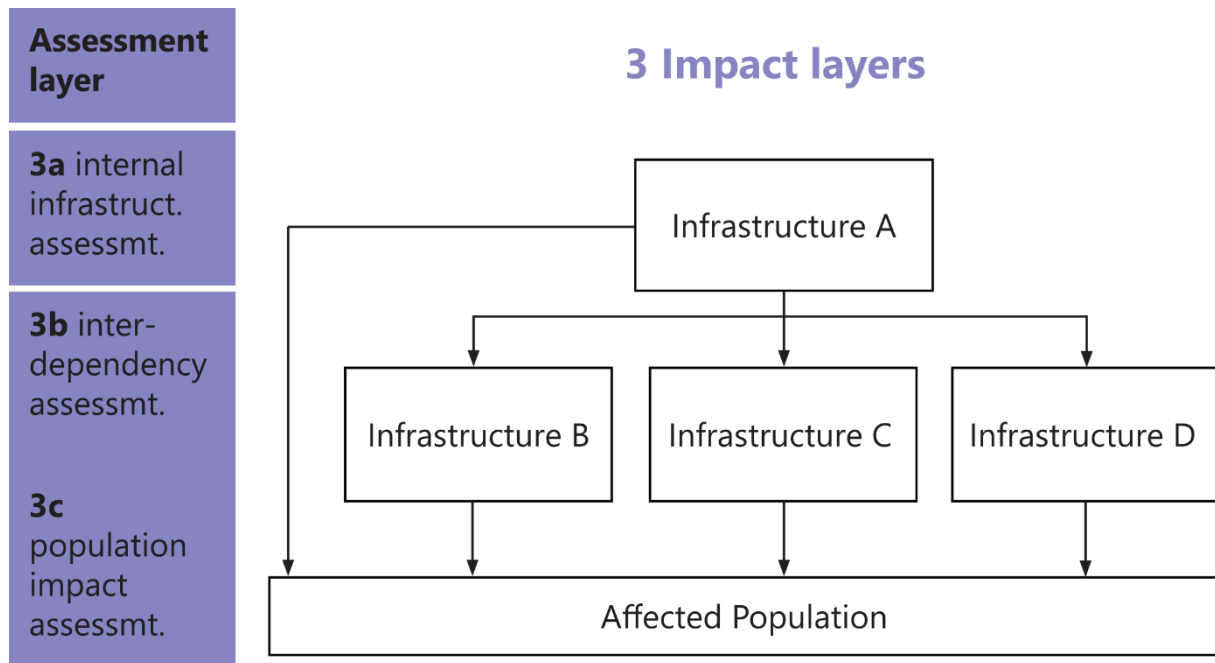
Um Resilienz (be-)greifbar zu machen, wird empfohlen, auf die ‚kritischsten‘ Teile eines Infrastruktursystems zu fokussieren, egal ob ein defizitorientiertes oder ein kapazitätsorientiertes Verständnis von Kritikalität vorherrscht (Crespo et al., 2018: 46f.). Kritikalität wird in zahlreichen Ansätzen daher als Leistungsfähigkeit zum Umgang mit Infrastrukturbeeinträchtigungen und -versagen verstanden und über Resilienzparameter (wie z. B. Robustheit, Redundanzen, Schnelligkeit, Anpassungsfähigkeit) ermittelt (Fekete, 2018: 36f., nach Fekete, 2011 und Tierney & Bruneau, 2007). Abseits der Empfehlung, Resilienz in Bau, Betrieb und Management von KRITIS zu berücksichtigen (Zio, 2016: 140), existieren bisher jedoch keine Operationalisierungsansätze.

Kritikalität als eigenes Konzept

Zusehends entsteht unter Forscher*innen unterschiedlicher Disziplinen eine Debatte über die Lösung von Kritikalität aus tradierten Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen (z. B. Kruse et al., 2021; Fekete, 2018; Engels, 2018a; Lukitsch et al., 2018). Dabei werden diverse Gründe angeführt, warum Kritikalität separat von Risiko und Vulnerabilität operationalisiert werden sollte (► s. auch Kap. 3.3.2). Diese umfassen einerseits logisch-konzeptionelle Begründungen, wie etwa, dass Risiko und Vulnerabilität die positive ‚Ermöglichungsdimension‘ von Kritikalität nicht zu umfassen vermögen (Engels, 2018a: 29; Engels & Nordmann, 2018: 7). Andererseits wird angeführt, dass die probabilistischen, ortsgebundenen Konzepte von Risiko und Vulnerabilität die Komplexität des SoS und insb. dessen funktionale Vernetzung nicht abzudecken vermögen (Kruse et al., 2021; Fekete, 2018: 26, 36f.).

Der bisher einzige Operationalisierungsansatz für Kritikalität als eigenes Konzept findet sich bei Fekete (2018) unter dem Titel des ‚*three impact layers assessment*‘. Der Grundgedanke ist, Kritikalität als separate Eigenschaft zu erfassen, im Ergebnis jedoch im weiteren Risikomanagement mit den Ergebnissen aus klassischen, anlagenbezogenen Risikoanalysen zusammenzuführen. Dieser Operationalisierungsansatz geht zunächst ebenfalls von einzelnen Anlagen aus, besitzt dann jedoch drei Untersuchungsebenen: die (auslösende) Infrastrukturanlage, die nachgelagerten, betroffenen Infrastrukturanlagen und zuletzt die (direkt und indirekt) betroffene Bevölkerung (s. Abb. 11). Das Kritikalitäts-Assessment berücksichtigt als Ausfallursache ausschließlich systeminterne Störungen, die sich aufgrund von Interdependenzen als Kaskadeneffekte auf andere Infrastrukturanlagen ausbreiten und dadurch systemextern wirksam werden (Fekete, 2018: 37f.).

Abbildung 11: Kritikalitäts-Assessment nach Fekete (2018)



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Fekete, 2018: 38.

Kritikalität wird in diesem Ansatz also unter zwei Perspektiven operationalisiert: zunächst als systeminterne Relevanz, die anhand der internen Leistungsfähigkeit (Positivbetrachtung) bzw. des maximal verursachten Versorgungsausfalls (Negativbetrachtung) ermittelt wird. Des Weiteren als systemexterne Relevanz, anhand der Auswirkungen einer Versorgungsleistungsunterbrechung für die Bevölkerung (Fekete, 2018: 36f.). Somit werden, zumindest theoretisch, nachgelagerte und grenzüberschreitende Effekte einer Beeinträchtigung sichtbar. Dieser Ansatz ist jedoch, nach eigener Einschätzung des Autors, in der Praxis nur unter großem Aufwand und daher schwierig umzusetzen und nach wie vor weiterentwicklungsbedürftig (Fekete, 2018: 11; Fekete, 2011: 17).

Nachdem die bestehenden Kritikalitätsverständnisse und Operationalisierungsansätze zusammengetragen und systematisiert wurden, gilt es diese nachfolgend zu diskutieren und vor dem Hintergrund der eingangs ermittelten KRITIS-Perspektiven zu verorten. Dabei werden zunächst die Operationalisierungsansätze diskutiert (► s. Kap. 3.2.1), um nahtlos an deren Beschreibung anknüpfen zu können, ehe anschließend die Verständnisse (► s. Kap. 3.2.2) diskutiert werden.

3.2 Diskussion des Forschungsstandes

Die folgende Diskussion des Forschungsstandes zielt darauf, Potenziale und Limitationen der Operationalisierungsansätze und Kritikalitätsverständnisse darzulegen, um den eventuellen Bedarf nach einer Weiterentwicklung zu argumentieren und dessen inhaltliche Ausgestaltung vorzubereiten. Die Diskussion der Operationalisierungsansätze verfolgt darüber hinaus das Ziel, diese tiefgehend zu

systematisieren, indem diese bezüglich der von ihnen bedienten KRITIS-Perspektiven und -Dimensionen (► s. Kap. 3) verortet werden.

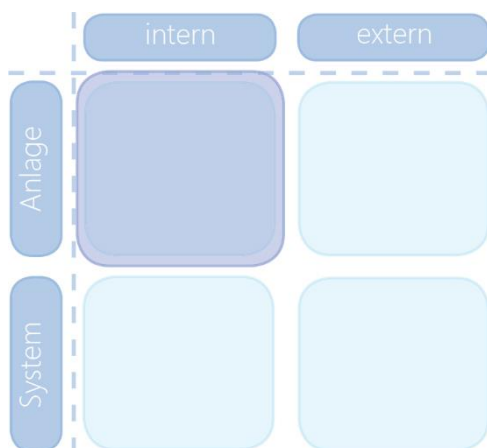
3.2.1 Diskussion der Operationalisierungsansätze

Da es bisher an einem einheitlichen, rahmengebenden Kritikalitätsverständnis mangelt, ist die Ausdifferenzierung zahlreicher unterschiedlicher Operationalisierungsansätze nicht verwunderlich. Nachfolgende Diskussion erfolgt, wie in ► Kapitel 3.1.2, entlang der unterschiedlichen konzeptionellen Anbindungen an die Konzepte von Risiko, Vulnerabilität und Resilienz bzw. der Loslösung als eigenes Konzept. Die Verortung dieser vor dem Hintergrund der KRITIS-Dimensionen ist jeweils visuell durch ein Piktogramm unterstützt.

Kritikalität im Kontext von Risiko

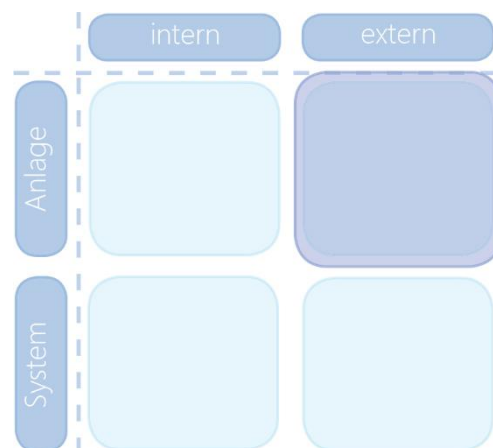
Die risikobezogenen Operationalisierungsansätze basieren vornehmlich auf einem Anlagenbezug. Die beiden ursprünglichen Blickrichtungen der gefährdeten und gefährdenden Infrastrukturanlagen (*CI at risk* – *CI pose risk*) unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Perspektive: Während erstere anlagenbezogen und KRITIS-intern ausgerichtet ist (s. Abb. 12), nimmt letztere eine anlagenbezogene, KRITIS-externe Perspektive ein (s. Abb. 13).

Abbildung 12: *CI at risk*



Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 13: *CI pose risk*



Quelle: eigene Darstellung.

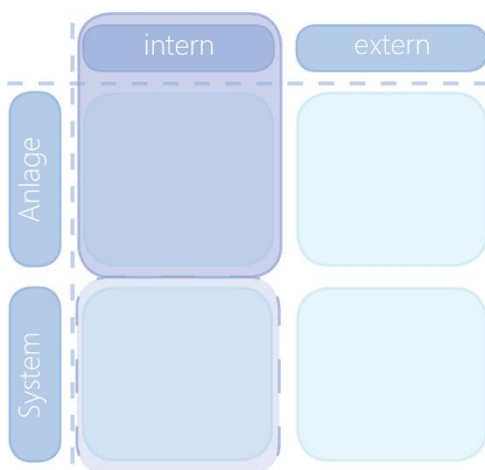
In der Operationalisierung stehen beide risikobezogenen Blickrichtungen der Herausforderung gegenüber, dass Gefährdung und Vulnerabilität anlagen- und standortbezogen ermittelt werden müssen. Während es für den Operationalisierungsansatz der gefährdeten Infrastrukturanlagen (*CI at risk*) erforderlich ist, (Natur-)Gefahren in ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Magnitude zu erfassen, erfordert der Operationalisierungsansatz der gefährdenden Infrastrukturen (*CI pose risk*), dass der Infrastrukturausfall selbst in Frequenz und Magnitude bemessen wird. Beides ist herausfordernd und praktisch häufig nicht umsetzbar, weshalb von einigen Wissenschaftler*innen der Begriff ‚Bedrohung‘ statt ‚Gefährdung‘ vorgezogen wird. Mit diesem Begriff soll ausgedrückt werden, dass

ein Infrastrukturversagen nicht (mit Gewissheit) mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit belegt werden kann (oder belegt werden sollte), weil es keine Referenzereignisse gibt (Bouchon, 2006: 76). Darüber hinaus bleibt oftmals unklar, wie die Vulnerabilität der Infrastrukturanlage respektive der betroffenen Schutzgüter ermittelt werden kann.

Der größte Diskussionsbedarf zeigt sich jedoch bei beiden Ansätzen in ihrem ausschließlichen Anlagenbezug. Die versorgungsleistungsbezogene Einbindung der Infrastrukturanlagen wird ausgeklammert, sodass jeweils lediglich eine KRITIS-Dimension abgedeckt ist. Schwierig ist darüber hinaus der Standortbezug, der sich aus der ausschließlichen Auseinandersetzung mit Infrastrukturanlagen ergibt. Denn selbst, wenn eine anlagenbezogene Ermittlung von Gefährdung und Vulnerabilität gelingt, handelt es sich bei KRITIS um komplexe, grenz- und systemüberschreitende Systeme, in denen sich Kaskadeneffekte über den ursprünglichen Gefährdungsraum hinaus ausbreiten können (Birkmann et al., 2016: 11, Greiving et al., 2016: 7; Zio, 2016: 146). Und auch die ‚Vulnerabilität von Infrastruktursystemen‘ – statt von einzelnen Anlagen – lässt sich nur schwer abschätzen, da erstens auch Vulnerabilität ein standortbezogenes Konzept ist (Cutter et al., 2000: 717) und zweitens aufgrund der engmaschigen Vernetzung letztendlich jeder erneuerte Anlagenbestandteil ungeahnte Auswirkung auf die Funktionsfähigkeit einer Infrastrukturanlage und damit wiederum auf das Gesamtnetz aus KRITIS haben kann (Egan, 2007: 12). Schlussendlich ist Kritikalität mit Risiko gleichzusetzen weder theoretisch-konzeptionell noch praktisch zielführend.

In der jüngeren Kritikalitätsforschung wurde der risikobezogene Operationalisierungsansatz daher mehrfach weiterentwickelt. Mittlerweile existieren mehrere Ansätze, die Kritikalität als Teilmenge von Risiko verstehen und diese als zusätzlichen Faktor, neben Gefährdung und Vulnerabilität, in die Risikogleichung aufnehmen (Risiko⁺-Ansätze) (► s. Kap. 3.1.2).

Abbildung 14: Risiko⁺-Ansätze

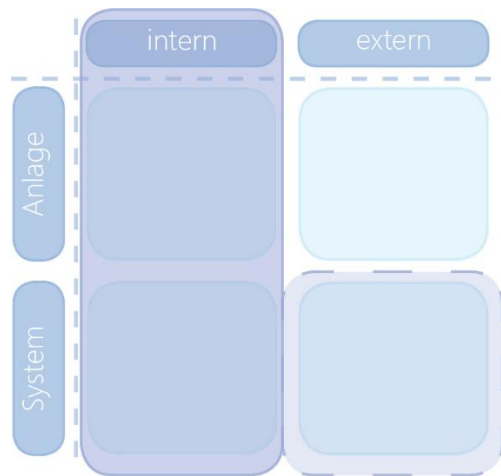


Quelle: eigene Darstellung.

Problematisch ist jedoch weiterhin an diesen weiterentwickelten Risiko-Ansätzen, z. B. von Theoharidou et al. (2009), Katina et al. (2014) und Forzieri et al. (2018), der primäre Anlagen- und Standortbezug. Daher gelten letztlich sämtliche o. g. Herausforderungen auch für diese Risiko⁺-Ansätze, wenngleich sie eine Vernetzung mit einzelnen, weiteren Infrastrukturanlagen berücksichtigen (s. gestrichelte Linie unten links in Abb. 14). Daher ist die theoretische Annahme, dass das Ausfallrisiko einer Anlage mit der Vernetzung anderer Anlagen steigt, zwar nachvollziehbar, allerdings kaum anwendbar.

Der Ansatz der ‚systemischen Risiken‘ (IRGC, 2018) umgeht das Dilemma des Anlagenbezuges, indem die gesamtsystemische Vernetzung und potenzielle Kaskadeneffekte über sog. ‚fat-tailed risks‘ ermittelt werden. Allerdings benötigen auch diese eine (stochastische) Berechnungsgrundlage, die jedoch aufgrund der fehlenden Referenzereignisse schwer bis gar nicht begründet werden kann (Bouchon, 2006: 76). Erschwerend kommt hinzu, dass es bisher keinen Operationalisierungsansatz für ‚systemische Risiken‘ gibt, sodass bspw. nicht geklärt ist, was unter Infrastruktursystemen im Detail verstanden wird.

Abbildung 15: ‚Systemic Risks‘



Quelle: eigene Darstellung.

Für alle risikobezogenen Operationalisierungsansätze von Kritikalität lässt sich daher festhalten, dass sie an der Herausforderung scheitern, KRITIS auch als komplexe, Versorgungsleistungen erbringende Systeme (be-)greifbar zu machen. Gründe hierfür sind ihr Objekt- und Standortbezug sowie ihre probabilistische, lineare Ausrichtung, die in ► Kapitel 3.3.2 tiefergehend reflektiert werden.

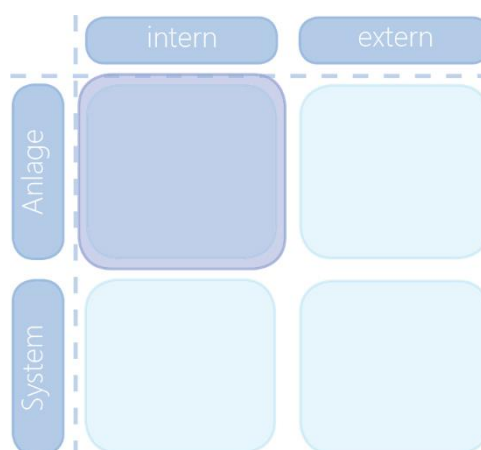
Kritikalität im Kontext von Vulnerabilität

In den meisten wissenschaftlichen Studien wird Kritikalität gegenwärtig in den Kontext von Vulnerabilität gesetzt. Häufig wird als Argument für die Verwendung eines vulnerabilitätsbezogenen Kritikalitätsansatzes herangezogen, dass dieser das Zusammenbringen von technischen und sozialen Faktoren ermöglicht und disziplinübergreifend verstanden wird (Eifert et al., 2018: 26, nach Bürkner, 2010, Bijker et al., 2014 und Wisner et al., 1977).

Wie in ► Kapitel 3.1.2 dargelegt, existieren jedoch mindestens drei vulnerabilitätsbezogene Denkströmungen, deren bloße Existenz das oben angeführte Argument der disziplinübergreifenden Verständlichkeit widerlegen. Diese Denkströmungen unterscheiden sich zum einen hinsichtlich der betrachteten Gefährdungen, zum anderen hinsichtlich ihres Bezugsrahmens, was eine Vergleichbarkeit der Ansätze unmöglich macht. Bspw. fokussieren manche Operationalisierungsansätze auf externe Gefährdungen (‚Ereignisversagen‘), andere auf interne Gefährdungen (‚Strukturversagen‘). Einige haben einen Technologiebezug (‚Anlagen-‘ oder ‚Systemversagen‘), andere einen Gesellschaftsbezug (‚Systemversagen‘) (Eifert et al., 2018: 24f.).

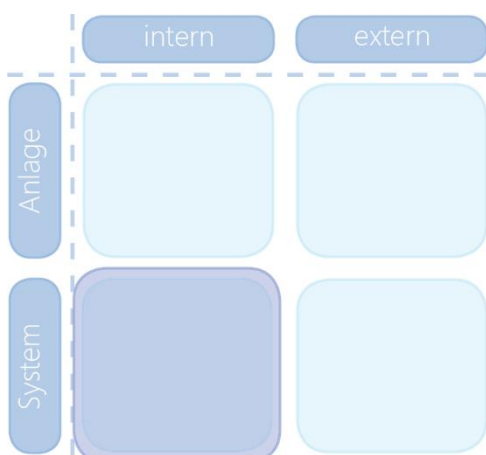
Die beiden Operationalisierungsansätze unter Denkströmung (1), in der Kritikalität als Anlagenvulnerabilität operationalisiert oder mit dieser gleichgesetzt wird, erinnern an den risikobezogenen Operationalisierungsansatz der gefährdeten Infrastrukturanlagen („CI at risk“). Es wird angenommen, dass jede Infrastrukturanlage eine gewisse Verwundbarkeit gegenüber (externen) Gefährdungen aufweist, die sich u. a. im Anlagenzustand bzw. einzelnen Anlagenbestandteilen ausdrückt. Ansätze unter dieser Denkströmung unterliegen letztlich den gleichen Herausforderungen wie ihr risikobezogenes Pendant, denn auch für diese Ansätze ist eine objekt- und standortbezogene Operationalisierung erforderlich, die eine gesamt-system-bezogene Betrachtung unmöglich macht.

Abbildung 16: Anlagenvulnerabilität



Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 17: Vulnerabilität interdependenter Systeme

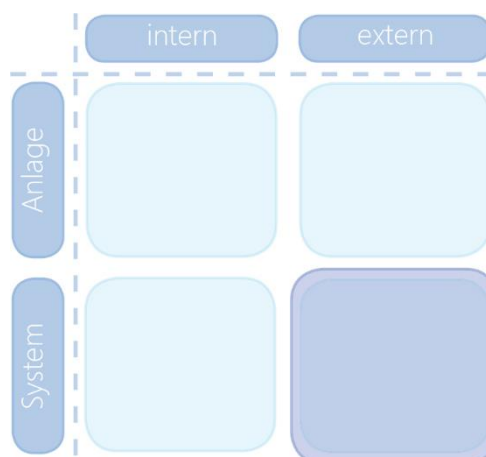


Quelle: eigene Darstellung.

Vulnerabilitätsbezogene Operationalisierungsansätze, die Kritikalität über den Grad der Vernetzung einer Infrastrukturanlage oder eines Infrastruktursystems messbar machen, nehmen i. d. R. eine KRITIS-interne, versorgungsleistungsbezogene Perspektive ein. In Einzelfällen beziehen sie sich jedoch, ähnlich den Risiko⁺-Ansätzen, auf einzelne Infrastrukturanlagen. Unter Verwendung uneinheitlicher Begriffsbezeichnungen antizipieren sie bspw. mögliche Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten. Damit stellen sie einen ersten Ansatzpunkt zur Operationalisierung von Infrastruktursystemen dar, wobei es bisher an einer grundlegenden, skalierbaren Erfassung des KRITIS-SoS mangelt.

Operationalisierungsansätze unter Denkströmung (3) erfassen Kritikalität als Relevanz einer Infrastrukturanlage oder eines Infrastruktursystems für die Versorgung der Gesellschaft, die einem Ausfall gegenüber vulnerabel ist. Damit nehmen diese eindeutig eine systemexterne Perspektive ein. Diese systemexterne Perspektive folgt überwiegend einem Versorgungsleistungsbezug, der die Relevanz dieser für die Gesellschaft und die Abhängigkeit der Gesellschaft von diesen ins Verhältnis zueinander setzt (Crespo et al., 2018: 45f.). Damit bilden sie, in gewisser Weise, das gesellschaftsbezogene Pendant zu Denkströmung (2) ab, da sie eine ausschließlich KRITIS-externe Perspektive einnehmen.

Abbildung 18: Gesellschaftliche Vulnerabilität



Quelle: eigene Darstellung.

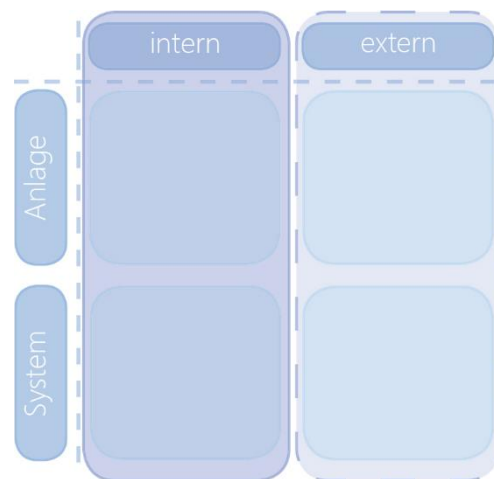
Eine wesentliche Herausforderung der vulnerabilitätsbasierten Operationalisierungsansätze von Kritikalität ist, dass sie unter demselben Begriff („Vulnerabilität“) gänzlich unterschiedliche Dinge erfassen. Die vulnerabilitätsbezogenen Operationalisierungsansätze lassen sich daher untereinander nicht vergleichen. Da Vulnerabilität darüber hinaus kontextbezogen ist und je nach Objekt, Gefährdung und Perspektive sowie soziokulturellem und politischem Kontext variiert (Eifert et al., 2018: 23, 26), ist anzuzweifeln, ob die begriffliche Anlehnung überhaupt zielführend ist. Denn Ansätze unter Denkströmung (1) unterliegen derselben Problematik des Objekt- und Standortbezuges wie risikobasierte Ansätze, unterscheiden sich häufig lediglich in der Wortwahl. Ansätze unter Denkströmung (2) zeigen zwar eine Möglichkeit der Operationalisierung systeminterner Kritikalität auf, setzen diese aber mit dem Vorhandensein von (Inter-)Dependenzen gleich, sodass die sprachliche Anlehnung an Vulnerabilität tendenziell irreführend ist. Ansätze unter Denkströmung (3) hingegen unterscheiden zwischen Kritikalität und Vulnerabilität und sehen diese als miteinander verflochten, allerdings nicht als Dasselbe an. Daher könnte auch argumentiert werden, dass solche Ansätze Kritikalität im Prinzip als eigenes Konzept (s. u.) begreifen.

Würden insb. die Ansätze unter Denkströmung (2) und (3) aus dem kontextbezogenen Verständnis von Vulnerabilität gelöst, ließen sich diese ggf. zur Operationalisierung einer Versorgungsperspektive anwenden. Dazu wäre zusätzlich jedoch eine Verknüpfung von KRITIS-interner und KRITIS-externer Perspektive erforderlich. Diese Möglichkeit wird in ► Kapitel 3.3 konkretisiert.

Kritikalität im Kontext von Resilienz

Der Vorteil der Anbindung von Kritikalität an das Resilienzkonzept ist, dass dieses so umfassend ist, dass sich Kritikalität argumentativ sowohl defizit- als auch kapazitätsorientiert anbinden lässt. Im Gegensatz zu risikobasierten Operationalisierungsansätzen ist es nicht erforderlich, Gefährdungen oder Vulnerabilitäten (weder probabilistisch, noch stochastisch) quantifizieren zu können. Stattdessen ist das Bewusstsein über das Vorhandensein von Unsicherheiten und ein Fokus auf die systembezogene Widerstandsfähigkeit ausreichend. Aufgrund der Flexibilität des Resilienzkonzepts gewinnt dieses zusehends an Bedeutung und die Erhöhung der Resilienz des sozio-technischen Systems gilt immer häufiger als das ultimative Entwicklungsziel.

Abbildung 19: Resilienz



Quelle: eigene Darstellung.

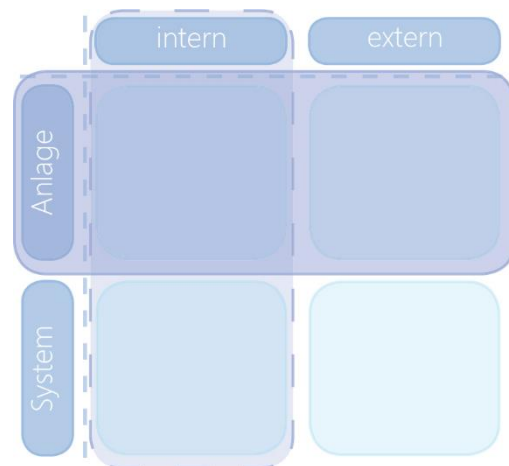
Zugleich ist die definitorische Weite des Resilienzkonzepts eine Herausforderung für die Kritikalitätsforschung. Denn bisher gibt es keinen Operationalisierungsansatz, der Kritikalität in diesem messbar macht. So gilt zwar als Maßgabe, dass eine hohe Systemrobustheit und das Vorhandensein von Redundanzen die Kritikalität zu reduzieren vermögen (Fekete, 2018: 36f.), allerdings fehlt es an einer Quantifizierung die letztlich dem relativen Maß von Kritikalität gerecht werden würde. Entsprechend kann Resilienz eher als (qualitatives) Leitbild, unter dem die Interaktion zwischen KRITIS-SoS und Gesellschaft stattfindet, statt als Operationalisierungsansatz verstanden werden.

Kritikalität als eigenes Konzept

Da die Konzepte von Risiko, Vulnerabilität und Resilienz in der Operationalisierung von Kritikalität an deutliche Grenzen stoßen, fordert die jüngere Kritikalitätsforschung die Behandlung von Kritikalität als eigenständiges Konzept. Innerhalb dessen soll es möglich sein, Kritikalität sowohl defizit- als auch kapazitätsorientiert zu verstehen, die Relativität, Normativität und Maßstabsabhängigkeit anzuerkennen und zugleich ein rahmengebendes, versorgungsleistungsbezogenes Verständnis aus KRITIS-interner und -externer Perspektive zu etablieren (Kruse et al., 2021; Engels, 2018a: 29; Engels & Nordmann, 2018: 7; Fekete, 2018: 26, 36f.; Lukitsch et al., 2018: 14f.).

Als bisher einziger Operationalisierungsansatz, dem dieser Bezug zwischen Infrastrukturanlagen und gesellschaftlichen Konsequenzen gelingt, gilt das ‚*three impact layers assessment*‘ nach Fekete (2018). In gewisser Weise handelt es sich bei Feketes Ansatz um eine Rückbesinnung auf das ursprüngliche, konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis, in dem zwar die gesellschaftlichen Auswirkungen im Untersuchungsmittelpunkt stehen, allerdings auch die Vernetzung von KRITIS berücksichtigt wird. Dieses geht zwar ursächlich von räumlich konkreten, einzelnen Infrastrukturanlagen aus, ermittelt dann jedoch, ebenfalls räumlich konkret, deren systemische Vernetzung und Abhängigkeiten von anderen Infrastrukturanlagen, ehe potenzielle direkte und indirekte Auswirkungen auf die Gesellschaft abgeschätzt werden.

Abbildung 20: Kritikalitäts-Assessment



Quelle: eigene Darstellung.

Positiv hervorzuheben ist an diesem Ansatz, dass Kritikalität auch positive Aspekte, wie bspw. Krisenfestigkeit umfassen kann und, nach Abschluss der Ermittlung der Kritikalität, als separater Baustein neben Risiko- oder Vulnerabilitätsanalysen in ein Risikomanagement eingeht (Fekete, 2018: 26). Ein Nachteil des Kritikalitäts-Assessments ist, dass der Analysegegenstand konkrete Infrastrukturanlagen und deren örtliche Vernetzung sind (Fekete, 2018: 38, 63). Damit ist der Ansatz insb. für den (ortsgebundenen) Bevölkerungsschutz von Interesse, vermag jedoch nicht die zugrundeliegende systemische Vernetzung des KRITIS-SoS zu erfassen. Zudem ist der Operationalisierungsansatz zur praktischen Erfassung der Vernetzung auf eine sehr gute Datenlage bzw. Kooperationsbereitschaft der Anlagenbetreiber*innen angewiesen.

Konklusion

Der bisherige Forschungs- und Erkenntnisstand weist viele, teilweise sehr unterschiedliche Operationalisierungsansätze für KRITIS und ihre Kritikalität auf. Dabei lässt sich feststellen, dass bisher kein einzelner Ansatz alle KRITIS-Dimensionen zu umfassen vermag und dass für jede Dimension mindestens zwei unterschiedliche Ansätze existieren. Aufgrund der Angliederung an verschiedene konzeptionelle Verständnisse stehen teilweise auch Ansätze derselben KRITIS-Dimension im Widerspruch zueinander.

Der Versuch einer Anbindung von Kritikalität an etablierte Konzepte wie Risiko und Vulnerabilität ist nicht per se negativ zu beurteilen, da durch ein solches Vorgehen theoretisch Ressourcen gespart werden können. Allerdings konnte gezeigt werden, dass die bisherige Anbindung dazu führt, dass das komplexe KRITIS-SoS in seinem funktionalen, grenzüberschreitenden Charakter (► s. Kap. 1.1.2) nicht abgebildet werden kann.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass es gegenwärtig sowohl in der Unterscheidung von Infrastrukturanlagen und -systemen als auch der Differenzierung zwischen KRITIS-internen und -externen Versorgungsleistungen, ebenfalls aufgrund der variierenden konzeptionellen Grundlagen, zu Widersprüchen kommt. Daher besteht weiterhin der Bedarf nach einem einheitlichen, rahmengebenden Kritikalitätsverständnis, auf dessen Grundlage Operationalisierungsansätze entwickelt werden können, die alle KRITIS-Dimensionen widerspruchsfrei umfassen und diese auch praktisch anwendbar machen (Fekete, 2018: 27 nach Theoharidou et al., 2009; Katina & Hester, 2013: 219). Ehe ein solches identifiziert oder entwickelt werden kann (► s. Kap. 3.3), ist es zunächst erforderlich, die bestehenden Kritikalitätsverständnisse zu diskutieren und der Frage nachzugehen, worin sich die Ausprägung so zahlreicher, unterschiedlicher Operationalisierungsansätze begründet (► s. Kap. 3.2.2).

3.2.2 Diskussion der bestehenden Kritikalitätsverständnisse

Von den drei Kritikalitätsverständnissen, dem konsequenzbezogenen, dem systemischen und dem symbolischen, ist ersteres die Grundlage der meisten Operationalisierungsansätze (► s. Kap. 3.2.1). Das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis stellt die systemexternen Konsequenzen, die sich aufgrund eines Infrastrukturversagens für die Gesellschaft ergeben, in den Fokus. Damit dient es u. a. den Operationalisierungsansätzen ‚*CI pose risk*‘ und Vulnerabilitätsdenkströmung (3) als Basis.

Theoretisch ist es so konzipiert, dass zwar die gesellschaftlichen Auswirkungen im Vordergrund stehen, deren Ursachen innerhalb des KRITIS-SoS jedoch inkludiert werden (Lukitsch et al., 2018: 17). Somit umspannt das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis, zumindest idealtypisch, zu einem gewissen Teil auch eine systemische und eine symbolische Perspektive. In der Anwendung hat sich allerdings manifestiert, dass unter dem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis überwiegend direkte, also unmittelbare, gesellschaftliche Konsequenzen des Ausfalls einer Infrastrukturanlage betrachtet werden (Myers & Sorrentino, 2011: 68). Es wird also bspw. untersucht, wie viele Personen oder Haushalte von einer Infrastrukturanlage versorgt werden und im Falle eines Versorgungsausfalls von diesem betroffen wären. Konsequenzbezogene Kritikalität wird dann häufig, wie auch in der BSI-KritisV, über Schwellenwerte klassifiziert: je mehr Personen oder Haushalte potenziell betroffen sind (oder je größer der wirtschaftliche Schaden ist), desto ‚kritischer‘ ist die Infrastrukturanlage. Das KRITIS-SoS wird aufgrund seiner Komplexität i. d. R. außer Acht gelassen. Entsprechend deckt das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis in seiner Anwendung gegenwärtig nahezu ausschließlich eine KRITIS-externe Perspektive ab.

Das systemische Kritikalitätsverständnis ist aufgrund seines Bedeutungswandels stark verworren. Je nach Disziplin und Veröffentlichungsepoche kann systemische Kritikalität eine anlagenbezogene oder eine versorgungsleistungsbezogene Perspektive umfassen (Engels, 2018a: 30f.; Fekete,

2018: 36f.; Folkers, 2018: 132f.; Münzberg & Ottenburger, 2018: 183; Bouchon, 2006: 48). Dieser Umstand macht den Vergleich von Forschungsergebnissen unter diesem Verständnis besonders schwierig. Theoretisch wird unter einem systemischen Kritikalitätsverständnis schon lange nicht mehr die Vernetzung einzelner Anlagenbestandteile verstanden, wie teilweise noch in den Risiko⁺-Ansätzen umgesetzt. Stattdessen werden Versorgungssysteme und ihre (Inter-)Dependenzen untersucht, wie es Gegenstand von Vulnerabilitätsdenkströmung (2) ist. Bouchon (2006) bringt die Notwendigkeit zur Betrachtung der Versorgungsleistungen wie folgt auf den Punkt: Wird systemische Kritikalität mit einer anlagenbezogenen Relevanz gleichgesetzt und die Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Systemen ignoriert, führt dies im schlechtesten Fall zu kontraproduktiven Politikentscheidungen (Bouchon 2006: 58).

In der Praxis nähert sich also das heutige, versorgungsleistungsbezogene Verständnis von systemischer Kritikalität dem (theoretischen) Verständnis von konsequenzbezogener Kritikalität an. Dies tut es, indem es die systeminterne Perspektive in den Fokus rückt, die letztlich den Ausgangspunkt für eine systemexterne, konsequenzbezogene Betrachtung darstellen sollte. Dennoch sind derzeit kaum Operationalisierungsansätze vorhanden, die diese Differenzierung vornehmen, sodass es in Konsequenz zu begrifflichen und inhaltlichen Überlagerungen kommt.

Das symbolische Kritikalitätsverständnis repräsentiert, wie das konsequenzbezogene auch, eine KRITIS-externe Perspektive und ist damit auf die Gesellschaft ausgerichtet. Der Unterschied zwischen dem symbolischen und dem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis liegt darin, dass es bei ersterem nicht um die Versorgung mit (über-)lebensnotwendigen Gütern und Leistungen geht, sondern um kulturell-ideelle Werte und immaterielle Güter. Lenz (2009) stellt fest, dass ein symbolisches Kritikalitätsverständnis ermöglicht, dass Infrastrukturen mit symbolischer Bedeutung, wie z. B. das Brandenburger Tor, als KRITIS deklariert werden können, auch ohne dass deren Zerstörung einen Versorgungsausfall i. e. S. hervorruft (Lenz, 2009: 20).

Im Vergleich zu den anderen beiden Verständnissen beschreibt symbolische Kritikalität also kein relatives, sondern ein absolutes Konzept: eine Infrastruktur kann also entweder eine symbolische Kritikalität aufweisen, oder nicht. Dadurch mag es sich zur Identifizierung von ‚kritischen‘ Anlagen durchaus eignen, entzieht sich aber weitgehend einer relativen Operationalisierung und ordinalskalierten Priorisierung und in gewisser Weise auch den Charakteristika von Kritikalität: Normativität, Relativität und Maßstabsabhängigkeit (► s. Kap. 1.1.3).

In der jüngeren Kritikalitätsforschung erfolgt i. d. R. keine separate Betrachtung von symbolischer Kritikalität mehr (Lukitsch et al., 2018: 14). Auch findet sich kein Operationalisierungsansatz, der auf symbolische Kritikalität ausgerichtet ist (► s. Kap. 3.1.2). Während in der Erstfassung der deutschen KRITIS-Strategie Infrastrukturen von symbolischer Bedeutung noch einen eigenen Sektor ‚Sonstiges‘ darstellten, sind diese mittlerweile in den Sektor *Medien & Kultur* eingereiht. Allerdings ist bis heute nicht abschließend geklärt, ob symbolisch relevante Infrastrukturanlagen trotzdem systemisch vernetzt sind, also potenzielle Kaskadeneffekte weiterzugeben vermögen, oder ob diese ausschließlich extern auf die Gesellschaft wirken. Dieser Frage wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch nachgegangen (► s. Kap. 6.1)

Zusammenfassend ist festzustellen, dass im gegenwärtigen Gebrauch keines der Kritikalitätsverständnisse zugleich eine systeminterne und eine systemexterne Perspektive abzudecken vermag.

Zugleich bestehen zwischen dem systemischen und dem konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis inhaltlich-definitive Überschneidungen, die zu Missverständnissen führen. Auch ist diskutabel, ob symbolische Kritikalität überhaupt eine versorgungsleistungsbezogene Perspektive einnimmt.

Somit ist es nicht überraschend, dass gegenwärtig zahlreiche unterschiedliche Operationalisierungsansätze existieren. Daher ist es erforderlich, ein einheitliches, rahmengebendes Kritikalitätsverständnis zu etablieren, das die unterschiedlichen Perspektiven zu umfassen vermag, Überschneidungen ausräumt und die bisherigen Verständnisse zueinander ins Verhältnis setzt. Denn erst, wenn diese inhaltlich-definitive Debatte geklärt ist, kann auch die Entwicklung entsprechender Operationalisierungsansätze erfolgen. Dieser Herausforderung widmet sich das nachfolgende Unterkapitel.

3.3 KRITIS theoretisch-konzeptionell (be-)greifbar machen

Wie die vorherigen Ausführungen gezeigt haben, sind in der gegenwärtigen, theoretisch-konzeptionellen Auseinandersetzung mit KRITIS und Kritikalität mehrere Mängel festzustellen. Erstens fehlt es an einem rahmengebenden Kritikalitätsverständnis, das eine interne und eine externe Perspektive auf Versorgungsleistungen vereint und das Verhältnis der bisherigen Verständnisse überschneidungsfrei und widerspruchsfrei klärt. Zweitens fehlt es an einer theoretisch-konzeptionellen Distinktion des Kritikalitätskonzeptes von anderen Konzepten, wie Risiko und Vulnerabilität. Drittens fehlt es bisher an einer klaren Differenzierung zwischen dem KRITIS-SoS und seinem sozio-technischen ‚environment‘ und einer Unterscheidung zwischen ‚kritischen‘ Infrastrukturanlagen und -systemen. An ebendiesen Mängeln setzt nachfolgend jeweils ein Unterkapitel an. Abschließend werden die konzeptionellen Weiterentwicklungen zusammengeführt, indem die KRITIS-Dimensionen im Detail ausgestaltet werden (► s. Kap. 3.3.4), was wiederum die Grundlage bildet, um im Folgekapitel einen Operationalisierungsansatz zu entwickeln (► s. Kap. 4.2).

3.3.1 Entwicklung eines integrierten Kritikalitätsverständnisses

Die Herausforderung bezüglich der bestehenden Kritikalitätsverständnisse liegt in deren inhaltlich-konzeptionellen Überschneidung bei gleichzeitiger Trennung in eine entweder KRITIS-interne oder -externe Perspektive. Als Antwort auf diese Herausforderungen ist es erforderlich, eine integrierte Perspektive auf sowohl interne als auch externe Versorgungsleistungen von KRITIS einzunehmen. Die bestehenden Kritikalitätsverständnisse bieten dazu eine gute Basis, sofern sie miteinander kombiniert und dahingehend präzisiert werden, dass ihre bisherige inhaltliche Überschneidung ausgeräumt wird.

Das Verständnis von systemischer Kritikalität deckt, sofern es unter dem weiterentwickelten, versorgungsleistungsbezogenen Verständnis (und nicht unter dem ingenieurwissenschaftlichen Verständnis) verwendet wird, die KRITIS-interne Versorgungsleistungsperspektive ab. Unter dieser wird die Relevanz der Versorgungsleistungen von KRITIS füreinander innerhalb des SoS verstanden. Wird zudem das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis dahingehend präzisiert, dass es sich ausschließlich auf die Konsequenzen einer möglichen Versorgungsleistungsunterbrechung für die Gesellschaft bezieht, deckt es die KRITIS-externe Versorgungsleistungsperspektive ab. Symbolische Kritikalität, die ebenfalls eine KRITIS-externe, gesellschaftliche Perspektive beschreibt, kann im Sinne der Reduzierung von definitorischen Überschneidungen als Teilmenge der konsequenzbezogenen Kritikalität verstanden werden¹⁶. Konsequenzbezogene Kritikalität umfasst damit alle physischen und kulturell-ideellen Konsequenzen für die Gesellschaft.

Somit werden das systemische und konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis zwei Bestandteile von integrierter Kritikalität. Sie verdeutlichen die Relevanz der Versorgungsleistungen von KRITIS sowohl innerhalb des KRITIS-SoS als auch für die Gesellschaft. Die integrierte Kritikalität ist entsprechend umso höher, je relevanter eine Versorgungsleistung für das Funktionieren des KRITIS-SoS und für die Gesellschaft ist.

Als Formel ausgedrückt ist integrierte Kritikalität entsprechend:

$$K_{\text{int}} = K_{\text{system}} + K_{\text{konsequenz}}(K_{\text{symb}})$$

Dieses Verständnis von Kritikalität wird fortan als ‚integrierte Kritikalität‘ bezeichnet und folgende Definitionen aufgestellt, die allen weiteren Ausführungen zugrunde liegen:

*Unter **systemischer Kritikalität** wird die positive wie negative, KRITIS-interne, d. h. SoS-bezogene Relevanz der Versorgungsleistungen von KRITIS füreinander verstanden.*

*Unter **konsequenzbezogener Kritikalität** wird die positive wie negative, KRITIS-externe, d. h. gesellschaftsbezogene Relevanz der Versorgungsleistungen von KRITIS verstanden.*

*Unter **symbolischer Kritikalität** wird eine kulturell-ideelle, psychologische gesellschaftliche Relevanz kritischer Infrastrukturen verstanden, die eine Teilmenge von konsequenzbezogener Kritikalität darstellt.*

***Integrierte Kritikalität** beschreibt ein umfassendes Verständnis von KRITIS-interner, systemischer und KRITIS-externer, konsequenzbezogener inkl. symbolischer Kritikalität.*

¹⁶ Diese Annahme scheint implizit auch das BMI in der nationalen KRITIS-Strategie zu treffen, da Teilspektoren von symbolischer Relevanz mittlerweile nicht mehr in einem eigenen Sektor geführt werden (Lenz, 2009: 20).

3.3.2 Kritikalität als Konzept

Wie in den ► Kapiteln 3.1.2 und 3.2.1 dargelegt, orientieren sich bisherige Operationalisierungsansätze zur Bemessung der Kritikalität ‚kritischer‘ Infrastrukturanlagen und -systeme überwiegend an etablierten Konzepten, wie Risiko und Vulnerabilität. Während gegen den Versuch einer Anbindung insb. aus Ressourcengründen nichts einzuwenden ist, offenbart die Diskussion des aktuellen Forschungsstandes jedoch so deutliche Limitationen, dass eine Etablierung von Kritikalität als eigenes Konzept erforderlich wird. Zur Begründung dieser Forderung sind nachfolgend die zentralen Argumente gegen die einzelnen Konzepte und für die Etablierung eines eigenen Konzepts zusammengetragen.

Die wesentlichen zwei Argumente gegen eine Anbindung von Kritikalität an das Risikokonzept sind die Erfordernisse des Objekt- und Standortbezuges. Klassische Risikoansätze betrachten jeweils die Vulnerabilität einer physischen Anlage, die sich gegenüber einer standortbezogenen Gefährdung ergibt. Damit vernachlässigen diese die Komplexität des KRITIS-SoS, die sich aufgrund seiner engmaschigen Vernetzung ergibt und sich durch einen funktionalen, grenz- und systemüberschreitenden Charakter auszeichnet. Eine Untersuchung einzelner Anlagen und konkreter Standorte greift somit für das KRITIS-SoS schlichtweg zu kurz (Birkmann et al., 2016: 11, Greiving et al., 2016: 7; Zio, 2016: 146) und eignet sich maximal zur Untersuchung konkreter Anlagen.

Abseits des grenz- und systemüberschreitenden Charakters des KRITIS-SoS zeigt sich eine weitere Limitation in der probabilistischen Natur risikobasierter Ansätze, die zum Treffen von Aussagen über Eintrittswahrscheinlichkeiten, Vulnerabilitäten und dem Schadensausmaß erforderlich ist. Alle drei Aspekte basieren auf linearen Ursache-Wirkung-Zusammenhängen, die in einem eng vernetzten SoS nicht zuletzt aufgrund der indirekten Abhängigkeiten nicht vorhanden sind (IRGC, 2018: 9; Libbe et al., 2018: 54; Pinto et al., 2012: 36, nach Haimes, 2008), bzw. nicht ohne Weiteres extrahiert werden können. Denn wird der Versuch unternommen, das KRITIS-SoS in seine einzelnen Bestandteile zu zerlegen, lässt sich jeweils nur ein stark begrenzter Teil der Systemwirklichkeit abbilden. Werden auf Basis dessen Entscheidungen getroffen, bspw. über den prioritären Schutz einzelner Anlagen, kann dies schwerwiegende Folgen haben, die sich an anderer Stelle im SoS äußern (Vester, 2015: 37). Bspw. ist es wahrscheinlich, dass systemische Kaskadeneffekte unterschätzt werden (Eusgeld et al., 2011: 680; Johansson & Hassel, 2010: 1335f.), was letztlich, wie Bouchon (2006) warnt, zu kontraproduktiven, fehlgeleiteten Politikentscheidungen führen kann. Letztlich sind KRITIS aufgrund ihrer Einbindung in ein SoS also mehr als die Summe ihrer (Anlagen-)Bestandteile und somit auch mehr, als mit anlagenbezogenen Risikoanalysen abgebildet werden könnte.

Selbst wenn, wie in den Risiko⁺-Ansätzen, einseitig gerichtete Abhängigkeiten inkludiert werden, fehlt es noch immer an einer Berücksichtigung der indirekten Abhängigkeiten, möglicher (Inter-)Abhängigkeiten und der Dynamik des Gesamtsystems (Katina et al., 2014: 23). Um diese abzubilden wären dynamische Modellierungen notwendig, die in der Lage sind, den aufgrund der (Inter-)Abhängigkeiten variierenden Systemzustand inkludieren zu können. Da solche Modellierungen jedoch selbst computergestützt (noch) nicht realisierbar sind (Haimes, 2009: 1651), beziehen die meisten Ansätze oftmals selbst einseitige Abhängigkeiten nicht mit ein (Zio, 2016: 138; Johansson & Hassel, 2010: 1335f.; Eusgeld et al., 2009: 954).

Der IRGC-Ansatz der ‚systemischen Risiken‘ kommt einer Perspektive auf das KRITIS-SoS am nächsten, basiert allerdings ebenfalls auf einer – wenngleich stochastischen – Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten. Da solche Daten i. d. R. nicht vorliegen, einem szenariobasierten Denken widersprechen und eine systemexterne Versorgungsleistungsperspektive ausklammern, bietet sich auch dieser Ansatz nicht dazu an, die Kritikalität von KRITIS umfänglich zu erfassen.

Zuletzt ist bezüglich der risikobasierten Operationalisierungsansätze anzuführen, dass das KRITIS-SoS selbst auch nur Teil eines komplexen sozio-technischen Systems ist, das durch Trends wie Urbanisierung und Bevölkerungsentwicklung, demographischen Wandel, Klimawandel, globalen Handel, Finanzcrashes, Krankheitsausbrüche und Innovationen in diversen Bereichen beeinflusst ist (Birkmann et al., 2016: 7; Schwalb et al., 2016: 11, nach Gamper, 2014 und Aven & Renn, 2010; Zio, 2016: 146) Diese Komplexität prallt in Realität auf die scheinbare Simplität von risikobezogenen Ansätzen und lässt weder Gefährdungen noch Vulnerabilitäten umfassend und gewiss abschätzen (Zio, 2016: 147). Haines (2016) bringt das Dilemma um risikobasierte Ansätze wie folgt auf den Punkt: *„To the extent that risk analysis is precise and simple, it is not real. To the extent that risk analysis is real and complex, it is not precise“* (Haines, 2016: 56).

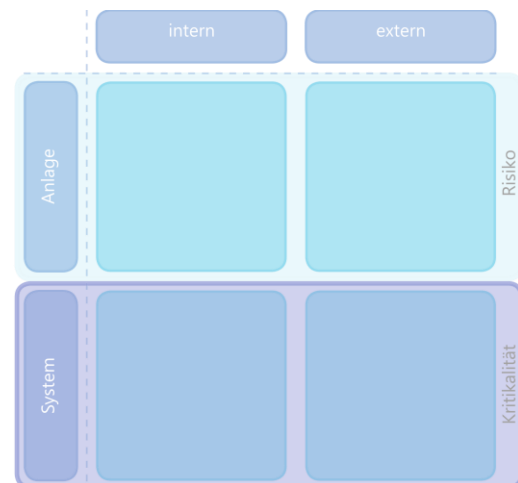
Das wesentliche Problem von Operationalisierungsansätzen, die Kritikalität in Anbindung an das Konzept von Vulnerabilität erfassen, liegt in der Mehrfachverwendung des Begriffs und seinen unterschiedlichen konzeptionellen Ausgestaltungen. Ein Grund für die Ausprägung der unterschiedlichen Denkströmungen und ihr jeweiliges Begriffsverständnis liegt sicherlich im Bedeutungswandel, der sich innerhalb des konzeptionellen Verständnisses von Vulnerabilität ergeben hat. Denn während der IPCC (engl. *„Intergovernmental Panel on Climate Change“*, Weltrisikorat) in seinen Sachstandsberichten (engl. *„assessment reports“*; AR) AR 3 und AR 4 Vulnerabilität noch im Sinne der Risikoforschung als Baustein von Risiko erachtete, wird Vulnerabilität spätestens seit dem IPCC-Sonderbericht *„Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation“* (kurz: SREX) (2012) von Risiko getrennt betrachtet und als Verwundbarkeit von *„Menschen, Ökosystemen, Infrastrukturen und Städten“* (Birkmann et al., 2017: 270) verstanden (Birkmann et al., 2017: 268).

Dennoch zeigen die vulnerabilitätsbezogenen Operationalisierungsansätze des ► Kapitels 3.1.2 in mehrfacher Hinsicht bessere Anknüpfungspunkte als die risikobezogenen Ansätze. Denn unter Denkströmung (2) wird der systemischen Vernetzung von KRITIS insofern Rechnung getragen, als dass der Vernetzungsgrad (von Anlagen oder Systemen) als Grundlage zur Approximation möglicher Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten herangezogen wird. Werden die variierenden begrifflichen Bezeichnungen ausgeklammert, zeigt sich zumindest ein Weiterentwicklungspotenzial zur Erfassung dessen, was systemische Kritikalität ausmacht. Und auch Denkströmung (3), die die gesellschaftliche Vulnerabilität gegenüber einer möglichen Unterbrechung von Versorgungsleistungen durch KRITIS fokussiert, bietet Anknüpfungspotenzial, und zwar zur Erfassung der konsequenzbezogenen Kritikalität. Da dieser Ansatz Vulnerabilität auf die Gesellschaft und nicht auf das KRITIS-SoS bezieht, wäre zudem eine begriffliche Verwirrung ausgeschlossen. Über die Möglichkeiten zur weiteren Ausgestaltung und ggf. Kombination dieser Ansätze, wird in ► Kapitel 3.3.4 diskutiert.

Da, wie in ► Kapitel 3.2.1 festgestellt, Resilienz bisher lediglich theoretisch, nicht jedoch praktisch als Basis für Operationalisierungsansätze genutzt wird, dient dieses bisher eher als – sicherlich erstrebenswertes – Leitbild für den KRITIS-Schutz.

Es gilt daher, Kritikalität als eigenes Konzept zu etablieren, das sich auf die funktionalen, kritischen Systeme und ihre systeminternen und systemexternen Versorgungsleistungen konzentriert. Denn diese können, wie in ► Kapitel 1.1.3 dargelegt, normativ, relativ und maßstabsabhängig bewertet und im Einklang mit einem integrierten Kritikalitätsverständnis ausgestaltet werden. Sie bedürfen daher weder einer Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeit noch eines räumlichen Standortbezugs. Unter einem solchen Konzept von Kritikalität werden Infrastrukturanlagen ausschließlich hinsichtlich ihrer funktionalen Einbettung in die versorgungsleistungserbringenden Systeme erfasst. Die physische Perspektive ist hingegen Gegenstand des Risikokonzepts, wie Abbildung 21 veranschaulicht.

Abbildung 21: Kritikalität vs. Risiko



Quelle: eigene Darstellung.

Ein solches theoretisch-konzeptionelles Verständnis von Kritikalität macht es erforderlich, dass neue Operationalisierungsansätze, insb. zur Erfassung und Bewertung der KRITIS-internen Versorgungsleistungen, entwickelt werden. Solche Ansätze sollten grundsätzlich als Basis herangezogen werden, ehe räumlich konkrete Ansätze, wie bspw. von Fekete (2018), durchgeführt werden. Denn erst dann, wenn einer anlagen- und raumspezifischen Untersuchung eine gesamtsystemische Kritikalitätsabschätzung zugrunde gelegt werden kann, lässt sich sicherstellen, dass die gesamtsystemische Vernetzung angemessen berücksichtigt wird.

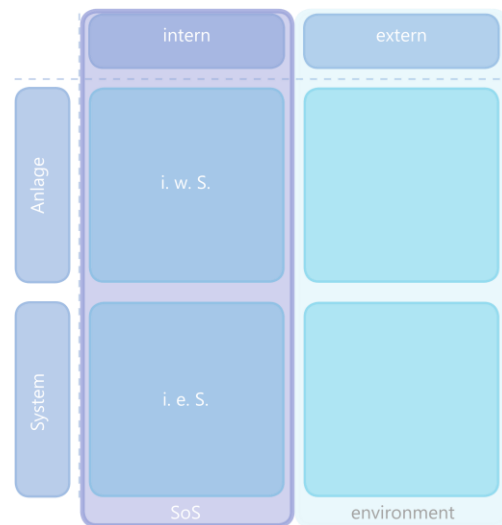
3.3.3 Konkretisierung des KRITIS-SoS

Wie die diversen Operationalisierungsansätze zeigen, werden in unterschiedlichen Disziplinen diverse konzeptionelle Anbindungen der Operationalisierungsansätze für das KRITIS-SoS vorgenommen und durchaus sehr unterschiedlich definiert. Um inhaltliche und begriffliche Missverständnisse diesbezüglich möglichst auszuräumen wird das Verständnis des KRITIS-SoS nachfolgend für diese Arbeit definiert, indem es zu seinem (komplexen) sozio-technischen ‚environment‘ abgegrenzt und in sich weiter ausdifferenziert wird.

Wie die Charakterisierung von KRITIS (► s. Kap. 1.1.2) zeigt, formen diese aufgrund ihrer (gegenseitigen) Abhängigkeiten ein hochgradig vernetztes und daher komplexes, funktionales Wirkungsgefüge, das aufgrund seiner zahlreichen Subsysteme als SoS bezeichnet wird (Attribut 3). Aufgrund seiner funktionalen Vernetzung lässt es sich nicht an räumlichen oder systembezogenen Grenzen festmachen (Attribut 4) und ist zugleich in seiner komplexen Gesamtheit niemals vollständig (be-)greifbar (Attribut 7). Werden Veränderungen an einzelnen Subsystemen vorgenommen, wirken sich diese potenziell durch die Vernetzung auf das gesamte Wirkungsgefüge aus (Attribut 5). Aus demselben Grund können sich Unterbrechungen der Versorgungsleistungen kaskadenartig über das Gesamtsystem ausbreiten (Attribut 6).

Aus dieser Charakterisierung lässt sich ableiten, dass sich das KRITIS-SoS immer auf die KRITIS-internen Versorgungsleistungen bezieht und i. e. S. auf dessen funktionale Vernetzung abstellt. I. w. S. umfasst es jedoch auch einzelne, physische Infrastrukturanlagen und ihre Anlagenbestandteile, da diese die Voraussetzung für die funktionale Vernetzung bilden. Zugleich steht das KRITIS-SoS nicht solitär, sondern bettet sich in eine sozio-technische, alltägliche Realität ein, die auch als ‚environment‘ bezeichnet wird. Dieses ‚environment‘ beeinflusst, z. B. durch politische Beschlüsse, technische Neuerungen und soziale Ansprüche, die Ausgestaltung des KRITIS-SoS. Vice versa beeinflusst das KRITIS-SoS und dessen Funktionsfähigkeit seine Umgebung (s. Abb. 22).

Abbildung 22: KRITIS-SoS vs. Umgebung



Quelle: eigene Darstellung.

Wenngleich diese Verknüpfung zwischen KRITIS-SoS und ‚environment‘ fortwährend existent ist, wird in dieser Arbeit eine definitorische Grenze zwischen diesen gezogen, die sich anhand des Versorgungsleistungsbezuges von Kritikalität argumentieren lässt: sie systeminternen Versorgungsleistungen machen das KRITIS-SoS aus, während die systemexternen Versorgungsleistungen die sozio-technische Umgebung prägen. Innerhalb des KRITIS-SoS wird darüber hinaus, wie Abbildung 22 veranschaulicht, zwischen dem KRITIS-SoS i. e. S. (Systembezug) und i. w. S. (Anlagenbezug) unterschieden. Es wird folgende Definition zugrunde gelegt:

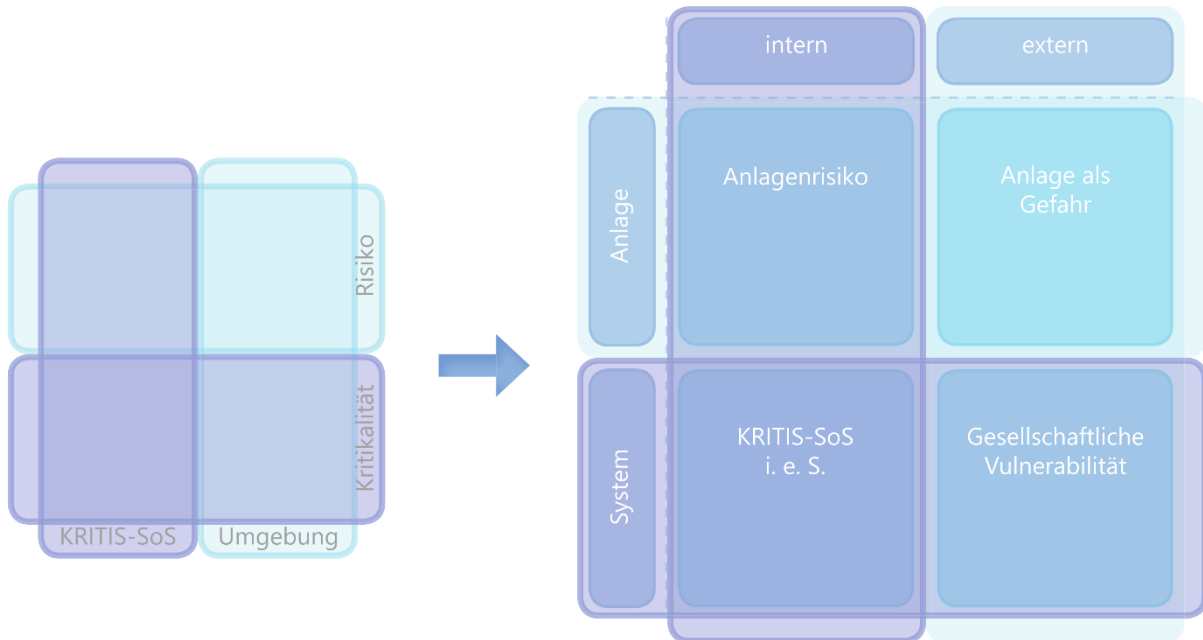
Das KRITIS-SoS beschreibt ein komplexes Wirkungsgefüge, das sich aufgrund der Vernetzung der KRITIS ergibt und durch deren systeminterne Versorgungsleistungen geprägt wird. I. e. S. beschreibt es das funktionale Zusammenwirken der kritischen Infrastruktursysteme, bezieht sich i. w. S. jedoch auch auf die physischen Anlagen, die die Grundlage des funktionalen Zusammenwirkens sind.

3.3.4 Ausgestaltung der KRITIS-Dimensionen

Werden die theoretisch-konzeptionellen Weiterentwicklungen der drei vorangestellten Unterkapitel zusammengeführt, zeigt sich, dass jede KRITIS-Dimension zwei Eigenschaften bzw. Differenzierungsgrundlagen erhält. Während sich die KRITIS-interne Perspektive immer auf die Versorgungsleistungen des KRITIS-SoS i. e. S. und i. w. S. bezieht, fokussiert die KRITIS-externe Perspektive auf das ‚environment‘, d. h. die sozio-technische Umgebung. Innerhalb dieser lässt sich wiederum differenzieren in eine anlagenbezogene Perspektive, die durch das Risikokzept erfasst werden kann und eine versorgungsleistungsbezogene Perspektive, die sich durch das Konzept von Kritikalität abbilden lässt.

Aufbauend auf der Differenzierung der vier theoretisch-konzeptionellen Perspektiven auf KRITIS (intern-extern, Anlage-System), lassen sich nun die einzelnen KRITIS-Dimensionen weiter charakterisieren, indem diese zunächst betitelt (s. Abb. 23) und im Folgenden hinsichtlich ihrer Operationalisierung weiter ausgestaltet werden.

Abbildung 23: Ausgestaltung der KRITIS-Dimensionen



Quelle: eigene Darstellung.

Die Dimension ‚Anlagenrisiko‘ beschreibt eine KRITIS-interne Perspektive auf einzelne Infrastrukturanlagen und ihre Anlagenbestandteile. Sie reflektiert, was Bouchon (2006: 79) als ‚*CI at risk*‘, also gefährdete Infrastrukturanlagen, bezeichnet¹⁷. Innerhalb dieser Dimension lassen sich, unter einer risikobasierten Betrachtung, die standortbezogene Gefährdung der Anlage sowie ihre Vulnerabilität ermitteln, indem bspw. der Anlagenzustand (Funktionsfähigkeit, Alter etc.) bewertet wird.

Die Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ kombiniert eine KRITIS-externe Perspektive mit einzelnen Infrastrukturanlagen. Sie reflektiert, was Bouchon (2006: 79) als ‚*CI pose risk*‘, also gefährdende Infrastrukturen, bezeichnet¹⁸. Entsprechend wird, ebenfalls unter einer risikobasierten Betrachtung, die Infrastrukturanlage selbst zur (Technik-)Gefahr für ihre Umgebung bzw. das sozio-technische System. Diese Dimension kommt dem Verständnis von Störfallanlagen nahe.

¹⁷ Andere Autor*innen bezeichnen und operationalisieren diese als:

- Katina & Hester (2013): Grad des Risikos (engl. ‚*level of risk*‘), operationalisiert über externe Gefährdungen und die gefährdungsspezifische Vulnerabilität von Infrastrukturanlagen sowie über Eintrittswahrscheinlichkeit und zu erwartende physische Anlagenschäden.
- Forzieri et al. (2016); Katina et al. (2014); Theoharidou et al. (2009): Anlagenbezogene Vulnerabilität (im Sinne des Risikoverständnisses).
- Egan (2007); Bouchon (2006): Anlagenbezogene Vulnerabilität (im Sinne des Vulnerabilitätsverständnisses).
- Zio (2016): Resilienz, über Reliabilität der Leistungserbringung und Robustheit der Anlage.

¹⁸ Andere Autor*innen bezeichnen und operationalisieren diese als:

- Forzieri et al. (2016); Katina et al. (2014); Theoharidou et al. (2009): Externe Gefährdungen (im Sinne des Risikoverständnisses).

Die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ reflektiert eine KRITIS-interne Perspektive auf das versorgungserbringende Wirkungsgefüge der Infrastruktursysteme. Sie resultiert aus einer funktionalen Vernetzung der Systeme und lässt sich daher am ehesten über deren (Inter-)Dependenzen operationalisieren. Ein generischer, übertragbarer Operationalisierungsansatz existiert gegenwärtig nicht, wobei sich gute Anknüpfungspunkte z. B. in Ansätzen unter Vulnerabilitätsdenkströmung (2) (► s. Kap. 3.1.2 und 3.2.1) finden. In anderen Studien wird diese Dimension auch wie folgt bezeichnet und (theoretisch) operationalisiert:

- Katina & Hester (2013):
Grad der Interdependenz (engl. ‚*level of interdependency*‘). Gegenseitige Abhängigkeit zwischen Infrastrukturanlagen und -systemen, gemessen als Quantität und Qualität von Inputs und Outputs (Versorgungsleistungen zwischen den Systemen).
- Forzieri et al. (2016); Katina et al. (2014); Theoharidou et al. (2009):
(System-)Interne Exposition aufgrund von Interdependenzen (im Kontext des Risikoverständnisses).
- Eifert et al. (2018); Pescaroli & Alexander (2016); Khakzad & Reniers (2015); Haimes (2009, 2006); Egan (2007); Bouchon (2006); Rinaldi et al. (2001); Perrow (1984):
(System-)Interne Vulnerabilität / ‚Kaskadenvulnerabilität‘ / ‚Grad der Abhängigkeit‘, operationalisiert über die Anzahl der (Inter-)Dependenzen (im Kontext des Vulnerabilitätsverständnisses).
- Birkmann et al. (2016); Klaver et al. (2011):
(Inter-)Dependenzen zwischen Infrastruktursystemen als Proxy für die Abschätzung potenzieller Kaskadeneffekte (theoretisch).

Die Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ beschreibt eine KRITIS-externe Perspektive auf das versorgungserbringende Wirkungsgefüge der Infrastruktursysteme. Sie reflektiert die gesellschaftlichen, auf Bevölkerung, Staat und Wirtschaft bezogenen Konsequenzen einer möglichen Unterbrechung oder qualitativen Reduzierung der Versorgungsleistungen. Die Dimension wird u. a. durch Ansätze der Vulnerabilitätsdenkströmung (3) operationalisiert¹⁹.

¹⁹ Andere Autor*innen bezeichnen und operationalisieren diese als:

- Katina & Hester (2013): Grad der Dependenz (engl. ‚*level of dependency*‘) im Sinne der Abhängigkeit der Gesellschaft von Versorgungsleistungen, operationalisiert über ökonomische Leistungsfähigkeit, gesellschaftliche Relevanz, geographisches Ausmaß von Leistungsunterbrechungen.
- Garschagen & Sandholz (2018); Birkmann et al. (2016); Di Mauro et al. (2010); Bouchon (2006): Vulnerabilität der von Infrastrukturleistungen abhängigen Gesellschaft (im Sinne des Vulnerabilitätsverständnisses).
- Zio (2016); Bouchon (2006): Resilienz, operationalisiert über Reliabilität der Leistungserbringung und Robustheit der Gesellschaft.
- Crespo et al. (2018); Fekete (2018, 2013): Versorgungsleistung für die Gesellschaft, inkl. deren Leistungsfähigkeit zum Umgang mit Infrastrukturversagen.

3.4 Synthese der Systematisierung

Den aktuellen KRITIS-bezogenen Forschungsstand zusammenzutragen ist aufgrund der zahlreichen unterschiedlichen Disziplinen, in denen eine Auseinandersetzung mit KRITIS stattfindet, und aufgrund der unterschiedlichen existierenden Verständnisse eine Herausforderung. Die Systematisierung entlang der konzeptionellen Verständnisse der Operationalisierungsansätze (► s. Kap. 3.1.2) verdeutlicht, dass Kritikalität bisher selten als eigenes Konzept und stattdessen eher als zusätzlicher Baustein in etablierten Konzepten wie Risiko und Vulnerabilität verwendet wird. Wenngleich kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann, zeichnet diese erstmalig in dieser Form vorgenommene Systematisierung ein realistisches Abbild des Forschungsfeldes.

Die kritische Auseinandersetzung mit den diversen Operationalisierungsansätzen und deren Verortung anhand der eingangs aufgestellten KRITIS-Dimensionen (► s. Kap. 3.2) bringt mehrere Erkenntnisse mit sich. Zunächst lässt sich feststellen, dass die meisten Operationalisierungsansätze Kritikalität über eine Anbindung an etablierte Konzepte wie Risiko und Vulnerabilität messbar zu machen versuchen. Bei diesem Unterfangen zeigt sich jedoch auch, dass dies oftmals zu einem Begriffschaos führt, insb. dann, wenn unterschiedliche Denkschulen denselben Begriff für unterschiedliche Inhalte benutzen, wie anhand der Vulnerabilitätsdenkströmungen verdeutlicht wurde. Somit ist es nicht verwunderlich, dass es der Praxis an Verständnis- und Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit KRITIS fehlt.

Die diversen theoretisch-konzeptionellen Weiterentwicklungen (► s. Kap. 3.3) stellen in Summe letztlich die Antwort auf ALF 1²⁰ dar, indem sie KRITIS auf unterschiedlichen inhaltlichen Ebenen theoretisch-konzeptionell abbilden. Zunächst wird ein integriertes Kritikalitätsverständnis eingeführt, das die definitorische Überschneidung zwischen dem systemischen und konsequenzbezogenen Kritikalitätsverständnis ausgleicht und symbolische Kritikalität zu einer Teilmenge von konsequenzbezogener Kritikalität macht (► s. Kap. 3.3.1). Anschließend erfolgt eine zusammenfassende Argumentation dafür, dass Kritikalität als eigenes Konzept etabliert und nicht an bestehende Konzepte wie Risiko, Vulnerabilität und Resilienz angegliedert werden sollte, da Kritikalität die funktionalen Eigenschaften von KRITIS und deren Versorgungsleistungen fokussiert und daher nicht mit system- und standortbezogenen, konzeptionellen Ansätzen messbar gemacht werden kann (► s. Kap. 3.3.2). Durch die zusätzliche Distinktion des KRITIS-SoS von seinem sozio-technischen ‚environment‘ und seiner Konkretisierung unter einer Betrachtungsweise i. e. S. und i. w. S. (► s. Kap. 3.3.3) ist es letztlich möglich, die einzelnen KRITIS-Dimensionen näher zu charakterisieren und auszugestalten (► s. Kap. 3.3.4).

In dieser Ausgestaltung zeigt sich, dass die einzige Dimension, der es an einem generischen Operationalisierungsansatz fehlt, die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ ist. Zugleich wird deutlich, dass die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ eng mit den anderen Dimensionen verknüpft ist. Dies gilt insb. für die Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘, für die das Wissen um die Ausgestaltung des KRITIS-SoS letztlich eine Voraussetzung zur umfassenden Abschätzung ist. Aber auch mit der Dimension ‚Anlagenrisiko‘ ist die wenig erforschte Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ verknüpft, da sowohl Anlagen und Systeme als auch deren physische und funktionale Komponenten unweigerlich miteinander verbunden sind, weshalb sie das KRITIS-SoS i. w. S. darstellen. Das Wissen um die generische, systemische

²⁰ Erinnerung: ALF 1 lautet: Wie können KRITIS theoretisch-konzeptionell abgebildet werden?

Ausgestaltung des KRITIS-SoS ist letztlich damit auch eine benötigte Grundlage für jegliche räumlich spezifische Anwendung, wie bspw. dem Kritikalitäts-Assessment nach Fekete (2018).

Der Fokus der weiteren Arbeit manifestiert sich entsprechend in der Entwicklung und Anwendung eines generischen Operationalisierungsansatzes für die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ (► s. Kap. 4 und 5). Dieser fungiert als eine zentrale Voraussetzung zum Verständnis des gesamtsystemischen Wirkungsgefüges und liefert somit die Grundlage dafür, das KRITIS-SoS (be-)greifbar zu machen und eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit diesem zu schaffen. Sofern die Entwicklung und Anwendung eines solchen Operationalisierungsansatzes gelingt, was zunächst extern zu validieren ist (► s. Kap. 6), soll dieser konzeptionell mit den anderen KRITIS-Dimensionen zusammengeführt werden (► s. Kap. 7). Denn ein umfassender Umgang mit und Schutz von KRITIS kann nur dann stattfinden kann, wenn alle vier KRITIS-Dimensionen bedient werden.

Zwischenfazit – Konzeptualisierung von KRITIS

Mit dem Konzept von Kritikalität haben sich Wissenschaft und Praxis bislang vergleichsweise wenig befasst. Daher befasst sich Kapitel 3 mit ALF 1: **Wie können KRITIS theoretisch-konzeptionell abgebildet werden?**

Gegenwärtig existieren drei Kritikalitätsverständnisse. Das konsequenzbezogene Kritikalitätsverständnis macht die (gesellschaftlichen) Konsequenzen eines potenziellen Infrastrukturausfalls zum Hauptaspekt von Kritikalität. Das systemische Kritikalitätsverständnis fokussiert die (Inter-)Abhängigkeiten der Infrastruktursysteme untereinander. Und das symbolische Kritikalitätsverständnis rückt mögliche psychologisch-ideelle Konsequenzen eines Infrastrukturausfalls in den Fokus. Neben diesen Verständnissen existieren zahlreiche Operationalisierungsansätze, die Kritikalität wahlweise in den Kontext etablierter Konzepte, wie Risiko, Vulnerabilität und Resilienz, stellen oder als eigenes Konzept begreifen. (► s. Kap. 3.1)

In der tiefgehenden Auseinandersetzung mit den existierenden Verständnissen und Operationalisierungsansätzen offenbaren sich zwei wesentliche Erkenntnisse. Erstens überschneiden sich die drei Kritikalitätsverständnisse insofern, als dass systemische Kritikalität die (KRITIS-interne) Vorstufe von (KRITIS-externer) konsequenzbezogener Kritikalität darstellt, die zugleich symbolische Kritikalität umfasst. Zweitens vermag bisher kein Operationalisierungsansatz das KRITIS-SoS (be-)greifbar zu machen. Risiko- und vulnerabilitätsbezogene Operationalisierungsansätze scheitern aufgrund ihres Orts- und häufig auch Anlagenbezuges und ihrer probabilistischen Natur daran, die funktionale, Versorgungsleistungen erbringende Perspektive auf das KRITIS-Gesamtsystem abzubilden. Immer mehr Wissenschaftler*innen unterschiedlicher Disziplinen (Bevölkerungsschutz, Gesellschaftswissenschaften, Raumplanung) fordern daher, Kritikalität als eigenes Konzept zu etablieren, um die funktionalen, grenzüberschreitenden Versorgungsleistungen in den Fokus zu rücken und dabei der Normativität, Relativität und Maßstabsabhängigkeit von Kritikalität Rechnung zu tragen. (► s. Kap. 3.2).

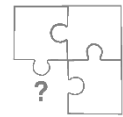
Somit werden die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen in mehrfacher Hinsicht weiterentwickelt, um KRITIS in seinen Dimensionen abzubilden und zu charakterisieren. Hierzu erfolgt zunächst die Entwicklung eines integrierten Kritikalitätsverständnisses (► s. Kap. 3.3.1) und anschließend eine Argumentation für die Etablierung eines eigenständigen Konzeptes von Kritikalität, das sich von einer risikobasierten, anlagenbezogenen Perspektive abgrenzt und Versorgungsleistungen fokussiert (► s. Kap. 3.3.2). Nach abschließender Distinktion des KRITIS-SoS von seinem sozio-technischen ‚environment‘ (► s. Kap. 3.3.3) wird eine begriffliche Konkretisierung und inhaltliche Ausgestaltung der vier KRITIS-Dimensionen möglich (► s. Kap. 3.3.4).

Als zentrale Herausforderung zeigt sich jedoch, dass es derzeit keinen Operationalisierungsansatz gibt, der das KRITIS-SoS komplexitätsreduziert, standardisier- und skalierbar abzubilden vermag. Da die Operationalisierung des KRITIS-SoS jedoch eine notwendige Voraussetzung zum Umgang mit KRITIS darstellt, widmen sich die folgenden Kapitel dieser Forschungs- und Erkenntnislücke, indem ein Operationalisierungsansatz entwickelt und erprobt wird, der darauf zielt, das KRITIS-SoS (be-)greifbar zu machen.

A background network diagram consisting of several interconnected nodes of varying sizes and colors (purple, blue, green, teal) connected by thin light blue lines. The nodes are arranged in a non-regular pattern, with some larger nodes and some smaller ones.

Block III – Operationalisierung

Das KRITIS-SoS (be-)greifbar machen



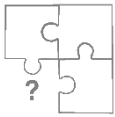
4. Operationalisierung des KRITIS-SoS

Nachdem in ► Kapitel 3 der Bedarf nach einem Operationalisierungsansatz für die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ dargelegt wurde, widmet sich dieses Kapitel vorrangig der Entwicklung eines solchen. Hierzu wird, in Ermangelung theoretisch-konzeptioneller Grundlagen, der Erkenntnisstand zur Erfassung des KRITIS-SoS aus bestehenden empirischen Studien destilliert (► s. Kap. 4.1) und zunächst auf die theoretisch-konzeptionelle Ebene eines Operationalisierungsansatzes überführt (► s. Kap. 4.2). Anschließend erfolgen die Ausgestaltungen der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4.3) und des Auswertungskonzepts (► s. Kap. 4.4), die zwei Zwecke verfolgen: Einerseits wird die Erprobung des (theoretischen) Operationalisierungsansatzes inhaltlich ausgestaltet, indem ein entsprechendes Erhebungskonzept aufgestellt wird. Andererseits wird die Gewinnung tiefergehender Informationen über die Ausgestaltung und Wirkweise des KRITIS-SoS vorbereitet, indem die angestrebten Auswertungs- und Aufbereitungsformen der Daten festgelegt werden. Diese Komponenten bilden zusammen genommen die Voraussetzung, um Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zum KRITIS-SoS zu schaffen und zielen auf die Beantwortung von ALF 2: **Wie lässt sich das KRITIS-SoS erfassen und mess- und bewertbar machen?**

4.1 Erkenntnisstand zum KRITIS-SoS

Wie die Ausführungen des ► Kapitels 3 gezeigt haben, erfolgt eine theoretisch-konzeptionelle Auseinandersetzung mit der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ bisher überwiegend unter Vulnerabilitätsdenkströmung (2). Problematisch ist an dieser, dass einerseits die Anbindung an das Konzept von Vulnerabilität begrifflich irreführend und inhaltlich unpassend ist (► s. Kap. 3.3.2) und dass sich die existierenden Operationalisierungsansätze andererseits vorrangig auf einzelne Subsysteme beziehen. Daher mangelt es an einem grundlegenden Ansatz zur generischen, reproduzierbaren Erfassung des KRITIS-SoS in Gänze (► s. Kap. 3.2.1).

In Ermangelung theoretischer Grundlagen werden daher nachfolgend empirische Studien auf ihre Herangehensweise zur Erfassung des SoS ausgewertet. Von besonderem Interesse ist es abzubilden, welche Eigenschaften zur Erfassung des SoS genutzt werden und diese zu systematisieren. Darüber hinaus werden die in den Studien verwendeten Erhebungsgrundlagen sowie zentrale Visualisierungs- und Aufbereitungsformen der Ergebnisse vorgestellt, die einen Orientierungsrahmen für die spätere Ausgestaltung des Auswertungskonzepts (► s. Kap. 4.4) bieten. Die Systematisierung der Eigenschaften zur Erfassung des KRITIS-SoS geht sowohl in die Entwicklung des Operationalisierungsansatzes (► s. Kap. 4.2) als auch in die spätere Ausgestaltung der Erhebungsmethodik ein (► s. Kap. 4.3).



4.1.1 Empirische Studien zum KRITIS-SoS

Ähnlich wie in der (theoretischen) Kritikalitätsforschung konnte auch in der anwendungsbezogenen Forschung in der letzten Dekade ein Anstieg an empirischen Studien festgestellt werden, die sich zusehends mit der Vernetzung von KRITIS befassen (Fekete, 2018: 22, 25; Folkers, 2018: 132f.). Allerdings verlassen die wenigsten Studien die Ebene einzelner Subsysteme. Die vergleichsweise wenigen Studien, die sich mit der KRITIS-internen, systemischen, also versorgungsleistungsbezogenen Vernetzung von kritischen Subsystemen im Sinne des SoS befassen, lassen sich entsprechend ihrer Erhebungsmethoden in drei Lager unterteilen. Unter einem Primärforschungsansatz finden sich zum einen Studien, die die Vernetzung zwischen den Subsystemen szenariobasiert bzw. generisch-abstrakt abbilden. Zum anderen existieren Studien, die versuchen die Vernetzung möglichst realitätsgetreu zu approximieren. Das dritte Lager bilden Studien unter einem Sekundärforschungsansatz, die durch Anwendung von ex-post-Analysemethoden vergangene Ereignisse zur Erfassung der Vernetzung nachzeichnen.

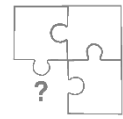
Zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Lager wird nachfolgend je eine Studie der letzten Dekade beispielhaft eingeführt. Dabei wird insb. das jeweilige methodische Vorgehen dargelegt, um die zur Erfassung des KRITIS-SoS verwendeten Eigenschaften zu identifizieren, die anschließend systematisiert und vergleichend gegenübergestellt werden. Die Auswahl der nachfolgenden drei Studien erfolgt aufgrund ihrer transparenten wissenschaftlichen Aufbereitung sowie ihrer freien Informationsverfügbarkeit. Bei den Studien handelt es sich um:

- Schweizer Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2010): Dependenzabschätzung mittels Breitband-Delphi-Methode (Primärforschung, szenariobasiert)
- Laugé et al. (2015): Dependenzanalyse mittels Online-Befragung (Primärforschung, approximierend)
- Luijff et al. (2010): Ex-post-Analyse mittels Inhaltsanalyse (Sekundärforschung, retrospektiv)

Dependenzabschätzung mittels Breitband-Delphi-Methode (BABS, 2010)

Innerhalb des Schweizer Programms zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (SKI-Programm) wurde vom BABS eine Dependenzabschätzung auf Ebene der Teilsektoren vorgenommen und im Schlussbericht ‚Kritikalität der Teilsektoren‘ (2010) veröffentlicht. Die Dependenzabschätzung erfolgte über die semi-quantitative Methode des Breitband-Delphi und basiert auf der Schwere der Konsequenzen eines szenariobasierten Ausfalls eines Teilsektors für alle anderen Teilsektoren. Die Breitband-Delphi-Methode ist eine Variante des klassischen Delphi-Verfahrens, in dem eine geringe Anzahl an ‚relevanten‘ Expert*innen, die sich häufig vorab bereits kennen, eingesetzt werden (Niederberger & Renn, 2018: 19). Die Methode wird insb. zur Beantwortung komplexer Fragestellungen angewendet und zielt darauf, in der Diskussion der Fragestellung einen Konsens zu finden (Häder & Häder, 2014: 590).

Im Falle der Dependenzabschätzung des BABS bestand das Breitband-Delphi-Orakel aus sieben Expert*innen, die der ‚Kerngruppe Kritikalität‘ angehören (Interview Wenger, 2019: A.1). Folgendes Ausfallszenario lag der Dependenzabschätzung zugrunde: Für einen Zeitraum von drei Wochen fällt in der gesamten Schweiz ein KRITIS-Teilsektor ohne Vorwarnzeit aus, sodass dieser seine (abstrakte) Leistung nicht mehr erbringen kann und infolgedessen in der gesamten Schweiz fehlt. Die Schweiz



gilt dabei als geschlossenes System, in dem Interaktionen mit dem Ausland keine Berücksichtigung finden. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ausfalls, inkl. der Anfälligkeit des Teilsektors, bleiben unbeachtet und ebenso die Eintrittswahrscheinlichkeit der potenziellen Konsequenzen. Darüber hinaus ist die Ausfallursache irrelevant und die sonstige sicherheitspolitische Lage normal, d. h. der Ausfall ereignet sich nicht in Folge eines Krieges, eines großflächigen Terroranschlags oder einer überregionalen Katastrophe (BABS, 2010: 11).

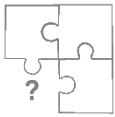
In einem rundenbasierten Orakel bewerteten die Expert*innen die Stärke der potenziellen Auswirkungen eines Teilsektor-Ausfalls auf alle anderen KRITIS-Teilsektoren. Die Bewertung erfolgte für zwei Indikatoren jeweils in einer vierstufigen Skala mit den Ausprägungen keine Auswirkungen (0), geringe Auswirkungen (1), große Auswirkungen (2) und sehr große Auswirkungen (3). Die Indikatoren lauteten (a) durchschnittliche Stärke der Abhängigkeit (Dependenz) und (b) kategorisierte Anzahl der abhängigen Teilsektoren (BABS; 2010: 9).

Die Ergebnisse wurden in einer Dependenzmatrix festgehalten (s. Abb. 24) und gingen in eine sog. Kritikalitätsabschätzung ein, in der, nach derselben Vorgehensweise, jeweils auch die Auswirkungen eines Teilsektor-Ausfalls auf Bevölkerung und die Wirtschaft abgeschätzt wurden.

Abbildung 24: Dependenzmatrix des BABS

SKI, KGr Kritikalität		Sektor		Behörden													Chem Ind		Energie		Entsorgung		Finanzen		Gesundheit		Info u Komm Techn (IKT)		Nahrung		Öffent. Sicherh., Rttgs- u Notfalldf		Verkehr		Total (auf andere TS ausübte Dependenz)		Anzahl betroffene Teilsektoren (b-0)		Ø Dependenz		
Dependenzen der Teilsektoren (direkte Auswirkungen bei Totalausfall des TS während 3 Wochen in der ganzen Schweiz)		Teilssektor (TS)													Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)		Teilssektor (TS)						
Leseart: ↑		Nr	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131								
Grad: 0 = keine 1 = gering 2 = gross 3 = sehr gross	Sektor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Behörden	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Chem Ind	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energie	6	2	2	1	2	3	2	1	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	3	2	1	2	68	30	2	2	2	2	
	Entsorgung	9	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	20	19	1	1	1	1	
	Finanzen	12	1	1	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	2	1	1	0	1	3	0	1	0	1	0	1	1	1	2	28	20	1	1	1	1		
	Gesundheit	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Info u Komm Techn (IKT)	17	2	1	0	1	1	2	1	1	0	1	1	3	2	2	0	1	1	2	3	3	2	0	0	0	3	3	3	1	1	2	1	2	45	25	2	2	2	2	
	Nahrung	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Öffent. Sicherh., Rttgs- u Notfalldf	24	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verkehr	27	1	1	1	1	1	2	1	1	3	2	0	0	1	2	1	1	1	0	1	2	2	0	1	2	1	3	3	3	1	1	1	3	42	27	1	1	1	1	

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von BABS, 2010: 10.



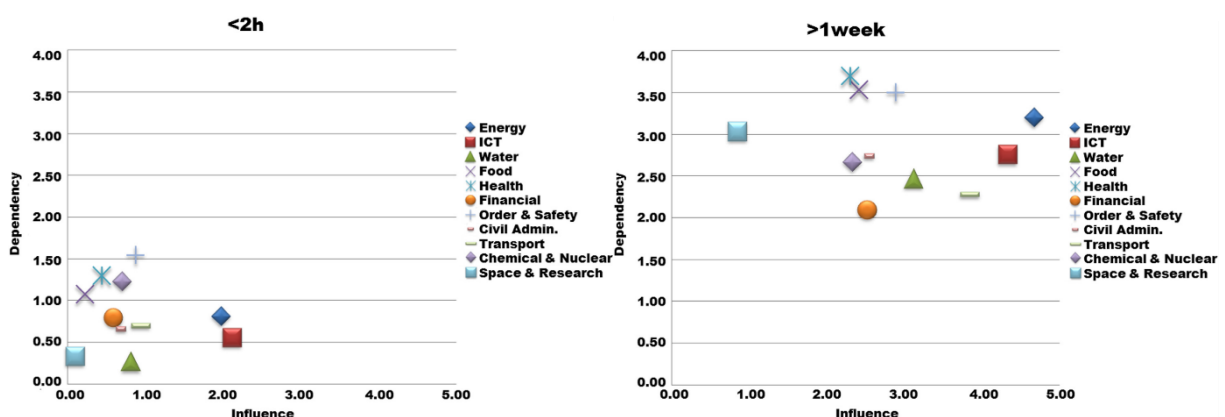
Dependenzanalyse mittels Online-Befragung (Laugé et al., 2015)

Ziel der Dependenzanalyse von Laugé et al. (2015) war es, mögliche Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten über das Vorhandensein von Abhängigkeiten zwischen KRITIS-Sektoren mittels einer Expert*innenbefragung zu erheben. Die Methode, die z. T. auch als Interdependenzanalyse bezeichnet wird, nutzt zur Datenerhebung häufig als Methode standardisierte Online-Befragungen. Die Dependenzanalyse von Laugé et al. (2015) basierte auf einer Online-Befragung von über 50 KRITIS-Expert*innen (Betreiber*innen und sonstige KRITIS-Organisationen) aus mehreren Ländern. Zentrales Erhebungsinteresse war eine Bewertung der Schwere potenzieller Auswirkungen eines Ausfalls anderer KRITIS-Sektoren und somit der eingehenden Dependenz. Hierzu wurden sechs unterschiedliche Ausfalldauern von unter zwei Stunden bis hin zu mehr als einer Woche angenommen und um Bewertung anhand einer sechsstufigen Skala (kein Effekt bis sehr hoher Effekt) gebeten (Laugé et al., 2015: 18).

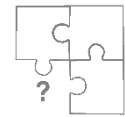
Durch die Auswertung der erhobenen Daten waren die Forscher*innen in der Lage, nicht nur die Vernetzung abzubilden und darüber mögliche Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten zu approximieren, sondern diese auch nach der Schwere der potenziellen Beeinträchtigungen je Ausfalldauer zu differenzieren. So zeigten sie bspw., dass bei einem Ausfall des Sektors *Energie* von weniger als zwei Stunden die Auswirkungen für den Sektor *Chemische und Nukleare Industrie* am größten wären. Für den Sektor *Energie* hingegen wäre der Ausfall des Sektors *Informationstechnik & Telekommunikation* am gravierendsten. Die Autor*innen wiesen darüber hinaus nach, dass sich neben der Stärke der Auswirkungen auch das Verhältnis zwischen den Sektor-Dependenz mit unterschiedlicher Ausfalldauer verändert. Während bspw. der Sektor *Öffentliche und rechtliche Ordnung und Sicherheit* von einem kurzzeitigen Ausfall des Sektors *Energie* sehr stark betroffen wäre, sind bei einem länger andauernden Ausfall die Auswirkungen auf den Sektor *Gesundheit* am gravierendsten (s. Abb. 25) (Laugé et al., 2015: 20f.).

Zudem stellten die Autor*innen Untersuchungen bezüglich des Sektor-Verhaltens an, indem sie die Stärke von ein- und ausgehenden Abhängigkeiten untersuchten und so zwischen einem tendenziell abhängigen (*dependent*) und einem Abhängigkeiten generierendem (*influential*) Charakter der Sektoren unterschieden. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Sektoren *Energie* und *Informationstechnik & Telekommunikation* den größten Einfluss auf das Funktionieren anderer Sektoren haben (Laugé et al., 2015: 19f.).

Abbildung 25: Sektor-Verhalten bei unterschiedlichen Ausfalldauern (Laugé et al., 2015)



Quelle: Laugé et al., 2015: 21.



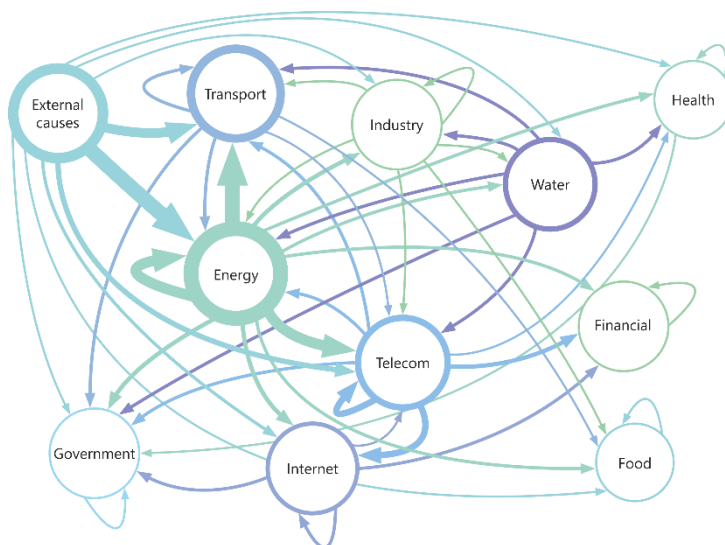
Ex-post-Analyse mittels Inhaltsanalyse (Luijff et al., 2010)

Mit dem Ziel, Interdependenzen zu identifizieren und die Häufigkeit und das Ausmaß von Kaskadeneffekten zu bestimmen, wertete eine niederländische Forscher*innengruppe mittels Inhaltsanalyse öffentliche (Zeitung-)Reports über vergangene KRITIS-Störungen und ihre Kaskadeneffekte aus. Die Inhaltsanalyse, die auf einer gekoppelten Frequenz- und Kontextanalyse ähnlich der Raumordnungsplananalyse in ► Kapitel 1.1.3 basierte, erfolgte für alle Datenbankeinträge der Jahre 01/2005 bis 05/2009, in denen es in Europa zu Infrastrukturstörungen oder -ausfällen mit mindestens 10.000 betroffenen Personen oder einer längerfristigen Ausfalldauer²¹ kam. Die mehr als 2.000 Treffer wurden nach Sektoren aggregiert. Abseits der Untersuchung der Häufigkeiten von Infrastrukturstörungen wurden zudem assoziierte Kaskadeneffekte (ebenfalls nach Sektoren) aufbereitet, eventuelle Interdependenzen identifiziert und die Ausfallursache in systeminterne und systemexterne Auslöser unterschieden (Luijff et al., 2010: 7f.).

Die Forscher*innen kamen zu dem Ergebnis, dass sich in den vergangenen Infrastrukturstörungen kaum Interdependenzen offenbarten, dass es jedoch in einem Drittel der Fälle zu Kaskadeneffekten kam, die allerdings zumeist nach einer Ereignisebene versiegt. Die Sektoren, die am häufigsten Kaskadeneffekte auslösten, waren *Energie* und *Informationstechnik & Telekommunikation*, wobei im Durchschnitt jeweils zwei weitere Sektoren von einem solchen Kaskadeneffekt betroffen waren. In etwas mehr als der Hälfte der Fälle war der Auslöser für das Infrastrukturversagen systemextern begründet, d. h. es entstand durch Naturgefahren oder menschliches Versagen (Luijff et al., 2010: 12f.).

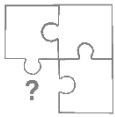
Die Abhängigkeiten zwischen den Sektoren hielten die Forscher*innen schematisch in einer Art Netzwerk-Visualisierung fest, welche sie als ‚Dependenz-Graph‘ betitelten (s. Abb. 26). Dabei symbolisieren die Kreise die untersuchten KRITIS-Sektoren. Die Pfeile zeigen an, zu welchem Sektor sich Kaskadeneffekte ergaben und die Strichdicke veranschaulicht die Häufigkeit von ausgehenden Kaskadeneffekten (Luijff et al., 2010: 14f.).

Abbildung 26: Dependenz-Graph (Luijff et al., 2010)



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Luijff et al., 2010: 14.

²¹ Die konkreten Ausfalldauern sind von den Autor*innen in ihrer Veröffentlichung nicht angegeben.



4.1.2 Diskussion der Erhebungseigenschaften der Studien

Allen Studien (►s. Kap. 4.1.1) ist gemein, dass sie das KRITIS-SoS über Subsysteme und deren Vernetzung über (Inter-)Dependenzen erfassen. Die (Inter-)Dependenzen werden wiederum in allen drei Studien über die Konsequenzen des Wegfalls der Versorgungsleistungen messbar gemacht. Entsprechend nehmen alle drei Studien eine Negativbetrachtung vor und stellen Arten von Dependenzanalysen dar. Bezüglich der Untersuchungsebene der ‚Subsysteme‘ bestehen jedoch Unterschiede zwischen den Studien. Durch Fokussierung auf Teilsektoren weist der explorative Ansatz des BABS (2010) einen deutlich höheren inhaltlichen Detaillierungsgrad als die anderen beiden Studien auf. Dieser ist allerdings nur möglich, weil sich die Untersuchung auf die nationale Ebene beschränkt, für die es eine einheitliche Teilsektorabgrenzung gibt. Räumlich umfassender angelegte Studien, wie die von Laugé et al. (2015) und Luijff et al. (2010), können hingegen nur auf Ebene von Sektoren ausgestaltet werden, da es zwischen den Nationen große Unterschiede in der Definition und Abgrenzung der (Teil-)Sektoren gibt (► s. Kap. 1.2).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass deutlich mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten zwischen den Studien bestehen. Abseits der Untersuchungsebenen und der unterschiedlichen Forschungsausrichtungen (Primär- vs. Sekundärforschung), variiert u. a. das Setting der Studien. Während das BABS (2010) ein generisch-abstraktes Setting von einem Totalausfall eines Teilsektors in der gesamten Schweiz über einen Zeitraum von drei Wochen annimmt, differenzieren Laugé et al. (2015) die (fiktive) Ausfalldauer in sechs Szenarien von wenigen Stunden bis hin zu einer Woche aus. Die ex-post-Analyse von Luijff et al. (2010) kommt ohne Setting aus, bzw. inkludiert sämtliche Infrastrukturausfälle (einer gewissen Stärke oder Dauer innerhalb eines gewissen Zeitraums) in Europa.

Des Weiteren unterscheiden sich die Studien hinsichtlich der Art der Erfassung der (Inter-)Dependenzen. Zunächst bestehen Unterschiede in der Perspektive auf diese. Sowohl die generisch-abstrakte Erhebung des BABS (2010) als auch die Inhaltsanalyse von Luijff et al. (2010) fokussieren die aus einem (Teil-)Sektor ausgehenden Dependenz. Laugé et al. (2015) erfragen eingehende Dependenz. Wenngleich die jeweils andere Perspektive zurückermittelt werden kann²², wird in der Forschung diskutiert, dass ein größeres Bewusstsein über ein- als über ausgehende Dependenz herrscht (Giovinazzi, 2016: 355; Räikkönen et al., 2016: 172; Laugé et al., 2015: 17), was bei der Ausgestaltung explorativer Forschungsansätze berücksichtigt werden sollte. Des Weiteren bestehen Unterschiede in der Art der berücksichtigten (Inter-)Dependenzen, denn lediglich die ex-post-Analyse inkludiert indirekte Dependenz und somit Kaskadeneffekte n-ter Ordnung.

Ein letzter Unterschied existiert in der Berücksichtigung der Stärke der Abhängigkeit bzw. der potenziellen Auswirkungen eines Versorgungsleistungsausfalls. Da in der ex-post-Analyse ausschließlich Fälle einer gewissen Stärke inkludiert werden, erfolgt keine weitere Unterscheidung oder Klassifizierung zwischen den Ereignissen. Die beiden explorativen Forschungsansätze ermitteln die Stärke hingegen ordinalskaliert in vier (BABS, 2010), respektive sechs (Laugé et al., 2015) Klassen.

Tabelle 4 stellt die Studien abschließend vergleichend gegenüber.

²² Besitzt bspw. der Sektor *Transport & Verkehr* eine eingehende Dependenz vom Sektor *Energie*, besteht zugleich eine ausgehende Dependenz des Sektors *Energie* zum Sektor *Transport & Verkehr*.

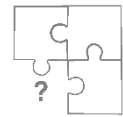


Tabelle 4: Empirische Studien zur Abbildung des KRITIS-SoS

Urheber*in	BABS, 2010	Laugé et al., 2015	Luijff et al., 2010
Methode	Breitband-Delphi	Online-Befragung	Inhaltsanalyse
Forschungsausrichtung	Primärforschung (generisch- abstrakt)	Primärforschung (approximiert)	Sekundärforschung (ex-post)
Erhebungsrahmen / Setting	Totalausfall eines Teilssektors, gesamte Schweiz, Dauer drei Wochen	Totalausfall von Versorgungsleistungen anderer Sektoren, weltweit, diverse Dauern	Alle Infrastruktur- ausfälle einer gewissen Stärke oder Dauer, Europa
Untersuchungsebene	Teilssektoren	Sektoren	Sektoren
Eingehende Abhängigkeiten		✓	
Ausgehende Abhängigkeiten	✓		✓
Direkte Abhängigkeiten	✓	✓	✓
Indirekte Abhängigkeiten			✓
Stärke der Abhängigkeit	✓	✓	
Art der Erfassung	ordinal (vier Klassen)	ordinal (sechs Klassen)	
Mehrere Ausfalldauern		✓	
Art der Erfassung		< 2 Std.; < 6 Std.; < 12 Std.; < 24 Std.; > 24 Std.; > 1 Woche	

Quelle: eigene Darstellung.

Die identifizierten und systematisierten Eigenschaften, die in den empirischen Studien zum Erfassen des KRITIS-SoS verwendet werden, haben im Weiteren zwei Anwendungszwecke. Erstens gehen diese in die Entwicklung des Operationalisierungsansatzes und insb. dessen Parameter ein (► s. Kap. 4.2). Zweitens werden sie dazu genutzt, um die Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4.3) auszugestalten, die einerseits auf die Erprobung des Operationalisierungsansatzes und andererseits auf die Gewinnung eines tieferehenden Verständnisses über das KRITIS-SoS zielt.

4.2 Entwicklung eines Operationalisierungsansatzes

Zur Entwicklung eines Operationalisierungsansatzes für das KRITIS-SoS ist es erforderlich, zunächst die inhaltlichen und methodischen Anforderungen an diesen zusammenzutragen (► s. Kap. 4.2.1), ehe dessen Faktoren und Parameter ausgestaltet und in eine Berechnungsvorschrift überführt werden können (► s. Kap. 4.2.2). Hierzu werden die bisherigen Erkenntnisse aus Forschungsdesign und theoretischen Grundlagen zusammengetragen und der Erkenntnisstand der empirischen Studien weiterentwickelt.



4.2.1 Anforderungen an den Operationalisierungsansatz

Methodische Anforderungen an den Operationalisierungsansatz

In Rückbesinnung auf den Forschungsrahmen und die Prämissen dieser Arbeit (► s. Kap. 2.2) sowie auf die Erkenntnisse des ► Kapitels 3.3 besteht der Anspruch, Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zu schaffen, die die mit KRITIS verbundenen Begriffe und Konzepte so systematisieren und weiterentwickeln, dass diese dazu beitragen, das KRITIS-SoS in Gänze (be-)greifbar zu machen (inhaltliche Prämisse). Dazu ist es notwendig, die inhaltliche und methodische Komplexität des zu entwickelnden Operationalisierungsansatzes so gering wie möglich zu halten (Fekete, 2018: 27 nach Fekete, 2011; Bouchon, 2006: 58), damit dieser im Rahmen der Ressourcen von Entscheidungsträger*innen und Wissenschaftler*innen anwendbar wird (Fekete, 2018: 27 nach Theoharidou et al., 2009), wobei ein hoher Standardisierungsgrad helfen kann (Katina & Hester, 2013: 219).

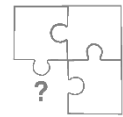
Entsprechend soll der Operationalisierungsansatz einerseits komplexitätsreduziert ausgestaltet werden und andererseits auf unterschiedliche räumliche Kontexte und deren Ressourcen übertragbar sein (methodische Prämisse). Somit ist dieser entweder raumunabhängig oder skalierbar auszugestalten, sodass im Falle der Übertragung auf andere räumliche Maßstabsebenen eine gewisse Vergleich- und Generalisierbarkeit gegeben bleibt.

Zugleich gilt es auch in der Entwicklung der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen die zur Verfügung stehenden Ressourcen zu berücksichtigen, sodass diese im Rahmen einer Dissertation bearbeitbar bleiben (arbeitsorganisatorische Prämisse).

Inhaltliche Anforderungen an den Operationalisierungsansatz

Der Operationalisierungsansatz soll darüber hinaus, entsprechend den theoretischen Erkenntnissen, eine KRITIS-interne, gesamtsystemische Versorgungsleistungsperspektive einnehmen und tieferegehende Informationen über die Ausgestaltung und Funktionsweise des KRITIS-SoS ermitteln. Als inhaltlichen Anknüpfungspunkt soll dieser, entsprechend Vulnerabilitätsdenkströmung (2) und den Erkenntnissen aus bestehenden, empirischen Studien, (Inter-)Dependenzen zwischen Subsystemen als Proxy für Ausbreitungspfade möglicher Kaskadeneffekte nutzen. Er nimmt somit eine Negativbetrachtung auf das KRITIS-SoS vor.

Die Negativbetrachtung ist möglich, da über die (Inter-)Dependenzen zwischen Infrastruktursystemen Versorgungsleistungen erbracht werden. Auf der einen Seite, unter einer Positivbetrachtung, ermöglichen diese den Transfer von Versorgungsleistungen von einem Infrastruktursystem zu einem anderen. Auf der anderen Seite, unter einer Negativbetrachtung, können sich über diese (Inter-)Dependenzen Unterbrechungen der Versorgungsleistungen von einem Infrastruktursystem in ein anderes fortpflanzen (► s. Kap. 1.1.2). Wenngleich von Wissenschaftler*innen der Geisteswissenschaften eine Negativbetrachtung kritisiert wird (Engels, 2018a: 29; Engels & Nordmann, 2018: 7), ist diese doch aufgrund der besseren Vorstellbarkeit und des größeren Bewusstseins über die negativen Konsequenzen zuverlässiger und realitätsgetreuer zu erheben (Giovinazzi, 2016: 355; Räikkönen et al., 2016: 172; Laugé et al., 2015: 17) und wird daher im Weiteren zur Operationalisierung verwendet. Dependenzen werden folglich mit Pfaden von Versorgungsleistungen gleichgesetzt, über die sich mögliche Leistungsunterbrechungen in Form von Kaskadeneffekten ausbreiten können.



Um das KRITIS-SoS, egal auf welcher räumlichen Maßstabsebene, zu erfassen, sind zwei Faktoren entscheidend: die einzelnen Subsysteme und ihre Vernetzung untereinander. Die inhaltliche Definition dessen, was als ‚Subsysteme‘ begriffen wird, kann mit dem Erhebungsinteresse und dem räumlichen Untersuchungsmaßstab variieren. Die Ausgestaltung der Vernetzung ist in zweierlei Hinsicht entscheidend: Einerseits bestimmt diese den Charakter der Subsysteme (eher abhängig, eher Abhängigkeiten generierend) und somit auch das Verhältnis und die Position dieser zueinander im Wirkungsgefüge des SoS. Andererseits ist jede Verbindung zwischen zwei Subsystemen zugleich ein potenzieller Ausbreitungspfad für einen Kaskadeneffekt.

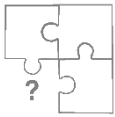
Als erster Faktor wird somit die ‚Position der Subsysteme‘ festgelegt. Um diesen zu ermitteln, wird das Vorhandensein der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten fokussiert. Um den unterschiedlichen Arten von Abhängigkeiten Rechnung zu tragen, können weitere Eigenschaften der Abhängigkeiten berücksichtigt werden, wie die empirischen Studien (► s. Kap. 4.1) verdeutlichen. Da es der Anspruch ist, das Verhältnis der Subsysteme zueinander möglichst präzise zu charakterisieren, sollten nach Möglichkeit alle Eigenschaften erfasst werden, sodass deren generelles Vorhandensein um die Richtung der Abhängigkeit (ein- oder ausgehend, Abhängigkeit oder Interdependenz) und deren Enge (direkt oder indirekt) ergänzt werden sollte (s. auch Luijff et al., 2010).

Als zweiter Faktor wird die ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘ erfasst, die deren Eigenschaften als mögliche Ausbreitungspfade eines Kaskadeneffekts charakterisieren. Hierzu verwenden bestehende Studien (s. z. B. Laugé et al., 2015; BABS, 2010) insb. die Stärke der Abhängigkeit, die über das Ausmaß potenzieller Beeinträchtigungen approximiert wird. Die Stärke der Abhängigkeit berücksichtigt, dass es bei einem Wegfall der Versorgungsleistung aus Infrastruktursystem A nicht unbedingt zu einem vollen Wegfall der Versorgungsleistung von Infrastruktursystem B kommt, sondern dass es auch lediglich zu geringeren Einschränkungen in B kommen kann. Damit unmittelbar in Zusammenhang steht die Entwicklung der Beeinträchtigung über die Zeit. Denn es ist möglich, dass erst mit längerer Ausfalldauer von Infrastruktursystem A stärkere Beeinträchtigungen in Infrastruktursystem B auftreten und es sukzessive zu einem Ausfall des letzteren kommt. Um die zeitliche Entwicklung der Stärke der Abhängigkeit einzubeziehen, bedarf es, wie bei Laugé et al. (2015), der Erfassung unterschiedlicher Ausfalldauern.

Somit verfolgt der Operationalisierungsansatz die methodischen Ansprüche, komplexitätsreduziert, ressourceneffizient und übertragbar zu sein und inhaltlich zugleich das KRITIS-SoS, dessen Subsysteme und Vernetzungen so umfassend wie möglich abzubilden.

4.2.2 Operationalisierungsansatz des ‚Systemischen Kaskadenpotenzials‘

Der nachfolgend zu entwickelnde Operationalisierungsansatz, der das KRITIS-SoS (be-)greifbar macht, verfolgt wie eingangs erläutert zwei Absichten: Erstens macht er das KRITIS-SoS greifbar, indem die Subsysteme in ihrer relativen Position zueinander abgebildet werden. Zweitens macht dieser die Subsysteme untereinander bewert- und priorisierbar, indem die Bedeutsamkeit der (gegenseitigen) Abhängigkeiten messbar gemacht wird. Somit finden sich die zwei in ► Kapitel 4.2.1



hergeleiteten Faktoren wieder: die ‚Position der Subsysteme‘ und die ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘. Dabei liegt jedem Faktor eine Annahme zugrunde:

1.) Position der Subsysteme:

Je stärker und je enger ein Subsystem im KRITIS-SoS vernetzt ist, desto bedeutsamer ist es für dieses und desto zentraler ist es in diesem positioniert.

2.) Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten:

Je stärker und je schneller ein potenzieller Kaskadeneffekt in einem anderen Subsystem wirkt, desto bedeutsamer ist die Abhängigkeit zwischen den beiden Subsystemen.

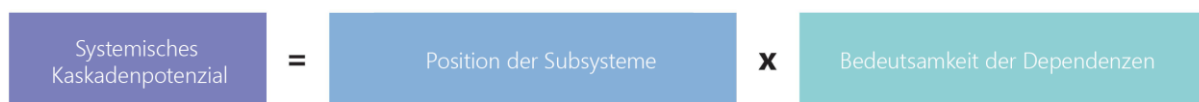
(Schmitt, 2019: 50)

Da die Vernetzung zwischen den Subsystemen zur Approximation möglicher Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten erfolgt, erhält der Operationalisierungsansatz den Titel ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘. Dabei drückt ‚Kaskadenpotenzial‘ die Möglichkeit der Weitergabe eines Kaskadeneffekts aus, die sich aufgrund der Positionierung eines Subsystems innerhalb des SoS in Kombination mit der Bedeutsamkeit seiner Abhängigkeiten ergibt. Der Zusatz ‚Systemisch‘ verdeutlicht, dass die Betrachtung ausschließlich für funktionale, KRITIS-interne (und nicht räumliche) Kaskaden erfolgt.

Der Begriff ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘ drückt die Möglichkeit und Stärke eines sich potenziell über das KRITIS-SoS ausbreitenden Kaskadeneffekts über die Zeit aus.

Es lassen sich folgende Faktoren zur Operationalisierung des Systemischen Kaskadenpotenzials festhalten (s. Abb. 27):

Abbildung 27: Faktoren des Operationalisierungsansatzes



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Schmitt, 2019: 51.

Die Faktoren werden dabei wie folgt parametrisiert (s. Abb. 28): Der erste Faktor erfasst die **Position** eines jeden Versorgungsleistungserbringenden, kritischen Subsystems innerhalb des SoS, indem dessen Vernetzung (Vorhandensein, Richtung, Enge) charakterisiert wird. Der Faktor umfasst entsprechend einerseits die ein- und ausgehenden Abhängigkeiten, die unter dem Parameter ‚Vernetzungsgrad‘ zusammengefasst werden. Andererseits umfasst er die Enge der Vernetzung, die sich über die Anzahl der direkten zu den indirekten Abhängigkeiten ermitteln lässt und im Weiteren unter dem Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ geführt wird.

Der zweite Faktor erfasst die **Bedeutsamkeit** der Abhängigkeiten. Er umfasst einerseits den Parameter ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘, der über die Stärke der Beeinträchtigungen eines potenziellen Kaskadeneffekts approximiert wird. Andererseits umfasst er den Parameter ‚Zeit‘, indem der potenziellen Veränderung der Stärke der Beeinträchtigungen über verschiedene Ausfalldauern Rechnung getragen wird.

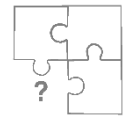
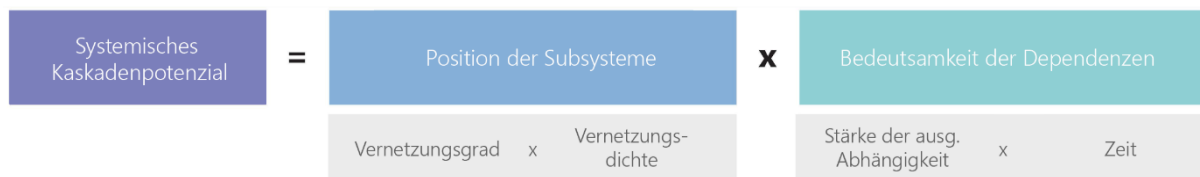


Abbildung 28: Parameter des Operationalisierungsansatzes



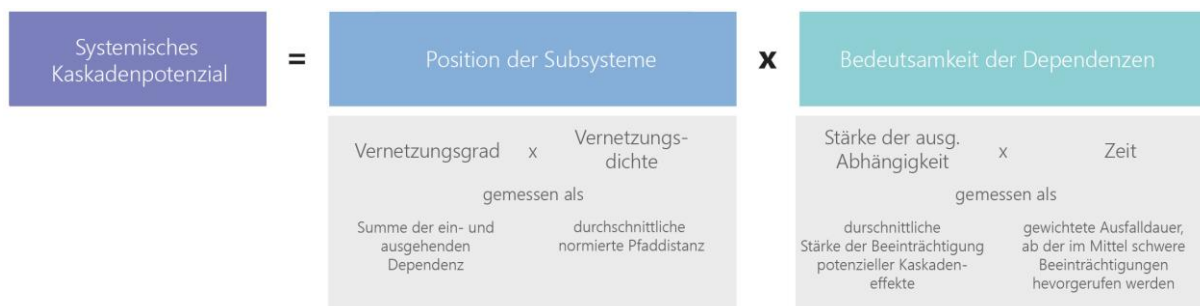
Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Schmitt, 2019: 51.

Wie Abbildung 29 darlegt, lässt sich der Parameter ‚Vernetzungsgrad‘ über die Summe der Anzahl der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten pro Subsystem ermitteln bzw. additiv berechnen. Zur Berechnung des Parameters ‚Vernetzungsdichte‘ ist es allerdings erforderlich, auch die indirekten Abhängigkeiten (► s. Kap. 1.1.2) abzubilden. Hierfür wird es erforderlich, das Gesamtsystem mit all seinen Subsystemen und Abhängigkeiten als Netzwerk abzubilden und daraus die vorhandenen, indirekten Abhängigkeiten abzuleiten. Dies lässt sich über eine Berechnung der sog. Nähezentralität (engl. ‚closeness centrality‘) erzielen, indem die durchschnittliche (Pfad-)Distanz, die ein Kaskadeneffekt braucht um alle anderen Subsysteme des SoS zu erreichen, berechnet wird. Wird diese zwischen 0 – 1 normalisiert, lassen sich auch größere Unterschiede zwischen Subsystemen vergleichbar machen. Je näher der Wert der normierten Pfaddistanz an 1 liegt, desto direkter sind die Ausbreitungswege.

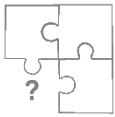
Der Parameter ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ lässt sich für alle Subsysteme als Stärke der Beeinträchtigung eines potenziell eingehenden Kaskadeneffekts ermitteln, wozu die Verwendung einer einheitlichen Skala erforderlich ist. Wird anschließend der Durchschnitt der Stärke der potenziellen Beeinträchtigungen gebildet, kann die durchschnittliche Stärke eines ausgehenden, potenziellen Kaskadeneffekts und somit die durchschnittliche Stärke der Abhängigkeit anderer Subsysteme ermittelt werden. Der Parameter ‚Zeit‘ trägt dem Umstand Rechnung, dass sich die Stärke der Abhängigkeit bzw. potenzieller Beeinträchtigungen mit längerem Ausfall verändern kann. Wird dieser Zeitfaktor gemittelt, bspw. auf die Ausfalldauer, ab der im Mittel schwere Beeinträchtigungen in anderen Subsystemen hervorgerufen werden, kann dieser als Gewichtungsfaktor eingehen und die Ergebnisse unterschiedlicher Ausfalldauern vergleichbar machen.

Es ergibt sich folgende, generische Berechnungsgrundlage für das Systemische Kaskadenpotenzial:

Abbildung 29: Berechnungsgrundlage des Operationalisierungsansatzes



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Schmitt, 2019: 51.



Wie Tabelle 5 veranschaulicht, umfasst der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials alle Eigenschaften, die zur Erfassung des KRITIS-SoS in bestehenden, empirischen Studien verwendet wurden und entwickelt diese durch Kombination weiter. Die noch ungefüllten Tabellenzellen erfordern eine methodische Ausgestaltung, der im nachfolgenden Unterkapitel nachgekommen wird. Neben der exemplarischen, methodischen Ausgestaltung und Erprobung des Operationalisierungsansatzes verfolgt die Erhebungsmethodik auch das Erkenntnisinteresse, tiefere Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS und dessen Wirkweise zu generieren.

Tabelle 5: Eigenschaften des Operationalisierungsansatzes ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘

Urheber*in	Schmitt, 2019
Methode	
Forschungsausrichtung	?
Erhebungsrahmen / Setting	
Untersuchungsebene	
Eingehende Abhängigkeiten	✓
Ausgehende Abhängigkeiten	✓
Direkte Abhängigkeiten	✓
Indirekte Abhängigkeiten	✓
Stärke der Abhängigkeit	✓
Art der Erfassung	?
Mehrere Ausfalldauern	✓
Art der Erfassung	?

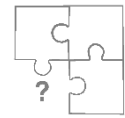
Quelle: eigene Darstellung.

4.3 Erhebungsmethodik

Da die Entwicklung des Operationalisierungsansatzes im vorangestellten Unterkapitel abgeschlossen wurde, gilt es im Folgenden dessen beispielhafte Erprobung vorzubereiten, die im anschließenden ► Kapitel 5 stattfindet. Hierzu wird nachfolgend zunächst die Erhebungsmethodik ausgestaltet, indem ein Erhebungskonzept (► s. Kap. 4.3.1) aufgestellt wird. Dieses trägt den beiden Ansprüchen Rechnung, einerseits das Systemische Kaskadenpotenzial zu berechnen und andererseits tiefergehende Informationen über das KRITIS-SoS und seine Subsysteme zu erlangen. Das Erhebungskonzept trifft daher u. a. Aussagen zur methodischen Ausrichtung der Forschung (Primär- oder Sekundärforschung, Erhebungsmethoden) und bestimmt den Erhebungsrahmen (Untersuchungsebene und inhaltliche Analysebasis). Ist das Erhebungskonzept entwickelt, kann vor dessen Hintergrund die konkrete Ausgestaltung der Methoden erfolgen (► s. Kap. 4.3.2, 4.3.3). Abschließend folgt, zwecks Bestimmung der Auswertungszwecke und Vorstrukturierung der unterschiedlichen Aufbereitungsformen, die Erstellung eines Auswertungskonzepts (► s. Kap. 4.4).

4.3.1 Erhebungskonzept

Das Erhebungskonzept umfasst die Ausrichtung der Forschung und Methodenwahl sowie den inhaltlichen Erhebungsrahmen. Für alle Konkretisierungen gilt der Forschungsrahmen inkl. der Forschungsprämissen (► s. Kap. 2.2). Somit kann vorab festgehalten werden, dass das KRITIS-SoS so abstrakt und komplexitätsreduziert wie nötig und zugleich so konkret wie möglich abzubilden ist.



Forschungsausrichtung und Methodenwahl

Als erster Baustein des Erhebungskonzepts ist die Ausrichtung der weiteren Forschung zu bestimmen. Da für die Anwendung des Operationalisierungsansatzes im Rahmen dieser Dissertation keine Datenbasis zur Verfügung steht, aus der, wie bspw. bei Luijff et al. (2010), Informationen über die Subsysteme und ihre Vernetzung abgeleitet werden könnten, ist eine Primärdatenerhebung erforderlich.

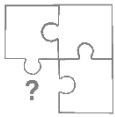
Hierzu stehen prinzipiell drei Erhebungsverfahren zur Verfügung: Beobachtungen, Experimente und Befragungen (Atteslander, 2010). Die Wahl des Erhebungsverfahrens ist maßgeblich vom Erkenntnisinteresse abhängig. Beobachtungen zielen bspw. auf die Erfassung sozialer Phänomene und untersuchen wahrnehmbares Verhalten (Atteslander, 2010: 73, nach König, 1973), weshalb sich diese zur Erfassung des KRITIS-SoS nicht anbieten. Experimente, unter die u. a. auch Simulationen und Planspiele fallen, sind insb. für den Test von Hypothesen oder zum Aufdecken von Kausalbeziehungen zielführend (Atteslander, 2010: 179). Entsprechend würden sich solche für Teilelemente des Forschungsdesigns, bspw. zur Validierung der Anwendungspotenziale der Erhebungsmethodik anbieten. Da es zur Erfassung des KRITIS-SoS allerdings einer systematischen und zwischen den Subsystemen vergleichbaren Erhebung der Abhängigkeiten bedarf, sind Befragungen das Erhebungsverfahren der Wahl.

Es existieren diverse Typen von Befragungen, wie bereits einführend erläutert (► s. Kap. 2.4.2). Da unter hiesigem Erhebungsinteresse nicht nur zahlreiche Personen befragt werden müssen, um die Vernetzung zwischen den Subsystemen aus den diversen Expertisen heraus zu erfassen, sondern dies zwecks Vergleichbarkeit möglichst standardisiert erfolgen sollte, eignen sich insb. Befragungstypen, die auf einem Fragebogen basieren. Diese können entweder schriftlich (postalisch oder online), mündlich (telefonisch) oder als Kombination aus beidem erfolgen.

Bezüglich der Ressourceneffizienz besitzen Online-Befragungen deutliche Vorteile im Vergleich zu postalischen oder mündlichen Befragungen. Erstens erhalten die zu befragenden Expert*innen, i. d. R. per E-Mail, einen Zugangslink zu einer Website, auf der die Umfrage hinterlegt ist. Innerhalb eines gewissen Befragungszeitraums ist diese dann auszufüllen, wobei eine Teilnahme nicht an bestimmte Uhrzeiten oder persönlichen Kontakt gebunden und damit jederzeit möglich ist. Zweitens werden die gegebenen Antworten unmittelbar digital abgespeichert, weshalb eine Dateneingabe durch die interviewende Person entfällt. Drittens lassen sich Online Befragungen kostenlos und relativ leicht (durch Einbau von Filterfragen und Überspringungen, sog. *Jumps*) so programmieren, dass derselbe Fragebogen auch für Expert*innen unterschiedlicher Fachrichtungen genutzt werden kann (Schnell et al., 2013: 368, 373; Wagner & Hering, 2014: 668; Atteslander, 2010: 166f.).

Nachteile von Online-Befragungen sind, dass kein persönlicher Kontakt zu den Befragten hergestellt werden kann und qualitative Zusatzinformationen und Hintergrundwissen häufig nicht erhoben werden. Zudem ist es im Vergleich zu anderen Befragungsarten in der Online-Befragung noch wichtiger, den Fragebogen sorgfältig vorzubereiten, da es während der Befragung keine Möglichkeit zur Intervention gibt (Schnell et al., 2013: 352f.; Atteslander, 2010: 167f.).

Mit Blick auf die Parameter des Operationalisierungsansatzes (► s. Kap. 4.2.3) lässt sich feststellen, dass drei der vier Parameter direkt über eine Online-Befragung erhoben werden können. Der Parameter ‚Vernetzungsgrad‘, berechnet durch die Summe der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten, lässt sich sowohl bei den Expert*innen eines Teilsektors direkt erfragen als auch indirekt ermitteln,



indem nur nach den eingehenden Abhängigkeiten gefragt und diese zugleich als ausgehende Abhängigkeiten der anderen Teilsysteme gewertet werden. Der Parameter ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ lässt sich über dieselbe Logik ermitteln, wobei zur Wahrung der Vergleichbarkeit eine Klassierung oder Skala zur Bewertung bzw. Einschätzung anzulegen ist. Der Parameter ‚Zeit‘ lässt sich durch Wiederholung des Parameters ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ für unterschiedliche Ausfalldauern realisieren.

Der Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ kann lediglich indirekt durch die Online-Befragung erhoben werden. Dazu sind Informationen über die Enge der Vernetzung nötig, über die bei den Befragten aufgrund der Komplexität des SoS erfahrungsgemäß kaum Wissen vorherrscht (► s. Kap. 1.1.2). Entsprechend muss die indirekte Vernetzung daher aus den Antworten zur direkten Vernetzung zurückermittelt werden, wozu sich die von Luijff et al. (2010) rudimentär eingeführte Visualisierung in einem Netzwerk anbietet.

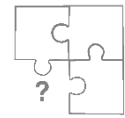
Die dahinterstehende Methode der (Sozialen) Netzwerkanalyse nutzt die Aussagen der eingehenden Abhängigkeiten und verarbeitet diese weiter. Durch eine Visualisierung, die aus Knoten (Subsystemen) und Kanten (Abhängigkeiten) besteht, wird einerseits eine visuelle Interpretation der Vernetzung möglich. Andererseits ermöglichen die Netzwerkanalysenprogramme tiefgehende statistische Auswertungen, wie die Berechnung der Nähezentralität und Pfaddistanzen (Trappmann et al., 2011: 17). Die Methode ist daher in besonderem Maße nicht nur zur Operationalisierung des Parameters ‚Vernetzungsdichte‘, sondern auch zur Gewinnung eines tiefgehenden Verständnisses über das KRITIS-SoS geeignet, da sich Rückschlüsse sowohl für jeden einzelnen Teilsystem als auch für das Gesamtnetzwerk ergeben (Schnell et al., 2013: 248; Thiel, 2010: 1; Knoke & Kuklinski, 1982: 13).

Aufgrund der guten Eignung der Methode Online-Befragung für das Erhebungsinteresse wird diese zur Primärdatenerhebung genutzt und um die Methode der (Sozialen) Netzwerkanalyse zur weiteren Aufbereitung ergänzt. Beide Methoden werden in den nachfolgenden Unterkapiteln konkret ausgestaltet (► s. Kap. 4.3.2, 4.3.3), wozu zunächst jedoch noch der inhaltliche Erhebungsrahmen festzulegen ist.

Inhaltlicher Erhebungsrahmen

Zur Ausgestaltung des inhaltlichen Erhebungsrahmens sind die Untersuchungsebene sowie die inhaltliche Analysebasis, inkl. der Konkretisierung der kritischen Subsysteme, zu bestimmen. Dabei ist die Frage nach der geeignetsten Untersuchungsebene, also dem räumlichen Maßstab der Untersuchung, bereits eingangs aus den Forschungsprämissen abgeleitet worden (► s. Kap. 2.2). Denn aufgrund des ‚*problem of fit*‘ (► s. Kap. 1.1.2) ist die Untersuchungsebene auf dem höchstmöglichen Betrachtungsmaßstab zu wählen, auf dem zugleich ein einheitliches Verständnis über das KRITIS-SoS und seine Subsysteme (und im Idealfall auch eine legitimierte Analysegrundlage) vorhanden ist. Daher ist die Untersuchungsebene zur Erprobung und weiteren Ausgestaltung der Operationalisierungs- und Verständnisgrundlagen die bundesdeutsche.

Für die inhaltliche Analysebasis ist einerseits festzulegen, wie und auf welcher Grundlage die Subsysteme approximiert werden und andererseits, welcher Erhebungsrahmen, ergo welches Setting zugrunde gelegt wird. Bezüglich der Subsysteme gilt die Prämisse, das KRITIS-SoS so abstrakt und komplexitätsreduziert wie nötig und zugleich so konkret wie möglich abzubilden. Entsprechend ist



eine möglichst detaillierte Approximation vorzunehmen, die zugleich übertragbar ist, was entweder durch universelle Gültigkeit oder durch Skalier- bzw. Reproduzierbarkeit gewährleistet werden kann.

Alle diese Anforderungen lassen sich erfüllen, wenn, der Studie des BABS (2010) folgend, die in der nationalen KRITIS-Strategie benannten Teilsektoren als Analysebasis genutzt werden. Diese stellen eine (politisch) legitimierte, deutschlandweit gültige und einheitliche Definition von kritischen Subsystemen dar und eignen sich entsprechend im Sinne eines ‚größten gemeinsamen Nenners‘ als inhaltliche Analysebasis. Ein weiterer Vorteil der Verwendung der Teilsektoren der nationalen KRITIS-Strategie ist, dass keine eigene Systemabgrenzung vorgenommen werden muss, was weder in der Expertise noch den Ressourcen dieser Dissertation liegt. Somit trägt die Entscheidung zur Verwendung der Teilsektoren allen drei Forschungsprämissen Rechnung, indem das KRITIS-SoS in Gänze abgebildet wird, eine Komplexitätsreduzierung und Übertragbarkeit gewährleistet werden und eine ressourceneffiziente Durchführbarkeit gewahrt bleibt.

Die Ausgestaltung des zugrundeliegenden Settings beeinflusst ebenfalls die Gültigkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse, da mit höherer Spezifikation, bspw. auf eine Gefährdungsart als initiale Ausfallursache, konkretere Antworten erzielt werden können. Aufgrund des Ziels dieser Dissertation, Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS zu generieren, ist jedoch von einer Spezifikation abzu- sehen und, der Studie des BABS (2010) folgend, ein generisch-abstraktes Setting zu wählen, um möglichst einheitliche, übertragbare Aussagen zu generieren.

Daher wird das Setting wie folgt ausgestaltet und der Online-Befragung zugrunde gelegt:

Bei einem Ausfall sind jeweils alle Infrastrukturen eines Teilsektors (z. B. des Teilsektors Elektrizität) betroffen. Der Ausfall findet im gesamten Bundesgebiet zugleich statt (Totalausfall). Der Ausfall geschieht plötzlich und erlaubt keine kurzfristige Vorbereitung. Während der gesamten Ausfall- dauer finden keine erfolgreichen Wiederherstellungsversuche statt. Bestehende back-up Systeme (z. B. Notstromgeneratoren) werden jedoch so lange wie verfügbar genutzt. Deutschland kann während des Ausfalls keine Hilfe aus dem Ausland beziehen. Der Grund für den Ausfall ist unbekannt bzw. irrelevant.

Wenngleich bezüglich des generisch-abstrakten Settings eine eindeutige Anlehnung an die Studie des BABS (2010) erfolgt, sorgen die Parameter des Faktors ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘ dafür, dass deutlich differenziertere Anwendungsergebnisse erzielt werden, die eher mit denen der Studie von Laugé et al. (2015) vergleichbar sind. Diese Differenzierung findet in zweierlei Hinsicht statt: Erstens soll die Abschätzung der Stärke der Beeinträchtigungen (Parameter 3) eines Teilsektorausfalls prozentual statt klassifiziert erfolgen. Eine Klassifizierung der prozentualen Werte kann, je nach Verwendungszweck und Kommunikationsabsicht, nachträglich immer noch erfolgen. Zweitens wird dem Beispiel von Laugé et al. (2015) gefolgt und die Stärke der Beeinträchtigung für diverse Ausfall- dauern (Parameter 4) abgefragt. Somit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich die Stärke der Abhängigkeit zwischen zwei Subsystemen über die Zeit verändern kann.

Die Festlegung der Ausfalldauern erfolgt durch Weiterentwicklung der in den empirischen Studien verwendeten Ausfalldauern (► s. Kap. 4.1) und nach Konkretisierung durch explorative Expert*innen- interviews (Interview Wenger, 2019: B.5; Interview Lauwe & Wienand, 2019: B.7, B.8). Der grundlegende Anspruch ist es, durch Abstufung drei unterschiedliche Ausfallgegebenheiten abzubilden: Erstens sollen kurzzeitige, ‚realistische‘ bzw. ‚alltägliche‘ Ausfälle, die überwiegend unter das BKM der KRITIS-Betreiber*innen fallen, nach Vorbild von Laugé et al. (2015) abgebildet werden. Zweitens



sollen ‚seltene‘ Ausfalldauern abgefragt werden, die mehr als 72 Stunden andauern und damit über den Zeitraum der verpflichtenden Eigenvorsorge des BKM hinausgehen und somit potenziell das Einschreiten der Katastrophenschutzkräfte erfordern. Drittens sollen darüber hinaus solche Ausfalldauern gewählt werden, die, wie in der Studie des BABS (2010), am Rande des Vorstellbaren liegen und einen ‚möglichen‘ und einen ‚fiktiven‘ schlimmsten Fall (engl. ‚reasonable‘ und ‚fictional worst case‘) darstellen. Es werden die folgenden fünf Ausfalldauern gewählt.

Tabelle 6: Übersicht und Begründung der erhobenen Ausfalldauern

Ausfalldauer	Begründung
von bis zu vier Stunden	Kurzfristiges, häufigeres Auftreten.
von bis zu vierundzwanzig Stunden	Kurzfristiges, selteneres Auftreten.
von bis zu vier Tagen	Mittelfristiges, seltenes Auftreten.
von bis zu zwei Wochen	Längerfristiges Auftreten, ‚reasonable worst case‘.
von bis zu sechs Wochen	Langfristiges Auftreten, ‚fictional worst case‘.

Quelle: eigene Darstellung.

Nachdem Forschungsausrichtung und Methodenwahl erfolgt sind und der inhaltliche Erhebungsrahmen ausgestaltet wurde, ist das Erhebungskonzept vervollständigt, wie Tabelle 7 darstellt. Dennoch findet eine weitere Konkretisierung der Erhebung statt, indem nachfolgend die Methoden Online-Befragung (► s. Kap. 4.3.2) und Netzwerkanalyse (► s. Kap. 4.3.3) anwendungsfallbezogen ausgestaltet werden, um das KRITIS-SoS in Gänze (be-)greifbar zu machen.

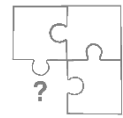
Tabelle 7: Erhebungskonzept zum Systemischen Kaskadenpotenzial

Urheber*in	Schmitt, 2021 (basierend auf 2019)
Methode	Online-Befragung + Netzwerkanalyse
Forschungsausrichtung	Primärforschung (generisch-abstrakt)
Erhebungsrahmen / Setting	Totalausfall eines Teilssektors, Deutschland, diverse Ausfalldauern
Untersuchungsebene	Teilssektoren
Eingehende Abhängigkeiten	✓
Ausgehende Abhängigkeiten	✓
Direkte Abhängigkeiten	✓
Indirekte Abhängigkeiten	✓
Stärke der Abhängigkeit	✓
Art der Erfassung	Prozentual (daraufhin ordinal)
Mehrere Ausfalldauern	✓
Art der Erfassung	< 4 Std.; < 24 Std.; < 4 Tage; < 2 Wochen; < 6 Wochen

Quelle: eigene Darstellung.

4.3.2 Ausgestaltung der Online-Befragung

Bei der Ausgestaltung der Online-Befragung ist insb. darauf zu achten, die Nachteile des eventuellen Verlusts von qualitativen Zusatzinformationen sowie der fehlenden Qualitätskontrolle während des Befragungsprozesses möglichst entgegenzuwirken. Wie in ► Kapitel 2.4.2 ausführlich beschrieben,



sind zunächst die Fragen nach Grundgesamtheit und Stichprobe zu klären, ehe die inhaltliche und technische Ausgestaltung der Online-Befragung erfolgen kann.

Grundgesamtheit und Stichprobenziehung

Die Grundgesamtheit der Befragung umfasst gemäß Erhebungskonzept alle KRITIS-Expert*innen (aller Teilspektoren auf allen Maßstabsebenen) Deutschlands. Da diese Grundgesamtheit jedoch in Person nicht bekannt ist, ist weder eine Vollerhebung, noch eine repräsentative, zufallsbedingte Stichprobenziehung möglich, sodass es sich bei hiesiger Erhebung um eine Teilerhebung handelt. Die Stichprobenziehung erfolgt durch eine bewusste Auswahl, die, wie bei den meisten Teilerhebungen, durch das Erhebungsinteresse, die Ressourcenverfügbarkeit und die Konventionen der Auswertungsmethoden bestimmt ist (Akremi, 2014: 277f.).

Um trotz der bewussten Auswahl möglichst valide Aussagen zu erhalten und im methodischen Vorgehen Transparenz zu wahren, ist ein Kriterien- und Auswahlplan zu erstellen, der die Anforderungen an die Stichprobenziehung darlegt. In diesem werden für die Grundgesamtheit typische bzw. charakteristische Fälle dargelegt (Schnell et al., 2013: 290f.; Atteslander, 2010: 273). Somit ist insb. der Kreis der geeigneten, potenziell zu befragenden Einrichtungen und Personen und die Priorisierung der Anfrage offenzulegen. Insb. bei Online-Befragungen ist dieser Schritt von großer Bedeutung, da die fachliche Eignung und Motivation der Befragten die Antwortqualität und -validität maßgeblich bestimmt (Wagner & Hering, 2014: 667f.).

Für das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit werden sowohl einrichtungs- als auch personenbezogene Kriterien aufgestellt und in einem Kriterienplan (s. Tab. 8) festgehalten. Dabei sind die einrichtungsbezogenen Kriterien den personenbezogenen übergeordnet, d. h. letztere dienen vorrangig der Auswahl geeigneter Personen in bereits als geeignet identifizierten Einrichtungen. Aus diesem Grund sind die personenbezogenen Kriterien in Tabelle 8 grau hinterlegt. Darüber hinaus sind sowohl die einrichtungs- als auch die personenbezogenen Kriterien nach ihrer Relevanz für die Erhebung sortiert.

Kriterien, die sich auf die Einrichtung beziehen, sind z. B. eine möglichst umfassende räumliche und kompetenzielle Verantwortung im Umgang mit KRITIS und die Mitgestaltungsfähigkeit des Themenfeldes. Als personenbezogene Kriterien sind einerseits die persönliche Qualifikation und Reputation sowie andererseits das Handlungs- und Erfahrungswissen hinterlegt, die eine möglichst umfassende fachliche Expertise, geeignete Repräsentation der Einrichtung sowie personenbezogene Entscheidungskompetenz sicherstellen (Schmitt, 2019: 51; Website Universität Trier, 2002).

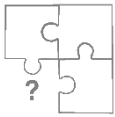


Tabelle 8: Kriterienplan zur Stichprobenziehung

Bezug	Kriterium		Begründung
Einrichtungs- bezogene Kriterien	K1	(räumlich) Bundesperspektive	→ räumlich möglichst umfassende Perspektive auf den eigenen Teilsektor im KRITIS-SoS in Deutschland
	K2	(inhaltlich-kompetenziell) Systemverständnis und Mitgestaltungskompetenz	→ inhaltlich möglichst umfassende Perspektive auf den eigenen Teilsektor im KRITIS-SoS in Deutschland und Entscheidungs- und Mitgestaltungsmöglichkeit, belegt durch Kompetenzen der Einrichtung, sowie Beteiligung an Fachstudien und Arbeitskreisen
	K3	(inhaltlich-kompetenziell) Objektivität	→ Möglichst große Objektivität der Einrichtung durch möglichst langfristige, tagespolitisch und unternehmerisch unabhängige Interessen
Personen- bezogene Kriterien	K4	Qualifikation	→ Persönliche Qualifikation und Reputation; Einflussmöglichkeit auf KRITIS-relevante Entscheidungen
	K5	Repräsentanz	→ Handlungs- und Erfahrungswissen der Person; bestmögliche Repräsentation der Organisation
			tendenzielle Präferenz der höchsten noch fachlichen Führungsebene

Quelle: eigene Darstellung.

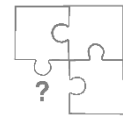
Zur Identifikation und Akquise sowohl der Einrichtungen als auch der Expert*innen ist es erforderlich, einen guten Überblick über die einzelnen Teilsektoren zu gewinnen, was insb. durch Literatur- und Internetrecherche erfolgt. Eine wesentliche Informationsquelle sind dabei die Sektorstudien²³ des BSI, die einen relativ aktuellen Überblick über den Aufbau der Sektoren sowie deren zentrale Akteur*innen bieten. Die identifizierten Einrichtungen werden zunächst in einer Liste gesammelt, um sie anschließend bezüglich ihrer Kriterienerfüllung zu überprüfen.

Einrichtungen, die keines der Kriterien erfüllen, werden von der Stichprobe ausgeschlossen. Alle anderen werden insofern priorisiert, als dass die Reihenfolge der Kontaktaufnahme vorstrukturiert wird. Dabei sind, je nach Erhebungsinteresse, unterschiedliche Vorgehensweisen möglich. So können entweder, bei Gleichwertigkeit der Kriterien, die Einrichtungen am höchsten priorisiert werden, die insgesamt die größte Anzahl an Kriterien erfüllen. Sind die Kriterien jedoch, wie im vorliegenden Anwendungsfall, gewichtet, ist eine argumentative Aushandlung der Priorisierung erforderlich.

Um die endgültige Auswahl der Expert*innen und damit die Stichprobenziehung vorzunehmen, ist es hilfreich, die Organigramme der Einrichtungen auf Basis der personenbezogenen Kriterien auszuwerten. Da die einrichtungsbezogenen Kriterien den personenbezogenen in dieser Erhebung übergeordnet sind, empfiehlt es sich in der Kontaktaufnahme ggf. um einrichtungsinterne Weiterleitung zu bitten, sollte die initial angesprochene Person zur Teilnahme nicht geeignet sein.

Nachfolgende Tabelle 9 fasst die Argumentation zur Priorisierung der Einrichtungen zusammen. Dabei gelten solche Einrichtungen als besonders für den Erhebungszweck geeignet, die auf Prioritätsstufen 1-3 stehen. In der Durchführung der Befragung sind diese daher vorrangig zu kontaktie-

²³ Siehe hierzu: Website www.kritis.bund.de.



ren. Ebenfalls geeignet, wenngleich in etwas geringerem Maße, sind Einrichtungen der Prioritätsstufen 4-6. Die als überwiegend ungeeignet klassifizierten Einrichtungen der Prioritätsstufe 7 sind ausschließlich in begründeten Ausnahmefällen zu kontaktieren. Zur Erhebung möglichst unterschiedlicher Perspektiven ist es zugleich zu vermeiden, zwei Expert*innen derselben Einrichtung für denselben Teilssektor zu befragen.

Tabelle 9: Auswahlplan zur Stichprobenziehung

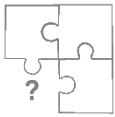
Prio	Einrichtungen	K1 Bundesperspektive	K2 Systemverständnis	K3 Objektivität	K4 Qualifikation	K5 Repräsentanz
1	Bundesoberbehörden	++	+ abhängig vom Sachbereich	++ unterliegt keinen kurzfr. Interessen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
2	Oberste Bundesbehörden	++	+ abhängig vom Sachbereich	+ teilw. durch politische Agenden beeinflusst	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
3	UP KRITIS	+ ggf. eher Bundesbeispiele statt -perspektive	+ abhängig von BAK / TAK	+ teilw. durch politische Agenden beeinflusst	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
4	Bundesverbände	+ ggf. eher Bundesbeispiele statt -perspektive	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
5	Forschung und Wissenschaft	○ muss ggf. abstrahiert werden	○ ist durch Recherche sicherzustellen	++ ist durch Wissenschaftsethik sichergestellt	++ Expertise ist durch Recherche sicherzustellen	x ist zu vernachlässigen
6	Sonstige Verbände	○ muss ggf. abstrahiert werden	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
7	Unternehmen	○ muss ggf. abstrahiert werden	○ ist durch Recherche sicherzustellen	- unterliegt tendenziell kurzfristigen Interessen	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen
-	Landesparlamente	- Landes- statt Bundesperspektive	+ abhängig vom Sachbereich	+ teilw. durch politische Agenden beeinflusst	○ ist durch Recherche sicherzustellen	○ ist durch Recherche sicherzustellen

Legende:

++ trifft voll zu, + trifft überwiegend zu, ○ einzelfallabhängig, - trifft überwiegend nicht zu, x ist zu vernachlässigen

Quelle: eigene Darstellung.

Die höchsten Prioritätsstufen belegen Einrichtungen der Kategorien Bundesoberbehörden, Oberste Bundesbehörden und UP KRITIS. Bundesoberbehörden sind dabei noch eine Stufe höher priorisiert



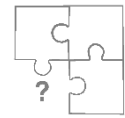
als Oberste Bundesbehörden, da letztere tendenziell stärker politischen Agenden unterliegen. Beide Einrichtungen zeichnen sich dadurch aus, dass es sich um Organisator*innen und Kommunikator*innen des Themenfeldes KRITIS handelt, also ein umfassender Überblick gegeben ist. Der UP KRITIS ist als Einrichtung ebenfalls durchweg positiv bewertet, wobei die Kriterien im Vergleich zu den erst- und zweitplatzierten Einrichtungen überwiegend (statt voll) zutreffen. Personen, die als Einrichtung den UP KRITIS repräsentieren, verfügen häufig abseits dessen über eine andere Affiliation, bspw. in Politik, Wirtschaft oder Forschung. Der Zugehörigkeit zum UP KRITIS wird in diesen Fällen Vorrang eingeräumt und darauf geachtet, die Personen explizit als Repräsentant*innen des UP KRITIS um Stellungnahme zu bitten. Allen Einrichtungen der ersten drei Priorisierungsstufen kann eine grundlegende Mitgestaltungsfähigkeit des Themenfeldes KRITIS in Deutschland attestiert werden.

Als etwas geringer geeignet werden Einrichtungen eingestuft, die sich als Bundesverbände, Forschung und Wissenschaft und sonstige Verbände klassifizieren lassen. Während den Bundesverbänden, unter die auch Zentralverbände, Dach-, Spitzen- oder Hauptverbände gefasst werden, eine Bundesperspektive attestiert werden kann, ist dennoch bei allen drei Einrichtungen im Rahmen der Recherche sicherzustellen, dass die Kriterien durch die Einrichtungen und Personen erfüllt werden können. Obacht ist insb. hinsichtlich der Bundes- und sonstigen Verbände geboten, da diese ggf. politischen oder wirtschaftlichen Interessen unterliegen und ggf. das Kriterium ‚Objektivität‘ nicht erfüllen. Einen Sonderfall stellt Prioritätsstufe 5, Forschung und Wissenschaft, dar, da die Recherche nach geeigneten Befragten unmittelbar auf Personen und weniger auf ihre Einrichtung bzw. Affiliation ausgerichtet ist.

Als tendenziell ungeeignete Einrichtungen sind Unternehmen klassifiziert, da bei diesen die Erfüllung des Kriteriums ‚Objektivität‘ nicht überprüft werden kann. Allerdings existieren einige Teilspektoren, in denen Unternehmen aufgrund ihrer Monopolstellung über große Mitbestimmungsmöglichkeiten verfügen. Solche Unternehmen werden in begründeten Einzelfällen und insb. bei einem Mangel an höherpriorisierten Einrichtungen zur Befragung zugelassen.

Von der Priorisierung ausgeschlossen und dennoch in die Befragung inkludiert sind als Einrichtungen Landesparlamente. Diese stellen ebenfalls einen Sonderfall dar, da sie ausschließlich für den Teilsektor *Parlament* relevant sind. Aufgrund ihrer Landesperspektive erfüllen diese das erste Kriterium (Bundesperspektive) nicht und sind entsprechend in ihrer Vergleichbarkeit mit den Erhebungen der anderen Teilspektoren eingeschränkt. Es wird jedoch in diesem Fall der Vollständigkeit der Erhebung Vorzug eingeräumt, um das KRITIS-SoS in Gänze abbilden zu können. Die Limitationen hinsichtlich der Antwortqualität und -validität werden an späterer Stelle ausführlich diskutiert und reflektiert (► s. Kap. 8.2).

Eine Liste der pro Teilsektor angefragten Einrichtungskategorien befindet sich im Anhang dieser Arbeit (► s. Anhang II.iv). Diese ermöglicht einerseits das Aufrechterhalten eines transparenten Vorgehens und Darlegung der Akquise bei gleichzeitiger Wahrung der Anonymität der Befragten. Andererseits lässt sich anhand der Liste die durchschnittliche Eignung der Rückmeldung entsprechend des Kriterien- und Auswahlplans pro Teilsektor nachvollziehen. Hierzu werden Mittelwerte der Prioritätsstufen der Einrichtungen gebildet. Dabei gilt, je geringer der Durchschnittswert, desto eher erfolgte die Rückmeldung aus sehr geeigneten Einrichtungen. Auch diese werden an späterer Stelle diskutiert und reflektiert (► s. Kap. 6, Kap. 8.2).



Erhebungsumfang

Nachdem die Stichprobenziehung konzipiert ist, ist der Erhebungsumfang festzulegen. Hierbei stellt sich insb. die Frage, welche Anzahl an Rückmeldungen benötigt wird, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Zur Bestimmung des Mindestumfangs wird folgende Logik angeführt: Erstens ist es eine Voraussetzung zur Abbildung eines Gesamtnetzwerks, im Gegensatz zu einem ego-zentrierten Netzwerk (► s. Kap. 2.4.2), jeden der 29 Teilsektoren in seinem Verhältnis zu allen anderen abzubilden, sodass mindestens eine Person pro Teilsektor zu befragen ist. Zweiten soll darüber hinaus den Befragten eine volle Anonymisierung ihrer Antworten zugesichert werden, um zur Teilnahme an der Befragung mit relativ sensiblem Inhalt zu motivieren. Diese Anonymisierung erfolgt durch eine Mittelwertbildung und setzt somit mindestens zwei Rückmeldungen pro Teilsektor voraus. Drittens gilt es jedoch, eine möglichst hohe Aussagekraft der Ergebnisse zu erzielen. Diesbezüglich kann grundsätzlich festgehalten werden, dass die Ergebnisvalidität mit jeder Rückmeldung steigen. Zugleich ist jedoch aufgrund der arbeitsorganisatorischen Prämisse der Ressourcenaufwand angemessen zu halten. Daher wird als Mindestumfang der Befragung der Wert von drei vollständigen Rückmeldungen pro Teilsektor, d. h. insgesamt 87 Antworten festgelegt.

$$n_{\text{Teilsektor}} \geq 3; n_{\text{gesamt}} \geq 87$$

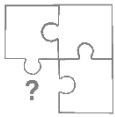
Der festgelegte Mindestumfang von drei vollständigen Rückmeldungen pro Teilsektor bietet darüber hinaus den Vorteil, dass ein Vergleich zwischen allen und den mehrheitlich gegebenen Antworten erfolgen kann. Die separate Auswertung der Mehrheitsantworten zeigt dabei auf, bezüglich welcher Antworten bei den meisten Expert*innen Einigkeit und somit eine höhere Aussagesicherheit vorherrscht, was eine zusätzliche Qualitätssicherung ermöglicht (Schmitt, 2019: 51).

Entsprechend wird ein Konfidenzfaktor von mindestens 50 Prozent zur Ermittlung der Mehrheitsantworten eingeführt. Da zugleich, bei Verfügbarkeit und Bereitschaft zur Teilnahme, mehr als drei Rückmeldungen pro Teilsektor zugelassen werden sollen, variiert der Konfidenzfaktor zur Distinktion der Mehrheitsantworten wie folgt: Bei drei Rückmeldungen pro Teilsektor sind zur Mehrheitsbildung zwei übereinstimmende Antworten erforderlich, was de facto einer Konfidenz von 66,667 Prozent entspricht. Bei vier vollständigen Rückmeldungen pro Teilsektor werden ebenfalls zwei übereinstimmende Antworten als Mehrheit erachtet (de facto 50 Prozent Konfidenz). Bei fünf vollständigen Rückmeldungen erhöht sich die Anzahl zum Abbilden der Mehrheit auf drei übereinstimmende Antworten (de facto 60 Prozent Konfidenz).

Somit entstehen zwei Datensätze, die im Folgenden zur Ergebnispräsentation und -interpretation genutzt werden. Dabei sind Auswertungen auf Grundlage des Datensatzes, der alle Antworten beinhaltet, durch den Zusatz ‚alle‘ gekennzeichnet. Auswertungen auf Grundlage des Konfidenzfaktors tragen den Zusatz ‚Mehrheit‘ (► s. Kap. 5.2).

Realisierung der Befragung

Die Akquise der Expert*innen verläuft so, dass zunächst die höchsten Prioritätsstufen der Einrichtungskategorien angefragt werden. Lässt sich unter diesen nicht die Mindestanzahl von drei vollständigen Rückmeldungen pro Teilsektor erzielen, werden Einrichtungen niedrigerer Prioritätsstufen angefragt. Praktisch lässt sich dieses Vorgehen nicht in allen Teilsektoren umsetzen, bspw., weil die



Kompetenzen nicht auf Bundesebene angelegt sind (z. B. im Teilsektor *Kulturgut*), es z. B. keine Repräsentation im UP KRITIS gibt (z. B. Teilsektoren des Sektors *Staat & Verwaltung*), oder sich schlichtweg keine Umfrageteilnehmenden akquirieren lassen.

Die Kontaktaufnahme zu den Expert*innen erfolgt überwiegend per E-Mail. Wo sich keine E-Mail-Adresse recherchieren lässt, werden allgemeine Kontaktformulare der Einrichtungen mit Bitte um Weiterleitung an die entsprechende Stelle genutzt. Um die Mitwirkungsbereitschaft zu erhöhen, wird eine Anonymisierung der Daten bereits per Mail zugesichert. Zudem wird auf die geringe Anzahl an Fragen und den geringen Zeitaufwand verwiesen (► s. Anhang II.ii).

Technisch wird die Online-Befragung über die Software SoSci Survey²⁴ realisiert. Diese ist für wissenschaftliche Zwecke kostenlos und verfügt über erweiterte Funktionen, wie Filterfragen und ‚Jumps‘ (► s. Kap. 4.3.1). Zudem erlaubt die Software die Vergabe von Seriennummern, sodass jede*r angefragte Expert*in einen personalisierten Zugang erhält und automatisch einen teilsektorspezifischen Fragebogen angezeigt bekommt.

Aufbau und Inhalte der Befragung

Die Online-Befragung findet unter dem Titel ‚Dependenzen zwischen KRITIS-Teilsektoren‘ statt und ist als Druckversion in ► Anhang II.i zu finden.²⁵ Sie besteht aus insgesamt sieben Seiten, wobei die zur Berechnung der Parameter benötigten Daten auf den drei Seiten der inhaltlichen Fragen (01-03) erhoben werden. Zudem gibt es eine Seite, die um zusätzliche qualitative Hinweise bittet, eine Seite, die das fiktive Setting nach Vorbild der BABS-Studie (2010) erläutert und jeweils eine Seite für die Begrüßung und Verabschiedung (s. Abb. 30). Bei den drei Frageseiten handelt es sich überwiegend um Multiple-Choice-Fragen. Zudem gibt es eine Schätzfrage, die über eine prozentuale Skala und einen Schieberegler vorgenommen wird, sowie eine Freitextfrage.

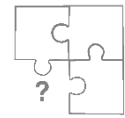
Bis auf die Seiten Begrüßung, Verabschiedung und die Seite mit der Bitte um zusätzliche Hinweise und Kommentare handelt es sich ausschließlich um Pflichtfragen, die vollständig beantwortet werden müssen. Eine hohe Anzahl an Pflichtfragen birgt das Risiko, dass die Befragung schneller abgebrochen wird (Schnell et al., 2013: 375). Da die Vollständigkeit der Angaben jedoch für die Erhebung unabdingbar ist und es sich insgesamt um eine sehr geringe Anzahl an Fragen handelt, wird dieses Risiko akzeptiert.

Auf der Startseite findet zunächst eine Begrüßung der Teilnehmenden statt und es werden Informationen zum Erhebungsziel, dem Aufbau der Befragung, geschätzter Ausfülldauer und Zwischenspeichermöglichkeiten gegeben. Darüber hinaus finden sich Hinweise zum Kontakt der Urheberin, Datenschutzhinweise sowie die Zusicherung der Anonymisierung.

Auf der zweiten Seite ist das Setting der Umfrage (► s. Kap. 4.3.1) erläutert. Dieses erhält eine eigene Fragebogenseite, da es für die Antwortqualität maßgeblich ist, dass die Expert*innen dieses lesen und verstehen. Um ein Überlesen möglichst zu verhindern, ist aus diesem Grund auch ein Pflichtfeld

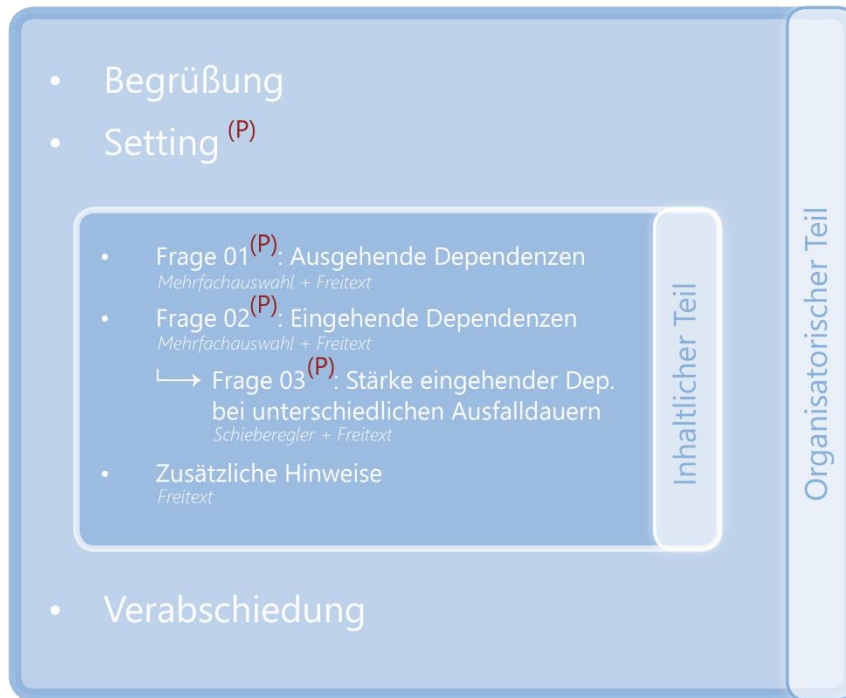
²⁴ Für mehr Informationen und Zugang zur Software s. <https://www.socisurvey.de/>.

²⁵ Wenn in der nachfolgenden Erläuterung zum Aufbau der Befragung die Formulierung ‚Teilsektor ⇒ teilsektor ⇐‘ zu lesen ist, handelt es sich um einen Platzhalter, der stellvertretend für eine Teilsektorbezeichnung steht, wie z. B. *Binnenschifffahrt* oder *Gas* (s. Tab. 1).



am Seitenende eingefügt, in dem zu bestätigen ist, dass der Hinweis zum Umfrage-Setting verstanden wurde. Zudem wird das Setting auf jeder der folgenden Fragebogenseiten in einer gut sichtbaren Info-Box am Seitenanfang wiederholt und jeweils eine Erinnerung eingefügt, aus Blickrichtung welchen Teilsektors die Expert*innen jeweils ihre Antworten treffen.

Abbildung 30: Aufbau der Online-Umfrage



(P) = Pflicht

Quelle: eigene Darstellung.

Auf Seite drei der Umfrage findet sich die erste inhaltliche Frage nach den direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten. Diese ist angelegt als Mehrfachauswahl, d. h. als ‚multiple-choice‘ Liste mit mehrfacher Anklickoption, die alle anderen Teilsektoren listet sowie die Antwortoption enthält, dass keine Abhängigkeit von anderen Teilsektoren besteht. Anstelle der Verwendung des Begriffs ‚Abhängigkeiten‘ wird, zur Erhöhung der Verständlichkeit, folgende Formulierung gewählt: „Bitte geben Sie nachfolgend an, welche KRITIS-Teilsektoren zum Funktionieren auf Ihren Teilsektor \Rightarrow teilsektor \Leftarrow angewiesen sind.“ Zudem findet sich der Hinweis darauf, dass zunächst die direkten Abhängigkeiten und anschließend die indirekten Abhängigkeiten abgefragt werden: „Kreuzen Sie dabei in Teilfrage A zunächst alle Teilsektoren an, die direkt (unmittelbar) von Ihrem Teilsektor abhängig sind. Kreuzen Sie in Teilfrage B anschließend bitte alle Teilsektoren an, die indirekt (mittelbar) von Ihrem Teilsektor abhängig sind.“ Es befindet sich zudem ein Hinweis auf die Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Abhängigkeiten in Form eines kleinen, farblich hervorgehobenen Info-Buttons, der folgenden Hinweis anzeigt, sobald er mit dem Mauszeiger berührt wird: „Ist Teilsektor B von A abhängig und C von B, dann ist C indirekt auch von A abhängig.“

Erst nach diesen Erläuterungen wird die erste der drei inhaltlichen Fragen gestellt. Frage 01a lautet: „Wenn Ihr Teilsektor \Rightarrow teilsektor \Leftarrow für zwei Wochen ausfiele, welche anderen KRITIS-Teilsektoren wären davon potenziell direkt (unmittelbar) in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt?“ Als erneuter Hinweis wird auf das Umfrage-Setting sowie die Mehrfachauswahl verwiesen. Zudem findet sich ein



Hinweis auf das Freitextfeld am Seitenende, das zu qualitativen Ergänzungen und Kommentaren einlädt. Anschließend wird mit demselben Wortlaut Frage 01b gestellt, wobei direkt (unmittelbar) durch *indirekt (mittelbar)* getauscht wird.

Auf der vierten Seite der Umfrage befindet sich Frage 02, die nach den eingehenden Abhängigkeiten fragt und eine Filterfrage darstellt. Auch hier wird auf die Begriffsverwendung ‚Abhängigkeiten‘ verzichtet und stattdessen nach dem Funktionieren des eigenen Teilssektors gefragt. Wie bei Frage 01 handelt es sich um eine Mehrfachauswahl mit allen anderen Teilssektoren und der Antwortoption ‚keine Abhängigkeit‘. Frage 02 lautet: „Auf welche anderen KRITIS-Teilssektoren ist Ihr Teilssektor \Rightarrow teilssektor \Leftarrow *direkt (unmittelbar)* zum Funktionieren angewiesen?“ Erneut sind die Hinweise auf Setting, Mehrfachnennung und Freitextfeld eingefügt. Zudem findet sich, noch vor der Formulierung von Frage 02 der Hinweis, dass in der Folgefrage zu allen in Frage 02 getätigten Antworten Ergänzungen zur Stärke der Beeinträchtigung bei unterschiedlichen Ausfalldauern zu treffen sind.

Auf der fünften Seite der Umfrage befindet sich Frage 03, die automatisiert nur noch solche Teilssektoren abfragt, die zuvor in Filterfrage 02 ausgewählt wurden. Frage 03 lautet: „Wie stark ist Ihr Teilssektor \Rightarrow teilssektor \Leftarrow beeinträchtigt, wenn der Teilssektor XYZ für folgende Dauern ausfällt?“ Die Antworten werden durch Einstellung eines Schiebereglers für die unterschiedlichen Ausfalldauern auf einer visuellen Analogskala (engl. ‚Visual Analog Scale‘) (Reinecke, 2014: 606) vorgenommen (s. Abb. 31).

Abbildung 31: Beispiel für Frage 03

Wie stark ist Ihr Teilssektor Öffentliche Wasserversorgung beeinträchtigt, wenn der Teilssektor Informationstechnik für folgende Dauern ausfällt?

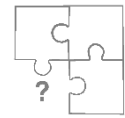
Bitte nehmen Sie Ihre Bewertung durch Ziehen des Schiebereglers entlang der prozentualen Skalen vor. Versuchen Sie dabei eventuelle Spezifika (z. B. branchen- oder firmenbezogene Besonderheiten, regionale sowie jahres- und tageszeitliche Unterschiede) bestmöglich aus Perspektive des gesamten Teilssektors zu bewerten. Sie haben die Möglichkeit, unterhalb eines jeden Teilssektors Anmerkungen oder Ergänzungen zu hinterlassen.

Ausfalldauer von bis zu 4 Stunden	nicht beeinträchtigt		voll beeinträchtigt
Ausfalldauer von bis zu 24 Stunden	nicht beeinträchtigt		voll beeinträchtigt
Ausfalldauer von bis zu vier Tagen (96 Stunden)	nicht beeinträchtigt		voll beeinträchtigt
Ausfalldauer von bis zu zwei Wochen (14 Tage)	nicht beeinträchtigt		voll beeinträchtigt
Ausfalldauer von bis zu anderthalb Monaten (6 Wochen)	nicht beeinträchtigt		voll beeinträchtigt

Haben Sie ergänzende Anmerkungen zur Abhängigkeit Ihres Teilssektors Öffentliche Wasserversorgung vom Teilssektor Informationstechnik?

Quelle: eigene Darstellung.

Die Skala zu Frage 03 beinhaltet keine Beschriftung, damit der Charakter als Schätzfrage deutlich wird. Lediglich die Extrema der Skala sind beschriftet, im Minimum mit ‚nicht beeinträchtigt‘ und im Maximum mit ‚voll beeinträchtigt‘. Um zu verhindern, dass eine Antwort übersprungen wird, sind die Schieberegler solange transparent eingefärbt und stehen abseits der Skala, bis diese bewegt werden. Somit muss selbst für den Minimalwert der Skala eine Aktion erfolgen. Wird ein Schieberegler nicht bewegt, erscheint eine Fehlermeldung mit der Bitte um Einstellung aller Regler.



Zur Beantwortung von Frage 03 wird zudem folgender Hinweis gegeben: *„Bitte nehmen Sie Ihre Bewertung durch Ziehen des Schiebereglers entlang der prozentualen Skalen vor. Versuchen Sie dabei eventuelle Spezifika (z. B. branchen- oder firmenbezogene Besonderheiten, regionale sowie jahres- und tageszeitliche Unterschiede) bestmöglich aus Perspektive des gesamten Teilssektors zu bewerten.“* Unter jeder teilsektorbezogenen Teilfrage findet sich ein Freitextfeld, das die Möglichkeit für zusätzliche Anmerkungen und Erläuterungen bietet.

Auf der sechsten Seite der Umfrage findet sich ein weiteres, optionales Freitextfeld, das die Möglichkeit zu qualitativen Anmerkungen, Rückfragen und Feedback zur Umfrage gibt. Die siebte und letzte Seite der Umfrage beinhaltet einen Dank für die Teilnahme, benennt erneut die Kontaktdaten der Urheberin und beinhaltet darüber hinaus einen Hinweis darauf, dass die Antworten erfolgreich gespeichert wurden und das Browser-Fenster geschlossen werden kann.

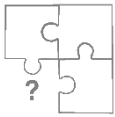
Befragungsablauf

Der Ablauf der Befragung lässt sich in drei Phasen untergliedern, eine Pretest-Phase, eine erste und eine zweite Erhebungswelle. Während der Pretest-Phase werden mehrere Probeläufe der Befragung durchgeführt, wobei zunächst technische Tests erfolgen, ehe später inhaltliche Tests durchgeführt werden. Für den technischen Pretest werden insb. Kolleg*innen angefragt, die einerseits die Funktionsfähigkeit der Antwortoptionen und andererseits die Verständlichkeit der Fragen beurteilen. Als wichtigste Hinweise aus dieser Phase lassen sich benennen:

- eine deutlichere Hervorhebung des Umfrage-Settings und dessen Wiederholung auf jeder Frageseite,
- sprachliche Anpassungen wie die einheitliche Verwendung von Begriffen sowie das Vermeiden des Begriffs *Dependenzen*,
- die Finalisierung des Skalen-Designs.

Der inhaltliche Pretest erfolgt mit Personen aus Einrichtungen der höchsten Priorisierungsstufe gemäß Auswahlplan, also Expert*innen aus Bundesoberbehörden. Diese werden während der Durchführung des Pretests telefonisch begleitet, sodass Gedanken und Fragen unmittelbar geäußert und aufgenommen werden können. Die wichtigsten Hinweise der inhaltlichen Pretest-Phase sind:

- eine Umstrukturierung der Fragen, sodass zunächst nach aus- und dann nach eingehenden *Dependenzen* gefragt wird, um den Fragebogen nicht mit der komplexeren Filterfrage zu eröffnen,
- ein zusätzliches Hervorheben der Unterscheidung von direkten und indirekten Abhängigkeiten durch die Zusätze *unmittelbar* bzw. *mittelbar* und eine visuelle Hervorhebung durch Unterstreichung,
- eine Präzision des Hinweises zur Beantwortung von Frage 03 hinsichtlich der Abfrage von Schätzwerten auf einer prozentualen Skala,
- Hervorhebung der Kürze des Fragebogens von lediglich drei inhaltlichen Fragen bereits auf der Begrüßungsseite,
- die Bestätigung der Verständlichkeit der Verwendung des Begriffs *Teilssektor* statt *Branche*.



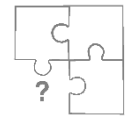
Anstatt die finalisierte Umfrage von Beginn an parallel an die höchstpriorisierten Einrichtungen entsprechend des Auswahlplans zu senden, wird in der ersten Befragungswelle auf jeweils nur eine (hochpriorisierte) Rückmeldung pro Teilsektor gezielt und parallele Anfragen zunächst vermieden. Die Testgruppe in Befragungswelle I wird darüber hinaus gebeten, die Online-Befragung an einem vorher vereinbarten Termin mit telefonischer Begleitung durch die Urheberin durchzuführen und ihre Gedankengänge während des Ausfüllens zu schildern. Somit umfasst Welle I anstatt einer reinen Online-Befragung eine Kombination aus schriftlicher Befragung mit telefonischer Kontrolle, nach Befragungstyp VII nach Atteslander (2010) (► s. Abb. 6).

Da die Teilnehmenden zum freien Sprechen angehalten sind, werden zahlreiche qualitative Hinweise als Zusatzinformationen gesammelt, die einerseits dem generellen Verständnis nützlich sind und andererseits der Ergebnisinterpretation dienen. Zudem werden eventuelle, teilsektorspezifische Hindernisse in der Beantwortung zur Kenntnis genommen und gesammelt und auch technisch-organisatorische Schwierigkeiten identifiziert. Weitere Vorteile der telefonischen Begleitung sind die zeitlich terminierte Durchführung sowie die hohe Verbindlichkeit, die eine vollständige und sorgfältige Beantwortung garantieren.

Ein solches Vorgehen muss systematisch vorbereitet werden, da eine Beeinflussung der Antworten unbedingt zu vermeiden ist, um die Vergleichbarkeit mit den Antworten von Befragungswelle II gewährleisten zu können. Das begleitende Konzept zum Befragungsablauf (► s. Anhang II.iii) beinhaltet Moderations- und Verhaltensregeln und dient als Leitfaden für die telefonische Begleitung. Ziel ist es, die Teilnehmenden der Welle I möglichst neutral, zumindest aber nach den gleichen Prinzipien zu behandeln: abseits der Begrüßung erfolgt keine aktive Kontaktaufnahme seitens der interviewenden Person, maximal wird auf Verständnis- oder Technikfragen reagiert.

Ergibt sich in Welle I in irgendeinem Antwortprozess inhaltlicher Änderungsbedarf an der Befragung, werden sämtliche in Welle I erhobenen Daten nicht verwendet und stattdessen als Pretest-Antworten behandelt. Nur dann, wenn die Erhebungen aus Welle I keinen Änderungsbedarf aufweisen und jeweils die Moderations- und Verhaltensregeln der telefonischen Begleitung eingehalten werden, können diese mit den Erhebungen der ‚regulären‘ Online-Befragung (► s. Kap. 2.4.2) aus Welle II zusammengebracht werden.

Befragungswelle II erfolgt im Anschluss und umfasst, je nach Antwortbereitschaft der angefragten Expert*innen aus Welle I, mindestens die verbleibenden zwei ausstehenden Rückmeldungen pro Teilsektor. Während dieser ‚regulären‘ Phase besteht lediglich per E-Mail Kontakt zu den Befragten, der sich auf die Einladung bzw. Erinnerung zur Teilnahme beschränkt. Die Akquise von Expert*innen wird eingestellt, sobald drei vollständige Rückmeldungen für einen Teilsektor vorliegen. Antworten von zuvor angefragten Personen werden jedoch auch nach Erreichen der drei Mindestrückmeldungen noch zugelassen. Abschließend erfolgt eine Bereinigung des Datensatzes und die Auswertung der Daten.



Sicherstellung der Datenqualität

Während des gesamten Befragungsprozesses gilt es, auf eine möglichst hohe Qualität der zu erhebenden Daten zu achten, um letztlich eine hohe Ergebnisvalidität zu erzielen. Unter die Maßnahmen zur Qualitätssicherung fällt allen voran die gewissenhafte Auswahl der befragten Personen, die über den umfangreichen, mehrstufigen Kriterien- und Auswahlplan sichergestellt wird. Auch eine sorgfältige und mehrfache Durchführung der Pretest trägt zur Qualitätssicherung bei, indem die Umfrage möglichst verständlich ausgestaltet wird.

Während der Datenerhebung ist insb. auf politische, soziale, ökonomische und ökologische Ereignisse zu achten, die zu einer Veränderung der Wahrnehmung eines oder mehrere Teilspektoren und damit zu einer Veränderung im Antwortverhalten führen könnten (Häder, 2010: 296). Diesem Umstand kann durch einen möglichst kurzen Erhebungszeitraum entgegengewirkt werden. Tritt ein solches Ereignis ein, gilt es die Daten vor und nach dem Ereignis abzugleichen und eventuell auffällige Veränderungen im Antwortverhalten kenntlich zu machen und zu reflektieren. Sind die Unterschiede sehr groß oder die Tragweite der Ereignisse sehr weitreichend, wie bspw. durch die Coronapandemie, ist von einer Kombination der Daten vor und nach dem Ereignis abzusehen und eine Wiederholung unter denselben Erhebungsbedingungen anzustreben (Häder, 2010: 296) (► s. Kap. 5.1.2 und ► Kap. 6).

Darüber hinaus bietet die Sammlung von qualitativen Zusatzinformationen²⁶ die Chance, die erzielten Daten zu plausibilisieren und möglichst wirklichkeitsgetreu zu interpretieren. Zudem bietet die Einführung eines Konfidenzfaktors die Möglichkeit, die Streuung der quantitativen Antworten zu verstehen und lediglich die Mehrheitsantworten als Antworten mit höherer Aussagesicherheit in Auswertungen einzubeziehen.

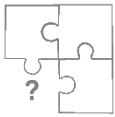
Auch die Liste der angefragten Expert*innen (► s. Anhang II.iv) und deren Abgleich mit den tatsächlich erreichten Einrichtungen (► s. Anhang IV.i) kann dazu genutzt werden, die Antwortqualität zu reflektieren. Werden bspw. ausschließlich Expert*innen aus höherpriorisierten und damit besonders geeigneten Einrichtungen erreicht, kann das ein Indiz für eine höhere Antwortqualität sein, wobei dies im Einzelfall zu prüfen ist (s. ► Kap. 6 und ► Kap. 8.2).

Nachdem die inhaltliche Ausgestaltung der Online-Befragung abgeschlossen ist, gilt es im Folgenden die Netzwerkanalyse, als zweite Erhebungsmethode, anwendungsgerecht auszugestalten (► s. Kap. 4.3.3).

4.3.3 Ausgestaltung der Netzwerkanalyse

Die Netzwerkanalyse hat in der Operationalisierung des KRITIS-SoS zwei Funktionen. Einerseits dient sie der Erhebung des Parameters ‚Vernetzungsdichte‘, also dem Messbar-Machen der Enge der Vernetzung durch Ermittlung der direkten und indirekten Abhängigkeiten im Verhältnis zueinander.

²⁶ Diese stammen sowohl aus den mündlichen Anmerkungen aus Befragungswelle I als auch schriftlich aus den in den Freitextfeldern hinterlassenen Anmerkungen der Befragungswelle II.



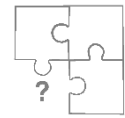
Sie wird somit unmittelbar benötigt, um die Berechnungsvorschrift zum Systemischen Kaskadenpotenzial zu erfüllen (► s. Kap. 4.2.2). Andererseits kann die Netzwerkanalyse bzw. insb. die Visualisierung des Netzwerks dazu genutzt werden, dieses zu beschreiben und tiefergehend zu interpretieren. Erst durch die Netzwerkvisualisierung wird ersichtlich, dass es sich bei KRITIS um ein komplexes, engvernetztes, funktionales Wirkungsgefüge handelt, in dem sich potenzielle Kaskadeneffekte in alle Richtungen des Netzwerks ausbreiten können (Peters et al., 2008: 47f.).

Netzwerkanalysen erlauben also sowohl quantitative, mathematische Berechnungen als auch qualitative, visuelle Interpretationen eines vernetzten Systems (IRGC, 2018: 54; Trappmann et al., 2011: 17). Sie offenbaren strukturell besonders bedeutsame Knoten (hier: Teilspektoren) sowie die potenziellen, direkten und indirekten Ausbreitungspfade einer Versorgungsleistungsunterbrechung (Eusgeld et al., 2009: 962). Daher wird in diesem Unterkapitel die erhebungsspezifische Ausgestaltung der Methode Netzwerkanalyse eingeführt, wobei der Fokus auf der Berechnungsgrundlage für den Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ liegt. Weiterführende, qualitative Auswertungsmöglichkeiten finden sich anschließend im Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4).

Grundlagen

Die Methode der Netzwerkanalyse ist zur Berechnung, Visualisierung und Interpretation von komplexen Systemen in besonderem Maße geeignet. Wie in ► Kapitel 2.4.2 dargelegt, befasst sich die Netzwerkanalyse mit der Beschreibung von Einheiten und ihrer Verbindung untereinander (Schnell et al., 2013: 248; Thiel, 2010: 1; Knoke & Kuklinski, 1982: 13). Unter dem Erhebungsinteresse der Operationalisierung des KRITIS-SoS können die einzelnen Subsysteme (hier: Teilspektoren) als Knoten und ihre (Inter-)Dependenzen als Kanten dargestellt werden. Ein Vorteil ist, dass weder Knoten noch Kanten physische Elemente darstellen müssen, sondern abstrakter, bzw. funktionaler Natur sein können. Aus demselben Grund kann ein Netzwerk daher auch sowohl unterschiedliche räumliche Ebenen umfassen als auch gar keinen räumlichen Bezug aufweisen (Bouchon, 2006: 25, nach Batty, 2003). Da Netzwerkanalysen nicht auf eine lineare, sondern eine vernetzte, dreidimensionale Darstellungsform ausgelegt sind, lässt sich über die Anzahl der direkten Verbindungen auch die indirekte Vernetzung ermitteln und visualisieren, sodass Aussagen über die Enge der Vernetzung bzw. Dichte des Netzwerks und einzelner Knoten getroffen werden können (Peters et al., 2008: 47f.).

Aufgrund der Doppelfunktion der Methode der Netzwerkanalyse einerseits als Erhebungs- und andererseits als Auswertungsbaustein, bieten sich unterschiedliche Analyse- und Darstellungsformen für die unterschiedlichen Zwecke an, auf die jedoch erst im Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4) eingegangen wird. Denn zur Ermittlung des Parameters ‚Vernetzungsdichte‘ wird lediglich eine spezifische Darstellungsform benötigt. Bei dieser handelt es sich um einen ungerichteten Graphen, der alle Knoten (Teilspektoren) des SoS und die Kanten (Dependenzen) als Gesamtnetzwerk darstellt. Er bezieht sich somit ausschließlich auf das Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein von Kanten zwischen zwei Subsystemen, die einen Ausbreitungspfad eines potenziellen Kaskadeneffekts darstellen. Nicht benötigt wird für diesen Graphen hingegen die Richtung oder Stärke der Dependenz. Auf Grundlage des ungerichteten Graphen erfolgt die Berechnung der Nähezentralität (► s. Kap. 4.2.2).



Realisierung der Netzwerkanalyse

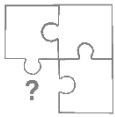
Inhaltlich ist die Umsetzung der Netzwerkanalyse auf die Erhebungsdaten der Online-Befragung angewiesen, weshalb sich eine klare zeitliche Abfolge der Methoden ergibt (► s. Kap. 5.1.1). Für die Berechnung des Parameters ‚Vernetzungsdichte‘ sind dabei die Antworten zu Frage 02 nach dem grundsätzlichen Vorhandensein von eingehenden Abhängigkeiten pro Teilssektor entscheidend. Daher ist die inhaltliche Voraussetzung zur Realisierung der Netzwerkanalyse eine Tabelle mit Teilssektoren, zwischen denen Verbindungen bestehen.

Der Nähezentralität eines Teilssektors wird (automatisiert) über die mittlere Pfaddistanz der Summe seiner Abhängigkeiten ermittelt. Es wird also gemessen, wie viele Pfade bzw. Verbindungen es im Durchschnitt des Netzwerks braucht, um von einem Teilssektor zu allen anderen zu gelangen. Besitzt ein Teilssektor direkte Verbindungen zu allen anderen Teilssektoren, beträgt die Pfaddistanz den Wert 1. Können aber manche Teilssektoren nur indirekt erreicht werden, d. h. muss ein Pfad über einen anderen Knoten gewählt werden, erhöht sich die Pfaddistanz. Zur besseren Einbindung in die Berechnungsvorschrift (► s. Kap. 4.2.2) lässt sich die Pfaddistanz auch als normalisierter Wert zwischen 0 und 1 ausgeben. Je näher die normierte Pfaddistanz am Wert 1 liegt, desto mehr direkte Verbindungen besitzt ein Teilssektor bzw. desto enger ist dieser im Gesamtsystem vernetzt. Je geringer der Wert wird, desto mehr indirekte Verbindungen besitzt ein Teilssektor und desto lockerer ist seine Vernetzung.

Die technische Realisierung, d. h. Verwertung und Aufbereitung der Daten, erfolgt anschließend mit einem Netzwerkvisualisierungsprogramm. In dieser Dissertation wurde die kostenlose Open-Source-Software Gephi²⁷, Version 0.9.2 verwendet. Zunächst wird die Datentabelle mit allen Teilssektoren und den zwischen ihnen bestehenden Verbindungen eingeladen. Anschließend erfolgt die Berechnung der Nähezentralität über einen Befehl, der die Berechnungsergebnisse sogleich der Datentabelle anfügt, die dann wiederum exportiert werden kann.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit, Validierung und Interpretation der Ergebnisse empfiehlt es sich, eine Visualisierung des Netzwerks anzufertigen. Hierzu ist es notwendig, ein Layout auszuwählen, unter dessen zugrundeliegendem Algorithmus die Anordnung der Knoten und Kanten erfolgen soll. Aufgrund seiner inhaltlichen Nachvollziehbarkeit und guten Lesbarkeit wird in dieser Arbeit das Layout ForceAtlas2 gewählt, das wie folgt funktioniert: *„Das [...] Layout ForceAtlas2 nimmt die Netzwerkausgestaltung über einen kräftebasierten Algorithmus vor. Es ahmt physikalische Kräfte nach, indem simuliert wird, dass sich alle Knoten gleichermaßen voneinander abstoßen, ähnlich wie elektrisch geladene Partikel ($F_r = k/d^2$). Gleichzeitig weist jede Kante eine bestimmte mechanische Anziehungskraft auf, die ähnlich der einer Feder ($F_a = -k \cdot d$) wirkt (Jacomy et al. 2014: 2). Ein Netzwerk richtet sich daher im Equilibrium so aus, dass sich die Kräfte möglichst ausgleichen, also indem alle Knoten gleichweit [sic.] voneinander entfernt angeordnet werden und dieselbe Kantenlänge (Federkraft) aufweisen. Je nachdem, welche Knoten im Datensatz über eine Kante miteinander verbunden sind und je nachdem, wie viele Kanten diese Knoten verbinden, reorganisiert sich das Netzwerk. Ein Knoten, der Kanten zu allen anderen Knoten aufweist, wird entsprechend an zentraler Stelle im Netzwerk positioniert, von wo aus die Kantenlängen möglichst gering sind. Ein Knoten, der nur über wenige*

²⁷ Für mehr Informationen und Zugang zur Software s. <https://gephi.org/>.



Kanten mit anderen Knoten verbunden ist, wird tendenziell an den Rand des Netzwerks gedrängt, wo die elektrostatische Kraft die mechanische überwiegt" (Schmitt, 2019: 51f.).

Weitere Visualisierungsoptionen bestehen in einem ungerichteten Graphen für die Knotengröße und -farbe. Die Knotenfarbe kann bspw. dazu genutzt werden, die Zugehörigkeit der Teilsektoren zu einem bestimmten Sektor zu verdeutlichen. Die Knotengröße kann als Vernetzungsgrad (engl. ‚degree‘), oder auch nur auf Basis der ein- oder ausgehenden Abhängigkeiten (engl. ‚in-degree‘; ‚out-degree‘) dargestellt werden. In gerichteten Graphen lassen sich darüber hinaus die Kanten unterschiedlich visualisieren, bspw. durch unterschiedliche Farbwahl oder Liniendicke, da die Kanten dann Eigenschaften, wie z. B. eine Stärke, besitzen und entsprechend gewichtet werden können (► s. Kap. 4.4.1).

Sicherstellung der Qualität

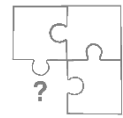
Da die Netzwerkanalyse erst durch die Daten der Online-Befragung ermöglicht wird, erfolgt diese einerseits zeitlich nachgelagert und ist andererseits auf den Erfolg der Qualitätssicherungsmaßnahmen der Primärdatenerhebung angewiesen. Es bietet sich darüber hinaus zur Qualitätssicherung an, auch die Visualisierungen jeweils einmal für alle und einmal für die Mehrheitsantworten (► s. Kap. 4.3.2) anzufertigen und anschließend zu vergleichen. Zudem ist ein Netzwerk, das ein Gleichgewicht besitzt, zuverlässiger als eines, das sich nicht austariert, da es bei letzterem trotz derselben Daten zu Unterschieden in der Darstellung kommen kann. Zuletzt wird, um eine möglichst hohe Les- und Vergleichbarkeit der Diagramme sicherzustellen, auf eine konsistente Farbwahl sowie eine möglichst ansprechende Darstellung der Kanten geachtet.

Nachdem die wesentlichen Erhebungsmethoden abschließend ausgestaltet sind, erfolgt im nächsten Unterkapitel die Ausarbeitung des Auswertungskonzepts, welches die Verwendung der erhobenen Daten und deren Aufbereitungszwecke und -formen vorstrukturiert (► s. Kap. 4.4). Hierzu wird zunächst das Konzept als Ganzes abgebildet (s. Abb. 32) und anschließend in seinen Bestandteilen beschrieben.

4.4 Auswertungskonzept

Unter dem Begriff Auswertung wird in dieser Arbeit sowohl die deskriptiv-statische Analyse der erhobenen Daten als auch deren visuelle Aufbereitung und Interpretation verstanden. Zur Strukturierung des Vorgehens und Fokussierung der Auswertung auf den Rahmen des Forschungs- und Erkenntnisinteresses (► s. Kap. 2.2) wird nachfolgend ein Auswertungskonzept entworfen, das die geplante Datenverwendung vor Analysebeginn und in Kombination mit der Erhebungsmethodik festlegt.

Es erfolgt zunächst die Ausgestaltung der Auswertungsabsichten des Operationalisierungsansatzes (► s. Kap. 4.4.1), ehe die Auswertungen zur Gewinnung eines tiefergehenden Verständnisses über



das KRITIS-SoS dargelegt werden (► s. Kap. 4.4.2). Innerhalb beider Unterkapitel wird das Auswertungskonzept jeweils nach Zugehörigkeit zu den Fragen 01 bis 03 der Online-Umfrage (► s. Kap. 4.3.2) beschrieben. Die anschließende Erprobung und Reflexion erfolgt in den späteren Kapiteln nach derselben Struktur und ebenfalls aufbereitet als separate Unterkapitel²⁸.

Das Auswertungskonzept beinhaltet für alle Daten der Erhebung folgende Informationen:

- die geplante Analyseart (deskriptiv-statistische oder interpretative Analyse),
- die Auswertungsabsicht des Analyseschritts und Zuordnung zu einem Erkenntnisinteresse (Operationalisierung des Systemischen Kaskadenpotenzials oder Verständnis über das KRITIS-SoS),
- die Kernaussage, die durch die Auswertung erzielt wird,
- sowie die geplante Aufbereitungs- bzw. Visualisierungsform.

Dabei ist die Lesart des nachfolgenden Auswertungskonzepts (s. Abb. 32) wie folgt: Die erste Spalte beinhaltet die Nummern der Fragen der Online-Umfrage. Die zweite Spalte beinhaltet Aussagen, die durch die deskriptiv-statistischen Analysen der Fragen erzielt werden. Die letzten beiden Spalten widmen sich der interpretativen Auswertung. Die dritte Spalte enthält die Kernaussagen sowie Aufbereitungsformen, die unter der Auswertungsabsicht der Operationalisierung der Parameter des Systemischen Kaskadenpotenzials geschehen. Die vierte Spalte beinhaltet Auswertungen, die dem Erkenntnisinteresse eines tiefergehenden Verständnisses des KRITIS-SoS und seiner Subsysteme dienen.

²⁸ Siehe ► Kap. 5.2 für die Erprobung und ► Kap. 6.1 für die Reflexion des Operationalisierungsansatzes, respektive ► Kap. 5.3 und ► Kap. 6.2 für das KRITIS-SoS.

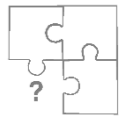
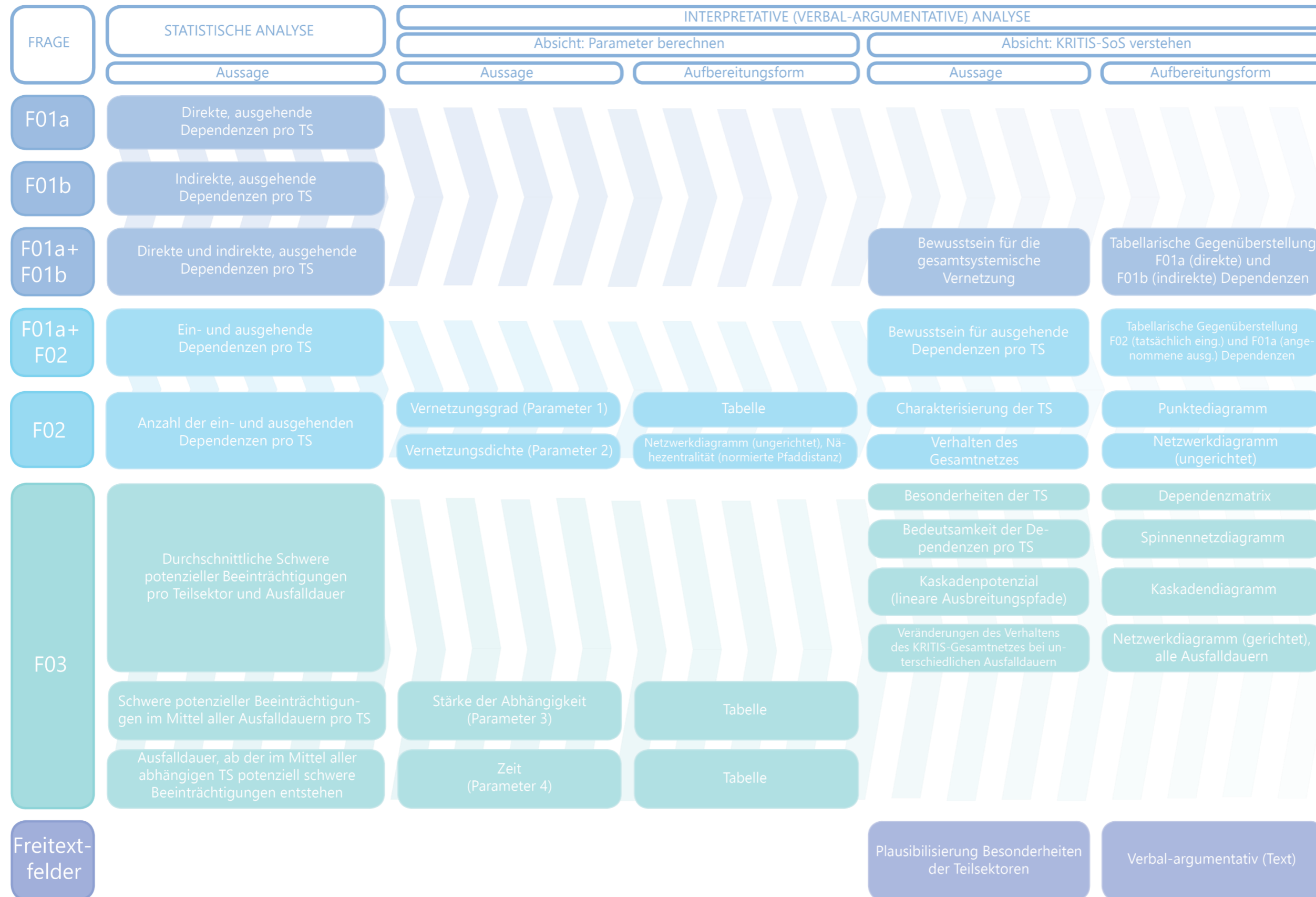
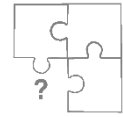


Abbildung 32: Auswertungskonzept



Quelle: eigene Darstellung.



4.4.1 Auswertungsabsichten zum Operationalisierungsansatz

Die Auswertungsabsichten zum Operationalisierungsansatz gelten der Berechnung der Parameter des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 4.2) und bedürfen ausschließlich der Antworten zu den Fragen 02 und 03. Zunächst werden die Antworten auf Frage 02 genutzt, um sowohl Parameter 1 ‚Vernetzungsgrad‘ als auch, durch die Netzwerkanalyse, Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ zu ermitteln. Die Antworten auf Frage 03 werden herangezogen, um den Parameter 3 ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ und Parameter 4 ‚Zeit‘ zu ermitteln (► s. Kap. 4.2.2).

Der Parameter ‚Vernetzungsgrad‘ wird über die Summe der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten berechnet, indem einerseits die in Frage 02 angegebenen, in einen Teilsektor eingehenden Abhängigkeiten gezählt und jeweils als ausgehende Abhängigkeiten den anderen Teilsektoren zugeordnet werden. Gibt also bspw. der Teilsektor *Öffentliche Wasserversorgung* an, vom Teilsektor *Elektrizität* abhängig zu sein, lässt sich eine eingehende Abhängigkeit in ersterem und eine ausgehende Abhängigkeit aus letzterem festhalten.

Der Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ bedarf der Aufbereitung durch eine Netzwerkanalyse, in der die Nähezentralität eines jeden Teilsektors innerhalb des ungerichteten Graphen des Gesamtnetzwerks als normierte Pfaddistanz ermittelt wird (► s. Kap. 4.3.3). Als Aufbereitungsform wird zunächst keine graphische Visualisierung angestrebt, sondern es werden lediglich die Nähezentralitätswerte aus dem Netzwerkvisualisierungsprogramm extrahiert. Eine Visualisierung und Interpretation findet erst unter der Auswertungsabsicht des Gewinnens tiefergehender Informationen über das KRITIS-SoS statt (► s. Kap. 4.4.2).

Zur Auswertung des Parameters 3 ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘, ist es zur Reduzierung der Komplexität und Erhöhung der Anwendbarkeit notwendig, pro Teilsektor noch einmal den Mittelwert aller Ausfalldauern hinsichtlich der Schwere der potenziellen Beeinträchtigung zu bilden und tabellarisch festzuhalten. Damit lässt sich die gemittelte Stärke eines potenziellen Kaskadeneffekts als Wert in die Berechnungsvorschrift einfügen. Zur intuitiveren Lesbarkeit erfolgt zudem eine Klassenbildung, die sowohl mit einem Zahlenwert (Klassen 1 bis 5) als auch einer farblichen Markierung versehen wird (s. Tab. 10). Die Klassen setzen sich wie folgt zusammen:

Tabelle 10: Klassenbildung zur Stärke der Beeinträchtigung

Wert	Klasse	
<1	1	keine Beeinträchtigung
= 1 >= 33,99	2	geringe Beeinträchtigung
= 34 >= 66,99	3	mittlere Beeinträchtigung
= 67 >= 99	4	starke Beeinträchtigung
>99	5	volle Beeinträchtigung

Quelle: eigene Darstellung.

Der Parameter 4 ‚Zeit‘ wird insofern aufbereitet, als dass die Ausfalldauer identifiziert wird, ab der im Mittel aller abhängigen Teilsektoren potenziell schwere Beeinträchtigungen entstehen. Diese fließt dann als Gewichtungsfaktor in die Berechnung ein. Da die Ausfalldauern nicht linear gewählt sind, wird der Gewichtungsfaktor ebenfalls nicht linear, d. h. nicht als einfache Gewichtung, sondern exponentiell als Zweierpotenz ausgestaltet. Ein weiterer Vorteil der Potenzierung ist eine breitere Streuung der Berechnungsergebnisse.

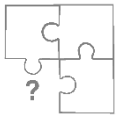


Tabelle 11: Potenziierte Gewichtung der Ausfalldauern im Parameter ‚Zeit‘

Ausfalldauer, ab der im Mittel schwere Beeinträchtigungen hervorgerufen werden	Faktor
keine	1
von bis zu sechs Wochen	2
von bis zu zwei Wochen	4
von bis zu vier Tagen	8
von bis zu vierundzwanzig Stunden	16
von bis zu vier Stunden	32

Quelle: eigene Darstellung.

Sind die erhobenen Daten für alle vier Parameter aufbereitet, lässt sich das Systemische Kaskadenpotenzial gemäß Berechnungsvorschrift (► s. Kap. 4.2.2) berechnen. Weitere, umfangreiche Auswertungsabsichten bestehen unter dem Erkenntnisinteresse der Gewinnung eines tieferen Verständnisses über das KRITIS-SoS, die nachfolgend beschrieben werden.

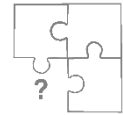
4.4.2 Auswertungsabsichten zum Verständnis des KRITIS-SoS

Zur Gewinnung eines tieferen Verständnisses über das KRITIS-SoS, werden, wie das in Abbildung 32 visualisierte Auswertungskonzept darlegt, alle Fragen der Online-Befragung unmittelbar verwendet und auf unterschiedliche Arten aufbereitet. Die diversen Auswertungsabsichten sind in den nachfolgenden Ausführungen jeweils als Unterüberschrift gekennzeichnet. Dabei zeigen sich drei zentrale Absichten: das Bewusstsein der Teilsektoren über ihre ausgehenden Abhängigkeiten zu ermitteln, einen Einblick in die Ausgestaltung und Wirkweise des Gesamtnetzwerks zu bekommen und die einzelnen Teilsektoren zu charakterisieren.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten

Bezogen auf Frage 01 und die Erhebung der direkten (Frage 01a) und indirekten (Frage 01b) ausgehenden Abhängigkeiten, lassen sich durch einen Vergleich der Antworten tiefere Informationen über das KRITIS-SoS sowie über das Bewusstsein der Expert*innen für dessen Vernetzung ableiten. Denn gemäß den Eigenschaften komplexer Systeme (► s. Kap. 1.1.2) sollte theoretisch jedes Subsystem mit jedem anderen Subsystem zumindest indirekt vernetzt sein. Es lässt sich daher auf das Bewusstsein der Teilsektoren für die funktionale Vernetzung des KRITIS-SoS schließen, indem die Anzahl der in Frage 01a und Frage 01b angekreuzten Auswahloptionen verglichen wird. Es ist anzunehmen, dass das Bewusstsein für das SoS und dessen indirekte Vernetzung umso größer ist, je mehr Teilsektoren in Frage 01b ausgewählt werden.

Weiterführende Auswertungs- und Interpretationsmöglichkeiten zu Frage 01 ergeben sich im Vergleich der Antworten mit denen der Frage 02. Denn letztlich erfragt Frage 01a die (angenommenen) ausgehenden Abhängigkeiten, während in Frage 02 die (tatsächlichen) eingehenden Abhängigkeiten angegeben werden. Durch einen Vergleich der Antworten eines Teilsektors zu Frage 01a mit den Antworten aller anderen Teilsektoren zu Frage 02 lassen sich somit wertvolle Erkenntnisse darüber



ableiten, wie groß das Bewusstsein der Teilsektoren über ihre ausgehenden Abhängigkeiten ist. Dieses ist insb. erforderlich, um z. B. im Krisenfall eine angemessene Kommunikation und Zusammenarbeit zu ermöglichen und dadurch ggf. sogar Kaskadenketten zu unterbrechen. Dort, wo das Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten niedrig ist, kann auf weiteren Informationsbedarf geschlossen werden. Als Aufbereitungsform bietet sich eine tabellarische Gegenüberstellung an.

Das Bewusstsein wird, nach bestem Wissen und Gewissen, in drei Klassen differenziert: ein gutes Bewusstsein (grün) liegt vor, wenn maximal zwei Fehleinschätzungen vorliegen, ein mäßiges (gelb) bei maximal zehn und ein geringes (rot) bei über zehn Fehleinschätzungen in Summe. Dabei werden zusätzlich nachfolgende farbliche Hervorhebungen verwendet.

Tabelle 12: Klassenbildung zum Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten

Anzahl Fehleinschätzungen	Klassifiziertes Bewusstsein
≤ 2	gutes Bewusstsein
3 - 10	mäßiges Bewusstsein
> 10	geringes Bewusstsein

Quelle: eigene Darstellung.

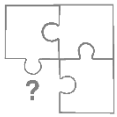
Ausgestaltung des Gesamtnetzes

Das KRITIS-SoS lässt sich durch Netzwerkvisualisierungen als Gesamtnetz abbilden, weshalb die Netzwerkanalyse als eine wesentliche Methode identifiziert und ausgestaltet ist (► s. Kap. 4.3.1, 4.3.3). Es werden zwei unterschiedliche Arten von Netzwerkdiagrammen angestrebt: ungerichtete und gerichtete Graphen.

Zunächst gilt es, das Gesamtnetzwerk in seiner ‚Reinform‘ abzubilden, d. h. als ungerichteter Graph ohne zusätzliche Eigenschaften, indem lediglich die Subsysteme und ihre Abhängigkeiten ohne (erhebungsmethodisch beeinflusste) Eigenschaften visualisiert werden. Diese Visualisierung erfolgt auf Grundlage der erhobenen Daten aus Frage 02. Ohne eine solche Visualisierung könnten die anschließenden, gerichteten Graphen nicht hinsichtlich des Einflusses ihrer Eigenschaften interpretiert werden. Zudem bedarf es dieser Netzwerkvisualisierung, um den Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ zu berechnen (► s. Kap. 4.4.1).

Darüber hinaus sollen die Gesamtnetzwerke entsprechend ihrer erhebungsmethodisch festgelegten Eigenschaften visualisiert werden (► s. Kap. 4.3.3). Darunter fällt primär die Richtung der Abhängigkeiten bzw. die Darstellung von Interdependenzen sowie die Schwere der ausgehenden Abhängigkeit, einbezogen als Kantengewicht. Sekundär soll darunter auch die Veränderung der Schwere der Beeinträchtigungen über die Zeit dargelegt werden, indem die Netzwerkvisualisierung für die Daten jeder der fünf Ausfalldauern (► s. Kap. 4.3.1) wiederholt und diese anschließend miteinander verglichen werden. Die Datengrundlage bieten die Antworten zu Frage 03.

Grundsätzlich kann die Einstellung der Kantenfarbe und -dicke ein Stilelement sein, das die Lesbarkeit des Netzwerks erhöht. Die Knotengröße kann dazu genutzt werden, den Ein- und bzw. oder Ausgangsgrad des jeweiligen Teilsektor-Knotens zu visualisieren, sodass dessen Größe anhand der ein- und bzw. oder ausgehenden Abhängigkeiten bemessen wird.



Zur Interpretation der Ausgestaltung und Wirkweise des Gesamtnetzes können letztlich alle Eigenschaften der Netzwerke, inkl. der Position jedes einzelnen Teilsektor-Knotens, herangezogen werden. Durch die farbliche Zuordnung der Teilsektor-Knoten nach Sektoren lassen sich eventuelle visuelle Cluster ermitteln, die Aussagen über die Enge der Vernetzung eines Teilsektors innerhalb seines Sektors zulassen. Besonders aufschlussreich über die Wirkweise des KRITIS-SoS ist jedoch ein Vergleich zwischen dem uniplexen, ungerichteten und dem multiplexen, gerichteten Graphen sowie zwischen den multiplexen, gerichteten Graphen unterschiedlicher Ausfalldauern. Zudem soll jede Netzwerkvisualisierung einerseits unter Einbeziehung aller und andererseits unter Einbeziehung ausschließlich der Mehrheitsantworten erfolgen und deren Unterschiede unter dem Aspekt der Qualitätssicherung diskutiert werden.

Charakteristika der Teilsektoren

Die umfangreichsten Auswertungsoptionen ergeben sich aus den Fragen 02 und 03 hinsichtlich des Charakters der Teilsektoren. Um diese in einem angemessenen Rahmen zu halten, werden sie ausschließlich für den Datensatz der Mehrheitsantworten (Konfidenzfaktor mindestens 50 Prozent) angefertigt (► s. Kap. 4.3.2). Zudem werden diese so ausgewählt, dass sie möglichst unterschiedliche Detaillierungs- und Komplexitätsgrade aufweisen, um der Spannweite unterschiedlicher Anwendungszwecke und Ressourcen Rechnung zu tragen.²⁹

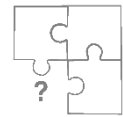
Aus den Antworten zu Frage 02 lässt sich zunächst, nach Vorbild der Studie von Laugé et al. (2015), ein Punktediagramm anlegen, das die Subsysteme auf Grundlage der Anzahl ihrer ein- und ausgehenden Abhängigkeiten charakterisiert. Aus diesem Punktediagramm lässt sich schließen, ob die Teilsektoren tendenziell eher abhängigen Charakters sind, oder eher Abhängigkeiten generieren (► s. Kap. 4.1.1), wodurch eine erste, rudimentäre Hierarchisierung der Teilsektoren stattfinden kann (Singh et al., 2014: 76).

Die meisten Auswertungen lassen sich mit den Antworten zu Frage 03 realisieren. Zunächst ist es informativ, nach Vorbild des BABS (2010) (► s. Kap. 4.1.1) eine Abhängigkeitsmatrix anzufertigen. Diese beinhaltet in tabellarischer Aufbereitungsform die durchschnittliche Schwere potenzieller Auswirkungen pro Teilsektor und Ausfalldauer. Da in der Erhebung der Frage 03 eine visuelle Analogskala verwendet wird, die auf Prozentangaben basiert, lässt sich die Abhängigkeitsmatrix sowohl in ihren Mittelwerten als auch in klassifizierter Form darstellen, was eine Weiterentwicklung zur Abhängigkeitsmatrix des BABS (2010) darstellt.

Zur Klassifizierung werden die Prozentwerte der visuellen Analogskala in eine Ordinalskala mit den Kategorien keine-schwache-mittlere-starke-volle Beeinträchtigung transformiert. Eine Besonderheit liegt darin, dass die Extremwerte 0 (‚keine Beeinträchtigung‘) und 100 (‚volle Beeinträchtigung‘) eigene Kategorien darstellen und damit im Gegensatz zu den Kategorien ‚schwach‘, ‚mittel‘ und ‚stark‘³⁰ lediglich einen Skalenpunkt umfassen und somit in der Auswertung ein besonderes Gewicht

²⁹ So ist es zielführend, für öffentlichkeitswirksame Kommunikationsinteressen unkomplizierte und vor allen Dingen unmissverständliche Aufbereitungs- und Visualisierungsformen zu nutzen, während in einem wissenschaftlichen Kontext die Informationstiefe im Vordergrund steht und eine eingehendere inhaltliche Auseinandersetzung mit den Aufbereitungsformen vorausgesetzt werden kann.

³⁰ Die Werte 1-34 stehen für eine ‚schwache Beeinträchtigung‘, die Werte 35-67 für eine ‚mittlere Beeinträchtigung‘ und die Werte 68-99 für eine ‚starke Beeinträchtigung‘.

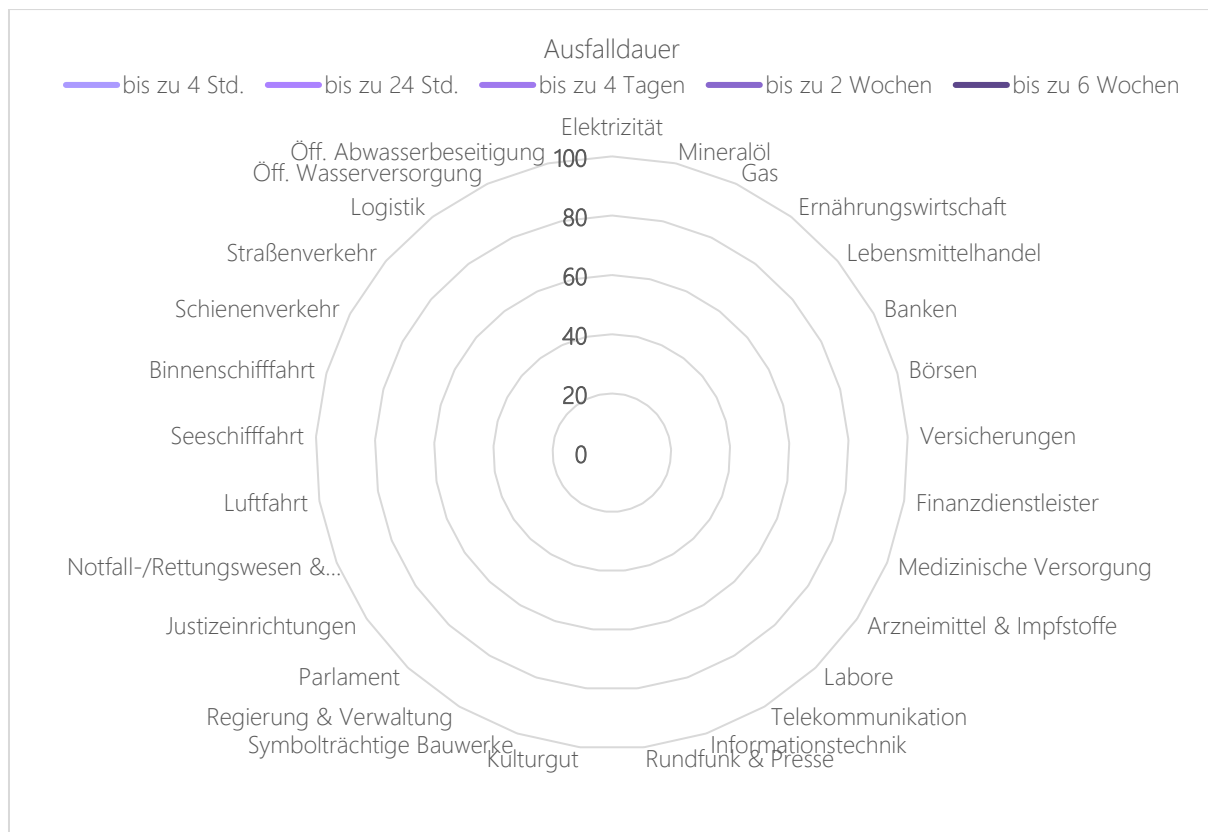


erhalten. Denn aufgrund der Mittelwertbildung der Rückmeldungen pro Teilssektor ist es aufgrund der Separierung der Extremwerte nur dann möglich, ‚keine‘ bzw. eine ‚volle‘ Beeinträchtigung zu erzielen, wenn die Expert*innen in dieser Auswahl übereinstimmen. Die Sicherheit, mit der diese Aussagen getroffen werden, ist entsprechend hoch.

Zur Interpretation ist es hilfreich, die Werte nach Klassenzugehörigkeit farblich hervorzuheben, um das Ergebnis visuell zu unterstützen und eine gute Vergleichsmöglichkeit zwischen den 29 Teilssektoren herzustellen. Die Visualisierung der durchschnittlichen Schwere potenzieller Auswirkungen pro Teilssektor und Ausfalldauer in Form einer Dependenzmatrix lässt erste Rückschlüsse auf die Weitergabe von Kaskadeneffekten zu. Denn je früher ein Teilssektor starke Beeinträchtigungen erfährt, desto schneller gibt er diese potenziell auch an andere Teilssektoren weiter.

Mit derselben Datengrundlage, der durchschnittlichen Schwere potenzieller Auswirkungen pro Teilssektor und Ausfalldauer, sind diverse weitere Aufbereitungsformen möglich. Eine unmissverständliche Visualisierungsform sind z. B. (Spinnen-)Netzdiagramme³¹, wie in Abbildung 33 dargestellt.

Abbildung 33: Blanko-Spinnennetzdiagramm zur prozentualen Stärke der Dependenzen



Quelle: eigene Darstellung.

Im Vergleich zu einem Punktediagramm bietet ein Spinnennetzdiagramm die Möglichkeit, Informationen über die Anzahl der ein- und ausgehenden Dependenzen hinaus dazustellen. Pro Teilssektor lassen sich jeweils zwei Spinnennetzdiagramme anfertigen: eines für die Stärke der ein- und eines für die Stärke der ausgehenden Dependenzen. Das Diagramm der eingehenden Dependenzen stellt die prozentuale Stärke der Abhängigkeit eines Teilssektors von allen anderen Teilssektoren dar. Das

³¹ Diese werden im Weiteren als Spinnennetzdiagramme bezeichnet, um Verwechslungen mit den Netzwerkdiagrammen vorzubeugen.

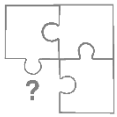
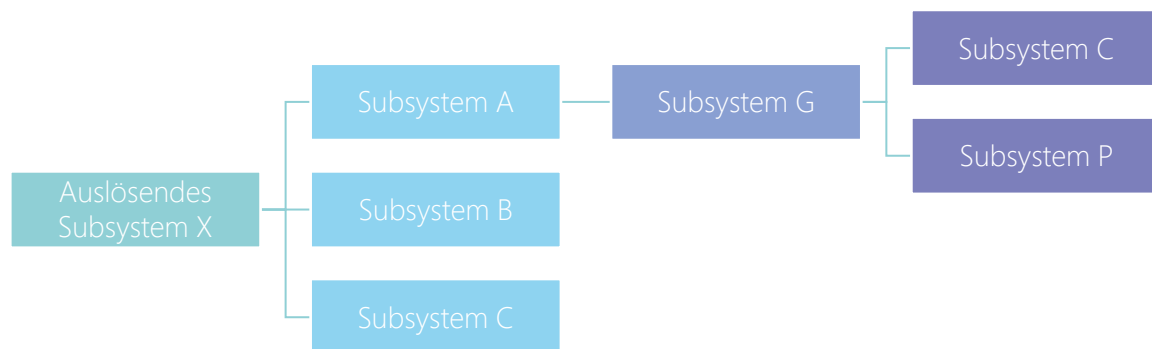


Diagramm der ausgehenden Abhängigkeiten verdeutlicht die prozentuale Stärke der Abhängigkeit aller anderen Teilsysteme von diesem. Durch Verwendung unterschiedlicher Farben lässt sich zudem veranschaulichen, wie sich die Stärke der Abhängigkeit über die Ausfalldauern verändert.

Eine Aufbereitungsform, die nicht nur die Quell-Ziel-Beziehung zwischen den Teilsystemen, sondern auch deren indirekte Vernetzung visualisieren kann, sind sog. Kaskadendiagramme. Diese stellen eine vereinfachte Form von Ereignisbäumen (engl. *„event trees“*) dar, da beide zwar eine (lineare) Wirkungskette darstellen, Ereignisbäume im Gegensatz zu Kaskadendiagrammen jedoch Aussagen über die Wahrscheinlichkeit des Eintritts von Konsequenzen beinhalten. In Kaskadendiagrammen stehen stattdessen die (Inter-)Abhängigkeiten und deren Charakter als mögliche Ausbreitungspfade eines Kaskadeneffekts im Fokus (Utne et al., 2011: 673, 677).

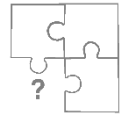
Kaskadendiagramme strukturieren, ausgehend von einem Ausfall eines Subsystems (Ereignisebene 0), zunächst die möglichen, direkten Ausbreitungspfade hin zu anderen Subsystemen (Ereignisebene 1). Kommt es in den Subsystemen der Ereignisebene 1 wiederum zu Ausfällen, werden erneut alle direkten Ausbreitungspfade dieser auf die vernetzten Subsysteme (Ereignisebene 2) aufgezeigt, wobei diese entsprechend eine indirekte Abhängigkeit zum ursprünglich ausgefallenen Subsystem auf Ereignisebene 0 aufweisen. Ein Subsystem kann dabei innerhalb eines Pfades (*„Astes“*) des Kaskadendiagramms nur einmal ausfallen, durchaus jedoch in unterschiedlichen Ästen vorkommen, da die möglichen Versionen des Verlaufs eines Kaskadeneffekts abbilden und ein Ausfall eines Subsystems entsprechend über unterschiedliche Pfade erreicht werden kann. Abbildung 34 stellt ein stark vereinfachtes, exemplarisches Kaskadendiagramm dar.

Abbildung 34: Vereinfachtes Kaskadendiagramm



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Utne et al., 2011: 673.

Wenngleich die lineare Strukturierung und die damit einhergehende Verständlich- und Eingängigkeit der Kaskadendiagramme einerseits Stärken der Aufbereitungsform darstellen, ist die Linearität andererseits zugleich ihr größter Kritikpunkt. Denn Kaskadeneffekte breiten sich tendenziell nicht in Form linearer Kausalketten aus, sondern verteilen sich non-linear durch das Gesamtnetz. Deshalb werden Kaskadendiagramme niemals der Dynamik des SoS gerecht und vermögen es nicht, sog. versteckte Risiken (engl. *„hidden risks“*) abzubilden (Eusgeld et al., 2009: 954). Werden diese Limitationen allerdings anerkannt und transparent gemacht, eignen sich Kaskadendiagramme insb. zur

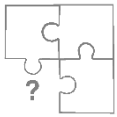


Szenarioentwicklung (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii), da sie ein Bewusstsein für indirekte Abhängigkeiten ersten, zweiten, dritten bis n-ten Grades schaffen (Utne et al., 2011: 677). Die technische Realisierung kann über kostenlose Open-Source-Programme, wie bspw. draw.io³², erfolgen.

Die letzte Auswertung, die vorgenommen wird, bezieht sich auf die qualitativen Anmerkungen der Befragten zu Frage 04. Die durch das Freitextfeld gesammelten Zusatzinformationen und das Feedback zur Umfrage sind in ► Anhang III.i aufgeführt. Inhaltliche Hinweise werden unmittelbar unter den Analyseergebnissen berücksichtigt (► s. Kap. 5.3) und zur Plausibilisierung von teilektorbezogenen Besonderheiten herangezogen (► s. Kap. 6.2). Das positive wie negative Feedback geht u. a. in die Reflexion der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 8.2) ein.

Nachdem der Operationalisierungsansatz zur Erfassung des KRITIS-SoS entwickelt und die Erhebungsmethodik samt Auswertungskonzept ausgestaltet ist, kann im nachfolgenden Kapitel die Analyse des KRITIS-SoS erfolgen. Diese unterliegt den beiden in diesem Kapitel ausgestalteten Erkenntnisinteressen der Erprobung des Operationalisierungsansatzes auf der einen und der Gewinnung tiefergehender Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS auf der anderen Seite.

³² Für mehr Informationen und Zugang zur Software s. <https://drawio-app.com/>.

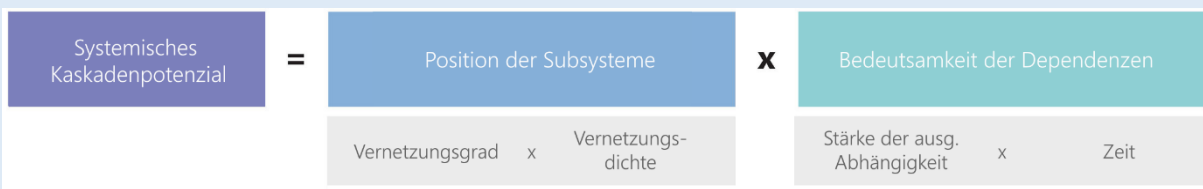


Zwischenfazit – Operationalisierung des KRITIS-SoS

Da es bisher keinen Operationalisierungsansatz gibt, der das KRITIS-SoS und dessen funktionale, versorgungsleistungsbezogene Vernetzung komplexitätsreduziert, standardisier- und skalierbar abzubilden vermag, ist die Entwicklung und Vorbereitung der Erprobung eines solchen Operationalisierungsansatzes Gegenstand des ► Kapitels 4. Es steht unter ALF 2: **Wie lässt sich das KRITIS-SoS erfassen und mess- und bewertbar machen?**

Ausgangspunkt dieses Kapitels ist die Erkenntnis, dass in einigen theoretisch-konzeptionellen Ansätzen (Inter-)Dependenzen zwischen KRITIS als Proxy für mögliche Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten herangezogen werden (► s. Kap. 3.1.2). Dies wird als Anknüpfungspunkt genutzt, um zunächst literaturbasiert unterschiedliche Ansätze und Methoden zum Messbar-Machen der (Inter-)Dependenzen zusammenzutragen. Diese helfen dabei, den zu entwickelnden Operationalisierungsansatz auszugestalten und bestmögliche Erhebungsmethoden zu identifizieren. (► s. Kap. 4.1)

Die Entwicklung des generisch anwendbaren Operationalisierungsansatzes zur Erfassung des KRITIS-SoS erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst sind die Anforderungen an dessen Ausgestaltung zusammenzutragen und die im Kern charakteristischen Faktoren zu ermitteln, die für jeden räumlichen Maßstab gültig sind. Als diese Faktoren werden die ‚Position der Subsysteme‘ und die ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘ festgestellt. Ersterer ermittelt die Rolle eines jeden Subsystems innerhalb des Wirkungsgefüges des KRITIS-SoS, indem dieses auf Grundlage seiner Versorgungsleistungen für andere KRITIS (Vorhandensein, Richtung und Enge der Abhängigkeiten) in Verhältnis gesetzt wird. Der zweite Faktor beschreibt die Stärke und die zeitliche Entwicklung der Abhängigkeiten, um deren Relevanz abzuschätzen. Da die beiden Faktoren die Möglichkeit und Stärke der systeminternen Ausbreitung eines potenziellen Kaskadeneffekts über die Zeit beschreiben, erhält der Operationalisierungsansatz den Titel ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘. (► s. Kap. 4.2)



Um die Erprobung des generischen Operationalisierungsansatzes des Systemischen Kaskadenpotenzials vorzubereiten, wird in Rückbesinnung auf den Forschungsrahmen der Arbeit (► s. Kap. 2.2) die Erhebungsmethodik ausgestaltet, die sich aus den Methoden der Online-Umfrage und Netzwerkanalyse zusammensetzt. (► s. Kap. 4.3)

Die abschließende Entwicklung eines Auswertungskonzepts stellt sicher, dass die exemplarisch erhobenen Daten entsprechend der ALF ausgewertet werden können und somit im folgenden Kapitel eine zielgerichtete Analyse erfolgt. Deren Bestandteile sind einerseits das Systemische Kaskadenpotenzial mess- und bewertbar zu machen und andererseits tiefere Erkenntnisse über das KRITIS-SoS zu gewinnen. (► s. Kap. 4.4)



5. Analyse des KRITIS-SoS

Nachdem der Operationalisierungsansatz entwickelt und Erhebungsmethodik und Auswertungskonzept ausgearbeitet sind (► s. Kap. 4), werden diese im Folgenden angewendet. Dabei wird einerseits darauf gezielt, den Operationalisierungsansatz zu erproben und das Systemische Kaskadenpotenzial zu berechnen, um dessen methodische Anwendbarkeit und die Aussagestärke der Ergebnisse zu überprüfen (► s. Kap. 5.2). Andererseits soll durch die weiterführenden Auswertungen ein besseres Verständnis über das KRITIS-SoS und seine Subsysteme erlangt werden (► s. Kap. 5.3). Dabei steht das Kapitel unter ALF 3: **Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?**

Zur Einführung in die Analyseergebnisse gilt es jedoch zunächst, den zeitlichen Ablauf der Datenerhebung und -auswertung darzulegen und einen Einblick in den Rücklauf der Online-Umfrage zu geben (► s. Kap. 5.1). Die anschließende Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials erfolgt, wie in ► Kapitel 4.4.1 beschrieben, zunächst im Einzelnen für die vier Parameter, ehe diese zusammengeführt werden (► s. Kap. 5.2). Abschließend erfolgen die Auswertungen, die der Gewinnung eines tiefergehenden Verständnisses über das KRITIS-SoS und seinen Subsystemen dienen (► s. Kap. 5.3). Eine Plausibilisierung und Interpretation der Ergebnisse findet erst im anschließenden Kapitel statt, wo diese zudem (extern) validiert werden (► s. Kap. 6), sodass sich dieses Kapitel auf die Ergebnispräsentation konzentriert.

5.1 Durchführung der Analyse

Ehe in den folgenden Unterkapiteln die einzelnen Analyseergebnisse präsentiert und diskutiert werden, erfolgt zunächst ein kurzer Überblick über Hintergrundinformationen zur Durchführung der Analyse. Hierzu wird der zeitliche Ablauf der einzelnen Erhebungs- und Auswertungsschritte dargestellt (► s. Kap. 5.1.1) und anschließend die Schritte der Datenerhebung, insb. das Ineinandergreifen der Erhebungswellen und deren Rücklauf, näher erläutert (► s. Kap. 5.1.2). Diese Informationen sind relevant, um alle weiteren Ergebnisse hinsichtlich Qualität und Quantität beurteilen zu können.

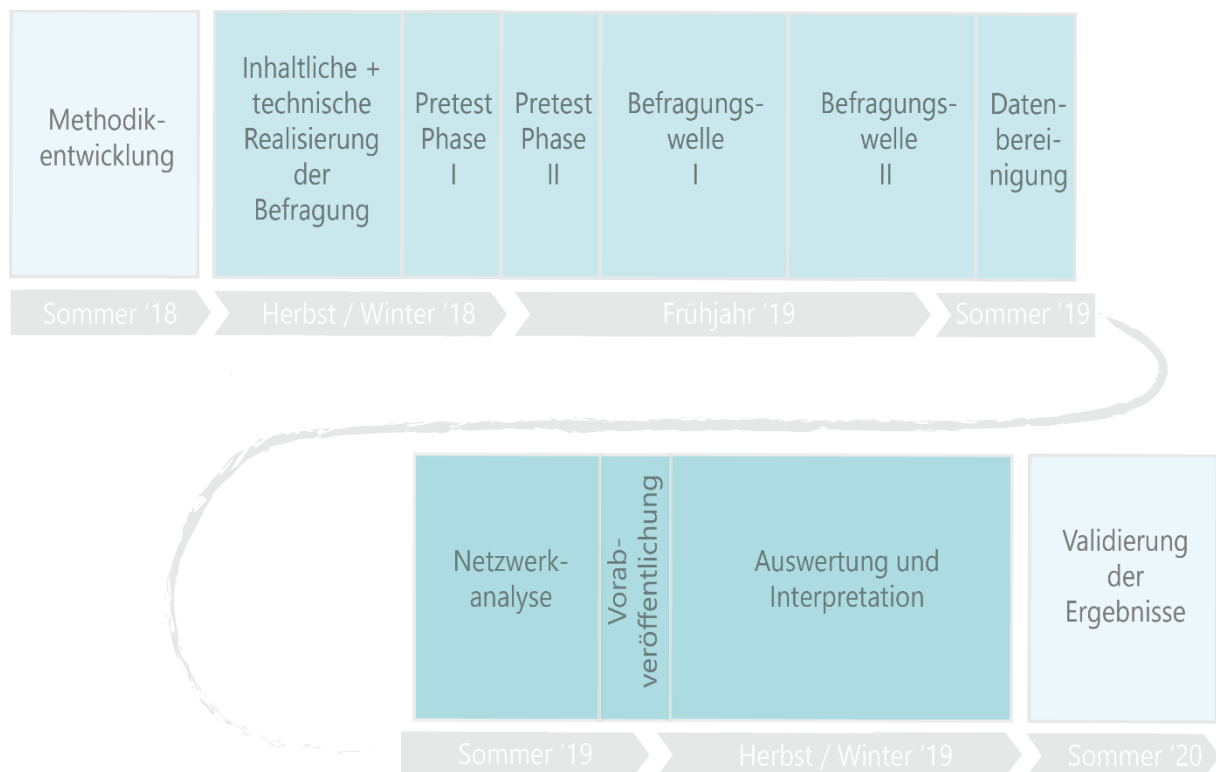
5.1.1 Zeitlicher Ablauf der Analyse

Von der Entwicklung der Erhebungsmethodik bis zur Auswertung und Interpretation der Daten vergingen knapp einhalb Jahre (s. Abb. 35). Nachdem im Sommer des Jahres 2018 die Entwicklung der Erhebungsmethodik als Kombination der Methoden Online-Befragung und Netzwerkanalyse abgeschlossen war, erfolgten im Herbst und Winter desselben Jahres die technische Realisierung der Befragung sowie die erste, technische Pretest-Phase. Zu Beginn des Jahres 2019 fand die



inhaltliche Pretest-Phase statt, die nahtlos in Befragungswelle I überging. Mit Ende des Frühjahrs 2019 war auch Befragungswelle II abgeschlossen, sodass anschließend den Sommer über zunächst die Datenbereinigung und anschließend insb. die Netzwerkanalysen stattfinden konnten (► s. Kap. 4.3.2). Es erfolgte eine Vorabveröffentlichung erster Ergebnisse (ohne Auswertung der Mehrheitsantworten unter einem Konfidenzfaktor³³ von mindestens 50 Prozent) im Spätsommer des Jahres 2019 (s. hierzu Schmitt, 2019). Die vollständige Auswertung und Interpretation der Daten, insb. auch der Auswertungen der Mehrheitsantworten unter dem Konfidenzfaktor, erfolgte in den Herbst- und Wintermonaten des Jahres 2019 auf 2020. Abschließend fand die Validierung der Ergebnisse im Frühjahr und frühen Sommer des Jahres 2020 statt.

Abbildung 35: Arbeitsschritte und zeitliche Umsetzung der Analyse



Quelle: eigene Darstellung.

5.1.2 Durchführung und Rücklauf der Befragung

Die beiden Befragungswellen wurden im Detail wie folgt ausgestaltet. Der Erhebungszeitraum von Welle I umfasste vier Wochen und dauerte vom 25.2.-22.3.2019. Als idealer Erhebungsumfang wurde je eine Rückmeldung aus jedem der 29 Teilsektoren festgelegt, wobei letztlich Rückmeldungen aus lediglich 26 Teilsektoren erzielt werden konnten. Die Kontaktaufnahme erfolgte entsprechend des Kriterien- und Auswahlplans (► s. Kap. 4.3.2) bei einer der höchstpriorisierten Einrichtungen,

³³ Erinnerung: Entsprechend ► Kapitel 4.3.2 dient die Einführung und separate Auswertung eines Konfidenzfaktors dazu, die mehrheitlich getragenen und dadurch mit höherer Sicherheit belegten Antworten zu destillieren. De facto variiert der Konfidenzfaktor je nach Anzahl der Rückmeldungen pro Teilsektor, beträgt jedoch mindestens 50 Prozent.



in denen jeweils vorab geeignete Ansprechpartner*innen identifiziert und per E-Mail angefragt wurden (► s. Anhang II.ii). War die Rückmeldung positiv, wurde ein dreißigminütiges Zeitfenster für die telefonische Begleitung des Beantwortens der Umfrage vereinbart.

Die Datenerhebung fand gemäß Konzept zum Befragungsablauf (► s. Kap. 4.3.2; ► s. Anhang II.iii) statt. Nach jedem Gespräch erfolgte zudem eine kritische Selbstreflexion der Interviewerin über den Gesprächsverlauf und das Einhalten der Moderations- und Verhaltensregeln.³⁴ Da die Anforderungen in allen Fällen eingehalten wurden und keine Beeinflussung der Beantwortung stattfand, wurden die Daten unmittelbar verwendet. Auch ergab sich kein inhaltlicher oder struktureller Änderungsbedarf, weshalb eine Kombination der Befragungswellen durchgeführt werden konnte.

Aus der Befragungswelle I hin zu Befragungswelle II ergaben sich folgende organisatorische und technische Änderungsbedarfe:

- Anpassung des E-Mail-Anschreibens (► s. Anhang II.ii)
 - Anpassung der Formulierung auf eine reine Online-Befragung, insb. Einfügen einer Erläuterung zum personalisierten Zugangslink,
 - Entfernen der zusätzlichen Erläuterungen zum Ziel der Dissertation, da diese aufgrund der Komplexität abschreckend wirken könnten,
 - Aufnahme der Bitte um Empfehlung weiterer Expert*innen.
- Anpassung im Backend von SoSci-Survey:
 - Anpassung der Begrüßung, sodass der Hinweis zum begleitenden Telefongespräch entfällt,
 - Hinweis auf die einmalige Nutzbarkeit des Zugangslinks und Verweis auf Möglichkeit zur Zwischenspeicherung,
 - Einfügen eines hover-Popups zur Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Abhängigkeiten, falls Rückversicherung notwendig ist.

Vor Beginn der Befragungswelle II wurden die vorläufigen Ergebnisse auf Basis von Welle I beispielhaft ausgewertet, um ein Gespür für Auswertungsmöglichkeiten und Aussagestärke zu bekommen und das Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4) zu finalisieren. Zudem erfolgte eine Reflexion und Rückversicherung von Methodik und Zwischenergebnissen im Doktorandenkolloquium.

Der Erhebungszeitraum von Welle II umfasste acht Wochen und dauerte vom 1.4.-24.5.2019. Da als Mindestumfang drei vollständige Rückmeldungen pro Teilsektor festgelegt wurden (► s. Kap. 4.3.2), bedurfte Welle II der Erhebung von je zwei Rückmeldungen aus jedem der 29 Teilsektoren, ergänzt um die drei Teilsektoren, deren Erhebung in Welle I nicht gelang, d. h. insgesamt 61 Rückmeldungen. Letztlich wurden in Welle II 77 Rückmeldungen erzielt, sodass der Erhebungsumfang der gesamten Befragung bei $n_{\text{gesamt}} = 103$ liegt.

Die Kontaktaufnahme erfolgte, wie bereits in Welle I, per E-Mail. Im Unterschied zu Welle I beinhaltete diese jedoch direkt einen Link zur Umfrage sowie einen personalisierten Zugangsschlüssel (► s. Anhang II.ii). In den ersten Wochen wurden gemäß Kriterien- und Auswahlplan (► s. Kap. 4.3.2) Personen der höchstpriorisierten Einrichtungen angeschrieben, d. h. Bundesoberbehörden, Oberste Bundesbehörden und der UP KRITIS. Konnten nicht drei vollständige Rückmeldungen aus diesen

³⁴ Erinnerung: Sobald es zu inhaltlichen Problemen bzw. einer Nicht-Anwendbarkeit des Fragebogens auf einen der Teilsektoren gekommen wäre, hätte die Befragung angepasst und die bis dato erhobenen Daten zu einem inhaltlichen Pretest zurückgestuft werden müssen (► s. Kap. 4.3.2).



Einrichtungen erzielt werden, wurde nach durchschnittlich zwei bis drei Wochen auf die niedriger priorisierten Einrichtungen zurückgegriffen (Bundesverbände, Forschung und Wissenschaft, Sonstige Verbände). Lediglich in begründeten Ausnahmefällen wurden Einrichtungen der niedrigsten Prioritätsstufe und Landesparlamente kontaktiert. Die Kontaktaufnahme zu weiteren Expert*innen eines Teilssektors wurde eingestellt, wenn drei vollständige Rückantworten vorlagen. Wurden dennoch zuvor versendete Anfragen nachträglich beantwortet, wurden diese zwecks Erhöhung der Validität der Ergebnisse zugelassen (► s. Kap. 4.3.2).

Erinnerungen zur Teilnahme an der Umfrage wurden einmal wöchentlich ebenfalls per E-Mail versendet, bzw. in Einzelfällen zeitlich vorgezogen, sofern die Befragung bereits begonnen, dann allerdings unterbrochen wurde. Diese Fälle wurden mit dem Hinweis auf einmalige Verwendung des Zugangscodes erneut kontaktiert und ein zweiter Zugangscode angeboten, falls unabsichtlich unterbrochen wurde. Begleitend wurde über den gesamten Zeitraum ein E-Mail-Support durch die Interviewerin gewährleistet, bspw. um Weiterleitungsgesuche zu beantworten. Bei erfolgreichem Abschluss der Befragung wurde eine Dankes-E-Mail versendet (► s. Anhang II.ii).

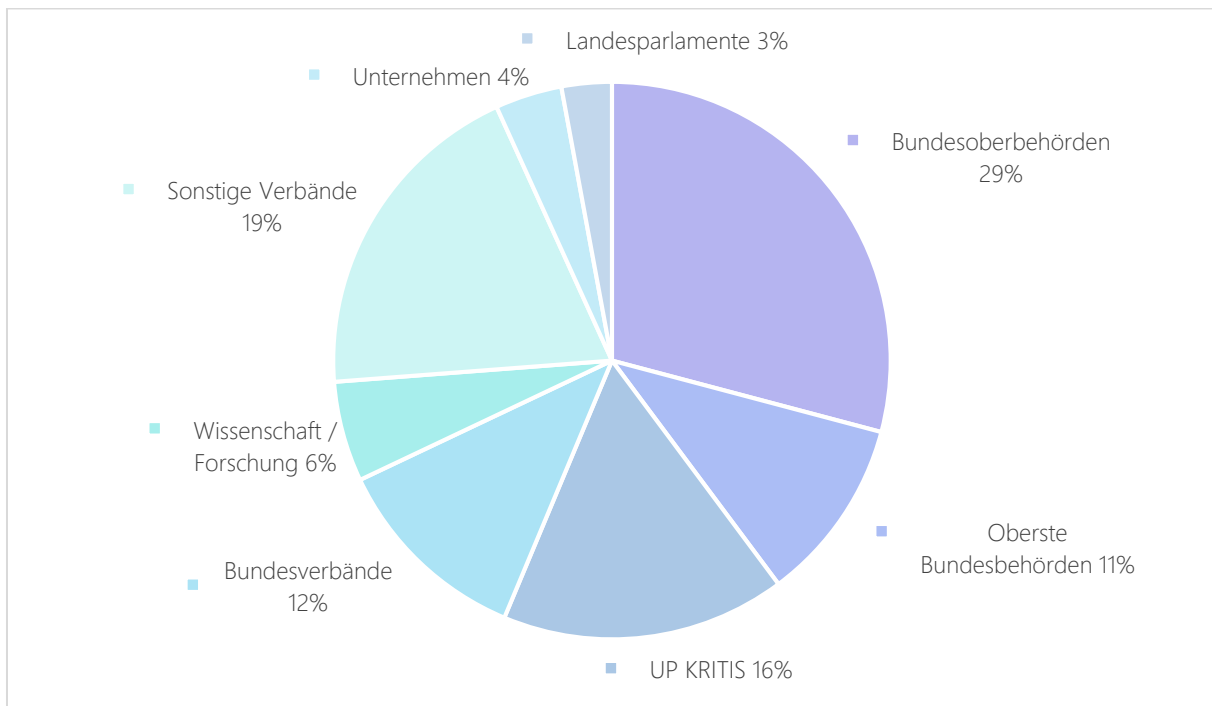
Während der Befragungswelle II, am 15. und 16. April 2019, ereignete sich mit dem Großbrand der Kathedrale Notre-Dame de Paris in Frankreich ein weltpolitisches Ereignis, dessen eventuelle Beeinflussung der Antworten es gemäß Anspruch an die Qualitätssicherung (► s. Kap. 4.3.2) auszuwerten galt. Wie in ► Kapitel 6 ausführlich beschrieben wird, konnte jedoch vor und nach dem Brand keine Veränderung im Antwortverhalten festgestellt werden, weshalb alle Rückmeldungen der Befragungswelle II zu gültigen Fällen erklärt wurden.

Nach Abschluss der Befragungswellen I und II wurden die Daten bereinigt, indem insb. alle unvollständigen Fälle entfernt wurden. Ebenfalls entfernt wurden vollständige Rückantworten, die innerhalb von weniger als drei Minuten ausgefüllt wurden, da eine gewissenhafte Beantwortung in dieser kurzen Zeit trotz der geringen Anzahl an Fragen nicht möglich ist. Allerdings war dies in lediglich zwei Fällen erforderlich, die zudem überall die erste Antwortoption ausgewählt hatten, was ein weiteres Indiz für eine ungewissenhafte Beantwortung darstellt. Bereinigt wurden darüber hinaus vier Fälle, in denen es während der Umfrage zu technischen Problemen in der Online-Ansicht kam bzw. bei denen es durch nachträgliche Änderung der Antworten durch anklicken der Zurück-Option Fehlermeldungen gab. Die Daten dieser Fälle konnten online nicht eingesehen werden, wurden als Excel- oder PDF-Export jedoch vollständig angezeigt und konnten manuell nachgetragen werden. Fälle, in denen in Fragen 01a, 01b oder 02 alle Antwortoptionen angeklickt wurden und trotzdem zusätzlich die Antwortoption ‚keine Abhängigkeit‘ gewählt wurde, wurden als Flüchtigkeitsfehler behandelt und nicht gelöscht, sondern die Antwort ‚keine Abhängigkeit‘ entfernt, was in fünf Fällen erforderlich war.

In einem Erhebungszeitraum von exakt 80 Tagen wurden aus 254 Anfragen insgesamt 103 vollständige Rückmeldungen erzielt und somit der Mindesterhebungsumfang eindeutig erreicht. Die Rücklaufquote betrug 42,04 Prozent. Ohne Rückmeldung verblieben 120 Anfragen und in 22 Fällen (8,98 Prozent) wurde die Umfrage abgebrochen. Wie Abbildung 36 zeigt, erfolgte mehr als die Hälfte der Rückmeldungen aus Einrichtungen der höchsten Prioritätsstufen, knapp ein Drittel entfällt auf Verbände und lediglich vier Prozent der Rückmeldungen stammen aus der niedrigsten Prioritätsstufe (► s. Kap. 4.3.2), den Unternehmen.



Abbildung 36: Rückmeldungen nach Einrichtungen



Quelle: eigene Darstellung.

5.2 Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials

Um das Systemische Kaskadenpotenzial zu berechnen und damit den in entwickelten Operationalisierungsansatz (► s. Kap. 4.2.2) zu testen, werden nachfolgend zunächst die einzelnen Parameter berechnet und anschließend zusammengeführt. Während die Parameter 1, 3 und 4 unmittelbar durch deskriptive Statistik aus den bereinigten Erhebungsdaten ermittelt werden können, ist es zur Berechnung von Parameter 2 erforderlich, die Nähezentralität der Teilsektoren zu berechnen (► s. Kap.4.4.1).

Um eine möglichst hohe Qualität der Ergebnisse sicherzustellen, erfolgen die Berechnungen der Parameter für die zwei Datensätze ‚alle Antworten‘ (kurz: ‚alle‘) und ‚Mehrheitsantworten‘ (kurz: ‚Mehrheit‘) (► s. Kap.4.3.2, 4.4.1). Letztere werden jeweils fettgedruckt dargestellt, da diese aufgrund der Einigkeit der Expert*innen mit größerer Sicherheit (Konfidenz ≥ 50 Prozent) vertreten werden können. Die Nummerierung der Teilsektoren dient der besseren Wiedererkennung dieser und resultiert aus der alphabetischen Sortierung der Sektoren (s. Tab. 1).



5.2.1 Parameter 1 – Vernetzungsgrad

Der Parameter ‚Vernetzungsgrad‘ wird über die Summe der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten pro Teilssektor ermittelt. Als Berechnungsgrundlage dienen hierzu die Antworten auf Frage 02, die gemäß Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4.1) jeweils als eingehende Abhängigkeiten gezählt und den anderen Teilssektoren als ausgehende Abhängigkeiten zugeschrieben werden. Nachfolgende Tabelle 13 stellt die Anzahl der ein- und ausgehenden Abhängigkeit sowie deren Summe, jeweils für die beiden Datensätze ‚alle Antworten‘ und ‚Mehrheitsantworten‘ gegenüber.

Tabelle 13: Teilssektorbezogene Berechnung des Vernetzungsgrades

Teilssektor	Anzahl eingehende Abhängigkeiten		Anzahl ausgehende Abhängigkeiten		Summe bzw. Vernetzungsgrad	
	alle	Mehrheit	alle	Mehrheit	alle	Mehrheit
01_Elektrizität	11	3	27	26	38	29
02_Mineralöl	16	9	22	13	38	22
03_Gas	4	3	19	8	23	11
04_Ernährungswirtschaft	19	16	6	5	25	21
05_Lebensmittelhandel	15	12	8	5	23	17
06_Banken	8	5	17	8	25	13
07_Börsen	10	6	6	1	16	7
08_Versicherungen	13	7	12	4	25	11
09_Finanzdienstleister	17	4	6	4	23	8
10_Medizinische Versorgung	25	18	10	5	35	23
11_Arzneimittel & Impfstoffe	19	16	9	4	28	20
12_Labore	16	7	7	2	23	9
13_Telekommunikation	2	2	27	23	29	25
14_Informationstechnik	2	2	27	25	29	27
15_Rundfunk & Presse	10	3	6	2	16	5
16_Kulturgut	17	10	1	0	18	10
17_Symbolträchtige Bauwerke	11	6	1	0	12	6
18_Regierung & Verwaltung	20	12	16	9	36	21
19_Parlament	18	9	4	2	22	11
20_Justizeinrichtungen	20	17	7	2	27	19
21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	21	13	14	6	35	19
22_Luftfahrt	18	14	10	5	28	19
23_Seeschifffahrt	13	6	9	5	22	11
24_Binnenschifffahrt	4	3	9	5	13	8
25_Schienenverkehr	5	5	16	6	21	11
26_Straßenverkehr	8	3	19	12	27	15
27_Logistik	14	11	17	14	31	25
28_Öffentliche Wasserversorgung	4	1	20	14	24	15
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	8	4	16	12	24	16

Quelle: eigene Darstellung.



Die meisten eingehenden Abhängigkeiten haben, unter Einbeziehung aller Antworten, die Teilsektoren *Medizinische Versorgung* (25), *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* (21), *Regierung & Verwaltung* und *Justizeinrichtungen* (jeweils 20 Abhängigkeiten). Unter Berücksichtigung ausschließlich der Mehrheitsantworten führt der Teilsektor *Medizinische Versorgung* (18) weiter die Rangfolge an, wobei die Teilsektoren *Justizeinrichtungen* (17), *Arzneimittel & Impfstoffe* und *Ernährungswirtschaft* (jeweils 16 Abhängigkeiten) nachfolgen.

Die wenigsten eingehenden Abhängigkeiten weisen, bei Einbeziehung aller Antworten, die Teilsektoren *Telekommunikation*, *Informationstechnik* (jeweils zwei Abhängigkeiten), *Gas*, *Binnenschifffahrt*, *Öffentliche Wasserversorgung* (jeweils vier) und *Schieneverkehr* (fünf Abhängigkeiten) auf. Unter Auswertung ausschließlich der Mehrheitsantworten verändert sich die Reihenfolge insofern, als dass der Teilsektor *Öffentliche Wasserversorgung* (eine Abhängigkeit) die Liste anführt, die Teilsektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik* (jeweils zwei) an zweiter Stelle stehen, und sich die dritte Platzierung (mit jeweils drei Abhängigkeiten) gleich fünf Teilsektoren teilen, nämlich die Teilsektoren *Elektrizität*, *Gas*, *Rundfunk & Presse*, *Binnenschifffahrt* und *Straßenverkehr*.

Bezüglich der Frage nach den meisten ausgehenden Abhängigkeiten variieren die Platzierungen der Teilsektoren zwischen allen und den mehrheitlich getragenen Antworten nur wenig. Werden alle Antworten einbezogen, führen die Teilsektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* (jeweils 27 Abhängigkeiten) das Ranking an, während mit deutlich geringeren Werten die Teilsektoren *Mineralöl* (22) und *Öffentliche Wasserversorgung* (20) folgen. Unter den Mehrheitsantworten werden die ersten drei Plätze ebenfalls von den Teilsektoren *Elektrizität* (26), *Informationstechnik* (25) und *Telekommunikation* (23 Abhängigkeiten) belegt.

Unter den Teilsektoren mit den wenigsten ausgehenden Abhängigkeiten finden sich unter beiden Auswertungen insb. die Teilsektoren des Sektors *Medien & Kultur* und mehrere Teilsektoren des Sektors *Staat & Verwaltung*. Dabei führen die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* jeweils die Rangfolge an. Auf dem zweiten Platz steht der Teilsektor *Parlament* (vier Abhängigkeiten), respektive *Börsen* (eine Abhängigkeit). Den dritten Platz belegen, unter Einbeziehung aller Antworten, die Teilsektoren *Ernährungswirtschaft*, *Börsen*, *Finanzdienstleister* und *Rundfunk & Presse* (jeweils sechs) bzw. unter den Mehrheitsantworten die Teilsektoren *Labore*, *Rundfunk & Presse*, *Parlament* und *Justizeinrichtungen* (jeweils zwei Abhängigkeiten).

Die höchste Summe an Abhängigkeiten und damit den größten Vernetzungsgrad weisen, unter Einbeziehung aller Antworten, die Teilsektoren *Elektrizität* und *Gas* (jeweils 38), *Regierung & Verwaltung* (36) sowie *Medizinische Versorgung* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* (jeweils 35) auf. Unter ausschließlicher Einbeziehung der mehrheitlich getragenen Antworten belegen die Teilsektoren *Elektrizität* (29), *Informationstechnik* (27) und *Telekommunikation* und *Logistik* (jeweils 25 Abhängigkeiten) die ersten Plätze.

Die niedrigste Summe an Abhängigkeiten und damit den geringsten Vernetzungsgrad haben, bei Einbeziehung aller Antworten, die Teilsektoren *Symbolträchtige Bauwerke* (zwölf), *Binnenschifffahrt* (13) und *Börsen* und *Rundfunk & Presse* (16 Abhängigkeiten). Diese Liste verändert sich überwiegend in ihrer Reihung, allerdings kaum in ihren Teilsektoren, werden ausschließlich die Mehrheitsantworten inkludiert. Dann führen die Teilsektoren *Rundfunk & Presse* (fünf), *Symbolträchtige Bauwerke* (sechs) und *Börsen* (sieben Abhängigkeiten) die Liste an.



5.2.2 Parameter 2 – Vernetzungsdichte

Der Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ wird über die Nähezentralität bzw. normierte Pfaddistanz durch Anwendung der Methode Netzwerkanalyse ermittelt.³⁵ Je geringer der Nähezentralitätswert ist, desto größer ist der Anteil an indirekten Abhängigkeiten und entsprechend lose die Vernetzung. Die Netzwerkdiagramme hinter den Auswertungen für alle bzw. die mehrheitlich getragenen Antworten, befinden sich gebündelt unter dem Erhebungsinteresse der Gewinnung von Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS in ► Kapitel 5.3.1.

Nachfolgende Tabelle 14 präsentiert die Berechnungsergebnisse für jeden Teilsektor, indem die Nähezentralität für beide Datensätze (‚alle‘ und ‚Mehrheit‘) nebeneinandergestellt ist. Die rechte Spalte beinhaltet zur besseren Les- und Interpretierbarkeit die Rangfolge, die sich aus dem Vergleich der Werte ergibt. Die Platzierung ist umso höher, je größer die Vernetzungsdichte des Teilsektors ist.

Tabelle 14: Teilsektorbezogene Nähezentralitätswerte

Teilsektor	Nähezentralität (normierte Pfaddistanz)		Ranking	
	alle	Mehrheit	alle	Mehrheit
01_Elektrizität	1,000	0,933	1	1
02_Mineralöl	0,933	0,718	4	7
03_Gas	0,875	0,601	14	19
04_Ernährungswirtschaft	0,911	0,778	8	4
05_Lebensmittelhandel	0,893	0,70	11	11
06_Banken	0,857	0,622	18	17
07_Börsen	0,732	0,549	27	26
08_Versicherungen	0,875	0,622	14	17
09_Finanzdienstleister	0,839	0,571	20	25
10_Medizinische Versorgung	0,946	0,737	6	6
11_Arzneimittel & Impfstoffe	0,893	0,718	11	7
12_Labore	0,839	0,583	20	23
13_Telekommunikation	0,982	0,848	2	3
14_Informationstechnik	0,982	0,903	2	2
15_Rundfunk & Presse	0,75	0,538	26	28
16_Kulturgut	0,821	0,609	23	19
17_Symbolträchtige Bauwerke	0,714	0,549	28	26
18_Regierung & Verwaltung	0,964	0,718	4	7
19_Parlament	0,839	0,609	20	19
20_Justizeinrichtungen	0,875	0,718	14	7
21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	0,946	0,700	6	11
22_Luftfahrt	0,957	0,683	18	14
23_Seeschifffahrt	0,804	0,583	25	23
24_Binnenschifffahrt	0,679	0,519	29	29

³⁵ Erinnerung: Die Pfaddistanz gibt die Anzahl der Pfade bzw. Kanten an, die im Durchschnitt benötigt werden, um von einem Teilsektor-Knoten zu allen anderen zu gelangen. Zur besseren Integration in die Formel wird dieser Wert normiert, sodass ein umso größerer Nähezentralitätswert eine umso höhere Anzahl an direkten Abhängigkeiten und damit eine engere Vernetzung bedeutet (► s. Kap. 4.3.3).



25_Schienenverkehr	0,821	0,596	23	22
26_Straßenverkehr	0,911	0,667	8	16
27_Logistik	0,911	0,778	8	4
28_Öffentliche Wasserversorgung	0,893	0,683	11	14
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	0,875	0,700	14	11

Quelle: eigene Darstellung.

Im Ergebnis zeigt sich deutlich, dass unter beiden Datensätzen die Teilsektoren *Elektrizität* (1,0 respektive 0,933), *Telekommunikation* (0,982 respektive 0,848) und *Informationstechnik* (0,982 respektive 0,903) die höchsten Nähezentralitätswerte besitzen und damit am engsten und mit den meisten direkten Verbindungen ins Gesamtnetz eingebunden sind. Die geringsten Werte und damit die losste Vernetzung weisen die Teilsektoren *Binnenschifffahrt* (0,679 respektive 0,519), *Symbolträchtige Bauwerke* (0,714 respektive 0,549) und *Börsen* (0,732 respektive 0,549) auf. Unter Auswertung der Mehrheitsantworten liegt zudem der Teilsektor *Rundfunk & Presse* (0,538) unter den Teilsektoren mit dem geringsten Vernetzungsgrad. Dass die beiden Datensätze bezüglich der höchsten und niedrigsten Ränge kaum Unterschiede aufweisen, ist auffällig und wird in ► Kapitel 6 interpretiert.

5.2.3 Parameter 3 – Stärke der ausgehenden Abhängigkeit

Der Parameter ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ wird über die durchschnittliche Schwere potenzieller Beeinträchtigungen approximiert. Denn: „[...] the perceived relevance of infrastructure service [...] is a good predictor for the relative level of disruption that organisations will experience if subjected to an infrastructure service outage“ (Giovinazzi, 2016: 355). Hierzu wird gemäß Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4.1) der Mittelwert aller ausgehenden Dependenz eines Teilsektors über alle Ausfalldauern hinweg gebildet und somit die Stärke eines potenziellen Kaskadeneffekts ermittelt.

Nachfolgende Tabelle 15 beinhaltet die Ergebnisse der Berechnung sowie ein anschließendes Ranking der Werte für alle Teilsektoren. In der zweiten Spalte stehen dabei zunächst die Ergebnisse, die unter Einbeziehung aller Antworten erzielt werden. Die dritte Spalte präsentiert die Ergebnisse der Auswertung der Mehrheitsantworten. Für beide Auswertungen wird zur Erhöhung der Lesbarkeit die durchschnittliche Schwere der Beeinträchtigungen jeweils als Prozentwert sowie als klassifizierter Wert (► s. Kap. 4.4.1) angegeben.

Tabelle 15: Teilsektorbezogene, durchschnittliche Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten

Teilsektor	Alle Antworten			Mehrheitsantworten		
	Ø Schwere der Beeinträchtigung		Ranking	Ø Schwere der Beeinträchtigung		Ranking
	%	Klasse		%	Klasse	
01_Elektrizität	73,72	4	1	74,03	4	1
02_Mineralöl	39,01	3	21	47,99	3	14
03_Gas	43,87	3	17	51,17	3	13
04_Ernährungswirtschaft	56,97	3	6	54,12	3	11
05_Lebensmittelhandel	43,93	3	16	45,88	3	15
06_Banken	42,47	3	19	42,67	3	18



07_Börsen	50,90	3	10	73,10	4	2
08_Versicherungen	36,99	3	22	27,48	2	25
09_Finanzdienstleister	50,34	3	11	53,56	3	12
10_Medizinische Versorgung	50,01	3	12	71,22	4	4
11_Arzneimittel & Impfstoffe	30,93	2	27	43,49	3	17
12_Labore	51,63	3	9	38,80	3	21
13_Telekommunikation	66,16	3	3	68,03	4	6
14_Informationstechnik	69,56	4	2	70,09	4	5
15_Rundfunk & Presse	48,12	3	13	42,55	3	19
16_Kulturgut	40,00	3	20	0	1	28
17_Symbolträchtige Bauwerke	44,60	3	15	0	1	28
18_Regierung & Verwaltung	43,85	3	18	43,87	3	16
19_Parlament	30,43	2	29	41,25	3	20
20_Justizeinrichtungen	36,14	3	23	30,50	2	23
21_Notfall-/Rettungswesen & KS	53,14	3	8	71,63	4	3
22_Luftfahrt	33,07	2	25	25,52	2	26
23_Seeschifffahrt	30,89	2	28	29,53	2	24
24_Binnenschifffahrt	30,96	2	26	24,13	2	27
25_Schienenverkehr	35,81	3	24	36,63	3	22
26_Straßenverkehr	59,64	3	5	64,22	3	8
27_Logistik	47,83	3	14	54,82	3	10
28_Öff. Wasserversorgung	64,61	3	4	65,99	3	7
29_Öff. Abwasserbeseitigung	54,85	3	7	61,20	3	9

Klassen: 1 = keine, 2 = geringe, 3 = mittlere, 4 = starke, 5 = volle Beeinträchtigung.

Quelle: eigene Darstellung.

Im Mittel aller Teilspektoren weicht die durchschnittliche Schwere der Beeinträchtigungen bzw. die Stärke der ausgehenden Abhängigkeit zwischen den beiden Datensätzen kaum voneinander ab. Im Mittel aller Antworten (über alle Teilspektoren) wird eine durchschnittliche Stärke der Abhängigkeit von 46,91 (respektive 46,67 für die Mehrheitsantworten) ermittelt. Im Detail zeigen sich jedoch z. T. große Unterschiede, da unter der Mehrheitsbetrachtung bspw. zwei Teilspektoren gar keine ausgehenden Abhängigkeiten besitzen und somit auch keine Beeinträchtigungen generieren. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei Einbeziehung aller Antworten bereits der Teilsektor auf dem dritten Platz im Ranking im Durchschnitt lediglich zu mittleren Beeinträchtigungen führt. Unter den Mehrheitsantworten ist dies erst mit dem siebten Platz der Fall.

Das Ranking zur Stärke der ausgehenden Abhängigkeit führen bei Einbeziehung aller Antworten die Teilspektoren *Elektrizität* (73,72 - starke Beeinträchtigungen), *Informationstechnik* (69,56 - starke Beeinträchtigungen) und *Telekommunikation* (66,16 - mittlere Beeinträchtigungen) an. Bei Auswertung der Mehrheitsantworten bleibt der Teilsektor *Elektrizität* (74,03 - starke Beeinträchtigungen) an erster Position, gefolgt von den Teilspektoren *Börsen* (73,10 - starke Beeinträchtigungen) und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* (71,63 - starke Beeinträchtigungen). Die Teilspektoren mit der geringsten Stärke der Abhängigkeit sind *Parlament* (30,43 - schwache Beeinträchtigungen), *Seeschifffahrt* (30,89 - schwache Beeinträchtigungen) und *Arzneimittel & Impfstoffe* (30,93 - schwache Beeinträchtigungen), bzw. unter der Auswertung der Mehrheitsantworten die Teilspektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* (jeweils 0 - keine Beeinträchtigungen), *Binnenschifffahrt* (24,13 - schwache Beeinträchtigungen) und *Luftfahrt* (25,52 - schwache Beeinträchtigungen).



5.2.4 Parameter 4 – Zeit

Der Parameter ‚Zeit‘ reflektiert die Möglichkeit der Veränderung der Stärke der Abhängigkeit bzw. potenzieller Beeinträchtigungen bei unterschiedlichen Ausfalldauern. Er wird darüber ermittelt, dass die Ausfalldauer, ab der das erste Mal im Mittel schwere Beeinträchtigungen in allen anderen Teilsektoren hervorgerufen werden, mit einer Gewichtung (Zweierpotenz) versehen wird (► s. Kap. 4.4.1). Nachfolgende Tabelle 16 beinhaltet die Ergebnisse der Berechnung für beide Datensätze.

Tabelle 16: Teilsektorbezogene Gewichtung der Ausfalldauern

Teilsektor	Alle Antworten		Mehrheitsantworten	
	Ausfalldauer, ab der im \emptyset schwere Beeinträchtigungen erreicht werden	Gewichtung	Ausfalldauer, ab der im \emptyset schwere Beeinträchtigungen erreicht werden	Gewichtung
01_Elektrizität	4 Tage	8	4 Tage	8
02_Mineralöl	keine	1	2 Wochen	4
03_Gas	6 Wochen	2	2 Wochen	4
04_Ernährungswirtschaft	4 Tage	8	4 Tage	8
05_Lebensmittelhandel	2 Wochen	4	2 Wochen	4
06_Banken	6 Wochen	2	6 Wochen	2
07_Börsen	2 Wochen	4	24 Stunden	16
08_Versicherungen	6 Wochen	2	keine	1
09_Finanzdienstleister	2 Wochen	4	2 Wochen	4
10_Medizinische Versorgung	2 Wochen	4	4 Tage	8
11_Arzneimittel & Impfstoffe	6 Wochen	2	6 Wochen	2
12_Labore	2 Wochen	4	6 Wochen	2
13_Telekommunikation	4 Tage	8	4 Tage	8
14_Informationstechnik	4 Tage	8	4 Tage	8
15_Rundfunk & Presse	2 Wochen	4	keine	1
16_Kulturgut	6 Wochen	2	keine	1
17_Symbolträchtige Bauwerke	2 Wochen	4	keine	1
18_Regierung & Verwaltung	6 Wochen	2	6 Wochen	2
19_Parlament	6 Wochen	2	2 Wochen	4
20_Justizeinrichtungen	6 Wochen	2	2 Wochen	4
21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	6 Wochen	2	24 Stunden	16
22_Luftfahrt	keine	1	keine	1
23_Seeschifffahrt	keine	1	keine	1
24_Binnenschifffahrt	6 Wochen	2	keine	1
25_Schienenverkehr	6 Wochen	2	6 Wochen	2
26_Straßenverkehr	2 Wochen	4	4 Tage	8
27_Logistik	6 Wochen	2	2 Wochen	4
28_Öffentliche Wasserversorgung	4 Tage	8	4 Tage	8
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	2 Wochen	4	4 Tage	8

Quelle: eigene Darstellung.



Es zeigen sich deutliche Unterschiede in den Auswertungen der Datensätze. Während bei Einbeziehung aller Antworten lediglich drei Teilsektoren im Mittel keine schweren Beeinträchtigungen hervorrufen, gilt dies unter den Mehrheitsantworten für den gesamten Sektor *Medien & Kultur* sowie die Hälfte des Sektors *Transport & Verkehr*. Unter den Mehrheitsantworten kommt es zudem in zwei Teilsektoren, *Börsen* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*, bereits bei einem bis zu 24 Stunden andauernden Ausfall im Mittel zu schweren Beeinträchtigungen in den anderen Teilsektoren. Vergleichsweise schnell führen auch die Teilsektoren *Elektrizität*, *Ernährungswirtschaft*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und die Teilsektoren des Sektors *Wasser* zu durchschnittlich schweren Beeinträchtigungen und besitzen eine entsprechend starke Gewichtung.

5.2.5 Zusammenführung der Parameter

Zur Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials gemäß Operationalisierungsansatz (► s. Kap. 4.2.2) erfolgt nachfolgend eine Zusammenführung der Ergebnisse der zuvor berechneten Parameter. Die Aufbereitung erfolgt in drei Tabellen, wobei die erste (s. Tab. 17) die Ergebnisse bei Einbeziehung aller Antworten beinhaltet und die zweite (s. Tab. 18) ausschließlich die Mehrheitsantworten umfasst. Im Anschluss werden die Datensätze in einer dritten Tabelle (s. Tab. 19) verglichen, indem die Teilsektoren nach der Höhe ihres jeweiligen Systemischen Kaskadenpotenzials angeordnet dargestellt werden.

Die Berechnung der einzelnen Teilsektoren und deren Zusammenführung macht insgesamt sehr deutlich, dass unter dem gewählten Setting und den festgelegten Ausfalldauern insb. die Teilsektoren, die viele Abhängigkeiten generieren, potenziell zudem Kaskadeneffekte von großer Stärke in geringer Zeit weitergeben. Dasselbe gilt, in umgekehrter Logik, tendenziell für Teilsektoren, von denen wenig andere abhängig sind. Diese sind insgesamt autarker und verursachen erst nach längerer Ausfalldauer starke Beeinträchtigungen in anderen Teilsektoren.

In beiden Datensätzen besitzt der Teilsektor *Elektrizität* das größte Systemische Kaskadenpotenzial, was aufgrund der hohen Platzierungen in den einzelnen Parametern zu erwarten ist. Bemerkenswert ist allerdings, wie deutlich jeweils der Abstand zu den zweitplatzierten Teilsektoren ist. So weist der Teilsektor *Elektrizität* unter Einbeziehung aller Antworten das Anderthalbfache des Systemischen Kaskadenpotenzials des zweitplatzierten Teilsektors auf. Auch liegt dieser um mehr als das 40-fache (respektive 160-fache in der Auswertung der Mehrheitsantworten) höher als die jeweils letztplatzierten Teilsektoren *Seeschifffahrt*, respektive *Binnenschifffahrt* (als letztplatzierte Teilsektor der nicht gleich Null ist).



Tabelle 17: Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (alle Antworten)

Teilsektor	Vernetzungsgrad	Vernetzungsdichte	Faktor 1: Position der Subsysteme	Stärke der ausg. Abhängigkeit	Zeit	Faktor 2: Bedeutbarkeit Dependenzen	Systemisches Kaskadenpotenzial
Berechnungsgrundlage	Summe ein- & ausgehende Dependenzen	Nähe-zentralität / normierte Pfaddistanz	Vernetzungsgrad x Vernetzungsdichte	Ø Schwere der Beeinträchtigung	gewichtete Ausfalldauer mit im Ø schweren Beeinträchtigungen	Ø Schwere x Ausfalldauer	Faktor 1 x Faktor 2
01_Elektrizität	38	1,000	38,000	73,72	8	589,76	22.411
02_Mineralöl	38	0,933	35,454	39,01	1	39,01	1.383
03_Gas	23	0,875	20,125	43,87	2	87,74	1.766
04_Ernährungswirtschaft	25	0,911	22,775	56,97	8	455,76	10.380
05_Lebensmittelhandel	23	0,893	20,539	43,93	4	175,72	3.609
06_Banken	25	0,857	21,425	42,47	2	84,94	1.820
07_Börsen	16	0,732	11,712	50,90	4	203,60	2.385
08_Versicherungen	25	0,875	21,875	36,99	2	73,98	1.618
09_Finanzdienstleister	23	0,839	19,297	50,34	4	201,36	3.886
10_Mediz. Versorgung	35	0,946	33,110	50,01	4	200,04	6.623
11_Arzneimittel & Impfstoffe	28	0,893	25,004	30,93	2	61,86	1.547
12_Labore	23	0,839	19,297	51,63	4	206,52	3.985
13_Telekommunikation	29	0,982	28,478	66,16	8	529,28	15.073
14_Informationstechnik	29	0,982	28,478	69,56	8	556,48	15.847
15_Rundfunk & Presse	16	0,750	12,000	48,12	4	192,48	2.310
16_Kulturgut	18	0,821	14,778	40,00	2	80,00	1.182
17_Symboltr. Bauwerke	12	0,714	8,568	44,60	4	178,40	1.529
18_Regierung & Verwaltung	36	0,964	34,704	43,85	2	87,70	3.044
19_Parlament	22	0,839	18,458	30,43	2	60,86	1.123
20_Justizeinrichtungen	27	0,875	23,625	36,14	2	72,28	1.708
21_Notfall-/Rettungswesen & Kat.Schutz	35	0,946	33,110	53,14	2	106,28	2.212
22_Luftfahrt	28	0,957	26,796	33,07	1	33,07	886
23_Seeschifffahrt	22	0,804	17,688	30,89	1	30,89	546
24_Binnenschifffahrt	13	0,679	8,827	30,96	2	61,92	547
25_Schienenverkehr	21	0,821	17,241	35,81	2	71,62	1.235
26_Straßenverkehr	27	0,911	24,597	59,64	4	238,56	5.868
27_Logistik	31	0,911	28,241	47,83	2	95,66	2.702
28_Öffentliche Wasserversorgung	24	0,893	21,432	64,61	8	516,88	11.078
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	24	0,875	21,000	54,85	4	219,40	4.607

Quelle: eigene Darstellung, auf Grundlage von Schmitt, 2019: 58.



Tabelle 18: Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (Mehrheitsantworten)

Teilsektor	Vernetzungsgrad	Vernetzungsdichte	Faktor 1: Position der Subsysteme	Stärke der ausg. Abhängigkeit	Zeit	Faktor 2: Bedeutbarkeit Dependenzen	Systemisches Kaskadenpotenzial
Berechnungsgrundlage	Summe ein- & ausgehende Dependenzen	Nähe-zentralität / normierte Pfaddistanz	Vernetzungsgrad x Vernetzungsdichte	Ø Schwere der Beeinträchtigung	gewichtete Ausfalldauer mit im Ø schweren Beeinträchtigungen	Ø Schwere x Ausfalldauer	Faktor 1 x Faktor 2
01_Elektrizität	29	0,933	27,057	74,03	8	592,24	16.024
02_Mineralöl	22	0,718	15,796	47,99	4	191,96	3.032
03_Gas	11	0,601	6,611	51,17	4	204,68	1.353
04_Ernährungswirtschaft	21	0,778	16,338	54,12	8	432,96	7.074
05_Lebensmittelhandel	17	0,7	11,9	45,88	4	183,52	2.184
06_Banken	13	0,622	8,086	42,67	2	85,34	690
07_Börsen	7	0,549	3,843	73,1	16	1169,6	4.495
08_Versicherungen	11	0,622	6,842	27,48	1	27,48	188
09_Finanzdienstleister	8	0,571	4,568	53,56	4	214,24	979
10_Mediz. Versorgung	23	0,737	16,951	71,22	8	569,76	9.658
11_Arzneimittel & Impfstoffe	20	0,718	14,36	43,49	2	86,98	1.249
12_Labore	9	0,583	5,247	38,8	2	77,6	407
13_Telekommunikation	25	0,848	21,2	68,03	8	544,24	11.538
14_Informationstechnik	27	0,903	24,381	70,09	8	560,72	13.671
15_Rundfunk & Presse	5	0,538	2,69	42,55	1	42,55	114
16_Kulturgut	10	0,609	6,09	0	1	0	0
17_Symboltr. Bauwerke	6	0,549	3,294	0	1	0	0
18_Regierung & Verwaltung	21	0,718	15,078	43,87	2	87,74	1.323
19_Parlament	11	0,609	6,699	41,25	4	165	1.105
20_Justizeinrichtungen	19	0,718	13,642	30,5	4	122	1.664
21_Notfall-/Rettungswesen & Kat.Schutz	19	0,7	13,3	71,63	16	1146,08	15.243
22_Luftfahrt	19	0,683	12,977	25,52	1	25,52	331
23_Seeschifffahrt	11	0,583	6,413	29,53	1	29,53	189
24_Binnenschifffahrt	8	0,519	4,152	24,13	1	24,13	100
25_Schienenverkehr	11	0,596	6,556	36,63	2	73,26	480
26_Straßenverkehr	15	0,667	10,005	64,22	8	513,76	5.140
27_Logistik	25	0,778	19,45	54,82	4	219,28	4.265
28_Öffentliche Wasserversorgung	15	0,683	10,245	65,99	8	527,92	5.409
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	16	0,7	11,2	61,2	8	489,6	5.484

Quelle: eigene Darstellung.



Tabelle 19: Vergleich des Systemischen Kaskadenpotenzials (alle und Mehrheitsantworten)

Rang	Datensatz	Teilektor	Systemisches Kaskadenpotenzial
1	alle	01_Elektrizität	22.411
	Mehrheit	01_Elektrizität	16.024
2	alle	14_Informationstechnik	15.847
	Mehrheit	21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	15.243
3	alle	13_Telekommunikation	15.073
	Mehrheit	14_Informationstechnik	13.671
4	alle	28_Öffentliche Wasserversorgung	11.078
	Mehrheit	13_Telekommunikation	11.538
5	alle	04_Ernährungswirtschaft	10.380
	Mehrheit	10_Medizinische Versorgung	9.658
6	alle	10_Medizinische Versorgung	6.623
	Mehrheit	04_Ernährungswirtschaft	7.074
7	alle	26_Straßenverkehr	5.868
	Mehrheit	29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	5.484
8	alle	29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	4.607
	Mehrheit	28_Öffentliche Wasserversorgung	5.409
9	alle	12_Labore	3.985
	Mehrheit	26_Straßenverkehr	5.140
10	alle	09_Finanzdienstleister	3.886
	Mehrheit	07_Börsen	4.495
11	alle	05_Lebensmittelhandel	3.609
	Mehrheit	27_Logistik	4.265
12	alle	21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	3.519
	Mehrheit	02_Mineralöl	3.032
13	alle	18_Regierung & Verwaltung	3.044
	Mehrheit	05_Lebensmittelhandel	2.184
14	alle	27_Logistik	2.702
	Mehrheit	20_Justizeinrichtungen	1.664
15	alle	07_Börsen	2.385
	Mehrheit	03_Gas	1.353
16	alle	15_Rundfunk & Presse	2.310
	Mehrheit	18_Regierung & Verwaltung	1.323
17	alle	06_Banken	1.820
	Mehrheit	11_Arzneimittel & Impfstoffe	1.249
18	alle	03_Gas	1.766
	Mehrheit	19_Parlament	1.105
19	alle	20_Justizeinrichtungen	1.708
	Mehrheit	09_Finanzdienstleister	979
20	alle	08_Versicherungen	1.618
	Mehrheit	06_Banken	690
21	alle	11_Arzneimittel & Impfstoffe	1.547
	Mehrheit	25_Schienerverkehr	480



22	alle	17_Symbolträchtige Bauwerke	1.529
	Mehrheit	12_Labore	407
23	alle	02_Mineralöl	1.383
	Mehrheit	22_Luftfahrt	331
24	alle	25_Schienenverkehr	1.235
	Mehrheit	23_Seeschifffahrt	189
25	alle	16_Kulturgut	1.182
	Mehrheit	08_Versicherungen	188
26	alle	19_Parlament	1.123
	Mehrheit	15_Rundfunk & Presse	114
27	alle	22_Luftfahrt	886
	Mehrheit	24_Binnenschifffahrt	100
28	alle	24_Binnenschifffahrt	547
	Mehrheit	16_Kulturgut	0
29	alle	23_Seeschifffahrt	546
	Mehrheit	17_Symbolträchtige Bauwerke	0

Quelle: eigene Darstellung.

Auch wenn es deutliche Unterschiede in der Reihung der Teilsektoren zwischen den beiden Datensätzen gibt, sind die Teilsektoren mit hohem und niedrigem Systemischen Kaskadenpotenzial tendenziell dieselben. So sind unter den ersten zehn Plätzen dieselben acht und unter den letzten zehn Plätzen dieselben sieben Teilsektoren vorhanden. Die deutlichsten Veränderungen in den Ergebnissen der Datensätze erzielt der Teilsektor *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*, der unter den Mehrheitsantworten von Platz zwölf auf Platz zwei steigt. Ebenfalls eine deutlich höhere Platzierung erzielt darüber hinaus nur noch der Teilsektor *Mineralöl* (von Platz 23 auf zwölf). Ähnlich große Veränderungen, allerdings absteigend im Ranking, machen die Teilsektoren *Labore* (von Platz neun auf 23) und *Rundfunk & Presse* (von Platz 16 auf 26). Der wohl deutlichste Unterschied besteht allerdings darin, dass unter Verwendung von ausschließlich den Mehrheitsantworten die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* ein Systemisches Kaskadenpotenzial von Null aufweisen. Dieser Umstand wird, ebenso wie die anderen Auffälligkeiten und Besonderheiten, in ► Kapitel 6.1 interpretiert und plausibilisiert.

Da die Werte des Systemischen Kaskadenpotenzials, je nach Ausgestaltung der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts variieren können, dienen diese insb. dem Vergleich der Subsysteme untereinander. Für Kommunikationszwecke des Kaskadenpotenzials der Subsysteme, im Sinne der Möglichkeit und Stärke der Weitergabe eines Kaskadeneffekts, ist eine klassifizierte Darstellung der Ergebnisse besser geeignet. Zudem ermöglicht eine Klassifizierung eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung des Operationalisierungsansatzes in unterschiedlichen Kontexten und ggf. unter variierenden Erhebungsmethoden.

Da der Prozess der Klassifizierung, also die Bestimmung dessen, was als hohes und was als niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial erachtet wird, einer (politisch-)normativen Auseinandersetzung bedarf, stellt die nachfolgende Klassifizierung (s. Tab. 20) lediglich ein Beispiel dar, in dem für die beiden Datensätze unterschiedliche Schwellenwerte ausgewählt wurden. Die untenstehende Klassifizierung erfolgte, nach bestem Wissen und Gewissen, jeweils an markanten Punkten in den Datensätzen.



Tabelle 20: Beispielhafte Klassifizierung des Systemischen Kaskadenpotenzials

Alle Antworten	Mehrheitsantworten
Hohes Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert über 10.000)	Hohes Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert über 5.000)
01_Elektrizität 14_Informationstechnik 13_Telekommunikation 28_Öffentliche Wasserversorgung 04_Ernährungswirtschaft 10_Medizinische Versorgung 26_Straßenverkehr	01_Elektrizität 21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz 14_Informationstechnik 13_Telekommunikation 10_Medizinische Versorgung 04_Ernährungswirtschaft 29_Öffentliche Abwasserbeseitigung 28_Öffentliche Wasserversorgung 26_Straßenverkehr
Moderates Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert zwischen 2.500 und 10.000)	Moderates Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert zwischen 1.000 und 5.000)
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung 12_Labore 09_Finanzdienstleister 05_Lebensmittelhandel 21_Notfall-/Rettungswesen & Katas- trophenschutz 18_Regierung & Verwaltung 27_Logistik	07_Börsen 27_Logistik 02_Mineralöl 05_Lebensmittelhandel 20_Justizeinrichtungen 03_Gas 18_Regierung & Verwaltung 11_Arzneimittel & Impfstoffe 19_Parlament
Niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert unter 2.500)	Niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert unter 1.000)
07_Börsen 15_Rundfunk & Presse 06_Banken 03_Gas 20_Justizeinrichtungen 08_Versicherungen 11_Arzneimittel & Impfstoffe 17_Symbolträchtige Bauwerke 02_Mineralöl 25_Schienenverkehr 16_Kulturgut 19_Parlament 22_Luftfahrt 24_Binnenschifffahrt 23_Seeschifffahrt	09_Finanzdienstleister 06_Banken 25_Schienenverkehr 12_Labore 22_Luftfahrt 23_Seeschifffahrt 08_Versicherungen 15_Rundfunk & Presse 24_Binnenschifffahrt
Kein Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert = 0)	Kein Systemisches Kaskadenpotenzial (Wert = 0)
//	16_Kulturgut 17_Symbolträchtige Bauwerke

Quelle: eigene Darstellung.



Nach Abschluss der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials und damit der beispielhaften Erprobung des Operationalisierungsansatzes folgt die tiefergehende Analyse des KRITIS-SoS, die auf einen Erkenntnisgewinn bezüglich der Ausgestaltung und Funktionsweise des Gesamtnetzes und seiner Subsysteme zielt (► s. Kap. 5.3).

5.3 Verständnis über das KRITIS-SoS

Das zweite große Erkenntnisinteresse, unter dem dieses Kapitels steht, ist das Erlangen eines tiefergehenden Verständnisses über das KRITIS-SoS. Im Fokus der weiteren Auswertungen stehen einerseits Netzwerkanalysen (► s. Kap. 5.3.1), die Aufschluss über die Ausgestaltung des Gesamtnetzes geben. Diese werden für beide Datensätze (alle Antworten, Mehrheitsantworten) entwickelt und verglichen. Andererseits werden weitere Aufbereitungsformen unterschiedlichen Detaillierungsgrades erstellt, u. a. Punkte-, Spinnennetz- und Kaskadendiagramme, um eine tiefergehende Charakterisierung der Teilsektoren vorzunehmen (► s. Kap. 5.3.2). Abschließend werden die zentralen Verständnisgrundlagen gebündelt und in Form von Teilsektor-Steckbriefen aufbereitet, die sich gleichermaßen an Wissenschaft und Praxis richten (► s. Kap. 5.3.3).

5.3.1 Ausgestaltung des Gesamtnetzes

Die nachfolgenden Netzwerkvisualisierungen bilden das (funktionale) Verhältnis der Teilsektoren (Knoten) zueinander ab, indem diese über ihre Abhängigkeiten (Kanten) angeordnet und zu einem Gesamtnetzwerk zusammengeführt werden. Hierzu wird zunächst ein uniplexer, ungerichteter Graph erstellt, der die ‚Reinform‘ des KRITIS-SoS auf Grundlage des Vorhandenseins von Abhängigkeiten zwischen den Subsystemen abbildet (► s. Kap. 4.4.1). Die anschließenden Visualisierungen inkludieren zusätzliche Eigenschaften, wie Richtung und Stärke der Abhängigkeiten. Dabei erfolgt jeweils auch eine Darstellung der Veränderung des Netzwerks im zeitlichen Verlauf durch Gegenüberstellung der Diagramme aller Ausfalldauern.

Wie in der erhebungsmethodischen Ausgestaltung der Methode Netzwerkanalyse beschrieben (► s. Kap. 4.3.3), wird zur Erhöhung der Vergleichbarkeit eine möglichst einheitliche Darstellungsform aller Netzwerkdiagramme umgesetzt. Voraussetzungen sind hierfür die Wahl des Layouts, ebenso wie die Knotenfarbe. Die Einstellung der Knotengröße, der Kantenfarbe und des Kantengewichts variiert hingegen zwischen den ungerichteten und den gerichteten Graphen, weshalb deren Ausgestaltung jeweils zu Beginn des entsprechenden Unterkapitelteils beschrieben wird.

Zur Ausgestaltung der Graphen wird jeweils das Layout ForceAtlas2 genutzt (► s. Kap. 4.3.3.). Die Option ‚Überlappung verhindern‘ ist nicht ausgewählt, um die tatsächliche Enge der Vernetzung abbilden zu können. Bei besonders eng vernetzten Knoten kann es durch diese Einstellung jedoch zu einer schlechteren Lesbarkeit kommen. Diese schlechtere Lesbarkeit der Kanten wird zugunsten



der Aussagekraft der Teilsektoren akzeptiert. Darüber hinaus ist für alle Netzwerkdiagramme der LinLog-Modus aktiviert, der innerhalb des Algorithmus des Layouts ForceAtlas2 „aufgrund von linearer Anziehungs- und logarithmischer (statt ebenfalls linearer) Abstoßungskraft das Netzwerk verdichtet“ (Schmitt, 2019: 52). Ohne Aktivierung des LinLog-Modus kann es passieren, dass einzelne Knoten bis zur Undarstellbarkeit des Netzwerks ausreißen (Jacomy et al., 2014: 3).

Folgende, voreingestellte Farben werden verwendet, um die Sektorzugehörigkeit der Knoten zu veranschaulichen (s. Tab. 21).

Tabelle 21: Sektorzugehörigkeit der Netzwerkknoten

	Sektor <i>Energie</i>
	Sektor <i>Ernährung</i>
	Sektor <i>Finanz- & Versicherungswesen</i>
	Sektor <i>Gesundheit</i>
	Sektor <i>Informationstechnik & Telekommunikation</i>
	Sektor <i>Medien & Kultur</i>
	Sektor <i>Staat & Verwaltung</i>
	Sektor <i>Transport & Verkehr</i>
	Sektor <i>Wasser</i>

Quelle: eigene Darstellung.

Alle nachfolgenden Netzwerkdiagramme werden für beide Datensätze, d. h. einmal unter Einbeziehung aller Antworten (1.855 Kanten) und einmal unter ausschließlicher Einbeziehung der Mehrheitsantworten (1.130 Kanten) angefertigt und miteinander verglichen. Dabei besitzt keines der Netzwerkdiagramme ein Equilibrium (► s. Kap. 4.3.3), sodass bereits vor Ergebnispräsentation und -interpretation darauf geschlossen werden kann, dass es nicht eine alleinig korrekte Netzwerkvisualisierung gibt, sondern dass sich bei Wiederholung der Netzwerkanalyse leicht unterschiedliche Knotenpositionen ergeben können. Da sich in der Berechnung jedoch bereits nach wenigen Wiederholungen (Iterationen) keine wesentlichen Veränderungen mehr in den Knotenpositionen ergeben, ist trotz des fehlenden Equilibriums von einer hohen Aussagestärke der Netzwerkvisualisierungen auszugehen. Eine möglichst genaue Bestimmung der Knotenpositionen wurde auch dadurch sichergestellt, dass die Berechnung des Equilibriums frühestens nach jeweils 1.000.000 Iterationen abgebrochen wurde, was zwischen anderthalb und drei Zeitstunden pro Netzwerkdiagramm der Fall war. Die Diagramme wurden dann jeweils so angehalten, dass diese bestmöglich les- und vergleichbar sind.

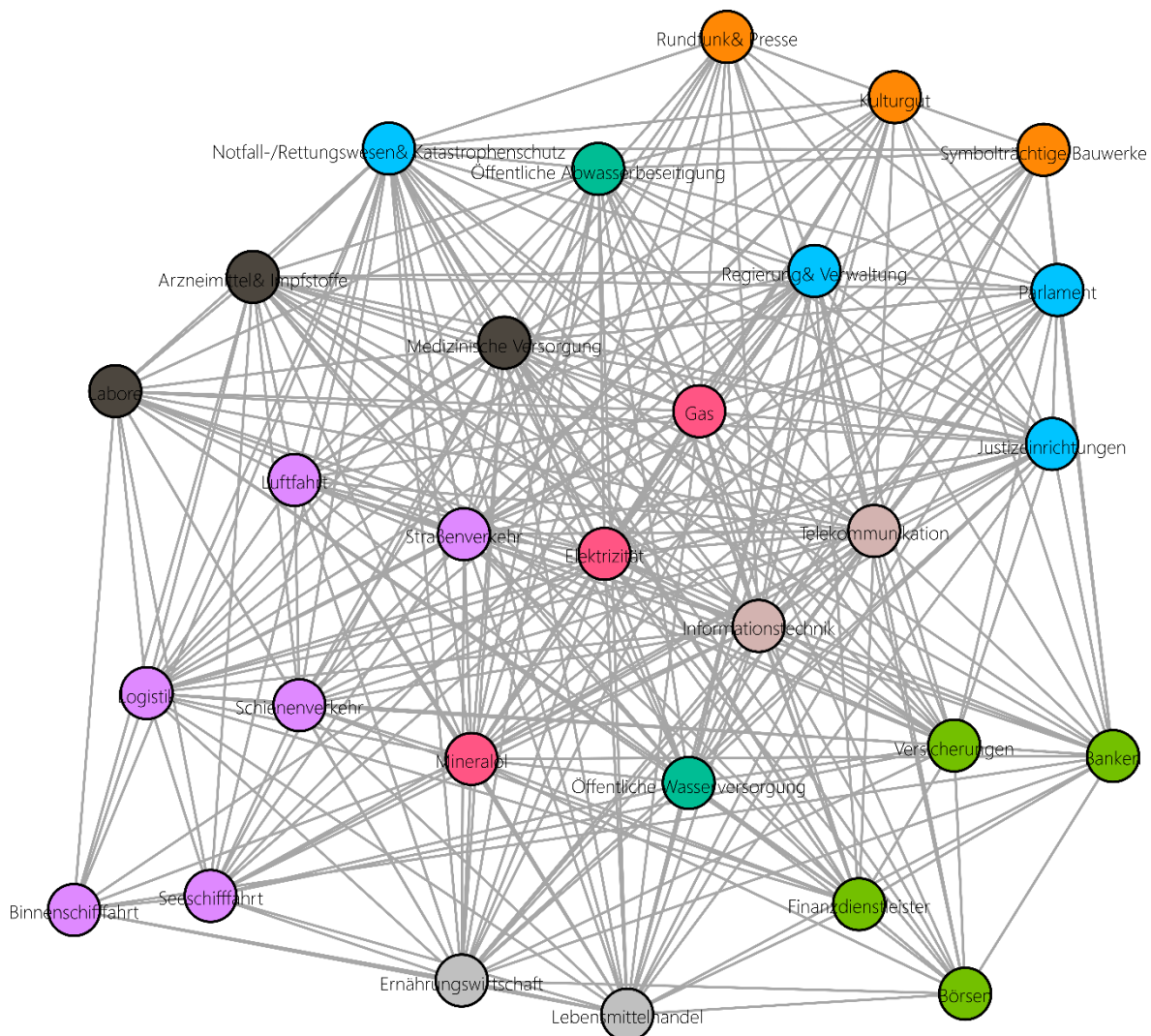


Ungerichtetes Gesamtnetzwerk (zu Parameter 2)

Die nachfolgend dargestellten, ungerichteten, uniplexen Netzwerkdiagramme (s. Abb. 37 und 38) sind die visualisierte Form der Datensätze, die zur Berechnung der Nähezentralität benötigt werden und verdeutlichen somit das grundsätzliche Vorhandensein von Verbindungen zwischen Teilsektoren (als uniplexes Merkmal). Anhand dieser Netzwerkdiagramme lässt sich, ohne Berücksichtigung von durch die Erhebungsmethodik beeinflussten Eigenschaften (z. B. Richtung oder Stärke der Dependenz), ein erstes Bild über die Ausgestaltung des Gesamtnetzwerks zeichnen.

Die Darstellungsweise dieser uniplexen Graphen ist so gewählt, dass möglichst wenig von der Anordnung der Teilsektor-Knoten ablenkt. Daher ist die Knotengröße auf 50 Pixel voreingestellt und für alle Teilsektor-Knoten gleichgroß, sodass deren Größe keine weitere Interpretationsmöglichkeit bietet. Auch die Kantenfarbe und -dicke ist einheitlich, da es um die Darstellung des Vorhandenseins und Nicht-Vorhandenseins von Dependenzen geht und die Kanten alle dasselbe Gewicht besitzen. Aus demselben Grund ist das Kantengewicht mit dem Wert Null eingestellt, was bedeutet, dass die Kanten keinen besonderen Einfluss auf die Ausgestaltung des Netzwerks haben und damit das Layout ForceAtlas2 (► s. Kap. 4.3.3) unbeeinflusst wirkt.

Abbildung 37: Dependenzen zwischen Teilsektoren, ungerichtet (alle Antworten)



Quelle: eigene Darstellung.



Unter Einbeziehung aller Antworten weist das Netzwerkdiagramm eine konzentrische Ausgestaltung auf. An zentraler Position steht der Knoten des Teilssektors *Elektrizität*, während die Teilssektoren *Telekommunikation*, *Informationstechnik*, *Öffentliche Wasserversorgung*, *Mineralöl*, *Straßenverkehr*, *Medizinische Versorgung* und *Gas* den inneren Kreis des Netzwerks bilden. Den äußeren Rand des Netzwerks bilden die Teilssektoren der Sektoren *Medien & Kultur* und *Ernährung* sowie die Teilssektoren *Parlament*, *Banken*, *Börsen*, *Binnenschifffahrt*, *Labore* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*.

Die konzentrische Anordnung lässt zunächst darauf schließen, dass (direkt oder indirekt) alle Teilssektoren mit allen anderen verbunden sind und es keine weiteren, kleineren und in sich geschlossenen Netzwerke gibt. Da es sich um ungerichtete Kanten handelt, also die Richtung der Abhängigkeiten nicht berücksichtigt ist, stehen im Zentrum dieses Gesamtnetzwerks insb. die Teilssektoren mit zahlreichen ein- und ausgehenden Abhängigkeiten und hoher Vernetzungsdichte, also einem großen Anteil an direkten Abhängigkeiten. Doch auch die Teilssektoren, die am Rand des Netzwerks platziert sind, weisen nicht per se wenige Abhängigkeiten auf. Im Verhältnis aller Teilssektoren haben diese aber zumindest zu den ihnen (konzentrisch) gegenüberliegenden Teilssektoren weniger direkte Abhängigkeiten.

Das Netzwerkdiagramm zeigt deutliche sektorale Cluster, was bedeutet, dass die meisten Teilssektoren besonders eng mit den anderen Teilssektoren ihres Sektors verbunden sind. Die einzigen Ausnahmen bilden die Teilssektoren des Sektors *Wasser*, die nicht nebeneinander angeordnet sind und deren Vernetzungsdichte untereinander entsprechend nicht so groß zu sein scheint. Auffällig ist auch die Position des Teilssektors *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*, der näher an den Teilssektoren des Sektors *Gesundheit* als an den anderen Teilssektoren des Sektors *Staat & Verwaltung* platziert ist. Beide Besonderheiten werden im Folgekapitel plausibilisiert (► s. Kap. 6.2.1).

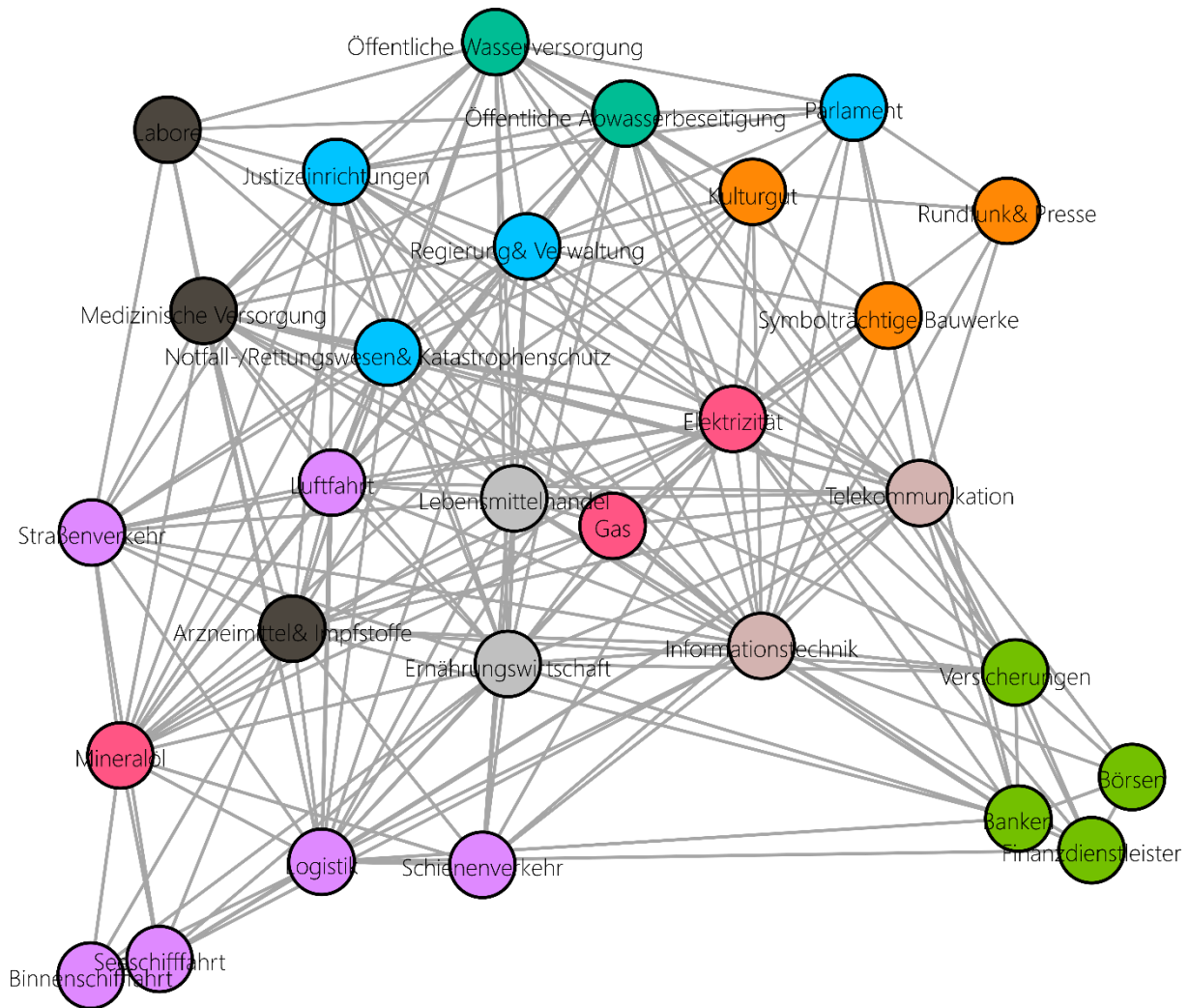
Unter ausschließlicher Einbeziehung der Mehrheitsantworten verändert sich die Ausgestaltung des Gesamtnetzwerks, da der Datensatz weniger (mit Sicherheit feststellbare) Abhängigkeiten beinhaltet und somit entsprechend einige Verbindungen zwischen Teilssektoren wegfallen (s. Abb. 38).

Das Netzwerkdiagramm der Mehrheitsantworten enthält, insb. im Vergleich zu Abbildung 37, ausgeprägte Ecken, die eine losere Anbindung einiger Teilssektoren an das Gesamtnetz visualisieren. Besonders auffällig sind hierbei die vier Teilssektoren des Sektors *Finanz- und Versicherungswesen*, die nicht nur insgesamt mit deutlichem Abstand zum restlichen Netzwerk stehen, sondern, aus konzentrischer Lesart, vornehmlich über die Teilssektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik* an das Netzwerk angebunden sind. Aufgrund der mechanischen Zugkraft der Kanten (Abhängigkeiten) werden entsprechend auch die Teilssektoren des Sektors *Informationstechnik & Telekommunikation* (und auch *Elektrizität*) nicht mehr an zentraler Position im Netzwerk platziert, sondern rücken aufgrund der Zugkraft des Sektors *Finanz- und Versicherungswesen* stärker an den Rand.

Dasselbe gilt für die Teilssektoren *Binnenschifffahrt* und *Seeschifffahrt*, die eine weitere Ecke des Netzwerks ausbilden und die Teilssektoren *Mineralöl* und *Logistik* als direkte Verbindung an das restliche Netzwerk ebenfalls weiter an den Rand ziehen. In diesem weniger homogenen Netzwerk verliert sich der konzentrische Aufbau ein Stück weit und andere Teilssektoren werden, trotz einer insgesamt deutlich geringeren Vernetzung, mittiger platziert als die Teilssektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik*.



Abbildung 38: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, ungerichtet (Mehrheitsantworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Auch die sektoralen Cluster sind in der Aufbereitung der Mehrheitsantworten weniger stark ausgeprägt. Zwar gibt es in den meisten Sektoren noch immer eine enge Vernetzung der zugehörigen Teilsektoren untereinander, allerdings kommt es zu einer höheren Anzahl an Ausreißern. Dies gilt insb. für den Teilsektor *Mineralöl*, der von den Teilsektoren des Sektors *Energie* getrennt und stattdessen zu den Teilsektoren des Sektors *Transport & Verkehr* gezogen wird. Des Weiteren sind die Teilsektoren *Arzneimittel & Impfstoffe* und *Parlament* stärker von ihrem jeweiligen sektoralen Cluster getrennt. Dafür stehen die zuvor getrennten Teilsektoren des Sektors *Wasser* in der Visualisierung der Mehrheitsantworten zusammen.

Auffällig ist auch die visuelle Aufteilung des Gesamtnetzwerks in drei Lager. In der linken Hälfte von Abbildung 38 befinden sich tendenziell die Teilsektoren der Sektoren *Transport & Verkehr*, *Gesundheit* und *Staat & Verwaltung*, die alle einen starken Mobilitätsbezug aufweisen. In der rechten Hälfte finden sich die Teilsektoren der Sektoren *Finanz- und Versicherungswesen*, *Medien & Kultur*, *Informationstechnik & Telekommunikation* und der Teilsektor *Elektrizität*, die eher technisch orientiert sind. Zwischen diesem mobilitätsbezogenen und technischen Lager stehen mittig die stark auf den Menschen bezogenen Teilsektoren der Sektoren *Ernährung* und *Wasser*.



Gerichtetes Netzwerk

Zur Gewinnung tiefergehender Informationen sind nachfolgend gerichtete, multiplexe Graphen dargestellt, die über das Vorhandensein der Abhängigkeiten hinaus deren Richtung und Stärke abbilden. Darüber hinaus lässt sich, durch einen Vergleich der gerichteten Graphen für alle abgefragten Ausfalldauern, ein Einblick in die Veränderung der Stärke der Abhängigkeiten zwischen den Teilsektoren und damit die Ausgestaltung des Gesamtnetzwerks über die Zeit gewinnen.

Die Knotengröße der nachfolgenden Netzwerkdiagramme basiert auf dem Ausgangsgrad der Knoten und spiegelt die (normalisierte) Anzahl der ausgehenden Abhängigkeiten wider. Die Knotengröße kann einen Wert von zwischen 30 und 300 Pixel betragen. Die Kanten der nachfolgenden Netzwerkdiagramme sind als Pfeile dargestellt, um deren Richtung zu veranschaulichen. Besteht eine gegenseitige Abhängigkeit derselben Stärke zwischen zwei Knoten, ist diese als Doppelpfeil dargestellt. Besteht eine gegenseitige Abhängigkeit unterschiedlicher Stärke, ist diese durch zwei separate Pfeile gekennzeichnet.

Die Stärke der Abhängigkeit fließt auf zwei Arten in die Ausgestaltung der nachfolgenden Diagramme ein. Einerseits besitzen die Kanten ein spezifisches Gewicht, entsprechend der Klasse ihrer Stärke (1 bis 5). Somit besitzt eine Kante einer höheren Klasse eine stärkere mechanische (Feder-)Kraft und zieht somit die sich elektrostatisch voneinander abstoßenden Knoten stärker zusammen, was die Netzwerkausgestaltung beeinflusst. Andererseits sind die Kanten entsprechend ihrer Stärke (der Abhängigkeit bzw. Beeinträchtigung) in Graustufen eingefärbt. Je dunkler die Kante gefärbt ist, desto höher ist die Stärke der Abhängigkeit für die sie steht. Es werden folgende Farbwerte verwendet (s. Tab. 22).

Tabelle 22: Kantenfarbe nach Stärke der Abhängigkeit

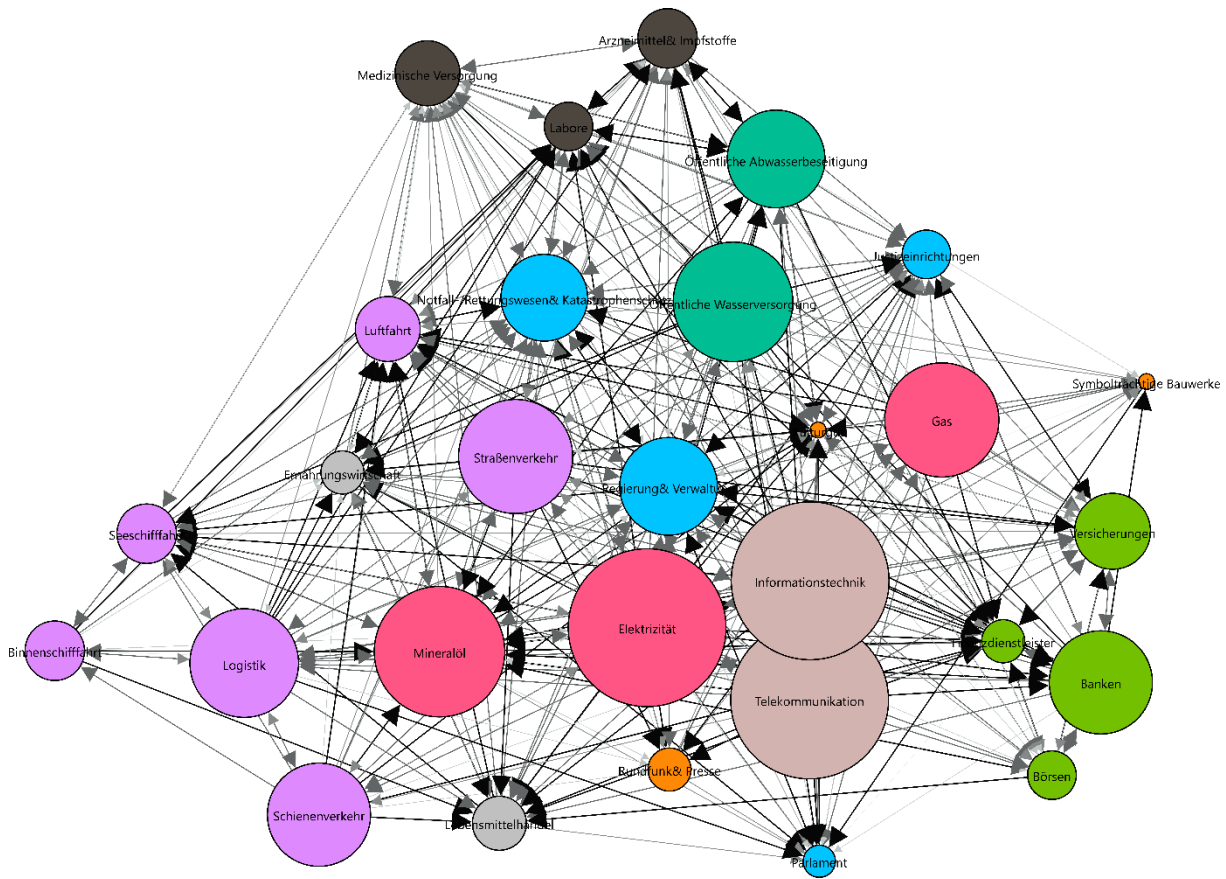
Kantenfarbe	Klasse	Stärke
	1	keine Beeinträchtigung
	2	schwache Beeinträchtigung
	3	mittlere Beeinträchtigung
	4	starke Beeinträchtigung
	5	volle Beeinträchtigung

Quelle: eigene Darstellung.

Nachfolgend finden sich zunächst die Netzwerkdiagramme des Datensatzes ‚alle Antworten‘, ehe anschließend die Netzwerke der Mehrheitsantworten präsentiert werden. Dabei ist jeweils das Gesamtnetzwerk mit allen Kanten (aus allen Ausfalldauern) auf Seitenbreite und inkl. Knotenbeschriftung dargestellt. Die Darstellung der Netzwerkdiagramme für die einzelnen Ausfalldauern sind hingegen stark verkleinert in den Fließtext eingefügt, da anhand dieser lediglich die Trends der Veränderung der Netzwerkausgestaltung über die Zeit veranschaulicht werden sollen. In ► Anhang III.ii sind die einzelnen Netzwerkdiagramme für beide Datensätze und alle Ausfalldauern noch einmal großformatig eingefügt.



Abbildung 39: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, gerichtet (alle Antworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Die Berechnung des gerichteten, multiplexen Netzwerks ergibt eine dreieckige Form, in der die Sektoren *Gesundheit*, *Finanz- & Versicherungswesen* und *Transport & Verkehr* die drei Spitzen ausprägen. Diese sind tendenziell jeweils über bestimmte andere Teilsektoren an das Gesamtnetzwerk angebunden. So geschieht eine Anbindung der Teilsektoren des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen* über die Teilsektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Der Sektor *Transport & Verkehr* ist über den Teilsektor *Mineralöl* verbunden und der Sektor *Gesundheit* über den Teilsektor *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*.

Im Zentrum dieses Netzwerks sind, im Vergleich zu den ungerichteten Netzwerken, nicht mehr nur die Teilsektoren mit den meisten ein- und ausgehenden Abhängigkeiten platziert, sondern auch Teilsektoren, die darüber hinaus ein hohes Kantengewicht aufweisen. Aus diesem Grund stehen die Teilsektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* zwar noch immer relativ mittig, allerdings positionieren sich auch andere Teilsektoren, wie *Regierung & Verwaltung*, aufgrund der zahlreichen, starken ein- und ausgehenden Abhängigkeiten im Zentrum. Zugleich besitzen Teilsektoren, die am Rand des Netzwerks angeordnet sind, wie bspw. der Teilsektor *Medizinische Versorgung*, nicht unbedingt wenige Vernetzungen, sondern insb. schwächere.

Da die Knotengröße in den gerichteten Graphen anhand des Ausgangsgrades bestimmt wird, sich die Position der Knoten allerdings aus ihren gewichteten Kanten bzw. ein- und ausgehenden Abhängigkeiten ergibt, finden sich z. T. auch größere Knoten am Rand des Netzwerks. Dies ist bspw. bei den Knoten der Teilsektoren *Schienenverkehr* und *Öffentliche Abwasserbeseitigung* der Fall. Zudem findet

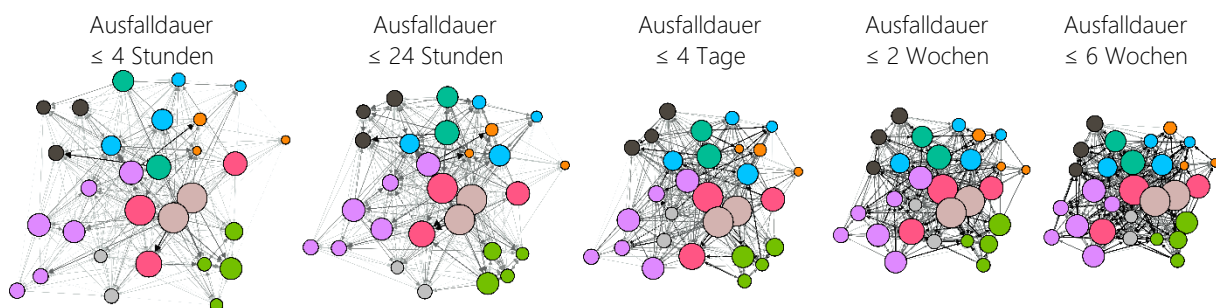


zwischen den Teilsektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik* eine Überlagerung statt, was einerseits an deren engen Vernetzung und andererseits an ihrer Knotengröße liegt.

Auch in diesem Netzwerkdiagramm lassen sich visuelle Cluster nach Sektor-Zugehörigkeit feststellen, wobei diese im Vergleich zum ungerichteten Netzwerkdiagramm aller Antworten deutlich schwächer ausgeprägt sind. Stärker voneinander separiert sind die Teilsektoren der Sektoren *Staat & Verwaltung*, *Medien & Kultur* und *Transport & Verkehr*. Bspw. sind in letztgenanntem die Teilsektoren *Luftfahrt* und *Straßenverkehr* deutlich enger an das Zentrum angebunden, was deren Relevanz für Teilsektoren anderer Sektoren, wie z. B. *Ernährungswirtschaft* oder *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* verdeutlicht.

Abbildung 40 stellt die Netzwerkdiagramme gegenüber, die sich bei Filterung der Abhängigkeiten nach Ausfalldauern ergeben. Dabei ist zu beachten, dass sich die Anzahl der Abhängigkeiten nicht verändert, sondern lediglich deren Stärke, ergo deren Kantengewicht.

Abbildung 40: Gesamtnetzwerke nach Ausfalldauern (alle Antworten)



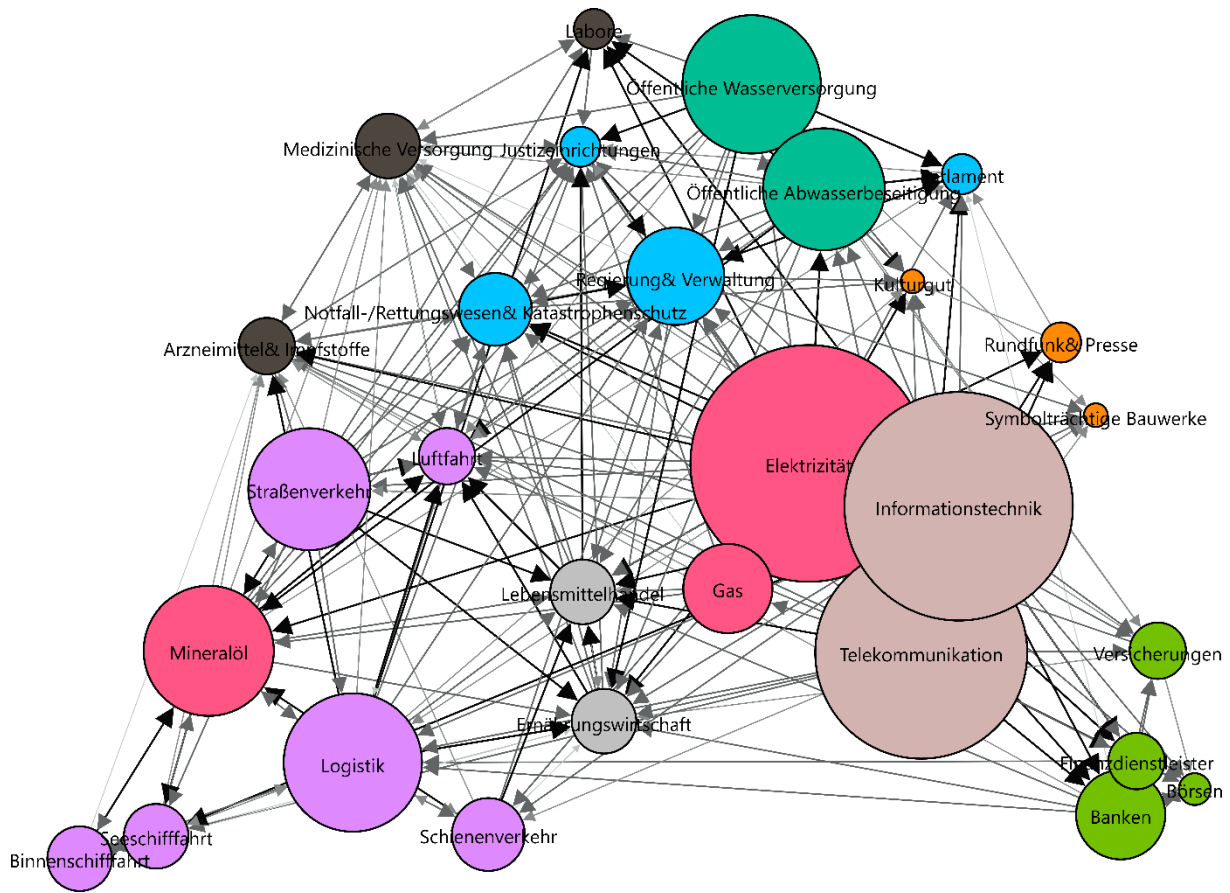
Quelle: eigene Darstellung.

Mit einem Blick werden aus der Gegenüberstellung zwei Aspekte deutlich: Erstens verändert sich die vorherrschende Kantenfarbe zunehmend in Richtung dunkler Kanten, d. h. mit zunehmender Ausfalldauer erhöhen sich die potenziellen Beeinträchtigungen und damit wird die Stärke der Abhängenz immer größer. Zweitens führt das damit einhergehende, stärkere Kantengewicht dazu, dass das Gesamtnetzwerk, bei gleichbleibender elektrostatischer Abstoßungskraft der Knoten, deutlich enger zusammengezogen wird.

Auffällig ist darüber hinaus, dass die Anordnung eher jeweils konzentrisch statt dreieckig geschieht, dass die sektoralen Cluster wieder deutlicher ausgeprägt sind und dass es mit fortschreitender Zeit vermehrt zu Überlagerungen kommt, was es im nachfolgenden Kapitel zu plausibilisieren gilt (► s. Kap. 6.2.1). Zunächst erfolgt jedoch die gleiche Aufbereitung für die Netzwerkdiagramme unter Verwendung der Mehrheitsantworten.



Abbildung 41: Abhängigkeiten zwischen Teilsektoren, gerichtet (Mehrheitsantworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Im Vergleich zum zuvor präsentierten, gerichteten Graphen aller Antworten weist das Netzwerk der Mehrheitsantworten deutliche Unterschiede auf. Der erste Unterschied besteht in der Knotengröße. Während lediglich drei sehr große Knoten, also Teilsektoren mit einem hohen Ausgangsgrad vorhanden sind (*Elektrizität*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik*) und es auch nicht viele mittelgroße Knoten gibt (*Mineralöl*, *Regierung & Verwaltung*, *Straßenverkehr*, *Logistik*, *Öffentliche Wasserversorgung*, *Öffentliche Abwasserbeseitigung*), überwiegt die Anzahl der kleinen Knoten.

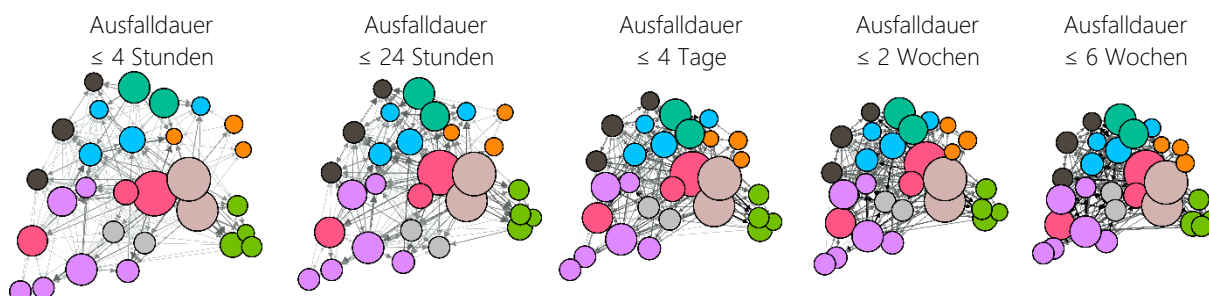
Der zweite Unterschied besteht in der Anzahl der Kanten. Diese sind unter Auswertung der Mehrheits- anstelle aller Antworten so deutlich dezimiert, dass jede einzelne les- und nachvollziehbar ist, was in keinem der bisherigen Netzwerkdiagramme möglich war. Die Kanten weisen auch den dritten Unterschied auf, da diese im Vergleich zum Netzwerk aller Antworten im Schnitt dunkler gefärbt sind. Es finden sich nur vereinzelt schwächere Abhängigkeiten, was Interpretationen über den Datensatz zulässt. Diese erfolgen, ebenso wie eine Interpretation der abgeschiedenen Position des Teilsektors *Öffentliche Wasserversorgung* im Folgekapitel (► s. Kap. 6.2.1). Weitere Unterschiede bestehen bezüglich der Anzahl der sich überlagernden Teilsektoren und bezüglich der deutlichen Ausprägung sektoraler Cluster, von denen sich lediglich die zwei Teilsektoren *Parlament* und *Mineralöl* lösen.

Eine Gemeinsamkeit der Netzwerkdiagramme ist ihre Dreiecksform, wobei sich die Spitzen unter Auswertung der Mehrheitsantworten nicht auf einzelne Teilsektoren konzentrieren. Stattdessen scheinen sich drei Lager auszubilden: Ein Lager besteht aus den Sektoren *Transport & Verkehr* und



Ernährung, inkl. dem Teilsektor *Mineralöl*. Ein weiteres Lager besteht aus den Sektoren *Informationstechnik & Telekommunikation*, *Finanz- & Versicherungswesen*, *Medien & Kultur* und den Teilsektoren *Elektrizität* und *Gas*. Und das dritte Lager besteht aus den Sektoren *Staat & Verwaltung*, *Gesundheit* und *Wasser*.

Abbildung 42: Gesamtnetzwerke nach Ausfalldauern (Mehrheitsantworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Die Gegenüberstellung der Netzwerkdigramme für die einzelnen Ausfalldauern zeigt deutlich, dass das Netzwerk mit längerer Ausfalldauer aufgrund der zunehmenden Kantenstärke dichter wird. Die Verdichtung ist dabei so stark, dass im Netzwerkdigramm zur Ausfalldauer von bis zu sechs Wochen kaum noch Kanten zu sehen sind. Trotz der Verdichtung bleibt die Grundstruktur bestehen, sodass die Schifffahrts-Teilsektoren sowie der Sektor *Finanz- & Versicherungswesen* weiterhin etwas separiert stehen.

5.3.2 Charakteristika der Teilsektoren

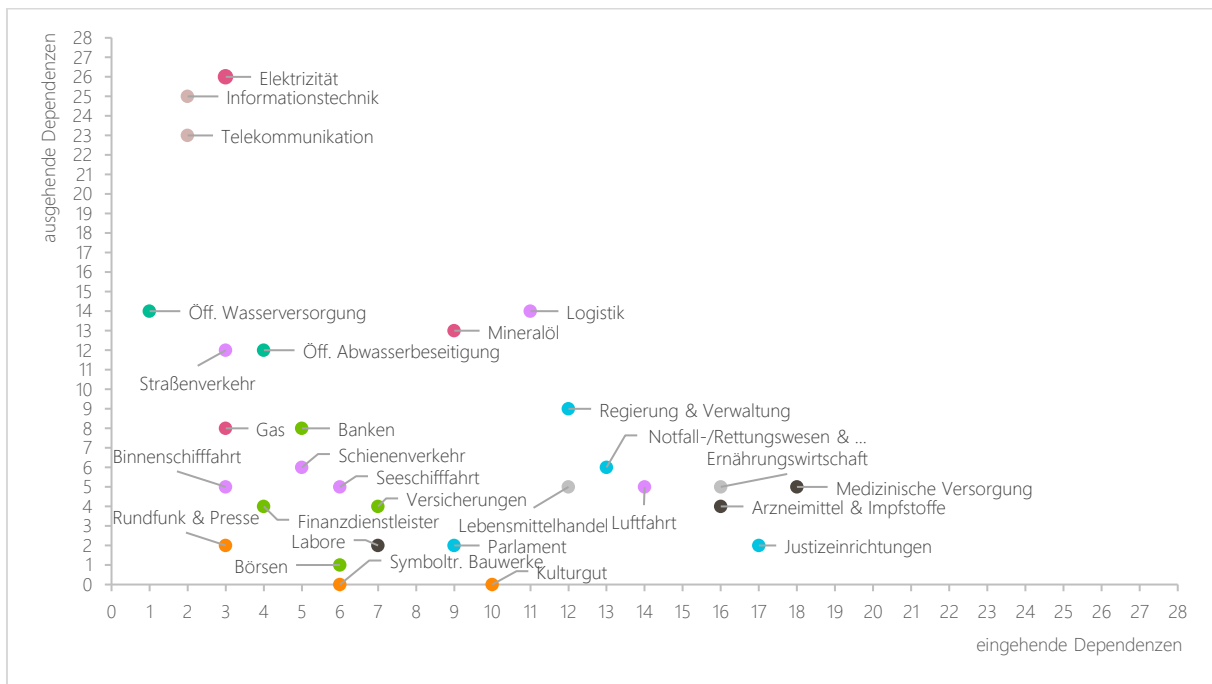
Da der Charakter der Subsysteme das KRITIS-SoS prägt und es eines tieferen Verständnisses über diese bedarf, zielen die nachfolgenden Auswertungs- und Aufbereitungsformen auf eine Charakterisierung der Teilsektoren gemäß Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4.2). Dabei werden im Weiteren ausschließlich die Mehrheitsantworten verwendet, um möglichst valide Ergebnisse zu erzielen.

Punktediagramm

Ein Punktediagramm ist eine übersichtliche Aufbereitungsform, bei der zwei Eigenschaften entlang von zwei Achsen aufgetragen werden. Auf der X-Achse in die Anzahl der Teilsektoren aufgetragen, von denen der jeweils betreffende Teilsektor abhängig ist. Auf der Y-Achse findet sich die Anzahl der Teilsektoren, für die der jeweilige Teilsektor Abhängigkeiten generiert. Auf einen Blick wird so deutlich, ob ein Teilsektor im Charakter eher abhängig ist oder eher Abhängigkeiten generiert (► s. Kap. 4.1.1). In der nachfolgenden Anwendung stellt jeder Punkt einen Teilsektor dar. Die Füllfarbe des Punktes stellt, nach demselben Farbkonzept der Netzwerkdigramme (► s. Kap. 5.3.1), deren Sektorzugehörigkeit dar.



Abbildung 43: Punktediagramm ein- und ausgehende Dependenzen (Mehrheitsantworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Es zeigt sich deutlich, dass sich der Großteil der Teilsektoren in der unteren Hälfte des Diagramms, konkreter im unteren linken Viertel konzentriert. Die meisten Teilsektoren besitzen entsprechend maximal zur Hälfte aller anderen Teilsektoren Abhängigkeiten, wobei die meisten deutlich weniger aufweisen. Von dieser Tendenz weichen die Teilsektoren *Medizinische Versorgung*, *Arzneimittel & Impfstoffe*, *Justizeinrichtungen* und *Ernährungswirtschaft* insofern ab, als dass diese Teilsektoren besonders zahlreiche eingehende Abhängigkeiten besitzen. Ebenfalls weichen die Teilsektoren *Elektrizität*, *Informationstechnik* und *Telekommunikation* ab, da diese zu fast allen anderen Teilsektoren ausgehende Dependenzen aufweisen.

Dependenzmatrix

Die Dependenzmatrix, nach Vorbild des BABS (2010), enthält die durchschnittlichen Werte der Stärke der Abhängigkeit zwischen allen Teilsektoren, aufbereitet als Tabelle. Sie bietet dabei sowohl einen ersten Überblick über die Verteilung und Klassifizierung (Farbgebung) der Dependenzen als auch, im Detail, die prozentuale Stärke der Dependenz. Sie lässt sich, wie im untenstehenden Beispiel, für die gemittelte Stärke der Abhängigkeit ebenso anfertigen, wie für die einzelnen Ausfalldauern (► s. Anhang III.iii). Dabei ist die Lesart so, dass die Spalten jeweils die ausgehenden Dependenzen eines Teilsektors beinhalten und die Zeilen die eingehenden Dependenzen darlegen.



Abbildung 47: Eingehende Abhängigkeiten von *Mineralöl* pro Ausfalldauer (Mehrheitsantworten)



Quelle: eigene Darstellung.

Die namentliche Nennung der Quell- und Zielteilsektoren bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die Positionierung des Teilsektors in den Netzwerkdiagrammen abzugleichen. So lässt sich für den Teilsektor *Mineralöl* durch das Spinnennetzdiagramm plausibilisieren, warum dieser enger an die Teilsektoren des Sektors *Transport & Verkehr* als an die anderen Teilsektoren seines Sektors *Energie* angebunden ist. Eine tiefergehende Plausibilisierung und Interpretation dieser und der anderen teilsektorbezogenen Ergebnisse findet in ► Kapitel 6.2 statt.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten

Ein weiteres Auswertungsinteresse ist gemäß Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4.2) die Abschätzung des Bewusstseins der Teilsektoren über ihre ausgehenden Abhängigkeiten. Dieses lässt sich einerseits durch den Vergleich der Antworten von Frage 01a mit Frage 01b pro Teilsektor untersuchen, indem die Anzahl der benannten direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten verglichen wird.³⁶ Andererseits lässt sich das Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten durch einen Vergleich der in Frage 01a angenommenen ausgehenden Abhängigkeiten (des einen Teilsektors) mit den in Frage 02 angegebenen eingehenden Abhängigkeiten (aller anderen Teilsektoren) ermitteln.³⁷

Im Abgleich der direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten pro Teilsektor fällt auf, dass die meisten Teilsektoren etwa doppelt so viele indirekte wie direkte ausgehende Abhängigkeiten angeben, und zwar in beiden Datensätzen. Unter Auswertung der Mehrheitsantworten finden sich, im Gegensatz zur Auswertung aller Antworten, mehrere Teilsektoren, die entweder eine oder gar keine (direkte und indirekte) ausgehende Abhängigkeit angeben. Insgesamt sind die Werte unter Einbeziehung ausschließlich der Mehrheitsantworten etwa um die Hälfte geringerer als bei Einbeziehung aller Antworten.

Tabelle 23: Durchschnittliche Anzahl der direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten

Ø Anzahl direkte ausgehende Abhängigkeiten		Ø Anzahl indirekte ausgehende Abhängigkeiten	
alle Antworten	Mehrheitsantworten	alle Antworten	Mehrheitsantworten
12	6	20	11

Quelle: eigene Darstellung.

³⁶ Erinnerung: Dabei lässt sich annehmen, dass sich ein Teilsektor (bzw. die stellvertretend befragten Expert*innen) umso bewusster über seine ausgehenden Abhängigkeiten ist, je mehr indirekt abhängige Teilsektoren benannt werden, da im SoS indirekt alle Teilsektoren mit allen anderen vernetzt sind.

³⁷ In diesem Vergleich lassen sich ganz spezifisch die jeweils angegebenen Quell- bzw. Ziel-Teilsektoren vergleichen. Das Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten ist umso höher, je mehr aller vorhandenen (und nicht-vorhandenen) ausgehenden Abhängigkeiten korrekt benannt werden, d. h. von den anderen Teilsektoren bestätigt werden.



Dass die Anzahl der angegebenen, indirekt ausgehenden Abhängigkeiten im Durchschnitt höher ausfällt als die direkten, zeugt von einem grundsätzlichen Bewusstsein über das Vorhandensein indirekter Abhängigkeiten. Zugleich geben die wenigsten Teilsektoren eine indirekte Vernetzung zu allen anderen Teilsektoren an, sodass das Bewusstsein über das SoS und die indirekte Vernetzung aller Teilsektoren scheinbar (noch) nicht stark ausgeprägt ist.

Insgesamt ist auffällig, dass sich die Expert*innen nur in jeweils drei Teilsektoren bezüglich der direkten und indirekten ausgehenden Abhängigkeiten gänzlich einig sind. Diese sind die Teilsektoren *Elektrizität* und *Lebensmittelhandel* (sowohl direkt als auch indirekt) und zusätzlich *Parlament* (direkt) bzw. *Telekommunikation* (indirekt). In allen vier Fällen handelt es sich um Extreme. So sind sich die Expert*innen bspw. im Teilsektor *Elektrizität* einig, dass jeweils alle anderen Teilsektoren direkt und auch indirekt abhängig sind. Im Teilsektor *Lebensmittelhandel* herrscht hingegen Einigkeit darüber, dass bis auf den Teilsektor *Ernährungswirtschaft* kein anderer direkt auf den Teilsektor *Lebensmittelhandel* angewiesen ist, indirekt hingegen jedoch alle.

Der Vergleich der angenommen ausgehenden Abhängigkeiten (Frage 01a) mit den tatsächlich angegebenen eingehenden Abhängigkeiten (Frage 02 alle anderen Teilsektoren) bietet darüber hinaus vertiefende Analyse- und Interpretationsmöglichkeiten. Vorab ist statistisch zu den Antworten auf Frage 02 festzuhalten, dass sich die Expert*innen in vier von fünf Fällen hinsichtlich des Vorhandenseins von eingehenden Abhängigkeiten einig sind. Allerdings sind sich, wie in Frage 01 auch, lediglich in drei Teilsektoren alle Expert*innen gänzlich einig. Diese sind:

- der Teilsektor *Telekommunikation*, in dem Einigkeit über die ausschließliche Abhängigkeit von den Teilsektoren *Elektrizität* und *Informationstechnik* herrscht,
- der Teilsektor *Informationstechnik*, in dem Einigkeit über die ausschließliche Abhängigkeit von den Teilsektoren *Elektrizität* und *Telekommunikation* herrscht, und
- der Teilsektor *Schieneverkehr*, in dem Einigkeit darüber herrscht, dass dieser von den fünf Teilsektoren *Elektrizität*, *Mineralöl*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und *Logistik* abhängig ist.

Da die durchschnittlichen Werte über das Vorhandensein von Abhängigkeiten noch keine tieferen Aussagen zulassen, gilt es Quell- und Ziel-Teilsektoren zwischen Frage 01a und Frage 02 abzugleichen. Nachfolgende Tabelle 24 zeigt daher an, bezüglich welcher anderen Teilsektoren die in Frage 01a angenommenen ausgehenden Abhängigkeiten jeweils von den tatsächlich eingehenden (Frage 02) abweichen. Differenziert wird zudem nach unterschätzten Abhängigkeiten, die nicht erkannt wurden, und nach überschätzten Abhängigkeiten, die nicht als eingehende Abhängigkeit bestätigt wurden. Die Werte sind gemäß Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4.2) zudem farblich klassifiziert dargestellt. Die detaillierten Fehlerquellen können ► Anhang III.v entnommen werden.



Tabelle 24: Fehleinschätzung ausgehende Abhängigkeiten (alle und Mehrheitsantworten)

Teilssektor	alle Antworten			Teilssektor	Mehrheitsantworten		
	Anzahl unterschätzte Abhängigkeiten	Anzahl überschätzte Abhängigkeiten	Fehlein-schätzung		Anzahl unterschätzte Abhängigkeiten	Anzahl überschätzte Abhängigkeiten	Fehlein-schätzung
01_Elektrizität	0	1	1	01_Elektrizität	0	2	2
02_Mineralöl	12	0	12	02_Mineralöl	5	1	6
03_Gas	11	3	14	03_Gas	3	3	6
04_Ernährungswirtschaft	4	0	4	04_Ernährungswirtschaft	4	0	4
05_Lebensmittelhandel	7	0	7	05_Lebensmittelhandel	4	0	4
06_Banken	7	7	14	06_Banken	4	2	6
07_Börsen	1	6	7	07_Börsen	0	6	6
08_Versicherungen	6	11	17	08_Versicherungen	4	0	4
09_Finanzdienstleister	0	17	17	09_Finanzdienstleister	0	4	4
10_Medizinische Versorgung	6	4	10	10_Medizinische Versorgung	2	0	2
11_Arzneimittel & Impfstoffe	6	2	8	11_Arzneimittel & Impfstoffe	2	1	3
12_Labore	2	1	3	12_Labore	1	0	1
13_Telekommunikation	0	1	1	13_Telekommunikation	3	3	6
14_Informationstechnik	0	1	1	14_Informationstechnik	10	1	11
15_Rundfunk & Presse	5	1	6	15_Rundfunk & Presse	2	0	2
16_Kulturgut	0	0	0	16_Kulturgut	0	0	0
17_Symbolträchtige Bauwerke	0	5	5	17_Symbolträchtige Bauwerke	0	1	1
18_Regierung & Verwaltung	0	12	12	18_Regierung & Verwaltung	3	12	15
19_Parlament	3	0	3	19_Parlament	1	0	1
20_Justizeinrichtungen	1	7	8	20_Justizeinrichtungen	2	1	3
21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	10	1	11	21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	5	0	5
22_Luftfahrt	3	1	4	22_Luftfahrt	1	3	4
23_Seeschifffahrt	4	5	9	23_Seeschifffahrt	2	3	5
24_Binnenschifffahrt	4	4	8	24_Binnenschifffahrt	2	1	3
25_Schieneverkehr	8	2	10	25_Schieneverkehr	5	0	5

Analyse des KRITIS-SoS



26_Straßenverkehr	1	7	8
27_Logistik	0	11	11
28_Öffentliche Wasserversorgung	11	1	12
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	9	3	12

26_Straßenverkehr	3	0	3
27_Logistik	4	3	7
28_Öffentliche Wasserversorgung	11	0	11
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	12	2	14

Legende: grün = gutes Bewusstsein (Fehleinschätzung ≤ 2), gelb = mäßiges Bewusstsein (Fehleinschätzung 3-10), rot = geringes Bewusstsein (Fehleinschätzung > 10)

Quelle: eigene Darstellung.



Im Vergleich der angenommenen ausgehenden Abhängigkeiten (Frage 01a) und den bestätigten eingehenden Abhängigkeiten (Frage 02) zeigt sich unter Einbeziehung aller Antworten, dass fast ein Drittel (respektive ein Fünftel unter Auswertung der Mehrheitsantworten) aller angenommenen ausgehenden Abhängigkeiten über- oder unterschätzt werden. Ein gutes Bewusstsein liegt lediglich in vier (respektive sieben) Teilsektoren vor. Bei diesen handelt es sich i. d. R. um Extreme, die entweder zu fast allen anderen Teilsektoren Abhängigkeiten aufweisen, wie bspw. im Fall des Teilsektors *Elektrizität*, oder sehr wenige bis keine ausgehenden Abhängigkeiten vorhanden sind, wie in den meisten anderen Teilsektoren und insb. im Teilsektor *Kulturgut*.

In der Auswertung der Mehrheitsantworten ist darüber hinaus auffällig, dass ausgehende Abhängigkeiten fast doppelt so häufig unter- wie überschätzt werden. Dieser Umstand ist hinsichtlich der Weitergabe von Kaskadeneffekten insofern besonders gravierend, da bei Abhängigkeiten, über deren Existenz kein Wissen vorhanden ist, auch keine Vorsorgemaßnahmen getroffen oder Kommunikationswege genutzt werden. Zwar zeigen unter der Auswertung der Mehrheitsantworten lediglich vier Teilsektoren (*Informationstechnik, Regierung & Verwaltung, Öffentliche Wasserversorgung, Öffentliche Abwasserbeseitigung*) ein geringes Bewusstsein über ihre ausgehenden Abhängigkeiten, allerdings handelt es sich in drei von vier Fällen um Teilsektoren, die unter den zehn höchsten Rängen des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 5.2.5) platziert sind.

Für beide Auswertungen lässt sich bezüglich des Bewusstseins über ausgehende Abhängigkeiten zusammenfassend festhalten, dass das Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein einer ausgehenden Abhängigkeit zwar in zwei Drittel (respektive vier Fünftel) der Fälle korrekt angegeben wird, dass die exakte Benennung der Ziel-Teilsektoren jedoch häufig Fehler aufweist und somit im Mittel ein eher mäßiges Bewusstsein vorhanden ist.

Kaskadendiagramme

Kaskadendiagramme stellen eine lineare Aufbereitungsform der potenziellen Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten über die Zeit dar. Damit stehen sie im Kontrast zu den Netzwerkdiagrammen (► s. Kap. 5.3.1), denen ein höherer Informationsgehalt als Kaskadendiagrammen zugeschrieben wird, die allerdings auch weniger intuitiv zu verstehen sind. Kaskadendiagramme nutzen dieselben Informationen, nämlich das Vorhandensein und die Stärke von Abhängigkeiten zwischen den Teilsektoren, und strukturieren diese über mögliche Ereignisebenen. Sie ähneln in ihrem Aufbau und ihrer Lesart sog. Ereignisbäumen, mit dem Unterschied, dass Kaskadendiagramme keine Aussagen über Eintrittswahrscheinlichkeiten der einzelnen Äste treffen. Stattdessen können diese, wie im nachfolgenden Beispiel, mit zusätzlichen Informationen, wie der klassifizierten Stärke der Abhängigkeit ausgestattet werden.

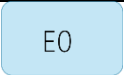







Das nachfolgend dargestellte Kaskadendiagramm (s. Abb. 48) dient der beispielhaften Erläuterung der Lesart dieser Aufbereitungsform. In hellblau hinterlegt sind die Ereignisebenen eines potenziellen Kaskadeneffekts dargestellt, wobei der initial ausgefallene Teilsektor sich auf Ereignisebene E0 befindet. Handelt es sich, wie im nachfolgenden Beispiel, um ein Kaskadendiagramm für die Ausfalldauer ‚von bis zu sechs Wochen‘, vergehen zwischen den Ereignisebenen jeweils bis zu sechs Wochen, also sowohl von E0 zu E1 als auch von E1 zu E2 etc. In ► Anhang III.vi finden sich jeweils für die drei Ausfalldauern ‚bis zu vier Tage‘, ‚bis zu zwei Wochen‘ und ‚bis zu sechs Wochen‘ die Kaskadendiagramme zu allen Teilsektoren in höherer Auflösung.



Auf Ereignisebene E1 sind alle Teilsektoren dargestellt, die direkt vom initial ausgefallenen Teilsektor (hier: Ernährungswirtschaft) in E0 mit einer Stärke der Klasse 4 (stark, orange) oder Klasse 5 (voll, rot) abhängig sind, d. h. starke oder volle Beeinträchtigungen durch den Ausfall erfahren. Im Falle einer vollen Beeinträchtigung eines Teilsektors auf E1 wird davon ausgegangen, dass dieser selbst ausfällt, den Kaskadeneffekt also definitiv weitergibt und entsprechend eine neue Ereignisebene (E2) erreicht wird. Auf Ereignisebene E2 befinden sich wiederum all jene Teilsektoren, die eine starker oder volle (direkte) Abhängigkeit von dem auf E1 ausgefallenen Teilsektor aufweisen. Indirekt sind diese somit auch vom Teilsektor der Ereignisebene E0 abhängig. Bei einer starken Beeinträchtigung eines Teilsektors wird davon ausgegangen, dass zumindest die Möglichkeit zur Unterbrechung des Kaskadeneffekts besteht und entsprechend – auch aus Gründen der besseren Lesbarkeit – keine anderen Teilsektoren auf tieferen Ereignisebenen beeinträchtigt werden und der Ast zu einem Ende kommt.³⁸

Innerhalb eines Astes kann ein Teilsektor jeweils nur einmal ausfallen, sodass alle starken Abhängigkeiten auf den tieferen Ereignisebenen ausgegraut dargestellt werden (s. z. B. Teilsektor *Regierung & Verwaltung* auf E3 und E5) und alle vollen, sich wiederholenden Abhängigkeiten ausgegraut und mit roter Schrift versehen sind. Kommt es zu einer ‚echten‘ Interdependenz (► s. Kap. 1.1.2), wird die theoretische Wiederholung des Astes als ausgegrautes Feld mit rotem Rahmen dargestellt (s. z. B. Teilsektor *Regierung & Verwaltung* auf E3 mit einer echten Dependenz zum Teilsektor *Parlament* auf E4 und einer Wiederholung des Astes ab E5). Dabei sind Dependenz als einfacher Pfeil und Interdependenzen als Doppelpfeil dargestellt. Zwischen den Ästen ist es möglich, dass sich derselbe Teilsektor mehrfach findet. Denn Kaskadendiagramme stellen alle grundsätzlich möglichen Ausbreitungspfade dar, sodass die Option verdeutlicht wird, dass ein Teilsektor, der eventuell in Ast A (noch) nicht ausfällt bzw. keine Kaskadeneffekte weiterleitet, dies ggf. in Ast B, eventuell auch erst auf einer tieferen Ereignisebene tun kann.

Tabelle 25: Legende der Kaskadendiagramme

	Ereignisebene
	Teilsektor ist stark beeinträchtigt
	Teilsektor ist voll beeinträchtigt
	Teilsektor ist stark beeinträchtigt, jedoch auf höherer Ereignisebene im selben Ast schon einmal stark beeinträchtigt gewesen
	Teilsektor ist voll beeinträchtigt, jedoch auf höherer Ereignisebene im selben Ast schon einmal voll beeinträchtigt gewesen; wiederholender Kaskadeneffekt aufgrund von Interdependenz
	Symbol für alle durch eine Interdependenz (wiederholt) beeinträchtigten Teilsektoren
	Dependenz
	Interdependenz

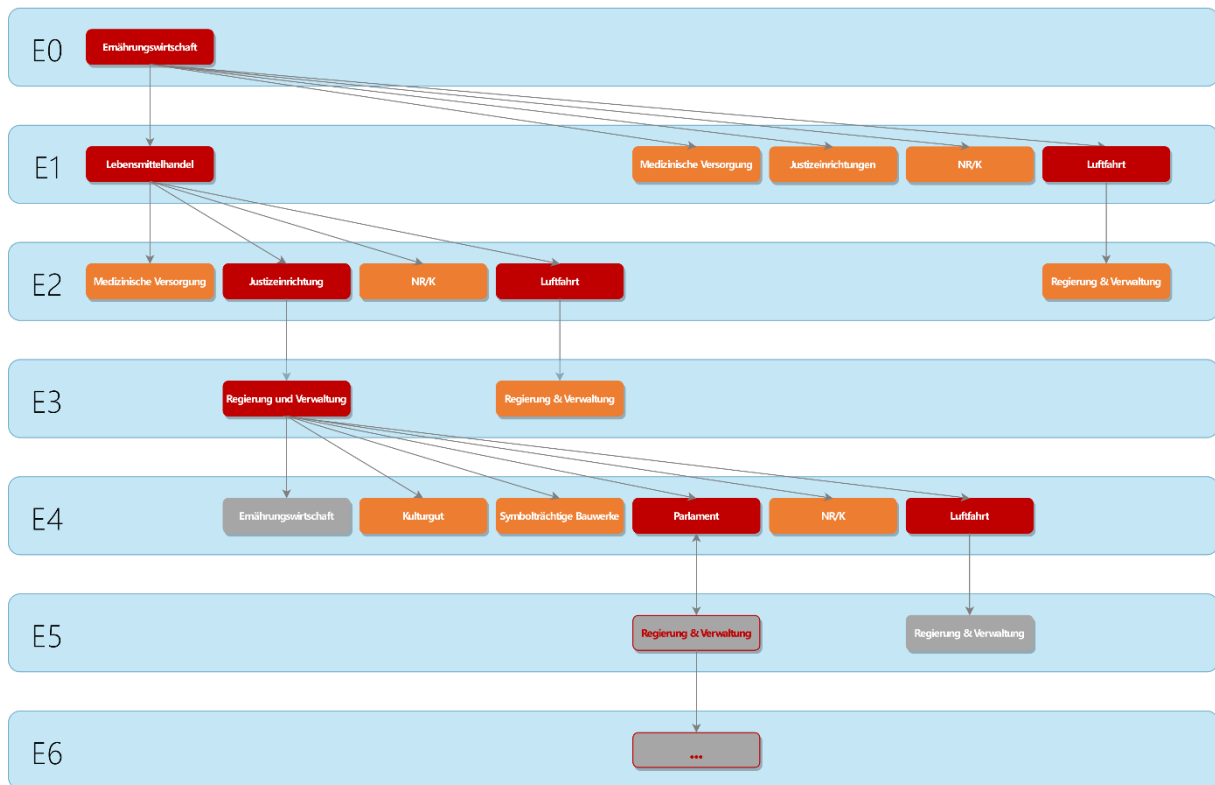
Quelle: eigene Darstellung.

³⁸ In der Realität ist es eher so, dass der Teilsektor zwar nicht in Gänze ausfällt, allerdings räumlich oder funktional stark eingeschränkt ist, was sich selbstverständlich trotzdem auf die anderen Teilsektoren auswirkt, wenn vielleicht auch nur schwach oder mit mittlerer Stärke. Daher reduzieren die Kaskadendiagramme in dieser Darstellungsform die Komplexität der Abhängigkeiten, die noch deutlich weiter verästelt sind.



Die Kaskadendiagramme können, je nach Anzahl ihrer Kaskaden und Schwere des Kaskadeneffekts, unterschiedlich viele Ereignisebenen umfassen. Es lässt sich feststellen, dass mit längerer Ausfalldauer die Diagramme tendenziell auch umfangreicher werden und mehr Ereignisebenen mit zahlreicheren stark oder voll beeinträchtigten Teilsektoren umfassen. Das umfangreichste Kaskadendiagramm ist das des Teilsektors *Informationstechnik* bei einer Ausfalldauer von bis zu sechs Wochen, wie ► Anhang III.vi zu entnehmen ist.

Abbildung 48: Kaskadendiagramm Teilsektor *Ernährungswirtschaft* (sechs Wochen)



Quelle: eigene Darstellung.

Das beispielhaft abgebildete Kaskadendiagramm des Teilsektors *Ernährungswirtschaft* stellt die möglichen Ausbreitungspfade eines potenziellen Kaskadeneffekts dar, die innerhalb einer Ausfalldauer von bis zu sechs Wochen auftreten können. Fällt der Teilsektor *Ernährungswirtschaft* aus (Ereignisebene E0), sind davon die Teilsektoren *Lebensmittelhandel* und *Luftfahrt* voll und die Teilsektoren *Medizinische Versorgung*, *Justizeinrichtungen* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* stark beeinträchtigt. Die beiden voll beeinträchtigten Teilsektoren *Lebensmittelhandel* und *Luftfahrt* geben den Kaskadeneffekt entsprechend weiter, da sie selbst ausfallen und somit jeweils den Beginn eines eigenen Astes bilden. Fällt der Teilsektor *Lebensmittelhandel* für bis zu sechs Wochen aus (Ereignisebene E1), sind davon die Teilsektoren *Medizinische Versorgung*, *Justizeinrichtungen*, *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* sowie *Luftfahrt* stark bis voll beeinträchtigt. Es wird deutlich, dass der Teilsektor *Luftfahrt* somit entweder bereits auf E1 als direkte Folge des initial ausgefallenen Teilsektors ausfällt, oder auch auf E2 als indirekte Folge ausfallen kann.

Fällt auf Ereignisebene E2 der Teilsektor *Justizeinrichtungen* aus, kommt es in Folge dessen in E3 zu einem Ausfall des Teilsektors *Regierung & Verwaltung*, der wiederum zu zahlreichen starken und vollen Beeinträchtigungen auf E4 führt. Eine starke Beeinträchtigung erfährt u. a. der Teilsektor *Ernährungswirtschaft*. Da dieses Kaskadendiagramm jedoch von dem Teilsektor als initialen Ausfall



ausgeht, wird dieser lediglich ausgegraut dargestellt. Der Teilssektor *Parlament* hingegen ist durch den Ausfall des Teilssektors *Regierung & Verwaltung* auf E3 voll beeinträchtigt und führt seinerseits wiederum zu einer vollen Beeinträchtigung bzw. einem Ausfall des Teilssektors *Regierung & Verwaltung* auf E5. Hier liegt entsprechend eine ‚echte Interdependenz‘ (► s. Kap. 1.1.2) vor, da ein Ausfall des einen Teilssektors unweigerlich zu einem Ausfall des anderen führt und sich der Ausfall somit (fiktiv) unendlich wiederholt. Diese Wiederholung ist in Ereignisebene E6 über das dunkelgraue Feld mit roter Umrandung und rotgefärbten Punkten dargestellt. Alle anderen Pfade kommen insofern von selbst zu einem Ende, da ein Teilssektorausfall lediglich starke, aber keine vollen Beeinträchtigungen hervorruft und die Weitergabe eines Kaskadeneffekts entsprechend ggf. verhindert werden kann.

5.3.3 Verständnisgrundlage Teilssektor-Steckbriefe

Die zentralen Erkenntnisse über das KRITIS-SoS und seine Subsysteme sind nachfolgend in Form von sog. Teilssektor-Steckbriefen aufbereitet, die eine Zusammenfassung der teilssektorbezogenen Verständnisgrundlagen darstellen. Sie richten sich gleichermaßen an Wissenschaft und Praxis und stellen ein kompaktes Informations- und Kommunikationsinstrument dar.

Die Teilssektor-Steckbriefe sind alle nach demselben Prinzip aufgebaut. Die Sektorzuordnung des jeweiligen Teilssektors lässt sich zunächst anhand des am rechten Rand hervorgehobenen Reiters ablesen. Im ersten Viertel der Seite erfolgt eine Kurzbeschreibung des Teilssektors, die auf einer Recherche und Auswertung von Literatur und behördlichen Studien wie bspw. den Sektorstudien des BSI basiert. Im zweiten Viertel finden sich jeweils die Spinnennetzdiagramme zum Vorhandensein und der Stärke der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten des Teilssektors. Anschließend erfolgt im dritten Viertel eine Auswertung und Beschreibung der Besonderheiten der Abhängigkeiten ehe im letzten Viertel zusätzliche, tiefergehende Informationen geboten werden. In diesem letzten Viertel findet sich einerseits das klassifizierte Systemische Kaskadenpotenzial, basierend auf der Berechnung des ► Kapitels 5.2. Andererseits erfolgt eine Einschätzung über das Bewusstsein des Teilssektors über seine ausgehenden Abhängigkeiten, basierend auf der Auswertung des ► Kapitels 5.3.2. Zuletzt stehen jeweils fünf stichpunktartige Take-Home Messages, die noch einmal die zentralen Merkmale des Teilssektors zusammenfassen.

- Eine ausklappbare Legende zu den Steckbriefinhalten befindet sich auf Seite 201.



Teilsektor Elektrizität

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Elektrizität* umfasst alle Infrastrukturen und Dienstleistungen, die Privathaushalte, die Wirtschaft und den Staat mit elektrischer Energie versorgen. Darunter fallen diverse Erzeugungsanlagen (Kraftwerke, erneuerbare Energiequellen), Stromim- und -export, Transport und Übertragung sowie Speicherung, Handel und Verteilung. (Vgl. BSI 2015a: 17-25; BABS 2012a: 1f.) Die Stromversorgung ist eine Grundversorgungsleistung, die durch den Staat sichergestellt und durch Energieversorgungsunternehmen erfüllt wird (vgl. BSI 2015a: 13). Entsprechend vielfältig sind auch die

Akteure des TS, die sowohl Betreiber*innen von Kraftwerken und Übertragungs- sowie Verteilnetzen und Aufsichtsbehörden wie die Bundesnetzagentur (BNetzA) umfassen. Die Rechtsgrundlage des TS bildet das Energiewirtschaftsgesetz. (Vgl. BSI 2015a: 33f., 37f.) Kerncharakteristikum des TS *Elektrizität* ist, dass dieser insb. auch Versorgungsleistungen für andere TS erbringt, sodass ein Stromausfall innerhalb kürzester Zeit potenziell zu großen Beeinträchtigungen der meisten TS führt (vgl. BSI 2015a: 13).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

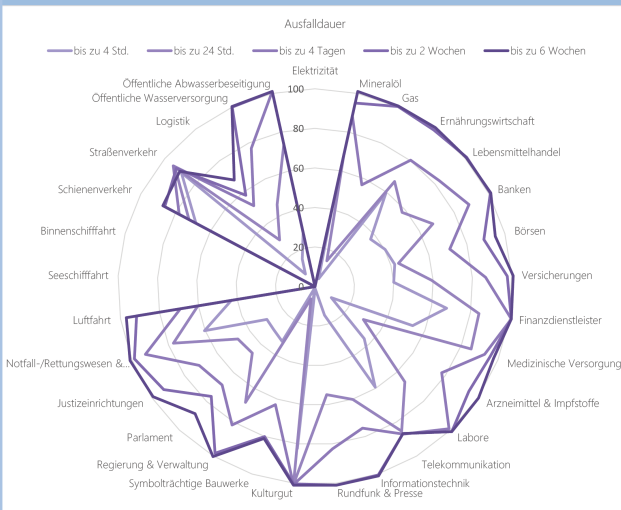
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

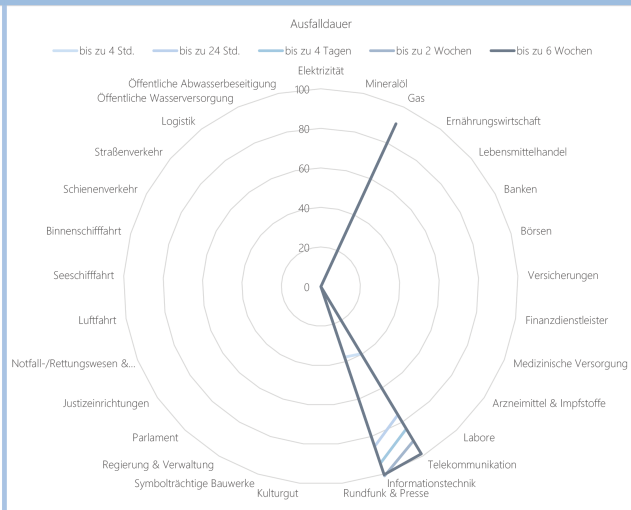
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Elektrizität



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Elektrizität



Analyseergebnisse

Der TS *Elektrizität* weist bezüglich seiner ein- und ausgehenden Dependenzen große Unterschiede auf. Bis auf die TS *Binnen- und Seeschifffahrt* sind alle TS vom TS *Elektrizität* abhängig. Bereits bei einem viertägigen Ausfall des TS *Elektrizität* kommt es in den meisten anderen TS zu starken oder vollen

Beeinträchtigungen. Die TS, von denen der TS *Elektrizität* abhängig ist, beschränken sich auf die TS *Gas, Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Die Schwere der im TS *Elektrizität* hervorgerufenen Beeinträchtigungen nimmt über die Zeit kontinuierlich zu.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Elektrizität* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 2 von 28 TS, davon alle überschätzt.

Take-Home Messages

- Die Stromversorgung ist in hohem Maße relevant für das KRITIS-SoS und die Gesellschaft.
- Der TS *Elektrizität* ist der TS mit den meisten und stärksten ausgehenden Abhängigkeiten.
- Das Bewusstsein über ausgehende Dependenzen ist gut.
- Der TS *Elektrizität* ist nur von den TS *Gas, Telekommunikation* und *Informationstechnik* stark abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BABS (Hg.) 2012a: Schutz kritischer Infrastrukturen SKI: Factsheet zum kritischen Teilsektor Stromversorgung. Bern. Abgerufen von https://www.babs.admin.ch/content/babs-inter-net/de/aufgabenbabs/ski/kritisch/_jcr_content/contentPar/accordion/accordionItems/energie/accordionPar/downloadlist_1571441/downloadItems/186_1461240374335_download/stromversorgung_de.pdf (zugegriffen am 15.4.2020).

BSI (Hg.) 2015a: KRITIS-Sektorstudie Energie. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Energie.pdf?jsessionid=141DEF80FA03007828183A98C56AA153.2_cid355?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.4.2020).



Teilektor Mineralöl

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Mineralöl* umfasst die Versorgung von Haushalten und Wirtschaft mit dem Sekundär-energeträger Mineralöl, worunter sich Produktion bzw. Import von Roh- und Mineralöl(-produkten), deren Transport, Verteilung sowie Lagerung zusammenfassen lassen (vgl. BSI 2015a: 55f). Mineralöl wird von Haushalten, der Wirtschaft und Industrieunternehmen vor allem als Treibstoff und für die Wärmeversorgung benötigt (vgl. BSI 2015a: 13f). Zentrale Akteur*innen stammen aus

Mineralölproduktion, -transport und -vertrieb und umfassen u. a. Erdölfördergesellschaften und Mineralölkonzerne, Raffinerien, Betreiber*innen von Pipelines und Tankstellen sowie Lieferant*innen von Heizöl (vgl. BSI 2015a: 62). Knapp ein Drittel des deutschen Mineralölbedarfs wird durch Importe gedeckt, wobei strategische Reserven in Höhe eines Viertels des deutschen Jahresverbrauchs vorgehalten werden (vgl. BSI 2015a: 55).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

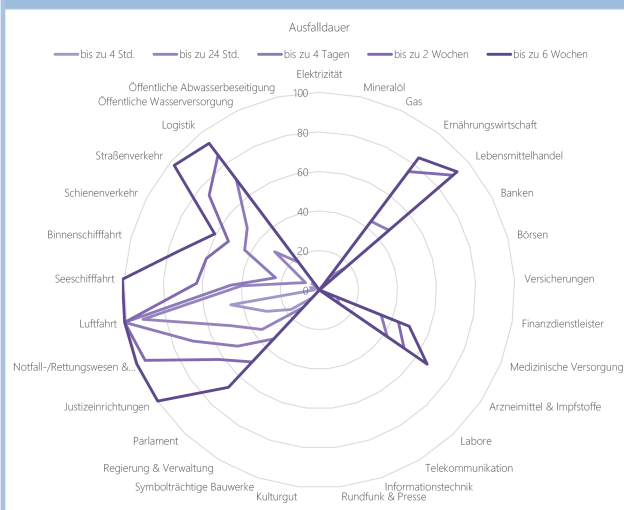
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

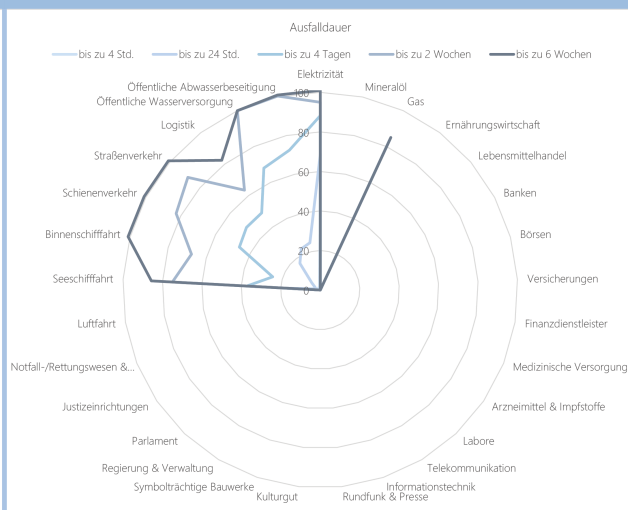
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Mineralöl



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Mineralöl



Analyseergebnisse

Der TS *Mineralöl* generiert Abhängigkeiten für 13 TS und ist selbst von neun TS abhängig. Vom TS *Mineralöl* abhängig sind insb. die Sektoren *Transport & Verkehr* und *Ernährung* sowie darüber hinaus mehrere TS der Sektoren *Gesundheit* und *Staat & Verwaltung*. Der TS *Luftfahrt* ist in besonderem Maße auf den TS *Mineralöl* angewiesen, da bereits ein Ausfall des letzteren von bis zu 24 Stunden zu

starken Beeinträchtigungen führt. Besonders stark abhängig ist der TS *Mineralöl* von den anderen TS seines Sektors und dem Sektor *Wasser*. Ein viertägiger Ausfall dieser TS führt zu starken Beeinträchtigungen des TS *Mineralöl*. Darüber hinaus bestehen mit den meisten TS des Sektors *Transport & Verkehr* gegenseitige Abhängigkeiten.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Mineralöl* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 6 von 28 TS, davon 5 unterschätzt und 1 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Mineralöl* besitzt zahlreiche ein- und ausgehende Abhängigkeiten.
- Ein Ausfall des TS *Mineralöl* beeinträchtigt insb. die TS des Sektors *Transport & Verkehr*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein des TS über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist stark von den anderen TS seines Sektors *Energie* sowie von den TS des Sektors *Wasser* abhängig und es bestehen Interdependenzen zu mehreren TS des Sektors *Transport & Verkehr*.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015a: KRITIS-Sektorstudie Energie. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Energie.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 28.4.2020).



Teilektor Gas

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Gas* zielt auf die Versorgung von Haushalten und Wirtschaft mit dem Primärenergieträger Erdgas und umfasst dessen Produktion bzw. Import, Speicherung, Transport und Verteilung sowie Vertrieb (vgl. BSI 2015a: 40). „Erdgas wird überwiegend für die Wärmeerzeugung in Gasheizungen sowie zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie und Wirtschaft verwendet.“ (BSI 2015a: 41) Gemäß Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) fällt die Gasversorgung unter die staatlich zu garantierende Grundversorgungsleistung (vgl. BSI 2015a: 13). Die

Regulierung des Gasmarktes fällt unter die Zuständigkeit der Bundesnetzagentur (BNetzA) (vgl. BSI 2015a: 53). Da in Deutschland mit 11,7 Mrd. m³ lediglich knapp 13 Prozent des jährlich benötigten Gasvolumens gefördert werden (Stand: 2012), ist Deutschland auf Gasimporte aus dem Ausland angewiesen (vgl. BSI 2015a: 42). Die Bedeutung des derzeit drittichtigsten Primärenergieträgers Gas könnte in Zukunft aufgrund der Abnehmenden Erdölfördermengen weiter zunehmen (vgl. BSI 2015a: 40).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

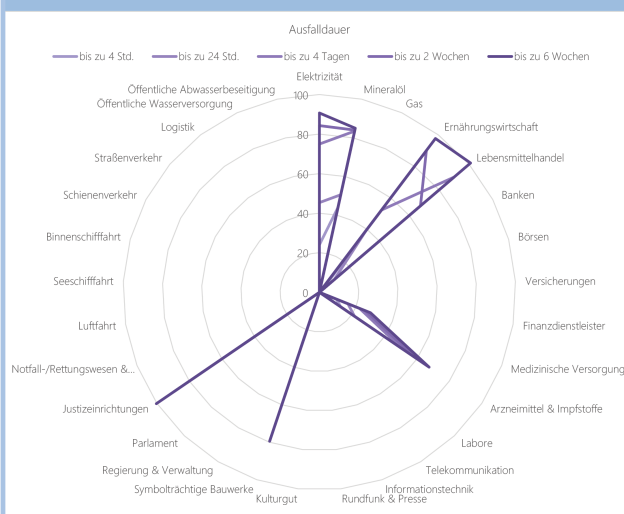
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

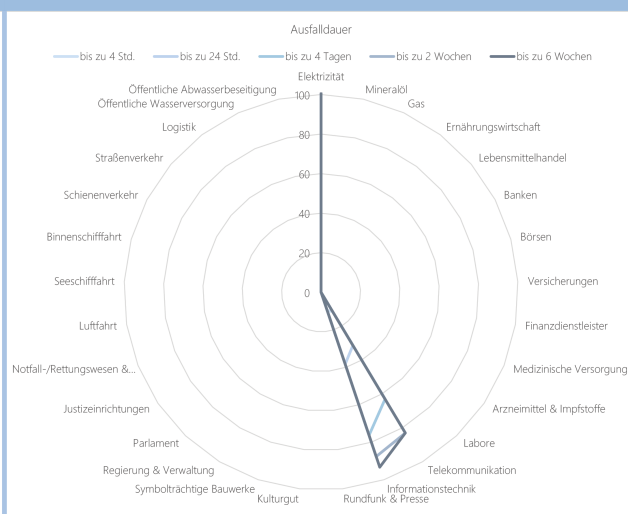
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Gas



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Gas



Analyseergebnisse

Der TS *Gas* besitzt mehr aus- als eingehende Abhängigkeiten. Vom TS *Gas* abhängig sind insb. die anderen TS des Sektors *Energie* (*Elektrizität* und *Mineralöl*), die TS *Justizeinrichtungen* und *Symbolträchtige Bauwerke* sowie die TS des Sektors *Ernährung*. Des Weiteren bestehen Abhängigkeiten von TS

des Sektors *Gesundheit* vom TS *Gas*. Die stärkste Abhängigkeit weist der TS *Gas* vom TS *Elektrizität* auf. Allerdings ist auch die Abhängigkeit von den TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* sehr hoch. Bei einem Ausfall eines dieser TS von bis zu zwei Wochen käme es zu starken Beeinträchtigungen im TS *Gas*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Gas* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 6 von 28 TS, davon drei unterschätzt und drei überschätzt.

Take-Home Messages

- Gas ist der drittichtigste Primärenergieträger in Deutschland; Bedeutung zunehmend.
- Ein Ausfall des TS *Gas* beeinträchtigt insb. die Sektoren *Energie* und *Ernährung* sowie den TS *Justizeinrichtungen*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein des TS über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist lediglich von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* unmittelbar abhängig und das stark.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015a: KRITIS-Sektorstudie Energie. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Energie.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 28.4.2020).



Teilsektor Ernährungswirtschaft

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Ernährungswirtschaft* umfasst die Verarbeitung und den Handel von agrarwirtschaftlichen Rohstoffen (z. B. Getreide, Obst und Gemüse, Fleisch, Fisch, Wein) zu Lebensmitteln (z. B. Back-, Fleisch- und Süßwaren, Getränke, Nahrungsmittel und Fertiggerichte) (vgl. BSI 2015b: 21). Die Logistik und der Vertrieb dieser Lebensmittel sind hingegen Bestandteil des TS *Lebensmittelhandel*, sodass die beiden TS zusammen die Lebensmittelversorgung sicherstellen (vgl. BSI 2015b:

12). Zentrale Akteur*innen des TS sind die knapp 370.000 Betriebe (vgl. BSI 2015b: 20), d. h. die überwiegend „privatwirtschaftlichen Unternehmen aus dem Klein- und Mittelstand, die ca. 95 Prozent des Gesamtumsatzes der Lebensmittelproduktion erbringen“ (BSI 2015b: 19 nach BLL 2014). Da die Lebensmittelproduktion den Startpunkt der Versorgungskette bildet, kann ein Ausfall dieser zu Versorgungsengpässen führen (vgl. BSI 2015b: 53).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

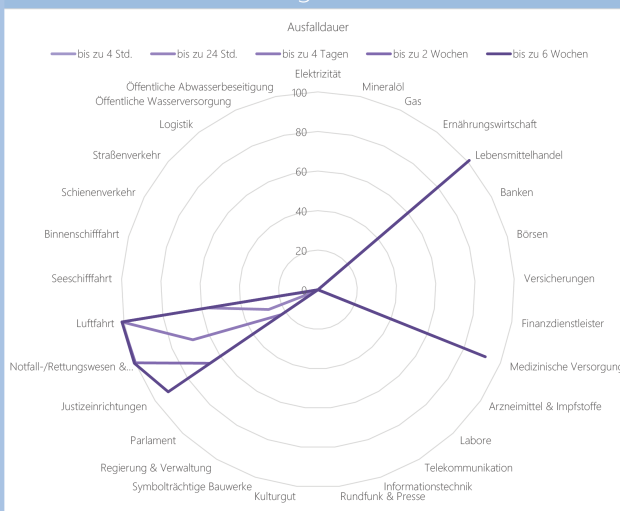
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

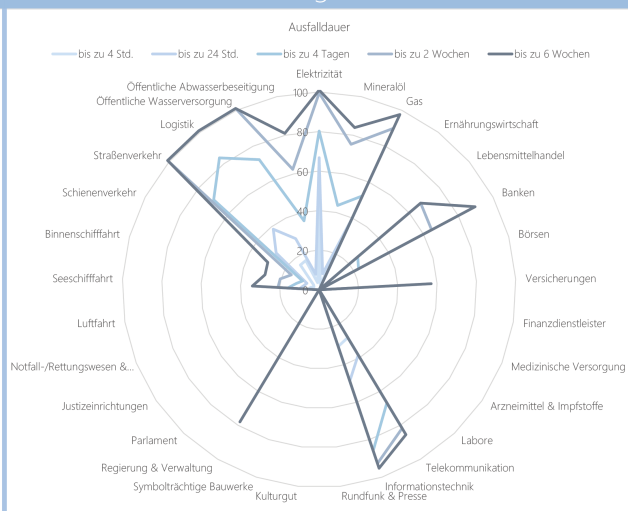
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Ernährungswirtschaft



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Ernährungswirtschaft



Analyseergebnisse

Der TS *Ernährungswirtschaft* generiert Abhängigkeiten für fünf TS und ist selbst von zahlreichen anderen TS abhängig. Eine besonders hohe Abhängigkeit vom TS *Ernährungswirtschaft* weisen neben dem TS *Lebensmittelhandel* auch die TS *Medizinische Versorgung*, *Justizeinrichtungen*, *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* sowie *Luftfahrt* auf. Der TS *Ernährungswirtschaft* ist von allen TS abhängig, die

zur Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen zu Lebensmitteln notwendig sind. Unter diese fallen insb. die TS der Sektoren *Energie* und *Wasser* sowie mehrere TS des Sektors *Transport & Verkehr*. Weiterhin bestehen Abhängigkeiten des TS von den TS *Lebensmittelhandel*, *Banken*, *Versicherungen*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und *Regierung & Verwaltung*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Ernährungswirtschaft* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 4 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Ernährungswirtschaft* produziert Lebensmittel, der TS *Lebensmittelhandel* verkauft diese.
- Fünf TS weisen starke Abhängigkeiten vom TS *Ernährungswirtschaft* auf.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist von zahlreichen anderen TS stark abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015b: KRITIS-Sektorstudie Ernährung und Wasser. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Ernaehrung_Wasser.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 21.4.2020).



Teilektor Lebensmittelhandel

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Lebensmittelhandel* umfasst die Logistik und den Verkauf von Lebensmitteln, während deren Produktion unter den TS *Ernährungswirtschaft* fällt. Gemeinsam stellen sie die Lebensmittelversorgung sicher. (Vgl. BSI 2015b: 12) Der TS *Lebensmittelhandel* lässt sich in den Lebensmittelgroß- und -einzelhandel unterteilen. Der Großhandel bezieht die Lebensmittel direkt von den Erzeuger*innen und stellt die Lagerung und Verteilung der Lebensmittel an den Einzelhandel, teilweise auch im Direktvertrieb an die Endverbraucher*innen, sicher. Die

knapp 120.000 Betriebe des Lebensmitteleinzelhandels verfügen durch einen stationären sowie den Online-Verkauf über diverse Absatzwege der Produkte an die Endverbraucher*innen. Der Staat hält als Leistung der Daseinsvorsorge Notvorräte vor, mit denen die Lebensmittelversorgung im Krisenfall sichergestellt werden kann. Primär ist allerdings jeder Haushalt dazu aufgerufen, Eigenvorsorge zu betreiben, indem ein Grundvorrat an Lebensmitteln für knapp zwei Wochen vorgehalten wird. (Vgl. BSI 2015b: 27)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

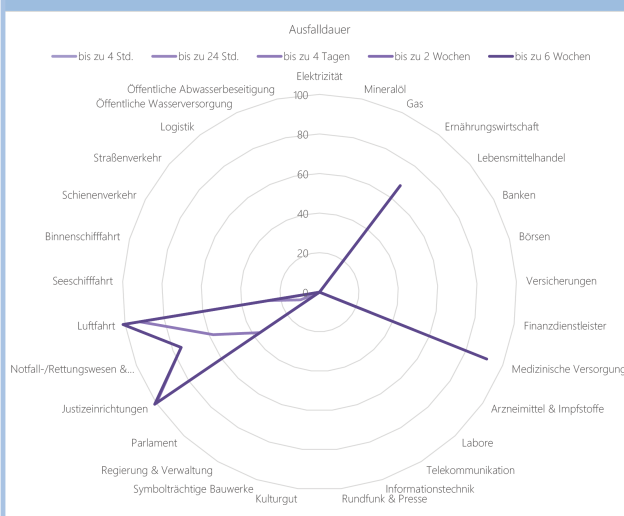
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

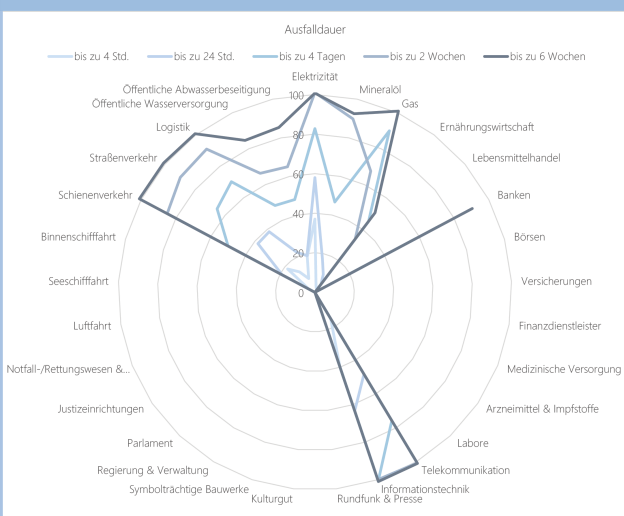
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Lebensmittelhandel



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Lebensmittelhandel



Analyseergebnisse

Der TS *Lebensmittelhandel* generiert Abhängigkeiten für fünf TS und ist von zwölf TS abhängig. Besonders starke Beeinträchtigungen generiert ein potenzieller Ausfall des TS *Lebensmittelhandel* für die TS *Medizinische Versorgung*, *Justizeinrichtungen* und *Luftfahrt*. Darüber hinaus sind jedoch auch die TS *Ernährungswirtschaft* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* potenziell stark durch einen Ausfall des TS beeinträchtigt.

Der TS *Lebensmittelhandel* ist besonders von den TS des Sektors *Energie*, des Sektors *Wasser*, mehreren TS des Sektors *Transport & Verkehr* sowie den TS *Banken*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* abhängig. Fallen diese bis zu sechs Wochen aus, sind mindestens starke, häufig jedoch auch volle Beeinträchtigungen des TS *Lebensmittelhandel* zu erwarten.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Lebensmittelhandel* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 4 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Die Lebensmittelversorgung wird gemeinsam durch die TS *Ernährungswirtschaft* und *Lebensmittelhandel* erbracht.
- Der TS *Lebensmittelhandel* generiert wenige aber starke Abhängigkeiten.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist insb. von den TS *Banken*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und von TS der Sektoren *Energie*, *Wasser* und *Transport & Verkehr* abhängig.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015b: KRITIS-Sektorstudie Ernährung und Wasser. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Ernaehrung_Wasser.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 21.4.2020).



Teilsektor Banken

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Banken* umfasst alle Kreditinstitute (Banken und Sparkassen), von denen es in Deutschland mehr als 1.800 gibt (vgl. BSI 2015c: 16, 28). Die Hauptaufgabe des TS ist die Transaktion von Geld. Darunter fallen „Dienstleistungen wie die Abwicklung des Zahlungsverkehrs, die Versorgung der Bevölkerung mit Bargeld, die Kapitalisierung Dritter, die Entgegennahme von Einlagen oder die Sicherstellung der Preisstabilität“ (BABS 2016a: 1). Der TS

Banken wird in vier Kreditinstitutsgruppen unterschieden: Kreditbanken, Institute des Sparkassensektors, Institute des Genossenschaftssektors und sonstige Institute (vgl. BSI 2015c: 28). Der TS ist in Deutschland durch eine „starke Fragmentierung, Marktdurchdringung und Wettbewerbsdichte“ (BSI 2015c: 29) charakterisiert. Das Zentrum der Kreditwirtschaft in Deutschland befindet sich in Frankfurt a. M. (vgl. BSI 2015c: 29).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

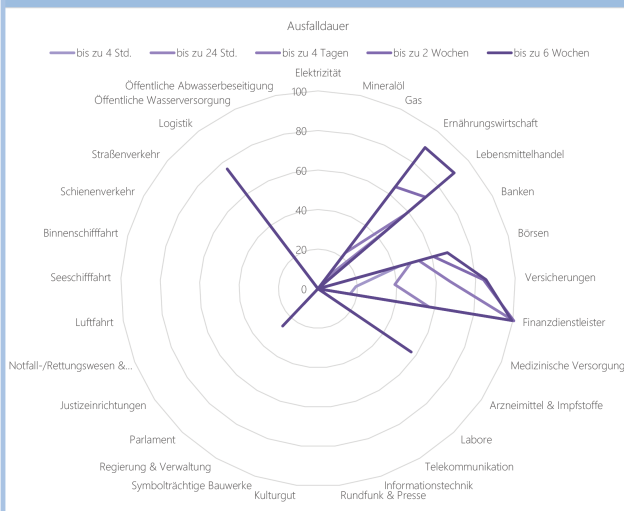
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

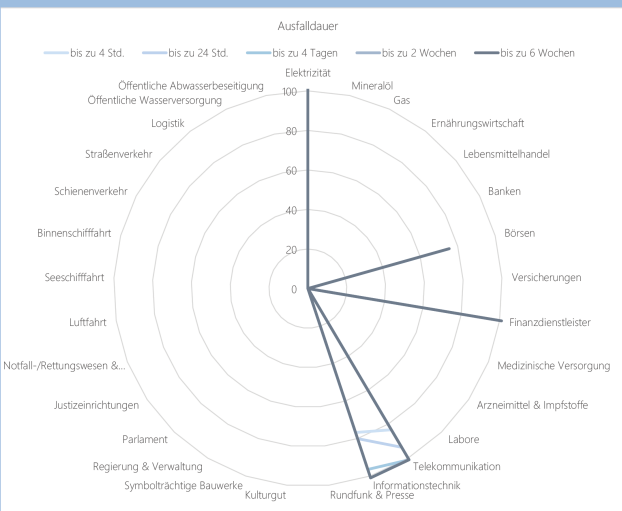
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Banken



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Banken



Analyseergebnisse

Der TS *Banken* generiert Abhängigkeiten zu acht TS, während er von fünf TS unmittelbar abhängig ist. Auffällig ist, dass alle anderen TS des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen* vom TS *Banken* abhängig sind. Hinzu kommen die TS des Sektors *Ernährung* sowie die TS *Arzneimittel & Impfstoffe*, *Parlament* und *Logistik*. Der TS *Banken* ist in hohem Maße abhängig von den TS

Elektrizität, *Börsen*, *Finanzdienstleister* sowie *Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Bereits bei einem Ausfall der TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* von bis zu vier Stunden kommt es zu starken Beeinträchtigungen des TS *Banken*. Insgesamt fällt auf, dass die eingehenden Abhängigkeiten des TS *Banken* stärker als die ausgehenden sind und schneller auftreten.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Banken* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 6 von 28 TS, davon 4 unterschätzt und 2 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Banken* müsste präziser ausgedrückt eigentlich ‚Kreditinstitute‘ heißen.
- Abhängigkeiten generiert der TS insb. im eigenen Sektor.
- Das Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten ist mäßig ausgeprägt.
- Besonders die TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* sind von großer Relevanz für den TS *Banken*.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BABS (Hg.) 2016a: Nationale Cyber-Risiko Strategie NCS / Schutz kritischer Infrastrukturen SKI: Factsheet zum kritischen Teilssektor Banken, Bern. Abgerufen von https://www.isb.admin.ch/dam/isb_kp/de/dokumente/themen/ncs/factsheet/NCS-Factsheet-Banken.pdf.download.pdf/NCS-Factsheet-Banken.pdf (zugegriffen am 20.4.2020)
 BSI (Hg.) 2015c: KRITIS-Sektorstudie Finanz- und Versicherungswesen. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Finanz_Versicherungen.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.4.2020).



Teilektor Börsen

Beschreibung des Teilektors (TS)

Börsen sind Wertpapier- oder Terminmärkte, die über den Kapitalmarkt finanzielle Ressourcen verschiedenen Investitionsvorhaben zuordnen (Allokation). Die wesentlichen Geschäftsfelder sind der Handel von Wertpapieren sowie die Verrechnung, Abwicklung und Verwahrung von Wertpapiergeschäften. (Vgl. BSI 2015c: 20) Börsen sind Anstalten des öffentlichen Rechts, die durch privatwirtschaftliche Unternehmen betrieben und von staatlichen Stellen geregelt und überwacht werden.

In Deutschland gibt es sieben Wertpapierbörsen, „eine Devisenbörse, eine Wertpapierterminbörse, eine Warenterminbörse und eine Energiebörse.“ (BSI 2015c: 32). Deutschlands bedeutendste Börse ist die Frankfurter Wertpapierbörse, die zusammen mit der elektronischen Handelsplattform Xetra® mit mehr als einer Million Wertpapieren das umfassendste Handelsangebot Europas besitzt (vgl. BSI 2015c: 32f.).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

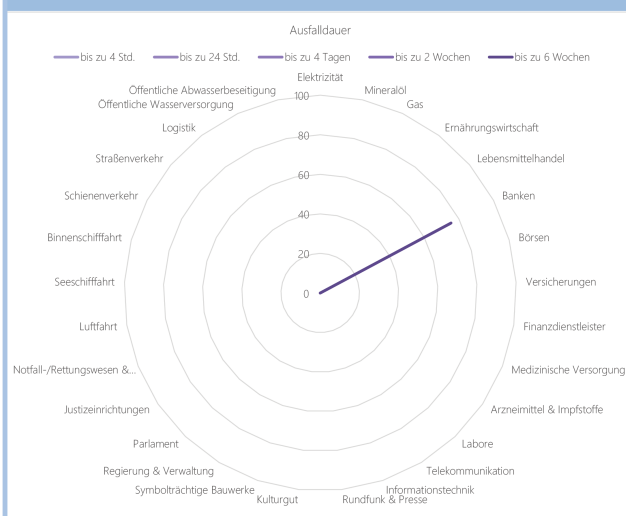
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

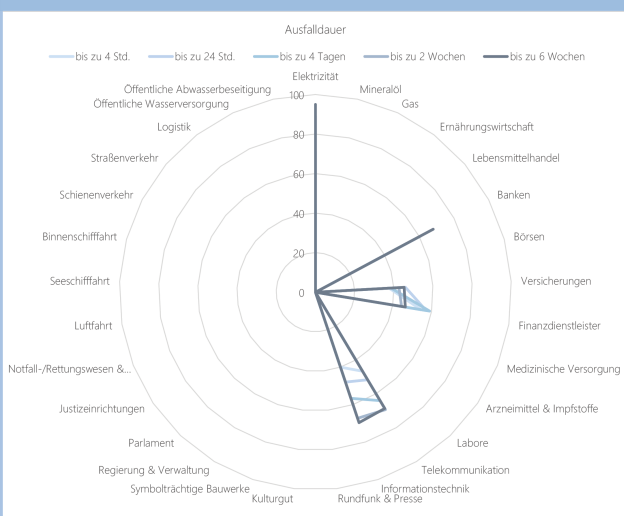
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Börsen



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Börsen



Analyseergebnisse

Der TS *Börsen* hat mehr ein- als ausgehende Abhängigkeiten. Unmittelbar vom TS *Börsen* abhängig ist der TS *Banken*, der bereits bei kurzer Ausfalldauer des ersteren stark beeinträchtigt ist. Abhängig ist der TS *Börsen* insb. vom TS *Elektrizität*, den anderen TS des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen* und den TS *Informationstechnik* und *Telekommunikation*.

Je länger diese ausfallen, desto stärker werden die potenziellen Beeinträchtigungen auf den TS *Börsen*. Während bei kurzer Ausfalldauer von bis zu 24 Stunden mittelschwere Beeinträchtigungen zu erwarten sind, führen bei längerem Ausfall insb. die TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* zu starken Beeinträchtigungen des TS *Börsen*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Börsen* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 6 von 28 TS, davon alle überschätzt.

Take-Home Messages

- In Deutschland gibt es elf Börsen.
- Lediglich der TS *Banken* ist unmittelbar vom TS *Börsen* abhängig.
- Die Anzahl abhängiger TS wird vom TS *Börsen* überschätzt.
- Der TS *Börsen* ist innerhalb seines Sektors eng verknüpft und darüber hinaus stark von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* abhängig.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015c: KRITIS-Sektorstudie Finanz- und Versicherungswesen. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Finanz_Versicherungen.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.4.2020).



Teilsektor Versicherungen

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Versicherungen* umfasst knapp 550 Unternehmen, die sich in Versicherungs-Holdinggesellschaften, Erst- und Rückversicherungsunternehmen unterscheiden lassen. Ihre Aufgabe ist es, Risiken Einzelner durch regelmäßig gezahlte, gemittelte, kollektive Beiträge auszugleichen. (Vgl. BSI 2015c: 21) Den gesetzlichen Rahmen für Versicherungen bildet vor allem das

Versicherungsaufsichtsgesetz (VAG) (vgl. BSI 2015c: 38). Die Versicherungsleistungen, die von den Unternehmen erbracht werden, umfassen „Lebensversicherung, Private Krankenversicherung, Schaden-/Unfallversicherung und Rückversicherung.“ (BSI 2015c: 21) Für letztere gilt Deutschland als wichtigster Standort weltweit (vgl. BSI 2015c: 35)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

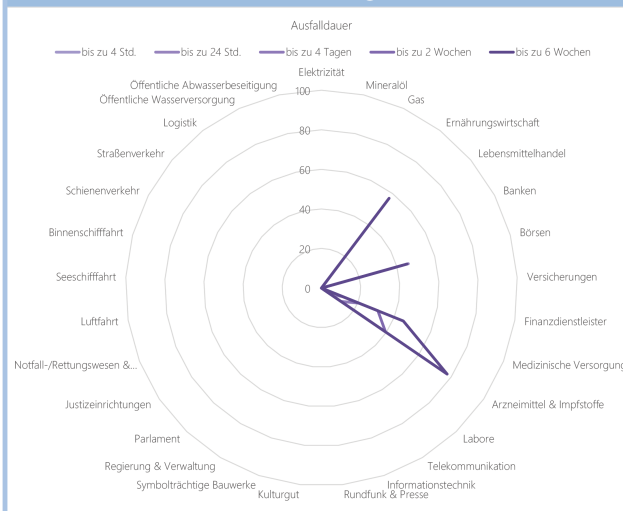
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

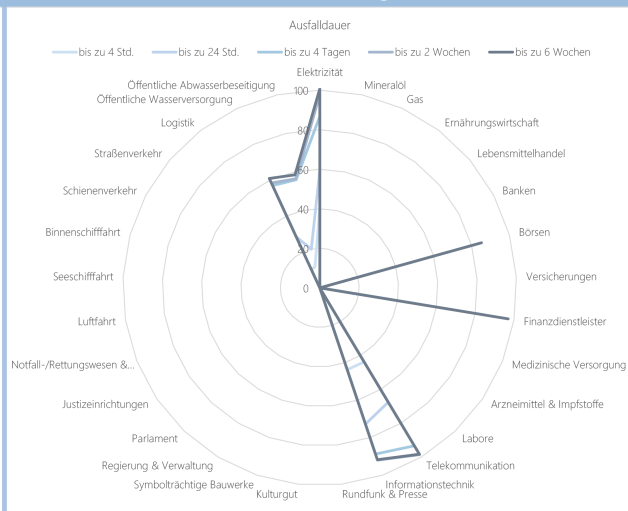
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Versicherungen



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Versicherungen



Analyseergebnisse

Der TS *Versicherungen* besitzt mehr eingehende als ausgehende Abhängigkeiten. Vom TS abhängig sind die vier TS *Ernährungswirtschaft*, *Börsen*, *Medizinische Versorgung* und *Arzneimittel & Impfstoffe*. Diese weisen jedoch lediglich schwache bis mittelmäßige Abhängigkeiten auf, sodass selbst bei einem Ausfall des TS *Versicherungen* von bis zu sechs Wochen tendenziell eher mittlere Beeinträchtigungen entstehen.

Abhängig ist der TS *Versicherungen* von sieben TS und zwar besonders stark von den TS *Elektrizität*, *Börsen*, *Finanzdienstleister*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Dabei führt selbst ein kurzzeitiger Ausfall der TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* oder *Informationstechnik* zu starken Beeinträchtigungen im TS *Versicherungen*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Versicherungen* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 8 von 28 TS, davon alle unterschätzt

Take-Home Messages

- Der TS *Versicherungen* ist für Gesellschaft und Wirtschaft wichtig, allerdings sind nur wenige andere TS von diesem abhängig.
- Ein Ausfall des TS *Versicherungen* beeinträchtigt wenige TS und diese eher schwach bis mittelmäßig.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* besonders stark abhängig.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015c: KRITIS-Sektorstudie Finanz- und Versicherungswesen. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Finanz_Versicherungen.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.4.2020).



Teilsektor Finanzdienstleister

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Finanzdienstleister* umfasst „Unternehmen, die Finanzdienstleistungen für andere gewerbsmäßig oder in einem Umfang erbringen, der einen in kaufmännischer Weise eingerichteten Geschäftsbetrieb erfordert, und die keine Kreditinstitute sind.“ (§ 1a KWG) Dabei gehören zu den Finanzdienstleistungen, die von den knapp 700 in Deutschland ansässigen Finanzdienstleistungsinstituten erbracht werden, u. a. Anlageberatung, -verwaltung und

-vermittlung, Abschlussvermittlung, Eigenhandel, Factoring und Finanzierungsleasing (vgl. BSI 2015c: 25–27). Die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) ist die staatliche Aufsichts- und Regulierungsbehörde des TS, der durch europäische Richtlinien und nationale Gesetze relativ stark reguliert ist. Wichtigste Regularien sind das Deutsche Kreditwesengesetz (KWG) sowie das Wertpapierhandelsgesetz (WpHG) (vgl. BSI 2015c: 37f).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

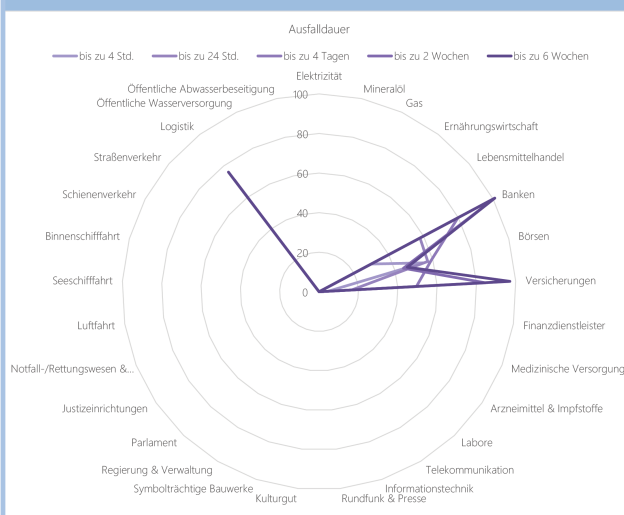
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

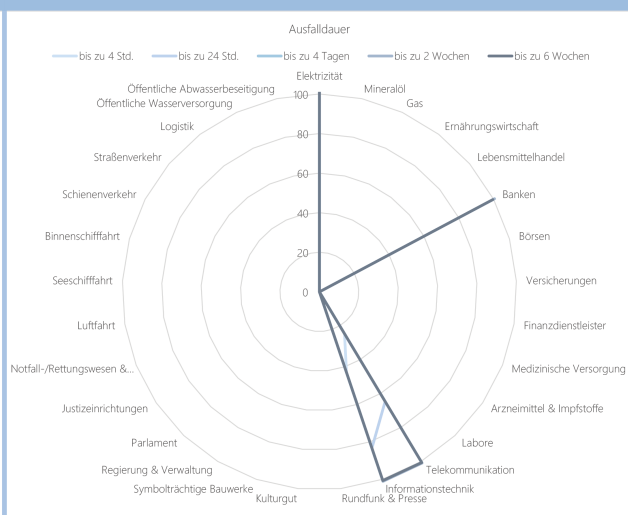
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Finanzdienstleister



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Finanzdienstleister



Analyseergebnisse

Der TS *Finanzdienstleister* ist von ebenso vielen TS abhängig, wie er Abhängigkeiten generiert. Als besonders vom TS *Finanzdienstleister* abhängig zeigen sich die anderen TS des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen*. Auch ist der TS *Logistik* vom TS *Finanzdienstleister* abhängig, wobei erst ab einer Ausfalldauer von bis zu zwei Wochen mit starken Beeinträchtigungen im TS *Logistik* zu rechnen ist.

Bemerkenswert an den wenigen eingehenden Abhängigkeiten des TS *Finanzdienstleister* ist, dass diese alle sehr stark sind. Bereits bei einem Ausfall eines der TS *Elektrizität*, *Banken*, *Telekommunikation* oder *Informationstechnik* von bis zu vier Tagen, kommt es zu einer vollen Beeinträchtigung des TS *Finanzdienstleister*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Finanzdienstleister* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 4 von 28 TS, davon alle überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Finanzdienstleister* ist innerhalb des eigenen Sektors stark vernetzt.
- Ausgehende Abhängigkeiten bestehen insb. zu den TS *Banken*, *Börsen*, *Versicherungen* sowie zum TS *Logistik*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist lediglich von den vier TS *Elektrizität*, *Banken*, *Telekommunikation* oder *Informationstechnik* abhängig, dafür aber stark.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015c: KRITIS-Sektorstudie Finanz- und Versicherungswesen. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Finanz_Versicherungen.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 22.4.2020). Kreditwesengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. September 1998 (BGBl. I S. 2776), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 543) geändert worden ist.



Teilsektor Medizinische Versorgung

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Medizinische Versorgung* umfasst alle Dienstleistungen, die der präventiven und akuten medizinischen Versorgung der Bevölkerung dienen. Neben haus- und fachärztlichen Untersuchungen sowie Krankenhausaufenthalten zählen hierzu auch Pflegedienst- und Rehabilitationsmaßnahmen. Unterteilt wird innerhalb des TS in die stationäre Versorgung in

Krankenhäusern, Reha- und Pflegeeinrichtungen und die ambulante Versorgung in Arztpraxen. (Vgl. BSI 2016a: 21f.) Dabei fällt die Sicherstellung der stationären Versorgung unter die Daseinsvorsorge und obliegt den Bundesländern, die ambulante Versorgung hingegen nicht (vgl. BSI 2016a: 45, 54).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

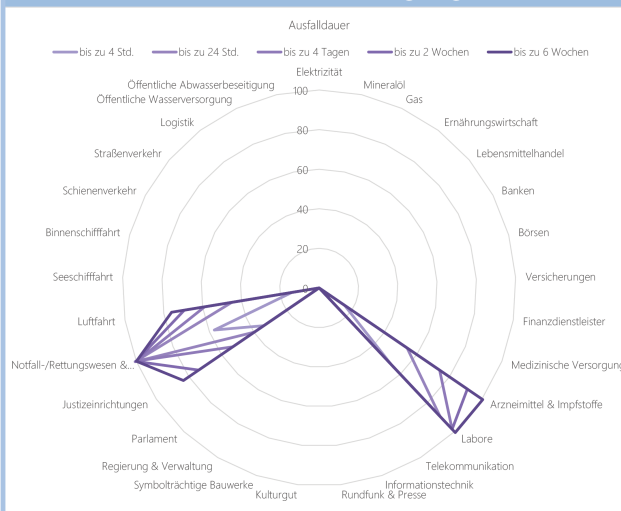
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

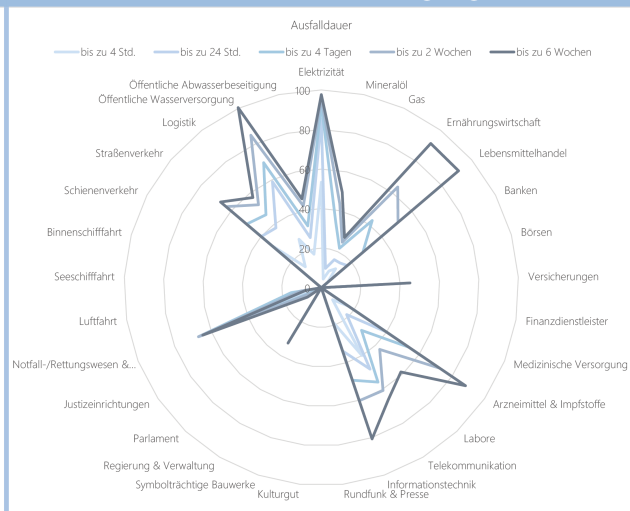
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Medizinische Versorgung



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Medizinische Versorgung



Analyseergebnisse

Der TS *Medizinische Versorgung* besitzt relativ wenige ausgehende und viele eingehende Abhängigkeiten. Besonders vom TS *Medizinische Versorgung* abhängig sind die anderen TS des Sektors *Gesundheit* sowie die TS *Justizeinrichtungen*, *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* und *Luftfahrt*. Bereits bei einem Ausfall des TS *Medizinische Versorgung* von bis zu 24 Stunden sind die TS *Labore* und *Notfall-/Rettungswesen*

& *Katastrophenschutz* stark beeinträchtigt. Der TS ist selbst von 18 anderen TS abhängig, u. a. von allen TS der Sektoren *Energie*, *Ernährung* und *Wasser*. Mit den TS *Arzneimittel & Impfstoffe*, *Labore* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* bestehen Interdependenzen. Eine besonders starke Abhängigkeit liegt vom TS *Elektrizität* vor.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Medizinische Versorgung* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 2 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS umfasst die stationäre und ambulante Versorgung.
- Ein Ausfall des TS *Medizinische Versorgung* beeinträchtigt wenige TS, diese jedoch stark.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von vielen TS abhängig und weist Interdependenzen innerhalb des eigenen Sektors sowie zum TS *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* auf.
- Der Teilsektor besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2016a: KRITIS-Sektorstudie Gesundheit. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Gesundheit.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 6.5.2020).



Teilsektor Arzneimittel & Impfstoffe

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Arzneimittel & Impfstoffe* umfasst die Entwicklung, Herstellung und Distribution von medizinischen Wirkstoffen für die Bevölkerung. Darunter fällt auch die Versorgung mit Blutreserven sowie die staatliche Gesundheitsvorsorge, die den Infektions- und Seuchenschutz umfasst. Zentrale Akteur*innen sind Arzneimittelhersteller*innen und -distributor*innen, die sich in den Pharmagroßhandel sowie knapp 20.600 Krankenhaus- und öffentliche Apotheken aufteilen und

außerdem Blutspendeorganisationen. Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) stellt die Wahrung der Arzneimittelsicherheit nach Arzneimittelgesetz sicher und ist für Zulassung und Überwachung der Medizinprodukte zuständig. Die Europäische Kommission, bzw. ihre Generaldirektion Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, regelt die Zulassung von Arzneimitteln in zentralisierten Verfahren. (Vgl. BSI 2016a: 24f., 60)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

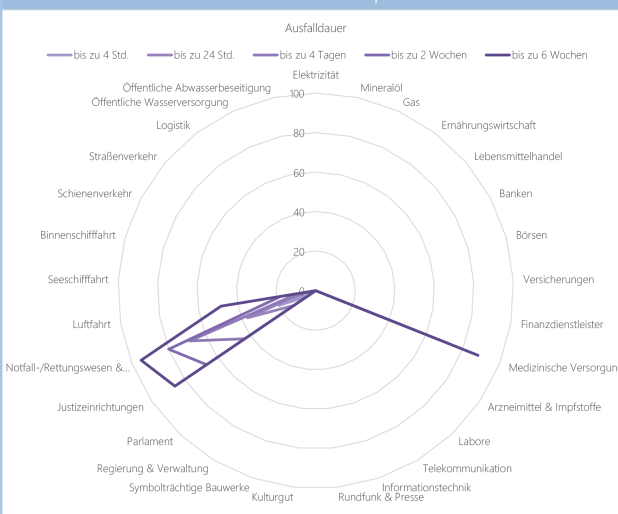
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

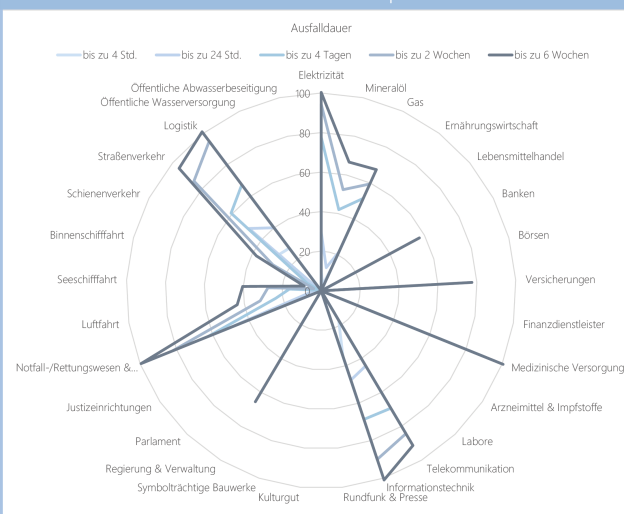
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Arzneimittel & Impfstoffe



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Arzneimittel & Impfstoffe



Analyseergebnisse

Der TS *Arzneimittel & Impfstoffe* besitzt wenige, dafür aber starke ausgehende und zahlreiche eingehende Abhängigkeiten. Besonders vom TS *Arzneimittel & Impfstoffe* abhängig sind die TS *Medizinische Versorgung* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*. Bei einem Ausfall des TS von bis zu zwei Wochen sind diese potenziell sehr stark beeinträchtigt. Abhängig ist der TS *Arzneimittel & Impfstoffe* jeweils von allen TS der Sektoren *Energie*, den TS *Telekommunikation* und

Informationstechnik und darüber hinaus von all jenen TS, die die Zulassung und Distribution der Arzneimittel ermöglichen, wie die TS des Sektors *Transport & Verkehr* (*Luftfahrt*, *Straßenverkehr*, *Logistik*), TS *Regierung & Verwaltung*, TS *Banken* und TS *Versicherungen*. Starke Abhängigkeiten von und Interdependenzen mit bestehen darüber hinaus mit den TS *Medizinische Versorgung* sowie *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Arzneimittel & Impfstoffe* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 3 von 28 TS, davon 2 unterschätzt und 1 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Arzneimittel & Impfstoffe* umfasst auch Blutreserven und Infektions- und Seuchenschutz.
- Die TS *Medizinische Versorgung* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* weisen starke Interdependenzen mit dem TS *Arzneimittel & Impfstoffe* auf.
- Der TS hat ein mäßiges Bewusstsein über ausgehende Dependenzen.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2016a: KRITIS-Sektorstudie Gesundheit. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Gesundheit.pdf?sessionId=3781AF1E11F06E0648A4E44C796A9F6D1_cid333?__blob=publicationFile (zugegriffen am 21.4.2020).



Teilsektor Labore

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der Teilsektor *Labore* setzt sich aus über 1.700 Einzel-, Gemeinschafts- und Krankenhauslaboren zusammen, deren Aufgabe die Analyse von medizinischen Proben ist (vgl. BSI 2016a: 26, 70). Da knapp 65% aller Diagnosen auf Laborergebnisse zurückgehen, gelten Labore als „integraler Bestandteil der medizinischen ambulanten und stationären Versorgung“ (BSI 2016a: 26). Obwohl die Labordiagnostik kontinuierlich wächst, nimmt die Anzahl an Laboren ab, da sich immer mehr Einzellabore zu Laborgemeinschaften zusammenschließen, nicht zuletzt

um die Kosten für die zunehmende Technisierung teilen zu können. So sind mittlerweile mehr als die Hälfte aller Labore auf fünf Labornetzwerke verteilt. (Vgl. BSI 2016a: 26, 70) Wenngleich es kein eigenes Gesetz für den TS *Labore* gibt, sind im Fünften Buch des Sozialgesetzbuchs (SGB V) die flächendeckende Versorgung durch Labore, deren Zulassung und Marktregulierung, Akkreditierung und Qualitätsmanagement geregelt (vgl. BSI 2016a: 74).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

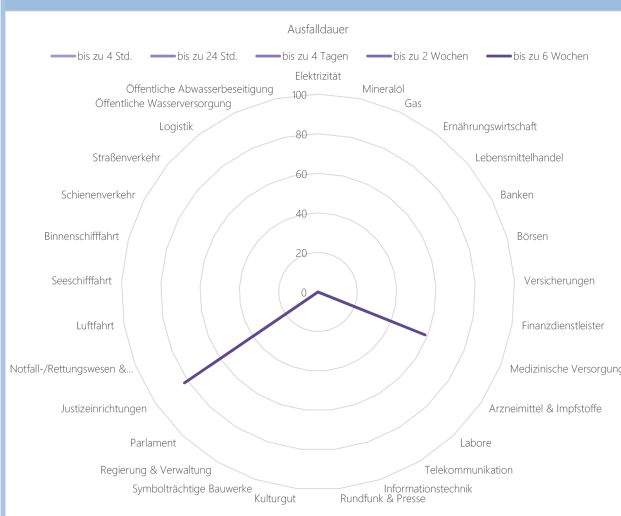
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

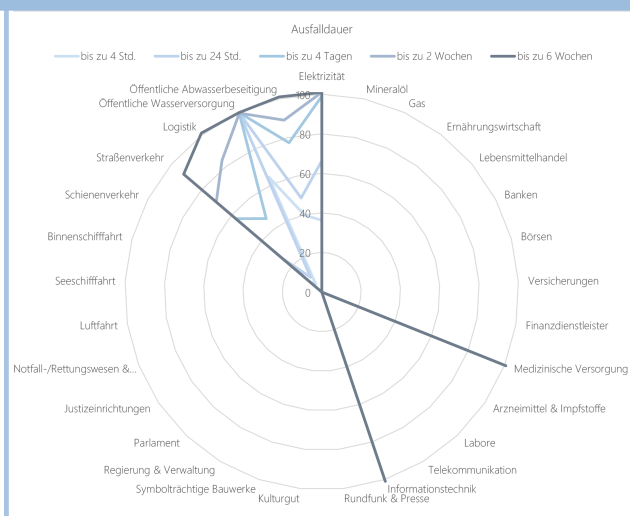
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Labore



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Labore



Analyseergebnisse

Der TS *Labore* besitzt zwei ausgehende und sieben eingehende Abhängigkeiten. Vom TS abhängig sind die TS *Medizinische Versorgung* und *Justizeinrichtungen*, wobei es in diesen bei einer bis zu zweiwöchigen Ausfalldauer des TS *Labore* lediglich zu mittleren Beeinträchtigungen kommt. Abhängig ist der TS *Labore* von den TS *Elektrizität*, *Informationstechnik*, *Straßenverkehr*,

Logistik sowie den TS des Sektors *Wasser*. Darüber hinaus besteht eine Interdependenz mit dem TS *Medizinische Versorgung*. Auffällig ist, dass ein potenzieller Ausfall eines dieser TS von bis zu sechs Wochen zu sehr starken bis vollen Beeinträchtigungen im TS *Labore* führen würde.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Labore* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 1 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Knapp zwei Drittel aller medizinischen Diagnosen gehen auf Laborergebnisse zurück.
- Vom TS *Labore* sind lediglich zwei TS unmittelbar abhängig.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist von mehreren TS stark abhängig.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2016a: KRITIS-Sektorstudie Gesundheit. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Gesundheit.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 6.5.2020).



Teilektor Telekommunikation

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Telekommunikation* umfasst die „Übertragung von Sprache und Kommunikation über mobile, ortsgebundene und Satellitenkommunikation und Bereitstellung der jeweiligen Zugänge.“ (BSI 2015d: 11) Der TS ist eng mit dem TS *Informationstechnik* verwoben, da die Informationstechnik die zur Kommunikation notwendigen Infrastrukturen bereitstellt. Aufgrund der Entwicklung, dass Sprache und Daten

mittlerweile über dieselben Netze laufen, fällt eine Trennung zwischen den TS zunehmend schwerer. (Vgl. BSI 2015d: 16). Gemeinsam bilden die TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* die Basis für den „Austausch, [die] Speicherung und Verarbeitung von Daten (Internet) und Übermittlung von Sprache (Telefonie)“ (BSI 2015d: 17).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

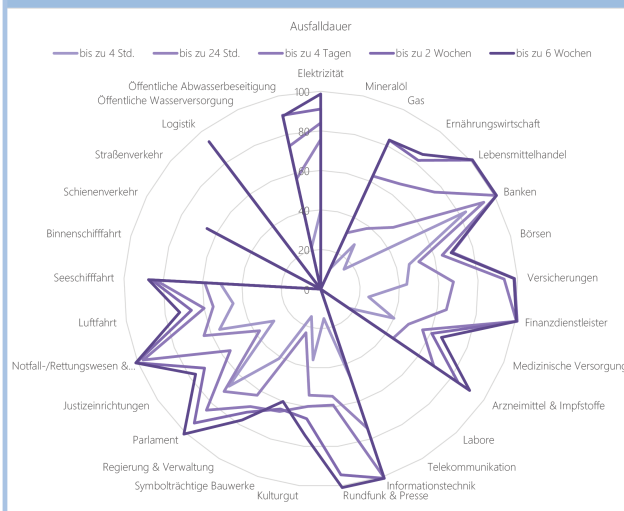
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

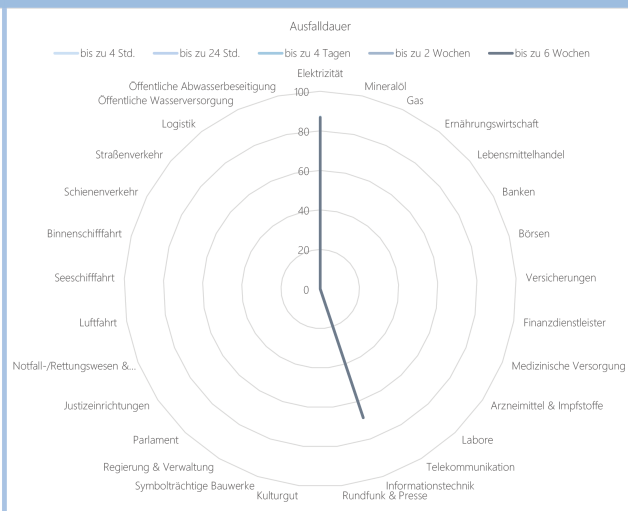
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Telekommunikation



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Telekommunikation



Analyseergebnisse

Der TS *Telekommunikation* generiert für fast alle anderen TS Abhängigkeiten, ist selbst jedoch unmittelbar nur von zwei TS abhängig. Lediglich fünf TS sind nicht unmittelbar vom TS *Telekommunikation* abhängig. Dies sind die TS *Mineralöl*, *Labore*, *Binnenschifffahrt*, *Straßenverkehr* und *Öffentliche Wasserversorgung*. Zahlreiche TS sind bereits bei einem Ausfall des TS *Telekommunikation* von bis zu 24 Stunden stark beeinträchtigt. Unter diese fällt auch der TS *Elektrizität*, der wiederum der TS

mit den meisten und stärksten Abhängigkeiten ist. Abhängig ist der TS *Telekommunikation* lediglich von den TS *Elektrizität* und *Informationstechnik*. Zu beiden bestehen starke Interdependenzen, sodass es bei einem vierstündigen Ausfall des TS *Informationstechnik*, respektive einem vierundzwanzigstündigen Ausfall des TS *Elektrizität*, zu starken Beeinträchtigungen im TS *Telekommunikation* kommt.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Telekommunikation* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 6 von 28 TS, davon 3 unterschätzt und 3 überschätzt.

Take-Home Messages

- Die TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* sind so eng miteinander verwoben, dass sie sich definitorisch wie infrastrukturell kaum voneinander trennen lassen.
- Ein Ausfall des TS *Telekommunikation* beeinträchtigt viele TS stark bis voll.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist nur von den TS *Elektrizität* und *Informationstechnik* abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015d: KRITIS-Sektorstudie Informationstechnik und Telekommunikation (IKT). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_IKT.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 6.5.2020).



Teilektor Informationstechnik

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Informationstechnik* umfasst sämtliche Informationsdienstleistungen, d. h. die Verarbeitung und Bereitstellung von Daten (vgl. BSI 2015d: 11). Der TS ist eng mit dem TS *Telekommunikation* verwoben, da die Informationstechnik die zur Kommunikation notwendigen Infrastrukturen bereitstellt. Aufgrund der Entwicklung, dass Sprache und

Daten mittlerweile über dieselben Netze laufen, fällt eine Trennung zwischen den TS zunehmend schwer. (Vgl. BSI 2015d: 16) Gemeinsam bilden die TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* die Basis für den „Austausch, [die] Speicherung und Verarbeitung von Daten (Internet) und Übermittlung von Sprache (Telefonie).“ (BSI 2015d: 17)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

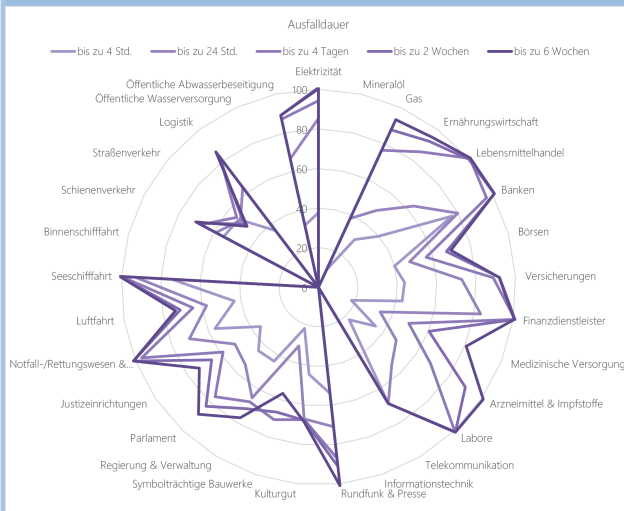
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

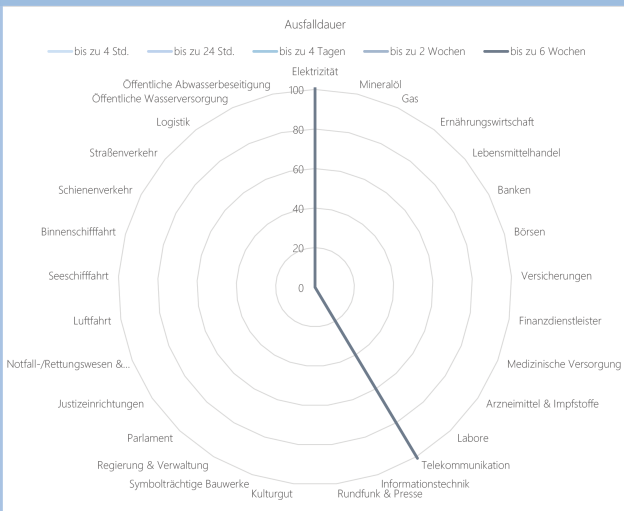
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Informationstechnik



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Informationstechnik



Analyseergebnisse

Der TS *Informationstechnik* generiert für fast alle anderen TS Abhängigkeiten, ist selbst jedoch unmittelbar nur von zwei TS abhängig. Lediglich drei TS sind nicht unmittelbar vom TS *Informationstechnik* abhängig. Dies sind, wie beim TS *Telekommunikation* auch, die TS *Mineralöl*, *Binnenschifffahrt* und *Öffentliche Wasserversorgung*. Zahlreiche TS sind bereits bei einem Ausfall des TS *Informationstechnik* von bis zu 24 Stunden stark beeinträchtigt. Dazu gehört auch der TS *Elektrizität*,

der wiederum der TS mit den meisten und stärksten Abhängigkeiten ist. Abhängig ist der TS *Informationstechnik* lediglich von den TS *Elektrizität* und *Telekommunikation*. Zu beiden bestehen starke Interdependenzen, sodass es bei einem vierundzwanzigstündigen Ausfall des TS *Telekommunikation*, respektive einem viertägigen Ausfall des TS *Elektrizität*, zu starken Beeinträchtigungen im TS *Informationstechnik* kommt.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Informationstechnik* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 11 von 28 TS, davon 10 unterschätzt und 1 überschätzt.

Take-Home Messages

- Die TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* sind so eng miteinander verwoben, dass sie sich definitorisch wie infrastrukturell kaum voneinander trennen lassen.
- Ein Ausfall des TS *Informationstechnik* beeinträchtigt viele TS stark bis voll.
- Es besteht ein geringes Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist nur von den TS *Elektrizität* und *Telekommunikation* abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015d: KRITIS-Sektorstudie Informationstechnik und Telekommunikation (IKT). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_IKT.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 6.5.2020).



Teilsektor Rundfunk & Presse

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Rundfunk & Presse* umfasst die Bereitstellung von Mediendienstleistungen einerseits durch das Funknetz (Hörfunk und Fernsehen) und andererseits durch gedruckte und elektronische Presse, die von Nachrichtenagenturen bereitgestellt wird (vgl. BSI 2016b: 13f.). Damit erfüllt der TS die (kurzfristige) Funktion der Informierung, bspw. über aktuelle Ereignisse und Alarmierungen, sowie die (längerfristige) Funktion der Mitwirkung an

(Meinungs-)Bildung, Kontrolle und Kritik (vgl. BSI 2015b: 16). Die wichtigsten Rechtsgrundlagen des TS sind das Telekommunikationsgesetz (TKG), das eine flächendeckende Versorgung mit Rundfunkdienstleistungen gewährleistet (vgl. BSI 2016b: 39), der Rundfunkstaatsvertrag (RStV), der „den Bestand und die Entwicklung des öffentlich-rechtlichen Rundfunks [garantiert]“ (BSI 2016b: 41) sowie das Telemediengesetz (TMG) (vgl. BSI 2016b: 44).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

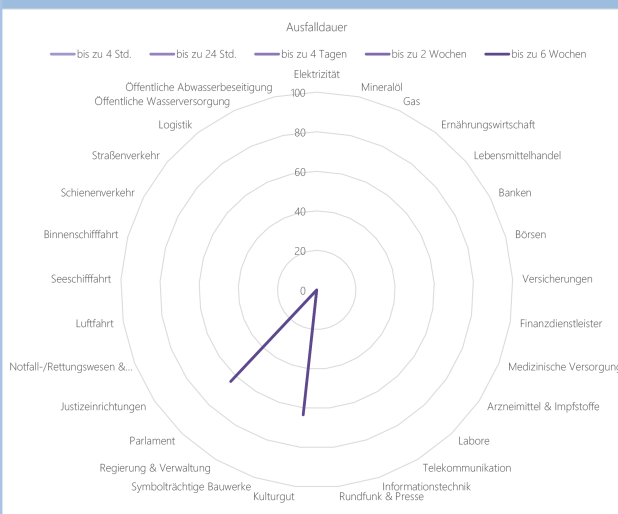
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

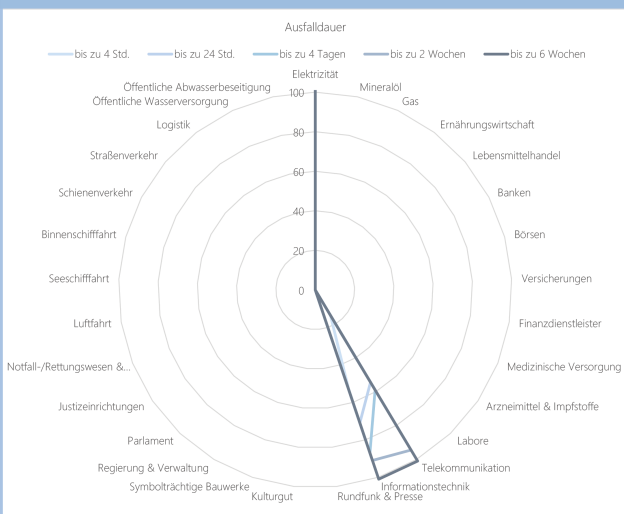
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Rundfunk & Presse



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Rundfunk & Presse



Analyseergebnisse

Der TS *Rundfunk & Presse* generiert Abhängigkeiten für zwei TS und ist von drei TS abhängig. Die vom TS *Rundfunk & Presse* abhängigen TS *Kulturgut* und *Parlament* sind bei einem bis zu sechswöchigen Ausfall des ersteren eher mittelmäßig beeinträchtigt. Dahingegen ruft ein Ausfall eines der TS, von

denen der TS *Rundfunk & Presse* abhängig ist, tendenziell bereits nach wenigen Tagen starke bis volle Beeinträchtigungen hervor. Somit liegt eine starke Abhängigkeit des TS *Rundfunk & Presse* von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* vor.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Rundfunk & Presse* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 2 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Unter den TS *Rundfunk & Presse* fallen Hörfunk (Radio), Fernsehen und gedruckte wie elektronische Presse.
- Der TS besitzt wenige, eher mittelstarke ausgehende Abhängigkeiten.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist nur von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* abhängig, dafür jedoch stark.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2016b: KRITIS-Sektorstudie Medien und Kultur. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Medien_Kultur.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 13.5.2020).



Teilsektor Kulturgut

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Kulturgut* umfasst nach Haager Konvention bewegliche und unbewegliche Güter, Baulichkeiten und Orte, die von besonderer Bedeutung für das kulturelle Erbe von Völkern sind (vgl. Website BBK 2020a). Dabei wird zwischen beweglichen und unbeweglichen Gütern unterschieden. Unter erstere fallen Kulturgüter i. e. S. wie bspw. „Gegenstände von künstlerischem, historischem oder archäo-logischem Interesse“ (Website BBK 2020a). Letztere umfassen sowohl symbolträchtige Bauwerke (s. separater Steckbrief) als auch solche Baulichkeiten, die der Ausstellung oder dem Erhalt

der beweglichen Kulturgüter dienen, wie bspw. „Museen, größere Bibliotheken, Archive sowie Bergungsorte“ (Website BBK 2020a). Orte können dann als Kulturgut bezeichnet werden, wenn diese eine lokale Häufung von beweglichen und unbeweglichen Gütern und Baulichkeiten aufweisen und als sog. ‚Denkmalorte‘ angegeben sind (vgl. Website BBK 2020a). Aufgrund ihrer identitätsstiftenden Wirkung und ihres kulturellen Wertes sind Kulturgüter für nachfolgende Generationen zu sichern und zu erhalten (vgl. Website BBK 2020b).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

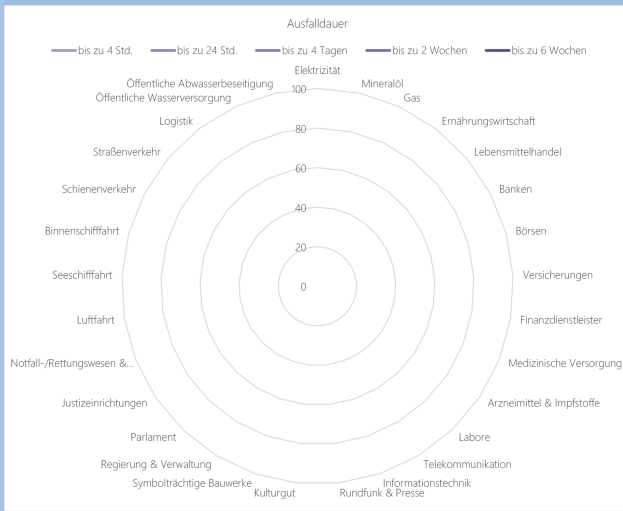
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

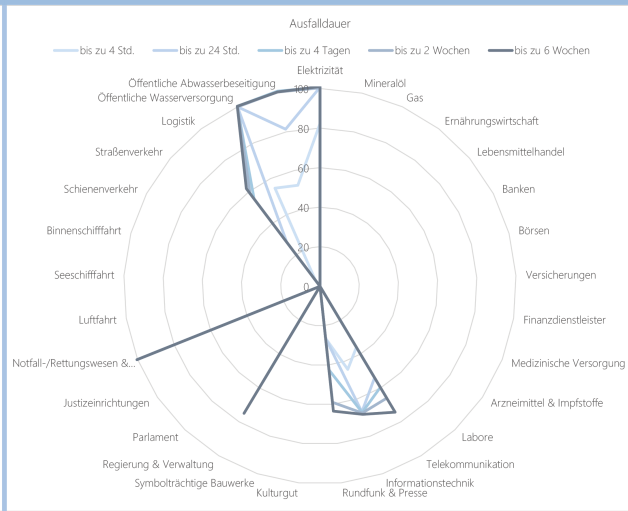
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Kulturgut



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Kulturgut



Analyseergebnisse

Der TS *Kulturgut* generiert keine unmittelbaren Abhängigkeiten für andere TS, ist selbst jedoch von mehreren TS abhängig. Besonders stark ist die Abhängigkeit des TS *Kulturgut* von den TS *Elektrizität* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*. Bereits ein vierstündiger Ausfall dieser TS führt zu starken Beeinträchtigungen

des TS *Kulturgut*. Darüber hinaus besteht eine starke Abhängigkeit des TS von den TS *Telekommunikation* und *Informationstechnik* sowie von den TS *Öffentliche Wasserversorgung* und *Öffentliche Abwasserbeseitigung*, die teilweise bei einem Ausfall von bis zu 24 Stunden zu starken Beeinträchtigungen führen.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Kein Potenzial des TS *Kulturgut* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 0 von 28 TS.

Take-Home Messages

- Kulturgüter können nicht nur Güter i. e. S., sondern auch Baulichkeiten und Orte sein.
- Der TS besitzt keine ausgehenden Dependenzen.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die (nicht vorhandenen) ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist von mehreren TS, darunter *Elektrizität* und *Öffentliche Wasserversorgung*, stark abhängig.
- Der TS besitzt kein Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

Website BBK 2020a: Begriffsbestimmung Kulturgut. Abgerufen von: https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Kulturgutschutz/Kulturgut/kulturgut_node.html (zugegriffen am 26.5.2020).

Website BBK 2020b: Kulturgutschutz. Abgerufen von: https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Kulturgutschutz/kulturgutschutz_node.html (zugegriffen am 26.5.2020).



Teilsektor Symbolträchtige Bauwerke

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Symbolträchtige Bauwerke* umfasst Baulichkeiten von hohem kulturellem Wert und identitätsstiftender Bedeutung. Nach Haager Konvention können symbolträchtige Bauwerke sowohl „Bau-, Kunst- oder geschichtliche Denkmäler religiöser oder weltlicher Art“ (Website BBK 2020a) als auch archäologische Stätten und Gebäudegruppen sein (vgl. Website BBK 2020c). Sie

gelten als kritische Infrastrukturen, da „ihre Zerstörung eine Gesellschaft emotional erschüttern und psychologisch nachhaltig aus dem Gleichgewicht bringen kann.“ (BMI 2009: 5) Da symbolträchtige Bauwerke nach Haager Konvention Kulturgüter sind, fällt die Differenzierung zwischen den TS *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* häufig schwer.

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

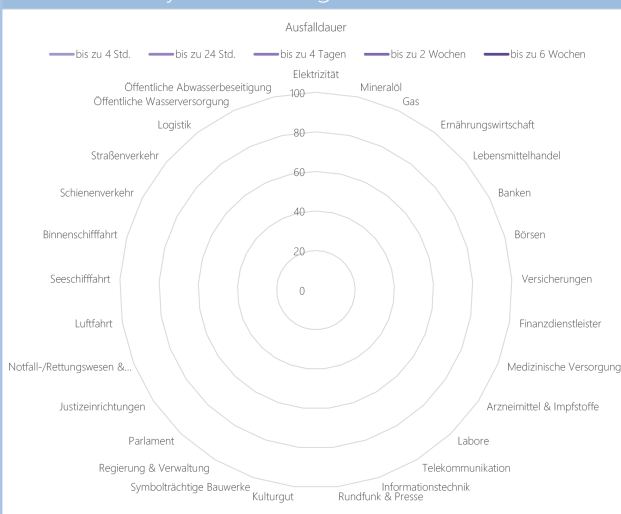
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

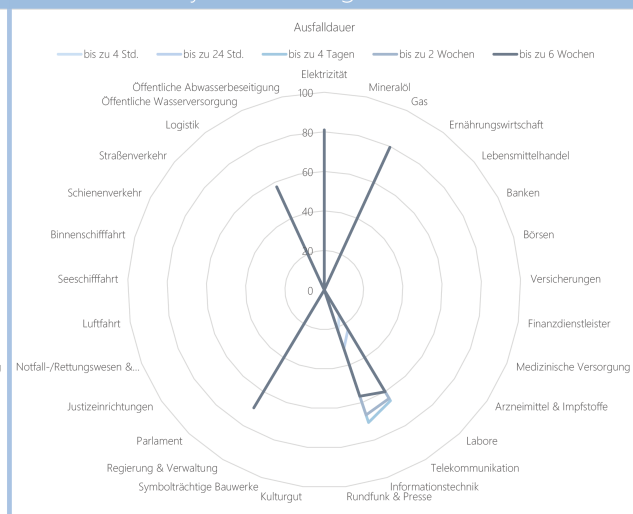
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Symbolträchtige Bauwerke



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Symbolträchtige Bauwerke



Analyseergebnisse

Der TS *Symbolträchtige Bauwerke* generiert keine unmittelbaren Abhängigkeiten für andere TS, ist selbst jedoch von mehreren TS abhängig. Bereits bei einer viertägigen Ausfalldauer des TS *Informationstechnik* kommt es im TS *Symbolträchtige Bauwerke* zu starken Beeinträchtigungen. Allerdings nimmt die Stärke der Beeinträchtigungen mit längerer Ausfalldauer des TS *Informationstechnik* ab, was darauf schließen lässt,

dass mit fortschreitender Zeit eine Anpassung an die Umstände stattfindet. Starke Beeinträchtigungen erfährt der TS *Symbolträchtige Bauwerke* auch bei einem länger anhaltenden Ausfall der TS *Elektrizität*, *Gas* und *Regierung & Verwaltung*. Darüber hinaus ist der TS von den TS *Telekommunikation* und *Öffentliche Wasserversorgung* abhängig, wenngleich nicht so stark.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Kein Potenzial des TS *Symbolträchtige Bauwerke* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 1 von 28 TS, davon alle überschätzt.

Take-Home Messages

- Symbolträchtige Bauwerke fallen nach Haager Konvention unter den Begriff ‚Kulturgut‘.
- Der TS besitzt keine ausgehenden Abhängigkeiten.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die (nicht vorhandenen) ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von sechs anderen TS mittelmäßig stark abhängig.
- Der TS besitzt kein Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

- BMI (Hg.) 2009: Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen: KRITIS-Strategie. Berlin: Bundesministerium des Innern. Abgerufen von https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritis.pdf%20?__blob=publicationFile&v=3 (zugegriffen am 14.5.2020).
- Website BBK 2020a: Begriffsbestimmung Kulturgut. Abgerufen von https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Kulturgutschutz/Kulturgut/kulturgut_node.html (zugegriffen am 26.5.2020).
- Website BBK 2020c: Haager Konvention zum Schutz von Kulturgut bei bewaffneten Konflikten von 1954. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Kulturgutschutz/HaagerKonvention/haagerkonvention_node.html (zugegriffen am 27.5.2020).



Teilsektor Regierung & Verwaltung

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Regierung & Verwaltung* umfasst alle exekutiven, also vollziehenden staatlichen Einrichtungen und zwar auf allen räumlichen Ebenen, sprich auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene (vgl. Website Deutscher Bundestag 2020a; Website kritis.bund.de 2020a). Die Kernaufgabe von Regierungen und öffentlichen Verwaltungen ist die Ausführung von Gesetzen, wobei diese durch Erlasse auch über gesetzgebende (judikative) Befugnisse verfügen (vgl. Website Deutscher Bundestag 2020a). Das höchste Exekutivorgan ist in Deutschland

die Bundesregierung, die sich aus diversen Ministerien zusammensetzt und von einer Kanzlerin bzw. einem Kanzler geführt wird, die/der zur Kabinettsbildung Minister*innen ernennt (vgl. Website Bundesregierung 2020). Da Regierungen und Verwaltungen zur Wahrung der Inneren Sicherheit beitragen und deren Funktionsfähigkeit eine Voraussetzung für ein stabiles Gemeinwesen ist, sind diese kritische Infrastrukturen (vgl. Website kritis.bund.de 2020a).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

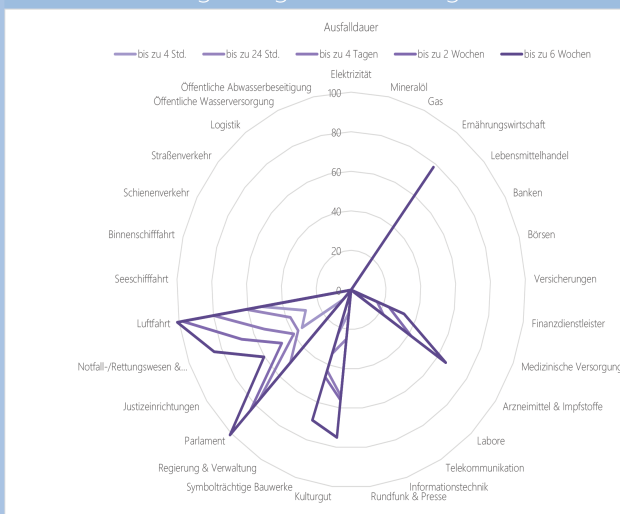
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

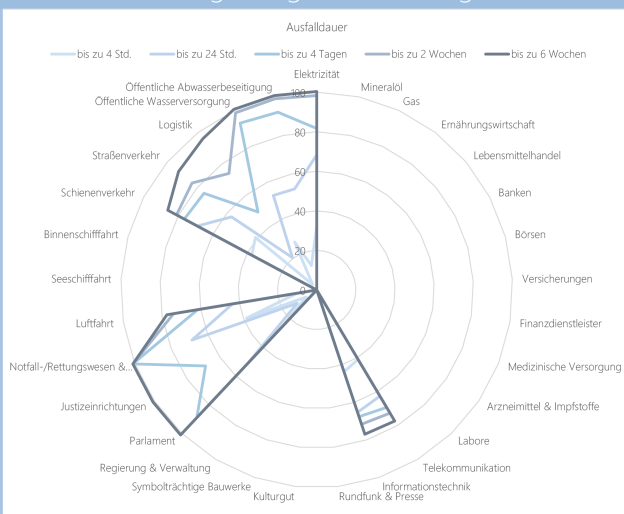
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Regierung & Verwaltung



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Regierung & Verwaltung



Analyseergebnisse

Der TS *Regierung & Verwaltung* besitzt mehr ein- als ausgehende Dependenzen. Insgesamt neun andere TS geben an, vom TS *Regierung & Verwaltung* abhängig zu sein, worunter TS der Sektoren *Ernährung*, *Gesundheit*, *Medien & Kultur* sowie die anderen TS des Sektors *Staat & Verwaltung* und der TS *Luftfahrt* fallen. Besonders starke Abhängigkeiten weisen die TS *Parlament* und *Luftfahrt* auf, die bereits ab einem bis zu vier Tage

andauernden Ausfall des TS starke Beeinträchtigungen erfahren. Abhängig ist der TS insb. von den anderen TS seines Sektors, den Sektoren *IT & TK* und *Wasser*, sowie mehreren TS des Sektors *Transport & Verkehr*. Dabei sind bereits ab einem bis zu vier Tage andauernden Ausfall der meisten dieser TS starke Beeinträchtigungen im TS *Regierung & Verwaltung* zu erwarten.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Regierung & Verwaltung* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 15 von 28 TS, davon 3 unterschätzt und 12 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Regierung & Verwaltung* repräsentiert die Exekutivorgane des Sektors *Staat & Verwaltung*.
- Ein Ausfall des TS beeinträchtigt diverse TS mittelmäßig bis stark.
- Es besteht ein geringes Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist von vielen TS stark abhängig.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

Website Bundesregierung 2020: Aufbau und Aufgaben. Abgerufen von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/aufbau-und-aufgaben-390552> (zugegriffen am 17.6.2020)

Website Deutscher Bundestag 2020a: Glossar Exekutive. Abgerufen von <https://www.bundestag.de/services/glossar/glossar/E/exekutive-245414> (zugegriffen am 17.6.2020).

Website kritis.bund.de 2020a: Staat und Verwaltung. Abgerufen von: https://www.kritis.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Kritischelnfrastrukturen/Aufgabenbereiche/StaatsundVerwaltung/Staatsverwaltung_node.html (zugegriffen am 1.4.2020).



Teilsektor Parlament

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Parlament* umfasst alle legislativen, also gesetzgebenden Einrichtungen und zwar auf allen räumlichen Ebenen, sprich auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene (vgl. Website kritis.bund.de 2020a). Das höchste Legislativorgan ist der Deutsche Bundestag, der direkt von den Bürger*innen gewählt wird. Im

Wesentlichen hat dieser vier Aufgaben: Wahl der Bundeskanzlerin bzw. des Bundeskanzlers, Beschluss von Gesetzen (gemeinsam mit dem Bundesrat), Kontrolle der Regierungsarbeit und Haushaltsrecht. (Vgl. Website Deutscher Bundestag 2020b; Website Deutscher Bundestag 2020c)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

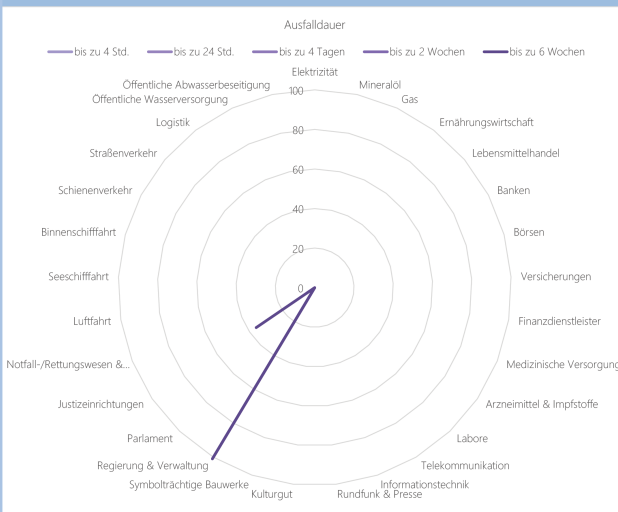
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

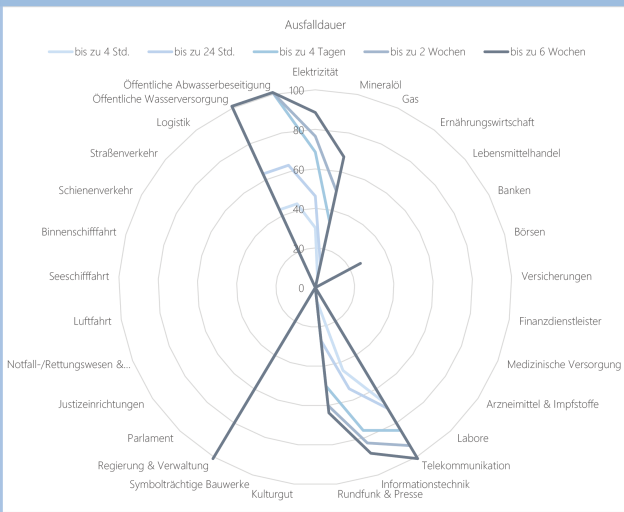
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Parlament



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Parlament



Analyseergebnisse

Der TS *Parlament* besitzt deutlich mehr ein- als ausgehende Dependenzen. Vom TS abhängig sind lediglich die TS *Regierung & Verwaltung* und *Justizeinrichtungen*, und damit die TS, die die Exekutive und Judikative des Sektors *Staat & Verwaltung* repräsentieren. Während der TS *Regierung & Verwaltung* stark vom TS *Parlament* abhängig ist und bereits eine Ausfalldauer von bis zu vier Tagen zu schweren Beeinträchtigungen führt, ist die Abhängigkeit des TS *Justizeinrichtungen*

eher schwach bis mittel ausgeprägt. Abhängig ist der TS *Parlament* von insgesamt neun anderen TS, darunter besonders stark von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik*, sowie *Öffentliche Wasserversorgung* und *Abwasserbeseitigung*. Zu dem TS *Regierung & Verwaltung* ist darüber hinaus eine stark ausgeprägte Interdependenz vorhanden. Teilweise ruft bereits ein bis zu vier Tage andauernder Ausfall dieser TS schwere bis volle Beeinträchtigungen hervor.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Parlament* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 1 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Parlament* repräsentiert die Legislativorgane des Sektors *Staat & Verwaltung*.
- Ein Ausfall des TS beeinträchtigt die TS der Judikative (*Justizeinrichtungen*) und Exekutive (*Regierung & Verwaltung*).
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist von mehreren TS stark abhängig und besitzt eine Interdependenz zum TS *Regierung & Verwaltung*.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

- Website Deutscher Bundestag 2020b: Der Bundestag. Abgerufen von <https://www.bundestag.de/grundgesetz?url=L3BhcmxhbWVudC9ncnVuZGdlc2V0ei9nZyZlZXJpZS0wNCtidW5kZXN0YWwctNjMONTY2> (zugegriffen am 17.6.2020).
- Website Deutscher Bundestag 2020c: Funktion und Aufgabe. Abgerufen von <https://www.bundestag.de/parlament/aufgaben?url=L3BhcmxhbWVudC9hdWZnYWJlbi0xOTcxOjY=&mod=mod454432> (zugegriffen am 17.6.2020).
- Website kritis.bund.de 2020a: Staat und Verwaltung. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/Aufgabenbereiche/StaatundVerwaltung/Staatundverwaltung_node.html (zugegriffen am 1.4.2020).



Teilektor Justizeinrichtungen

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Justizeinrichtungen* umfasst Gerichte, Staatsanwaltschaften, Justizvollzugs- und Jugendarrestanstalten sowie Ausbildungseinrichtungen für Berufe im Bereich der Justiz (vgl. Website Justizministerium NRW 2020). Der TS repräsentiert die Judikative innerhalb des Sektors *Staat & Verwaltung*. Somit leistet er einen wichtigen Beitrag zur Gewährleistung der staatlichen Handlungsfähigkeit und Inneren Sicherheit und Ordnung. Entsprechend kann sich

„[e]ine Störung auch einzelner Institutionen oder gar deren Ausfall [...] negativ auf die Stabilität des Gemeinwesens auswirken.“ (Website *kritis.bund.de* 2020a) Zentrale Leistungen, die der TS *Justizeinrichtungen* erbringt, sind die „Umsetzung von Recht im Rahmen der Eingriffs- und Leistungsverwaltung, [...] Gesetzgebung, Kontrolle der Regierung, Rechtsprechung und deren Vollzug“. (BBK 2020: 24)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

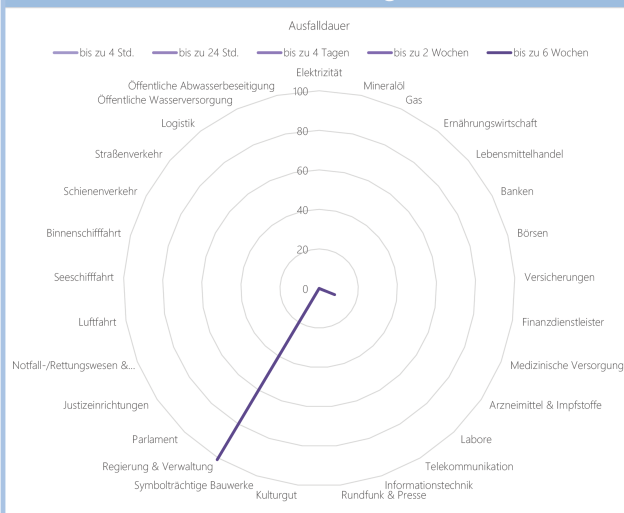
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

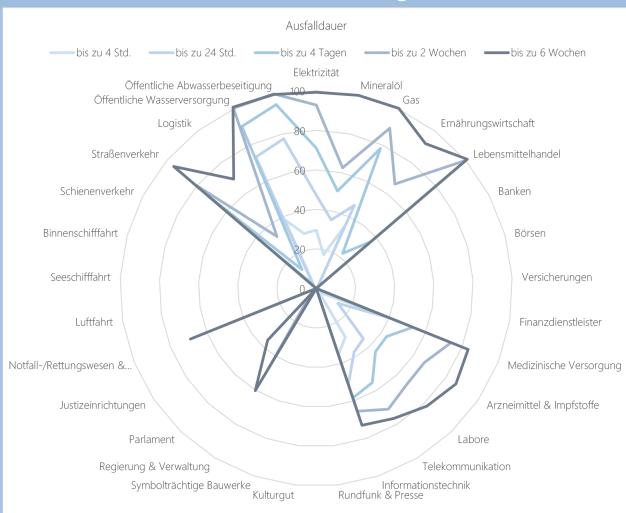
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Justizeinrichtungen



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Justizeinrichtungen



Analyseergebnisse

Der TS *Justizeinrichtungen* besitzt deutlich mehr und stärkere ein- als ausgehende Abhängigkeiten. Vom TS abhängig sind lediglich die TS *Medizinische Versorgung* und *Regierung & Verwaltung*. Letzterer ist stark abhängig, sodass bereits ein bis zu vier Tage andauernder Ausfall zu starken und ein bis zu zwei Wochen andauernder Ausfall zu vollen Beeinträchtigungen führt. Abhängig ist der

TS *Justizeinrichtungen* von allen TS der Sektoren *Energie*, *Ernährung*, *Gesundheit*, *IT & TK*, *Staat & Verwaltung* und *Wasser* sowie darüber hinaus von den TS *Straßenverkehr* und *Logistik*. Ab einer Ausfalldauer der meisten dieser TS von bis zu vier Tagen sind starke Beeinträchtigungen auf den TS *Justizeinrichtungen* zu erwarten.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Justizeinrichtungen* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 3 von 28 TS, davon 2 unterschätzt und 1 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Justizeinrichtungen* repräsentiert die Organe der Judikative des Sektors *Staat & Verwaltung*.
- Ein Ausfall des TS beeinträchtigt lediglich den TS *Regierung & Verwaltung* stark.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der Teilssektor ist von allen den TS stark abhängig, die zur Versorgung von Menschen notwendig sind.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BBK (Hg.) 2020: 10 Jahre „KRITIS-Strategie“ - Einblicke in die Umsetzung der Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen. Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 21. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/200508_10JahreKRITIS-Strategie.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 12.6.2020).
 Website Justizministerium NRW 2020: Aufbau der Justiz. Abgerufen von https://www.justiz.nrw.de/BS/recht_a_z/A/Aufbau_der_Justiz/index.php (zugegriffen am 12.6.2020).
 Website *kritis.bund.de* 2020a: Staat und Verwaltung. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/Aufgabenbereiche/StaatundVerwaltung/Staatundverwaltung_node.html (zugegriffen am 1.4.2020).



Teilektor Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* umfasst Maßnahmen, die der notfallmäßigen Gesundheitsversorgung sowie der Abwehr von Gefahren dienen. Hierunter fallen sowohl Maßnahmen wie die Bergung von Personen an einer Unglücksstelle und deren Transport in ein Krankenhaus sowie die Gefahrenabwehr, bspw. im Falle von Extremereignissen wie Hochwasser. Zentrale Akteur*innen

des TS sind Katastrophenschutz-, Hilfeleistungs- und Wohlfahrtsorganisationen, die insb. auf den Ebenen der Bundesländer und Kommunen angesiedelt sind. (Vgl. Website BBK 2020d; Website BMI 2020) Die gesetzliche Grundlage der Akteur*innen des Katastrophenschutzes bildet das Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz (ZSKG) (vgl. Website BMI 2020).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

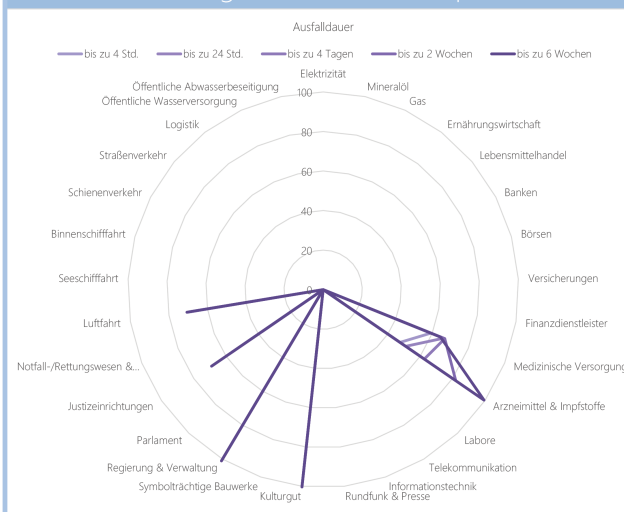
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

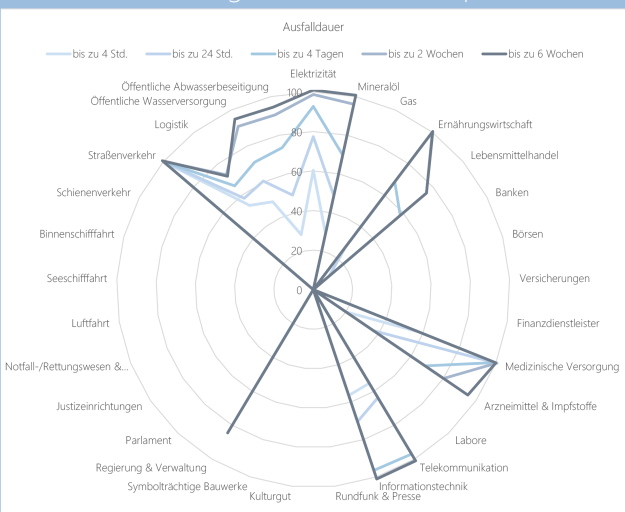
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz



Analyseergebnisse

Der TS *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* besitzt mehr ein- als ausgehende Abhängigkeiten, wobei auffällt, dass beide jeweils Abhängigkeiten stark ausgeprägt sind. Bspw. geben mehrere TS an, bereits ab einem bis zu vier Tage andauernden Ausfall des TS *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* starke Beeinträchtigungen zu erfahren, darunter die TS *Medizinische Versorgung*, *Kulturgut*, *Regierung & Verwaltung*

und *Luftfahrt*. Abhängig ist der TS von mehreren TS der Sektoren *Energie*, *Ernährung*, *Gesundheit*, *IT & TK* und *Wasser*. Dabei sind insb. die Abhängigkeiten zu den TS *Elektrizität*, *Medizinische Versorgung*, *Informationstechnik* und *Straßenverkehr* besonders stark ausgeprägt. Ein Ausfall dieser von einer Dauer von bis zu 24 Stunden führt zu schweren bis vollen Beeinträchtigungen des TS *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Notfall-/Rettungswesen und Katastrophenschutz* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 5 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS ist in doppeltem Maße relevant, da er dem Schutz der Bürger*innen und der Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung dient.
- Ein Ausfall des TS beeinträchtigt mehrere TS bereits nach kurzer Zeit stark.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von vielen anderen stark abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

Website BBK 2020d: Basisschutz für Katastrophenschutz- und Hilfsorganisationen. Abgerufen von https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/Publicationen/Basisschutz_HIORG.html (zugegriffen am 15.5.2020).
 Website BMI 2020: Wer macht was beim Zivil- und Katastrophenschutz? Abgerufen von https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/zivil-und-katastrophenschutz/gedahrenabwehr-und-katastrophenschutz/gedahrenabwehr-und-katastrophenschutz-node.html?jsessionid=B9E73684D060219EA7B5C8FCAB5C4E69.2_cid295 (zugegriffen am 15.5.2020).



Teilsektor Luftfahrt

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Luftfahrt* umfasst den Betrieb aller Infrastrukturen, Transportmittel und Steuerungsdienste, die zum Transport von Personen und Gütern über den Verkehrsträger Flugzeug erforderlich sind (vgl. BSI 2015e: 15). Dabei gibt es in Deutschland 37 Verkehrsflughäfen, von denen 16 internationalen Status besitzen (vgl. BSI 2015e: 19). Der Flughafen Frankfurt am Main ist der bedeutendste, da dieser sowohl die höchsten jährlichen Passagierzahlen (knapp 60 Millionen) als auch transportierte Tonnen Luftfracht (knapp zwei Millionen) aufweist (vgl. BSI 2015e:

22). Aufgrund der zunehmenden Globalisierung und Mobilität der Menschen wird dem Luftverkehr bis 2030 eine Steigerung des Verkehrsaufkommens von knapp unter 60 % und der Verkehrsleitung von knapp 65 % prognostiziert, was das größte Wachstum im Vergleich aller Verkehrsträger darstellt. Der potenzielle Verlust eines eintägigen Flugausfalls für die deutsche Industrie wird bereits gegenwärtig auf eine Milliarde Euro geschätzt. (Vgl. BSI 2015e: 17)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

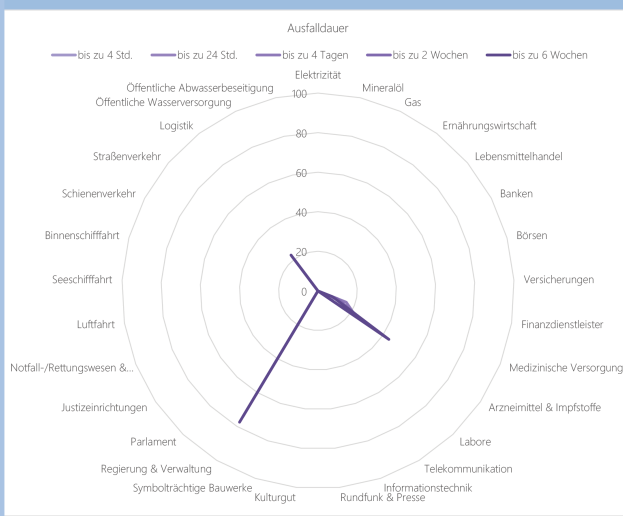
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

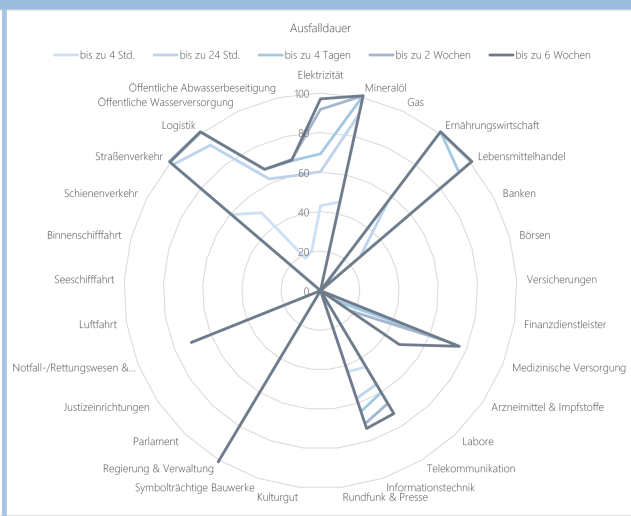
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Luftfahrt



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Luftfahrt



Analyseergebnisse

Der TS *Luftfahrt* besitzt deutlich mehr und stärkere ein- als ausgehende Abhängigkeiten. Vom TS abhängig sind die TS *Medizinische Versorgung*, *Arzneimittel & Impfstoffe*, *Logistik* und *Regierung & Verwaltung*, wobei lediglich der Letztgenannte bei einer Ausfalldauer des TS *Luftfahrt* von mehreren Wochen starke

Beeinträchtigungen erfährt. Abhängig ist der TS *Luftfahrt* von 14 anderen TS und besonders stark von den TS *Mineralöl*, *Straßenverkehr* und *Logistik*. Bereits ein Ausfall dieser von bis zu 24 Stunden führt zu starken Beeinträchtigungen des TS *Luftfahrt*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Luftfahrt* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 4 von 28 TS, davon 1 unterschätzt und 3 überschätzt.

Take-Home Messages

- Im Vergleich aller Verkehrsträger wird dem Luftverkehr das stärkste Wachstum prognostiziert.
- Ein Ausfall des TS *Luftfahrt* beeinträchtigt insb. den TS *Regierung & Verwaltung*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der Teilsektor ist von vielen Teilsektoren stark abhängig.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015e: KRITIS-Sektorstudie Transport und Verkehr. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_TuV.pdf?__blob=publicationFile (zugriffen am 15.5.2020).



Teilektor Seeschifffahrt

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Seeschifffahrt* umfasst den Transport von Personen und Gütern über Seewege und -häfen. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Ferngütertransport, der fast ausschließlich über Seewege abgewickelt wird. Die Nord- und Ostseehäfen schlagen dabei knapp ein Viertel aller nationalen Warenimporte um. (Vgl. BSI 2015e: 28) Von besonderer Bedeutung für die deutsche Seeschifffahrt ist der Hamburger Hafen, der mehr als ein Drittel des Gesamtgüterumschlages ausmacht und von dem entsprechend eine Konzentrationswirkung auf Reedereien ausgeht (vgl. BSI 2015e: 32f.). Weitere wichtige Akteur*innen sind die Hafenbetriebergesellschaften,

Schiffs- und Werftbetreiber*innen sowie der Deutsche Wetterdienst (DWD) und das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), die wetter- und wasserstandsbezogene Informationen für die (See-) Schifffahrt zur Verfügung stellen (vgl. BSI 2015e: 35f.). Wenngleich ein Anstieg des Personen- und Güterverkehrsaufkommens über alle Verkehrsträger hinweg zu erwarten ist, wird der Seeschifffahrt aufgrund der fortschreitenden Globalisierung und der geringen Transportkosten ein großer Anteil an diesem Anstieg zugeschrieben (vgl. BSI 2015e: 16, 28).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

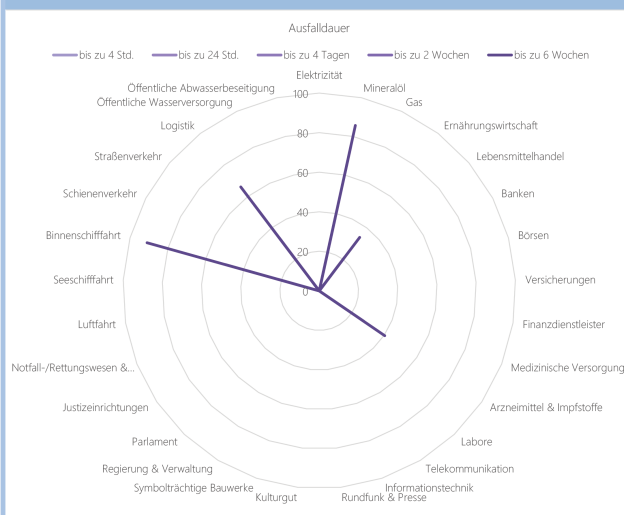
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

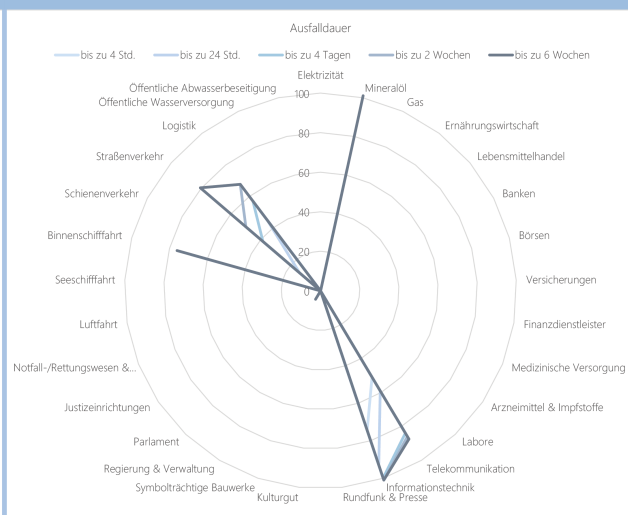
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Seeschifffahrt



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Seeschifffahrt



Analyseergebnisse

Der TS *Seeschifffahrt* besitzt in etwa so viele ein- wie ausgehende Abhängigkeiten. Die größten Abhängigkeiten vom TS *Seeschifffahrt* weisen die TS *Mineralöl* und *Binnenschifffahrt* auf. Deutlich weniger stark abhängig sind die TS *Ernährungswirtschaft*, *Arzneimittel & Impfstoffe* und *Logistik*. Abhängig ist der

TS *Seeschifffahrt* besonders von den TS *Mineralöl*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik*, wobei insb. bereits ein kurzer Ausfall der beiden letztgenannten zu starken Beeinträchtigungen im TS *Seeschifffahrt* führt. Zu den TS *Binnenschifffahrt* und *Logistik* bestehen Interdependenzen.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Seeschifffahrt* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 5 von 28 TS, davon 2 unterschätzt und 3 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der deutsche Ferngütertransport erfolgt bereits gegenwärtig fast ausschließlich per Seeschifffahrt.
- Der TS *Seeschifffahrt* generiert starke Abhängigkeiten für die TS *Mineralöl* und *Binnenschifffahrt*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von den TS *Mineralöl*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* stark abhängig und besitzt Interdependenzen mit den TS *Binnenschifffahrt* und *Logistik*.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015e: KRITIS-Sektorstudie Transport und Verkehr. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_TuV.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.5.2020).



Teilektor Binnenschifffahrt

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Binnenschifffahrt* umfasst den Transport von Personen und Gütern über Binnenschifffahrtsstraßen und -häfen. Mit knapp 250 verkehrswirtschaftlich relevanten Binnenhäfen und einem Binnenwasserstraßennetz von ca. 6.600 km ist die deutsche Binnenschifffahrt auch im internationalen Kontext äußerst relevant. (Vgl. BSI 2015e: 31) Bereits gegenwärtig ist die Binnenschifffahrt hinsichtlich des Im- und Exports von Waren von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung; Tendenz aufgrund des zunehmenden Transportaufkommens steigend (vgl. BSI 2015e: 28). Wichtige Akteur*innen des TS sind die Wasser- und Schifffahrtverwaltungen, die die Nutzung der Wasserstraßen koordinieren, sowie Transportmittelbetreibende (Reedereien, private

und öffentliche Schiffs- und Werftbetreiber) und Infrastrukturbetreibende, bspw. von Häfen, Wasserstraßen und Ingenieurbauwerken wie Wehren, Schleusen, Schiffshebewerken. Darüber hinaus liefern die Akteur*innen Deutscher Wetterdienst (DWD) und Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) für die (Binnen-)Schifffahrt wichtige wetter- und wasserstandsbezogene Informationen. (Vgl. BSI 2015e: 35f.) Besondere Herausforderungen für den TS stellen die zunehmende Digitalisierung, der Infrastrukturinvestitionsbedarf sowie ökonomische und ökologische Entwicklungen wie z.B. Dürren dar (vgl. BSI 2015e: 38; Website BDB 2018: 1f).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

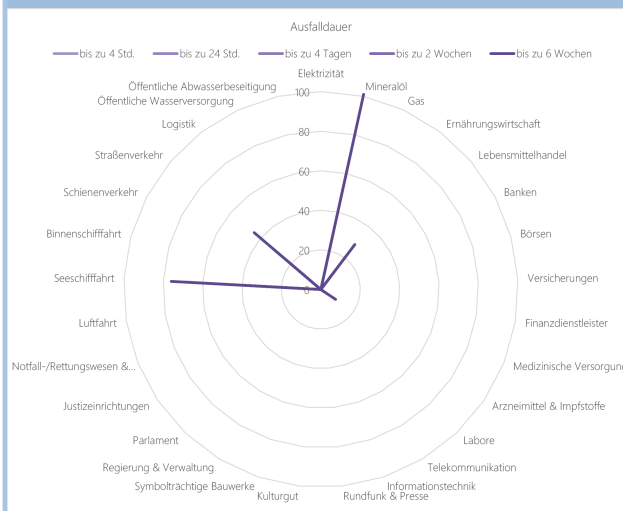
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

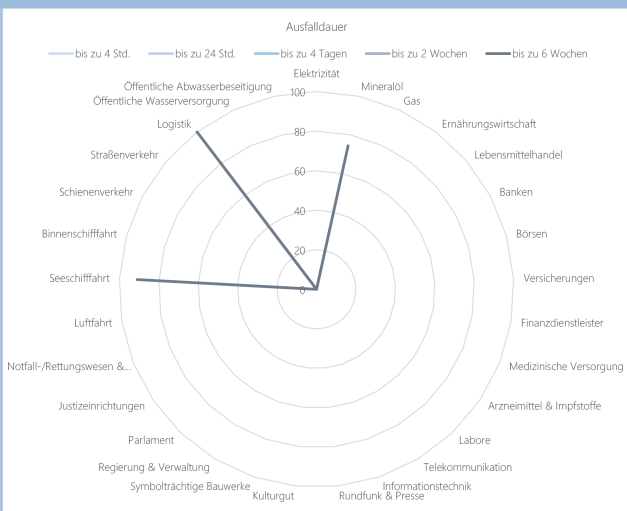
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Binnenschifffahrt



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Binnenschifffahrt



Analyseergebnisse

Der TS *Binnenschifffahrt* generiert insb. für die TS *Mineralöl* und *Seeschifffahrt* starke Abhängigkeiten, wirkt sich jedoch auch auf die TS *Straßenverkehr*, *Ernährungswirtschaft* und *Arzneimittel & Impfstoffe* aus. Ab-

hängig ist der TS *Binnenschifffahrt* von den TS *Seeschifffahrt* und *Logistik* sowie vom TS *Mineralöl*. Diese führen insb. bei einem Ausfall von bis zu sechs Wochen zu starken Beeinträchtigungen des TS *Binnenschifffahrt*.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Binnenschifffahrt* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 3 von 28 TS, davon 2 unterschätzt und 1 überschätzt.

Take-Home Messages

- Als einer von wenigen TS ist der TS *Binnenschifffahrt* nicht unmittelbar von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* abhängig.
- Der TS *Binnenschifffahrt* ist mit den TS *Seeschifffahrt*, *Logistik* und *Mineralöl* interdependent.
- Der TS verfügt über ein mäßiges Bewusstsein über seine ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

Website BDB (Hg.) 2018: Dürre in Deutschland erfordert das Handeln von Politik und Verwaltung: Binnenschifffahrt auf dem Trockenen. Pressemitteilung des Bundesverbands der Deutschen Binnenschifffahrt e.V. vom 23.10.2018. Abgerufen von <https://www.binnenschiff.de/wp-content/uploads/2018/10/181023-D%C3%BCrre-in-Deutschland.pdf> (zugegriffen am 28.4.2020).

BSI (Hg.) 2015e: KRITIS-Sektorstudie Transport und Verkehr. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_TuV.pdf?jsessionid=784CD9DCAC7F376FD50BF5A43AE55EA.2_cid353?__blob=publicationFile (zugegriffen am 20.4.2020).



Teilektor Schienenverkehr

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Schienenverkehr* umfasst den Betrieb aller Infrastrukturen, Transportmittel und Steuerungsdienste, die zum Transport von Personen und Gütern über den Verkehrsträger Schiene erforderlich sind (vgl. BSI 2015e: 15). Über diesen werden jährlich knapp 2,5 Mrd. Personen transportiert und 17% des Güterverkehrs abgewickelt. Möglich machen dies die knapp 38.000 km Schienennetz, ca. 9.000 Bahnhöfe und Haltepunkte, knapp 3.500 Stellwerke und 70.000 Weichen bzw. Kreuzungen. (Vgl. BSI 2015e: 40) Größter Netzbetreiber ist die Deutsche Bahn AG (DB), deren Tochterunternehmen DB Regio AG auch größter Transportmittelbetreiber ist (vgl.

BSI 2015e: 45). „Trotz langjähriger Liberalisierung des Schienenverkehrs in Deutschland haben Unternehmen der öffentlichen Hand noch immer eine dominierende Position im Markt inne, sowohl beim Güter- als auch beim Personenverkehr.“ (BSI 2015e: 50) Dies spiegelt sich insb. im Fernverkehr wider, der mit einem Marktanteil von 98% fast ausschließlich von der DB erbracht wird (vgl. BSI 2015e: 46). Eine Besonderheit des TS *Schienenverkehr* ist der Betrieb eines eigenen Bahnstromnetzes, das zusätzlich zum öffentlichen Stromnetz Strom für den Fahrbetrieb bereitstellt (vgl. BSI 2015e: 43).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

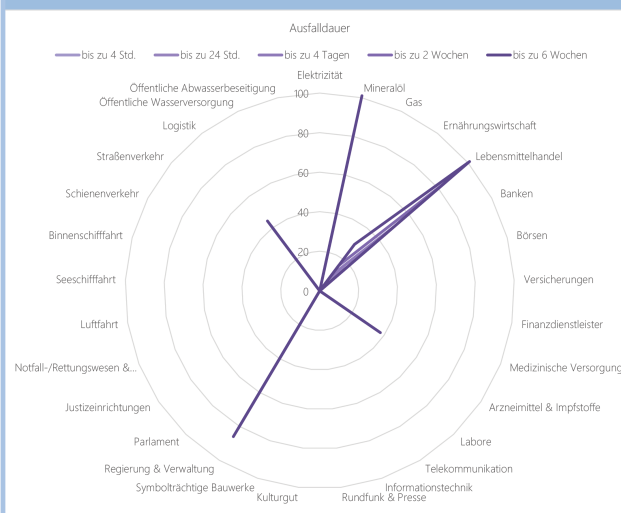
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

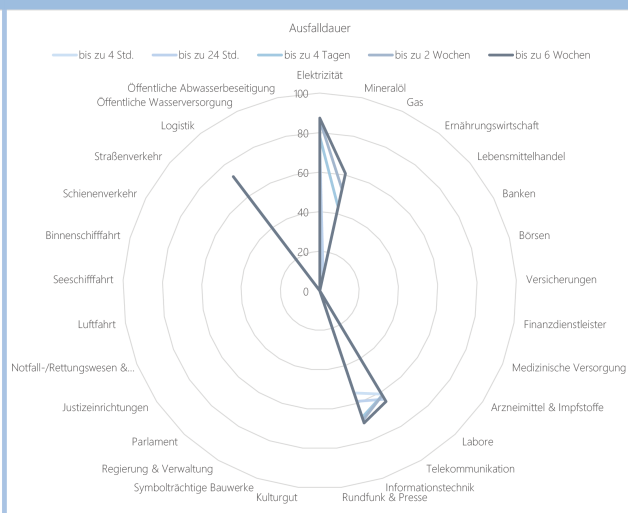
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Schienenverkehr



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Schienenverkehr



Analyseergebnisse

Der TS *Schienenverkehr* besitzt gleichviele ein- wie ausgehende Dependenzen. Vom TS *Schienenverkehr* besonders abhängig sind die TS *Mineralöl* und *Ernährungswirtschaft*. Starke Abhängigkeiten besitzt zudem der TS *Regierung & Verwaltung*. Abhängig ist der TS *Schienenverkehr* insb. vom TS *Elektrizität*. Bereits bei einem vierstündigen Ausfall kommt es zu

starken Beeinträchtigungen des TS *Schienenverkehr*. Diese Beeinträchtigungen nehmen jedoch mit längerer Ausfalldauer kaum zu, was auf das Vorhandensein eines separaten Bahnstromnetzes zurückzuführen sein mag. Weitere Abhängigkeiten bestehen von den TS *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und *Logistik*. Mit dem TS *Mineralöl* besteht eine Interdependenz.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Niedriges Potenzial des TS *Schienenverkehr* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 5 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der Fahrbetrieb im Schienenverkehr wird durch ein eigenes Bahnstromnetz unterstützt.
- Die stärksten ausgehenden Dependenzen des TS bestehen zu den TS *Mineralöl* und *Lebensmittelhandel*.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen.
- Der TS ist selbst stark von den TS *Elektrizität*, *Informationstechnik* und *Logistik* abhängig.
- Der TS besitzt ein niedriges Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015e: KRITIS-Sektorstudie Transport und Verkehr. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_TuV.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.5.2020).



Teilektor Straßenverkehr

Beschreibung des Teilektors (TS)

Der TS *Straßenverkehr* erbringt Transportleistungen für Privatpersonen und die Wirtschaft. Jeweils knapp 80% der Beförderungsleistung des Personen- und Güterverkehrs findet im Transitland Deutschland über die Straße statt. (Vgl. BSI 2015e: 51) Der Transportmittelbetrieb des TS untergliedert sich in den motorisierten Individualverkehr (MIV), den öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) sowie den Güterverkehr (vgl. BSI 2015e: 55-57). Der TS *Straßen-*

verkehr fällt unter den Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (vgl. BSI 2015e: 63). Aktuelle Trends und Herausforderungen des TS bestehen in der Elektromobilität und im intelligenten Verkehr (Verkehrssteuerung, autonomes Fahren etc.), die zu einer Erhöhung der Abhängigkeit von den TS *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* führen (vgl. BSI 2015e: 65f).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

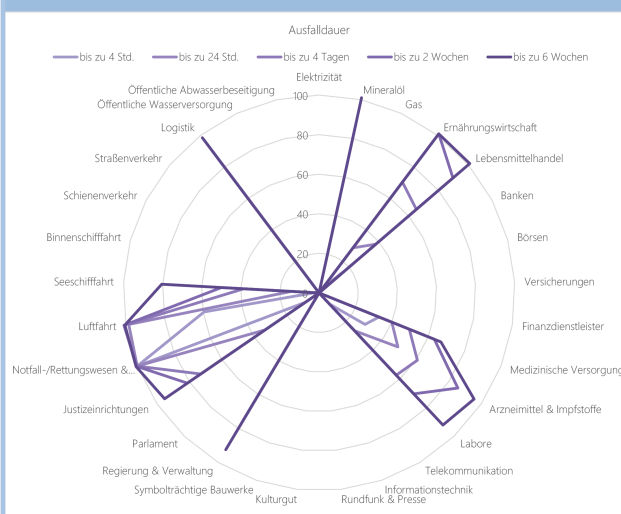
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

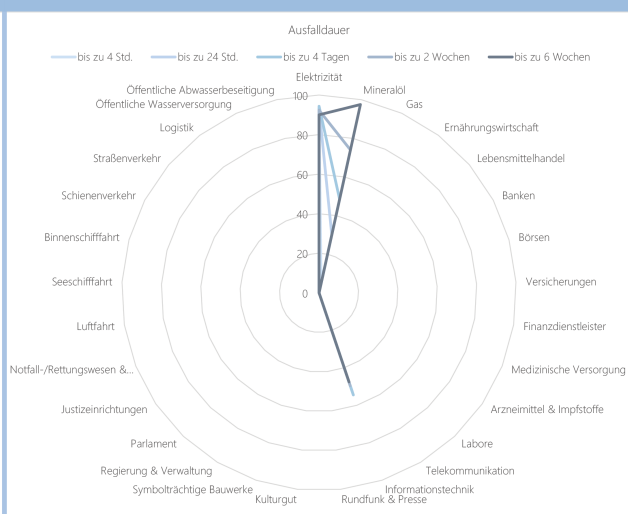
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Straßenverkehr



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Straßenverkehr



Analyseergebnisse

Der TS *Straßenverkehr* generiert Abhängigkeiten zu zahlreichen anderen TS und ist selbst lediglich von drei TS abhängig. Bei einem Ausfall des TS *Straßenverkehr* von bis zu zwei Wochen kommt es zu starken bis vollen Beeinträchtigungen in den TS *Mineralöl* und *Logistik* sowie jeweils mehreren TS der Sektoren *Ernährung*, *Gesundheit* und *Staat & Verwaltung*. Die eingehenden Dependenzen,

die der TS *Straßenverkehr* von den TS *Elektrizität*, *Mineralöl* und *Informationstechnik* aufweist, variieren über die Ausfalldauern stark. Während die Beeinträchtigung des TS *Straßenverkehr* bei einem lediglich vierstündigen Ausfall des TS *Elektrizität* bereits stark sind, bedarf es eines bis zu zweiwöchigen Ausfalls des TS *Mineralöl* für eine vergleichbare Beeinträchtigungsstärke.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Straßenverkehr* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 3 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Straßenverkehr* ist Bestandteil nahezu aller privaten und ökonomischen Aktivitäten.
- Ein Ausfall des TS *Straßenverkehrs* beeinträchtigt zahlreiche andere TS stark.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Dependenzen des TS.
- Der TS ist nur von den TS *Elektrizität* und *Mineralöl* stark abhängig.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015e: KRITIS-Sektorstudie Transport und Verkehr. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_TuV.pdf?sessionid=71C1748A2F2A536F6394A39551664C38.2_cid353?__blob=publicationFile (zugegriffen am 15.4.2020).



Teilsektor Logistik

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Logistik* umfasst den gesamten physischen „Materialfluss zur Verfügbarkeit von Waren innerhalb eines Unternehmens sowie zwischen Organisationen und deren Umwelt“ (BSI 2015f: 13) und betrifft damit im Wesentlichen die Mikro- und Metalogistik (vgl. BSI 2015f: 28f.). Hierunter fallen „Transport, Umschlag, Lagerung, Kommissionierung und Verpackung [der Waren] sowie begleitende Informations- und Kommunikationsprozesse“ (BSI 2015f: 13). Der TS *Logistik*

nimmt dabei eine Querschnittsfunktion ein. Einerseits basiert er auf den Infrastrukturen der anderen TS des Sektors *Transport & Verkehr*; andererseits erbringt er wirtschaftliche Dienstleistungen auch für andere Sektoren, wie bspw. *Ernährung* und *Gesundheit* (vgl. BSI 2015f: 13, 19). Dieser Umstand erschwert die präzise Abgrenzung des TS. Zentrale Akteur*innen des TS sind die Logistikunternehmen sowie Verbände und Regulierungsbehörden (vgl. BSI 2015f: 34f., 37).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

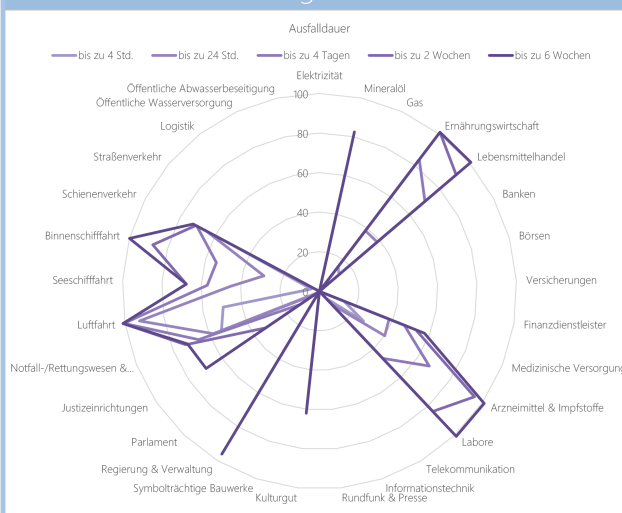
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

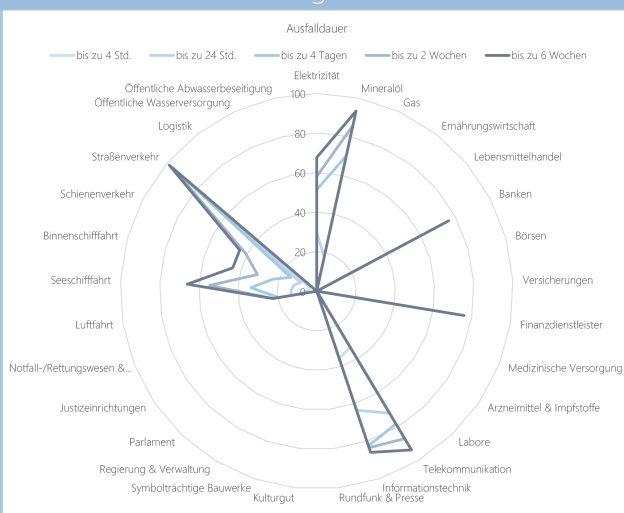
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Logistik



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Logistik



Analyseergebnisse

Der TS *Logistik* weist zahlreiche Abhängigkeiten auf, wobei er mehr aus- als eingehende Abhängigkeiten besitzt. Dabei ist er mit den meisten TS seines Sektors interdependent. Eine besonders hohe Abhängigkeit vom TS *Logistik* weisen die TS der Sektoren *Ernährung* und *Gesundheit* auf. Jedoch führt ein Ausfall des TS *Logistik* auch in anderen TS wie *Mineralöl*, *Regierung*

& *Verwaltung*, *Luftfahrt* und *Binnenschifffahrt* zu starken Beeinträchtigungen. Der TS ist selbst besonders stark von den TS *Mineralöl*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und *Straßenverkehr* abhängig. Bei einem bis zu vier Tage anhaltenden Ausfall eines dieser TS kommt es zu einer starken Beeinträchtigung.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Moderates Potenzial des TS *Logistik* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 7 von 28 TS, davon 4 unterschätzt und 3 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS *Logistik* umfasst weit mehr als den Gütertransport, weshalb dieser ein eigener TS im Sektor *Transport & Verkehr* ist.
- Ein Ausfall des TS *Logistik* beeinträchtigt zahlreiche Teilsektoren stark bis voll.
- Es besteht ein mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten.
- Der TS ist von mehreren TS stark abhängig und besitzt zu fast allen TS seines Sektors Interdependenzen.
- Der TS besitzt ein moderates Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015f: KRITIS-Sektorstudie Logistik. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Logistik.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 16.5.2020).



Teilektor Öffentliche Wasserversorgung

Beschreibung des Teilssektors (TS)

Der TS *Öffentliche Wasserversorgung* umfasst die Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Trink- und Nutzwasser, inkl. Löschwasser (vgl. BSI 2015b: 15, 34; BABS 2010a: 1). Da Wasser sowohl ein unersetzliches Lebensmittel als auch eine notwendige hygienische Ressource darstellt (vgl. BSI 2015b: 15), ist „[d]ie Sicherung des Zugangs zu sauberem Trinkwasser [...] Kernaufgabe der staatlichen Daseinsvorsorge [...] [und im

Wasserhaushaltsgesetz (WHG) verankert“ (BBK 2019: 14, eigene Ergänzung). Die Zuständigkeit für die Wasserversorgung obliegt primär den örtlichen Wasserversorgungsunternehmen. Weitere Akteur*innen und Aufgabenträger*innen, die die Sicherheit der Wasserversorgung gewährleisten, sind die kommunalen und Landeskatastrophenschutzbehörden sowie der Bund. (Vgl. BBK 2019: 23f.)

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

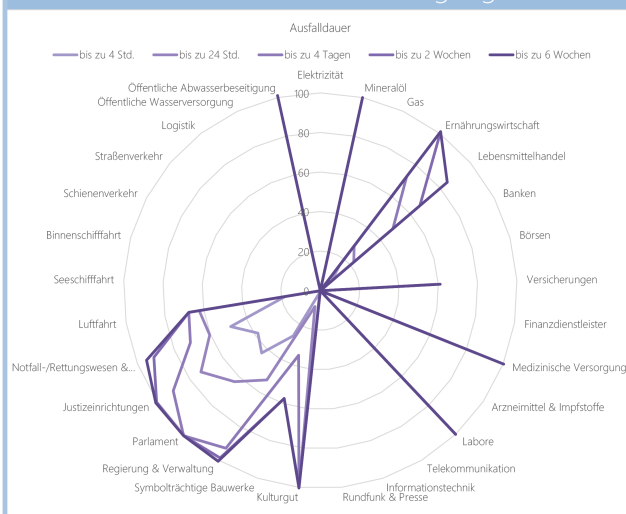
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

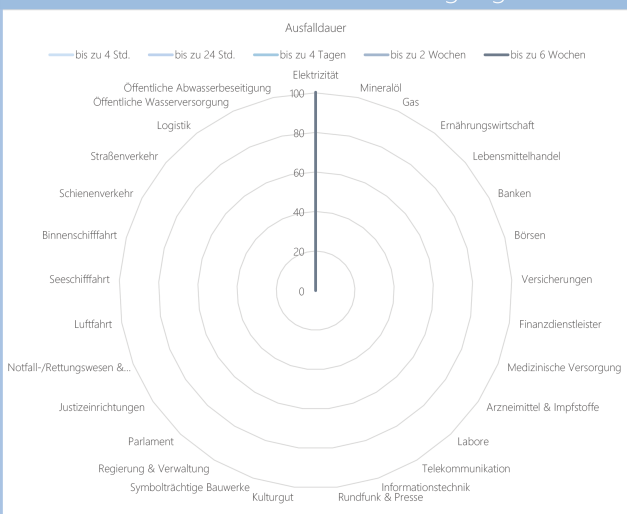
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Dependenzen des TS Öffentliche Wasserversorgung



Stärke der eingehenden Dependenzen des TS Öffentliche Wasserversorgung



Analyseergebnisse

Der TS *Öffentliche Wasserversorgung* generiert viele starke Abhängigkeiten, ist selbst jedoch nur von dem TS *Elektrizität* direkt abhängig. Ein Ausfall des TS *Öffentliche Wasserversorgung* von zwei Wochen hätte massive Beeinträchtigungen in diversen TS zur Folge, insbesondere in den TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung*, *Medizinische Versorgung*

und *Kulturgut*, wie auch in den TS der Sektoren *Ernährung* und *Staat & Verwaltung*, inkl. *Notfall-/ Rettungswesen & Katastrophenschutz*. Ab einer Ausfalldauer des TS *Elektrizität* von zwei Wochen kommt es im TS *Öffentliche Wasserversorgung* zu einer vollen Beeinträchtigung.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Öffentliche Wasserversorgung* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 11 von 28 TS, davon alle unterschätzt.

Take-Home Messages

- Wasser ist das wichtigste Lebensmittel.
- Der TS generiert zahlreiche starke Abhängigkeiten für andere TS.
- Es besteht ein geringes Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten, deren Anzahl deutlich unterschätzt wird.
- Der TS ist lediglich vom TS *Elektrizität* unmittelbar abhängig, dafür aber stark.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

- BABS (Hg.) 2010a: Factsheet Wasserversorgung. Abgerufen von https://www.babs.admin.ch/content/babs-internet/de/aufgabenbabs/ski/kritisch/_jcr_content/contentPar/accordionItems/nahrung/accordionPar/downloadlist/downloadItems/198_1461241506429.download/wasserversorgung_de.pdf (zugegriffen am 6.4.2020).
- BBK (Hg.) 2019: Sicherheit der Trinkwasserversorgung: Teil 1: Risikoanalyse. Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 15. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Abgerufen von https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevölkerungsschutz/PiB_15_Sicherheit_der_Trinkwasserversorgung.pdf?__blob=publicationFile (zugegriffen am 28.4.2020).
- BSI (Hg.) 2015b: KRITIS-Sektorstudie Ernährung und Wasser. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Energie.pdf;jsessionid=141DEF80FA03007828183A98C56AA153.2_cid355?__blob=publicationFile (zugegriffen am 23.4.2020).



Teilsektor Öffentliche Abwasserbeseitigung

Beschreibung des Teilsektors (TS)

Der TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* umfasst die Sammlung und Zuleitung anfallender Abwässer, deren Behandlung in Kläranlagen, die Ausleitung des gereinigten und aufbereiteten Wassers sowie die Beseitigung und ggf. Verwertung des Klärschlammes (vgl. BSI 2015b: 34). Er bildet somit einen Teil des Wasserkreislaufs und ist besonders mit der Trinkwasserversorgung eng verbunden (vgl. BSI 2015b: 74). Die Abwasserbeseitigung in Deutschland liegt in der Zuständigkeit der Kommunen

und ist mit ihren knapp 10.000 Kläranlagen überwiegend öffentlich-rechtlich organisiert. Der TS erbringt im Rahmen der Daseinsvorsorge überlebensnotwendige Leistungen, deren Ausfall zu großen hygienischen bzw. gesundheitlichen Auswirkungen führen kann. (Vgl. BSI 2015b: 35-37) Zentrale gesetzliche Grundlagen des TS bilden das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Landeswassergesetze sowie die Abwasserverordnung (vgl. BSI 2015b: 72).

Energie

Ernährung

Finanz- & Versicherungswesen

Gesundheit

IT & TK

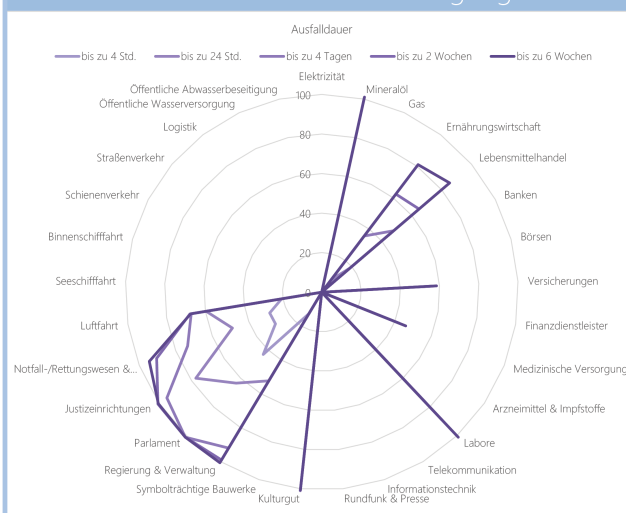
Medien & Kultur

Staat & Verwaltung

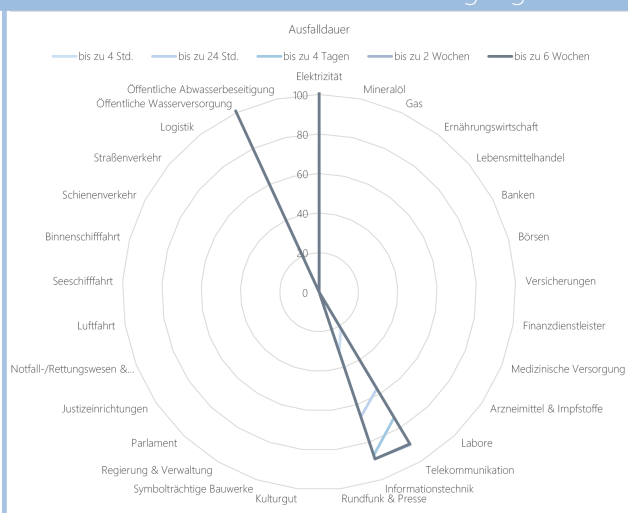
Transport & Verkehr

Wasser

Stärke der ausgehenden Abhängigkeiten des TS Öffentliche Abwasserbeseitigung



Stärke der eingehenden Abhängigkeiten des TS Öffentliche Abwasserbeseitigung



Analyseergebnisse

Der TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* generiert zahlreiche Abhängigkeiten für andere TS und ist selbst von lediglich vier TS abhängig. Besonders starke ausgehende Abhängigkeiten generiert der TS für die TS des Sektors *Staat & Verwaltung*, sowie die TS *Mineralöl*, *Labore* und *Kultur*. Diese sind bei einem bis zu zweiwöchigen Ausfall des TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* stark bis voll beeinträchtigt. Des Weiteren sind die TS des Sektors *Ernährung* sowie die

TS *Versicherungen* und *Finanzdienstleister* vom TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* abhängig. Dieser ist wiederum besonders stark vom TS *Elektrizität* abhängig, sodass potenziell bereits ein viertätiger Stromausfall zu einer vollen Beeinträchtigung des TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* führen würde. Aber auch die Abhängigkeiten des TS von den TS *Telekommunikation*, *Informationstechnik* und *Öffentliche Wasserversorgung* sind stark.

Systemisches Kaskadenpotenzial



Hohes Potenzial des TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* zur Weitergabe von Kaskadeneffekten.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten



Fehleinschätzung: 14 von 28 TS, davon 12 unterschätzt und 2 überschätzt.

Take-Home Messages

- Der TS ist eng mit dem TS *Öffentliche Wasserversorgung* verknüpft.
- Der TS generiert zahlreiche Abhängigkeiten.
- Das Bewusstsein des TS für diese ausgehenden Abhängigkeiten ist gering.
- Der TS *Öffentliche Abwasserbeseitigung* besitzt selbst nur wenige, dafür aber sehr starke eingehende Abhängigkeiten.
- Der TS besitzt ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial.

Quellen

BSI (Hg.) 2015b: KRITIS-Sektorstudie Ernährung und Wasser. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Abgerufen von https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Energie.pdf?jsessionid=141DEF80FA03007828183A98C56AA153.2_cid355?__blob=publicationFile (zugegriffen am 23.4.2020).

Leseanleitung und allgemeine Hinweise für die Steckbriefe:

Die nachfolgende Aufbereitung umfasst die 29 Teilssektoren („Branchen“) der nationalen KRITIS-Strategie. Auf jeweils einer Seite sind die wichtigsten Informationen über die Teilssektoren in Form von Steckbriefen zusammengetragen. Sie sollen als Informations- und Kommunikationsinstrument dienen.

Die Steckbriefe folgen immer demselben Aufbau. Der Reiter am Rand zeigt die Sektorzugehörigkeit des Teilssektors an. Die Informationen zur Beschreibung des Teilssektors stammen überwiegend aus Bundesdokumenten, insb. aus den Sektorstudien des BSI, deren Quellenangaben sich am Ende des Steckbriefs befinden. Die Datengrundlage aller weiteren Ausführungen der Steckbriefe entstammt der Befragung „Dependenzen zwischen KRITIS-Teilssektoren“, die im Frühjahr des Jahres 2019 im Rahmen des Dissertationsvorhabens von H. C. Schmitt entwickelt und durchgeführt wurde. Pro Teilssektor wurden drei bis fünf Expert*innen mittels einer Online-Befragung über die ein- und ausgehenden Dependenzen ihres Teilssektors befragt.

Die eingebetteten Spinnennetzdiagramme zeigen das Vorhandensein, die Stärke und die zeitliche Entwicklung der Dependenzen zwischen den Teilssektoren auf. Das Infokästchen zum Systemischen Kaskadenpotenzial drückt die (hier: klassifizierte) Möglichkeit und Stärke eines sich potenziell über das KRITIS-SoS ausbreitenden Kaskadeneffekts über die Zeit aus. Die Berechnung hinter den Kaskadenpotenzialklassen zielt darauf, die Vernetzung innerhalb des komplexen Systems von Systemen (SoS) physischer und funktionaler KRITIS-Anlagen und -Systeme (be-)greifbar zu machen und kann der Dissertation entnommen werden. Das Infokästchen zum Bewusstsein über ausgehende Dependenzen stellt den Abgleich der Befragungsergebnisse zwischen angenommenen ausgehenden und tatsächlich angegebenen eingehenden Dependenzen aller anderen Teilssektoren dar. Die Take-Home-Messages fassen zum Schluss die wichtigsten Punkte zu jedem Teilssektor zusammen.

Disclaimer

Für tiefere Informationen zu Erhebungsmethodik und Ergebnissen s. Dissertation H. C. Schmitt (2021) mit dem Titel „Was heißt hier eigentlich ‚kritisch‘? Entwicklung einer Evidenzgrundlage zum Umgang mit kritischen Infrastrukturen in der Raumordnung“.

Reiter (1)

Das im seitlichen Reiter farblich hervorgehobene Feld zeigt an, welchem KRITIS-Sektor der vorliegende Teilssektor zugehörig ist.

Spinnennetzdiagramme (2)

Das Spinnennetzdiagramm der ausgehenden Dependenzen beinhaltet die Stärke und zeitliche Entwicklung, mit der andere Teilssektoren vom hiesigen Teilssektor abhängig sind. Das Spinnennetzdiagramm der eingehenden Dependenzen stellt diese Informationen für die Abhängigkeiten des Teilssektors von anderen Teilssektoren dar. Die zeitliche Entwicklung wird dabei über diverse Ausfalldauern abgebildet: von bis zu 4 Stunden, von bis zu 24 Stunden, von bis zu 4 Tagen, von bis zu 2 Wochen und von bis zu 6 Wochen. Die zentralen Aussagen der Spinnennetzdiagramme sind jeweils im darunter stehenden Text zusammenfassend beschrieben.

Systemisches Kaskadenpotenzial (3)

Das systemische Kaskadenpotenzial drückt das Potenzial zur Weitergabe von Kaskadeneffekten auf Grundlage des Vorhandenseins und der Richtung der Vernetzung eines Teilssektors innerhalb des KRITIS-SoS aus. Dabei berücksichtigt es auch die Stärke und Geschwindigkeit, mit der ein potenzieller Kaskadeneffekt weitergegeben wird. Es wird klassifiziert dargestellt und kann folgende Werte annehmen: hoch, moderat, gering oder – in Einzelfällen – nicht vorhanden.

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten (4)

Das Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten bildet ab, wie umfassend die Kenntnis des Teilssektors über die von ihm abhängigen Teilssektoren ist. Dabei wird die vom Teilssektor angenommene Abhängigkeit anderer Teilssektoren mit den von den anderen Teilssektoren tatsächlich bestätigten Abhängigkeiten verglichen. Bei bis zu zwei Fehleinschätzungen gilt das Bewusstsein als gut, bei bis zu zehn als mäßig und darüber hinaus als gering.

Take-Home Messages (5)

Unter den Take-Home Messages sind die für den Teilssektor wichtigsten Informationen zu den eingehenden und ausgehenden Dependenzen, dem Systemischen Kaskadenpotenzial und dem Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten zusammengefasst.

1

Ein Ausfall dieses Teilssektors hat schwerwiegende Auswirkungen auf andere Teilssektoren.

2

Die Stärke der eingehenden Dependenzen ist hoch.

3

Das systemische Kaskadenpotenzial ist moderat.

4

Das Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten ist gut.

5

Die wichtigsten Informationen zu den eingehenden und ausgehenden Dependenzen, dem Systemischen Kaskadenpotenzial und dem Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten sind in den Take-Home Messages zusammengefasst.

Staat & Verwaltung

Systemisches Kaskadenpotenzial
MODERAT

Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten
GUT

Take-Home Messages

- Der TS *Parlament* repräsentiert den Sektor *Staat & Verwaltung*.
- Ein Ausfall des TS beeinträchtigt die *Regierung & Judikative (Justizeinrichtungen)*.
- Es besteht ein gutes Bewusstsein über ausgehende Dependenzen.
- Der TS ist von mehreren anderen Teilssektoren abhängig und besitzt eine Interdependenz mit dem Sektor *Staat & Verwaltung*.



Zwischenfazit – KRITIS-SoS in Deutschland

Kapitel 5 widmet sich unter ALF 3: **Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?** der Erprobung des Operationalisierungsansatzes des Systemischen Kaskadenpotenzials sowie der Generierung von Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS. Hierzu findet die in ► Kapitel 4 entwickelte Erhebungsmethodik samt Auswertungskonzept Anwendung.

Zu Beginn werden Hinweise zur Durchführung der Analyse gegeben, indem deren zeitlicher Ablauf und Informationen zum Rücklauf beschrieben werden. Innerhalb eines Erhebungszeitraum von 80 Tagen erzielte die Online-Umfrage 103 vollständige Rückmeldungen, d. h. drei bis fünf Rückmeldungen pro Teilsektor bei einer Rücklaufquote von über 42 Prozent. (► s. Kap. 5.1)

Die Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials erfolgt entlang der vier Parameter überwiegend durch statistisch-deskriptive Auswertung der Befragungsdaten sowie durch die Nähezentralitätsberechnung im Rahmen einer Netzwerkanalyse. Dabei werden jeweils zwei Datensätze verwendet: ein Datensatz umfasst alle rückgemeldeten Antworten, der andere lediglich die Mehrheitsantworten, die von mindestens der Hälfte der Befragten bestätigt werden. Ein besonders hohes Systemisches Kaskadenpotenzial weist (in beiden Datensätzen) der Teilsektor *Elektrizität* auf. Unter Auswertung der Mehrheitsantworten ergibt sich, dass zwei Teilsektoren, *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*, kein Systemisches Kaskadenpotenzial aufweisen. (► s. Kap. 5.2)

Die diversen Auswertungen und Aufbereitungsformen abseits der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials dienen dem tieferen Erkenntnisgewinn über die Ausgestaltung des KRITIS-SoS in Deutschland. Zur Förderung des Verständnisses des Wirkungsgefüges zeigen mehrere Netzwerkdiagramme die Veränderung des Verhaltens der Teilsektoren über die Zeit auf. Weitere Diagramme, bspw. Spinnennetz- und Kaskadendiagramme, liefern tiefergehende Informationen über die Ausgestaltung der einzelnen Teilsektoren. Während erstere eine Aufbereitung der Richtung und Stärke der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten über die Zeit darstellen, visualisieren letztere mögliche (lineare) Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten. Teilsektor-Steckbriefe fassen die wichtigsten Erkenntnisse über die Teilsektoren zusammen und bieten eine Abschätzung des Bewusstseins der jeweiligen Teilsektoren über ihre ausgehenden Abhängigkeiten. (► s. Kap. 5.3)

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt im Folgekapitel, in dem auch eine Plausibilisierung der Besonderheiten der Ergebnisse der einzelnen Aufbereitungsformen stattfindet. Dort werden die Ergebnisse zudem einer externen Validierung durch potenzielle Anwender*innen unterzogen, die die Eignung des Operationalisierungsansatzes und den Mehrwert der auf das KRITIS-SoS bezogenen, zusätzlichen Informationen beurteilen.



6. Interpretation, Plausibilisierung und Validierung der Ergebnisse

Nach der Präsentation der Analyseergebnisse in ► Kapitel 5 gilt es diese nun tiefergehend zu interpretieren und Auffälligkeiten zu plausibilisieren. Letzteres wird insb. durch einen Abgleich der Erkenntnisse der unterschiedlichen Aufbereitungs- und Auswertungsformen möglich. Zunächst liegt der Fokus dabei wieder auf den Ergebnissen der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 6.1), ehe die Interpretation und Plausibilisierung der Verständnisgrundlagen erfolgt (► s. Kap. 6.2). Im Anschluss an die (interne) Interpretation und Plausibilisierung der Ergebnisse erfolgt eine externe Validierung dieser (► s. Kap. 6.3). Hierzu werden Expert*inneninterviews mit potenziellen Anwender*innen der Methodik und Ergebnisse geführt, in denen Hinweise auf Stärken und Schwächen gesammelt und aufbereitet werden. Das gesamte ► Kapitel 6 trägt damit, wie bereits ► Kapitel 5, zur Beantwortung von ALF 3: **Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?** bei.

Ehe jedoch eine tiefergehende Interpretation, Plausibilisierung und Interpretation der Ergebnisse erfolgen kann, gilt es zunächst übergreifend über die Quantität und Qualität der erhobenen Daten zu reflektieren, die ergebnisentscheidend sind. Hierzu wird zunächst der Erfolg des Rücklaufs der Befragung diskutiert, ehe näher auf Aspekte zur Qualitätssicherung eingegangen wird. Diesbezüglich stehen insb. die mit der Umfrage tatsächlich erreichten Expert*innen, eventuelle Verzerrungen der Antworten aufgrund von weltpolitischen Ereignissen sowie der Erkenntnisgewinn durch Auswertung beider Datensätze („alle Antworten“ und „Mehrheitsantworten“) im Fokus.

Anmerkungen zur Datenquantität

Bezüglich der Datenquantität lässt sich festhalten, dass der Mindesterhebungsumfang ($n_{\text{Teilsektor}} \geq 3$; $n_{\text{gesamt}} \geq 87$) mit 103 vollständigen Rückmeldungen deutlich überschritten wurde. Die Rücklaufquote kann mit knapp über 42 Prozent als zufriedenstellend bezeichnet werden, da Online-Befragungen im Vergleich zu anderen, fragebogengestützten Befragungstypen ein deutlich geringerer Rücklauf attestiert wird (Engel & Schmidt, 2014: 333). Positiv hervorzuheben ist auch, dass die Quote der abgebrochenen Fragebögen (engl. ‚drop-outs‘) bei unter zehn Prozent liegt, was für eine gute Verständlichkeit und Durchführbarkeit der Umfrage spricht (Wagner & Hering, 2014: 667). Auch der geringe Aufwand, der zur Datenbereinigung aufzubringen war, deutet auf eine verständliche Umfragestruktur sowie eine stabile Software hin.



Anmerkungen zur Datenqualität

Dass die Hälfte der per E-Mail versendeten Anfragen geöffnet wurde, ist für die Ausgestaltungsform dieser Online-Befragung (als Websurvey im Forschungskontext mit E-Mail-Rekrutierung) als erfolgreicher Rücklauf³⁹ zu werten. Als Qualitätskriterium deutlich aufschlussreicher als die Rücklaufquote ist jedoch die Anzahl der abgebrochenen Fragebögen, da diese sowohl auf den Erfolg der Stichprobenauswahl als auch der Teilnehmer*innenansprache und -motivation reflektiert. Der geringe Wert von knapp neun Prozent abgebrochenen Fragebögen (22 Stück) ist entsprechend als besonders positiv hervorzuheben, da es bei Online-Befragungen mitunter zu gleichermaßen vielen Abbrüchen wie Durchführungen kommt (Theobald, 2017: 352, 355).

Allerdings spiegelt die hohe Anzahl von 120 nicht erreichten Expert*innen aufgrund der Stichprobenziehung über eine bewusste Auswahl unmittelbar auf die Qualität der Erhebungsdaten zurück. Denn die Quote von knapp 50 Prozent nicht erreichter Expert*innen bedeutet, dass in diversen Fällen nicht die Einrichtungen der höchsten Prioritätsstufen gemäß Auswahlplan (► s. Kap. 4.3.2) erreicht werden konnten. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass insgesamt deutlich weniger Einrichtungen der höheren Prioritätsstufen vorhanden sind, die überhaupt angefragt werden können, und dass zu Umfrageende eine erhöhte Anzahl gleichzeitiger Anfragen versendet wurde. Welche Einrichtungen welcher Prioritätsstufen in jedem Teilsektor erreicht wurden und inwiefern es sich um über- oder unterdurchschnittliche Erreichung prioritärer Einrichtungen handelt, kann in ► Anhang IV.i im Detail nachvollzogen werden. Dass wiederum über 50 Prozent aller vollständigen Rückmeldungen aus der Gruppe der höchstpriorisierten Einrichtungen kommt, ist positiv zu vermerken. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass es sich auch bei Rückmeldungen aus geringer priorisierten Einrichtungen noch immer um geeignete Daten handelt, was durch Aufstellung des Kriterien- und Auswahlplans (► s. Kap. 4.3.2) sichergestellt wurde.

Während der Datenerhebung sind eventuell datenbeeinflussende (Welt-)Ereignisse zu identifizieren und es ist zu ermitteln, inwiefern diese zu einer Veränderung der Wahrnehmung eines oder mehrerer Teilsektoren und damit zu einer Veränderung im Antwortverhalten geführt haben (► s. Kap. 4.3.2). Da sich während der zweiten Befragungswelle in Frankreich der Brand der Kathedrale Notre-Dame de Paris ereignete⁴⁰, sind die Antworten vor dem Ereignis mit denen nach dem Ereignis abzugleichen und insb. auf eine Veränderung der Wahrnehmung der Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* und deren Abhängigkeiten zu untersuchen.

Wie ► Anhang IV.ii zu entnehmen ist, gibt es, unter Auswertung der Mehrheitsantworten, vor und nach dem Brand insgesamt nur zwei Antworten, in denen eine Abhängigkeit von den Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* angegeben wird. Die eine Rückmeldung erfolgte zeitlich vor, die andere nach dem Brand der Notre-Dame de Paris. Für einen zuverlässigen Vergleich sind dies statistisch zu wenige Rückmeldungen. Da beide Rückmeldungen jedoch in der Tendenz gleich sind (geringe Beeinträchtigungen bei kurzen Ausfalldauern und starke Beeinträchtigungen erst bei

³⁹ Auf die Benennung ‚typischer‘ Rücklaufquoten sollte verzichtet werden, da diese je nach Erhebungsziel, Anwendungsbereich und Ausgestaltung stark variieren. Grundsätzlich gilt natürlich, dass je mehr Personen aus der gewünschten Stichprobe teilnehmen, diese auch umso besser abgebildet werden kann (Theobald, 2017: 122, 341ff., 352).

⁴⁰ Am 15. und 16. April 2019 kam es zu einem Großbrand im Dachstuhl und mehreren Turmspitzen der UNESCO-Weltkulturerbe-Stätte Notre-Dame de Paris. Aufgrund des Feuers und der anschließenden Löscharbeiten wurden Teile der Kathedrale vollständig zerstört (Website Gouvernement.fr, 2019). Die Kathedrale ist mehr als ein Jahr nach dem Brand weiterhin geschlossen, soll jedoch innerhalb von fünf Jahren, bis zum Sommer 2024 wiederaufgebaut sein (Sadigh, 2020).



langen Ausfalldauern) gibt es keinen Grund zur Annahme einer Verzerrung in der Wahrnehmung der Bedeutung der anderen Teilssektoren über die Teilssektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*.

Aus Perspektive der von den Teilssektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* angegebenen Abhängigkeiten lassen sich aufgrund der wenigen Datensätze ebenfalls keine umfangreicheren statistischen Auswertungen durchführen, sodass auch diese nicht eindeutig sind. Dennoch lohnt sich eine Beschreibung und Interpretation der Abhängigkeiten: Über alle Antworten hinweg ergeben sich in den Teilssektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* Abhängigkeiten zu 17 (von 28) Teilssektoren. In fünf Fällen wird die durchschnittliche Abhängigkeit nach dem Brand geringer eingeschätzt (Teilssektoren *Elektrizität*, *Mineralöl*, *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*, *Öffentliche Wasserversorgung*, *Öffentliche Abwasserbeseitigung*), in drei Fällen höher (Teilssektoren *Gas*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik*). In neun Fällen lässt sich kein Vergleich ziehen, da die Abhängigkeiten ausschließlich in Antworten nach dem Brand benannt wurden (Teilssektoren *Banken*, *Rundfunk & Presse*, *Regierung & Verwaltung*, *Parlament*, *Justizeinrichtungen*, *Luftfahrt*, *Schienenverkehr*, *Straßenverkehr*, *Logistik*).

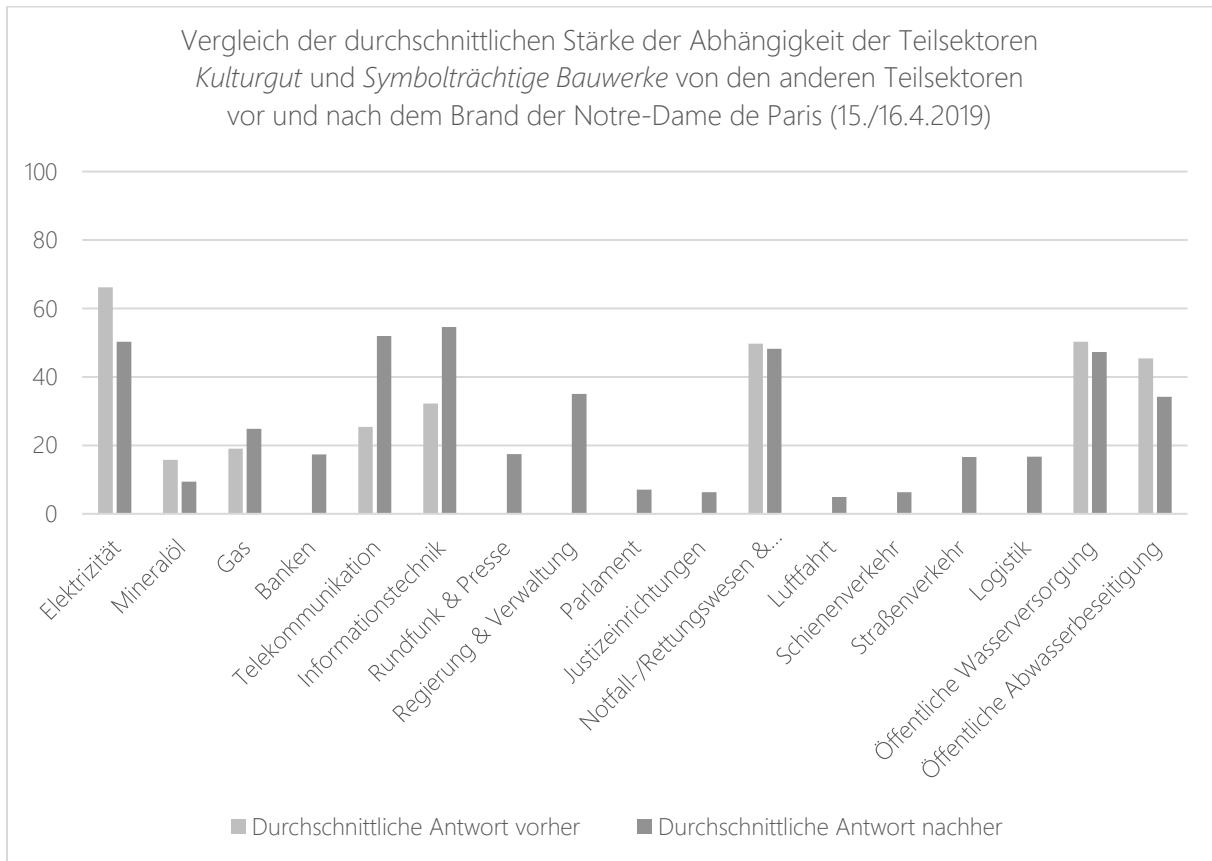
In den Fällen der Abweichungen ist diese überwiegend marginal. Stärkere Veränderungen der durchschnittlichen Antworten ergeben sich lediglich bei der Bewertung der Abhängigkeiten von den Teilssektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Inwiefern diese allerdings durch den Brand stärker ins Bewusstsein getreten sind, kann lediglich gemutmaßt werden. Bspw. könnte angenommen werden, dass die Teilssektoren zu einer besseren Brandwarnung hätten beitragen können. Da zugleich die Abhängigkeit vom Teilssektor *Notfall-/Rettungswesen und Katastrophenschutz*, der während der Bekämpfung des Brandes ausschlaggebend war, nach dem Brand im Schnitt geringer eingeschätzt wird, macht diese Annahme jedoch unwahrscheinlich.

Für die verbleibenden neun Teilssektoren, zu denen erst nach dem Brand Abhängigkeiten angegeben wurden, kann ebenfalls nicht abschließend geklärt werden, ob und inwiefern der Brand der Kathedrale Notre-Dame de Paris einen Einfluss auf die Antworten hatte. Zumindest bezüglich der Teilssektoren des Sektors *Staat & Verwaltung* ist dies nicht unwahrscheinlich. Da jedoch keine qualitativen Zusatzinformationen hinterlassen wurden, die diese Annahme be- oder widerlegen könnte, gilt es schlichtweg die Daten transparent zu machen (s. Abb. 49). Eine Wiederholung der Befragung ist insofern nicht erforderlich, als dass es sich um marginale Veränderungen und Ergänzungen handelt, die lediglich vier Datensätze und zwei Teilssektoren betreffen, die insgesamt trotz des Brandes als systemisch wenig bis gar nicht relevant eingeschätzt werden.

Nachfolgende Abbildung fasst den Vergleich der Stärke der eingehenden Abhängigkeiten (Y-Achse) der Teilssektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* als Mittelwert zusammen. Eine detaillierte Auswertung aller einzelnen Antworten findet sich in ► Anhang IV.ii.



Abbildung 49: Vergleich der Rückmeldungen vor und nach dem Brand von Notre-Dame



Quelle: eigene Darstellung.

Ebenfalls unter den Aspekt Datenqualität fällt die Distinktion der Auswertungen in die zwei Datensätze ‚alle Antworten‘ und ‚Mehrheitsantworten‘. Unter letzteren werden ausschließlich solche einbezogen, die einen Konfidenzfaktor von mindestens 50 Prozent aufweisen, also von mindestens der Hälfte der Befragten getragen werden (► s. Kap. 4.3.2). Hierdurch wird trotz der relativ geringen Anzahl von drei bis fünf Rückmeldungen pro Teilsektor eine zusätzliche Qualitätssicherung ermöglicht. Zugleich wird die Datenmenge von 368 angegebenen Abhängigkeiten unter allen Antworten auf 227 Abhängigkeiten bei ausschließlicher Berücksichtigung der Mehrheitsantworten um knapp 40 Prozent reduziert. Dies betrifft alle Teilsektoren und weist insgesamt darauf hin, dass bezüglich der Abhängigkeiten (und entsprechend der Ausgestaltung des KRITIS-SoS) Unsicherheit oder zumindest Uneinigkeit vorherrscht.

Dass die Auswertung der Mehrheitsantworten ein differenzierteres Bild als unter Einbeziehung aller Antworten ergibt, zeigt sich in den verschiedenen Berechnungen und Auswertungen (► s. Kap. 5). So offenbart sich u. a. ein größeres Bewusstsein über die ‚mit Sicherheit‘ ausgesagten, ausgehenden Abhängigkeiten in Anzahl und Zielteilsektor. Zudem hilft die Verwendung der Mehrheitsantworten in der Ausdifferenzierung der Ergebnisse, wie u. a. die Netzwerkdiagramme belegen.

Abschließend ist vor Beginn der inhaltlichen Interpretation und Plausibilisierung noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Befragung gemäß Erhebungskonzept (► s. Kap. 4.3.1) unter einem spezifischen Setting stand und für bestimmte Ausfalldauern erfolgten. Inwiefern ein anderes Setting oder anders gewählte Ausfalldauern zu anderen Ergebnissen geführt hätten, ist Gegenstand der Reflexion der Arbeit (► s. Kap. 8.2).



6.1 Interpretation und Plausibilisierung des Systemischen Kaskadenpotenzials

Nachfolgend erfolgt die Interpretation und Plausibilisierung zunächst für die einzelnen Parameter des Operationalisierungsansatzes, ehe diese als zusammengeführtes Systemisches Kaskadenpotenzial interpretiert und plausibilisiert werden. Allen Parametern gemein ist, dass diese stark vereinfacht sind und oftmals gemittelte Mittelwerte darstellen. Dies ermöglicht einerseits die Anwend- und Übertragbarkeit der Methodik, führt andererseits jedoch auch zu Verallgemeinerungen. Die Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ und 4 ‚Zeit‘ sind logisch wie mathematisch als Gewichtungsfaktoren zu den Parametern 1 ‚Vernetzungsgrad‘ und 3 ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ angelegt. D. h. die Parameter eines Faktors sind inhaltlich gleichgerichtet, sodass die Gewichtungsfaktoren zu einer stärkeren Ausdifferenzierung der Ergebnisse führen.

Parameter 1 – Vernetzungsgrad

Bezüglich des Parameters ‚Vernetzungsgrad‘ zeichnet sich ein eindeutiges Muster darüber ab, welche Teilsektoren eher abhängig sind bzw. eher Abhängigkeiten generieren. Die meisten eingehenden Dependenzen sind in solchen Teilsektoren zu finden, die durch Menschen betrieben und aufrechterhalten werden, wie u. a. aus den Sektoren *Gesundheit* und *Staat & Verwaltung*. Die wenigsten eingehenden Dependenzen weisen hingegen die Teilsektoren auf, die die meisten ausgehenden Dependenzen besitzen (Teilsektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik*) und solche, die (bisher noch) verhältnismäßig unabhängig vom Sektor *Informationstechnik & Telekommunikation* operieren können, wie die Teilsektoren der Sektoren *Wasser* und *Transport & Verkehr*. Viele ausgehende Dependenzen weisen darüber hinaus solche Teilsektoren auf, die für den Alltag von Menschen relevant sind und bspw. Wasser und Wärme bereitstellen. Wenige ausgehende Dependenzen weisen tendenziell solche Teilsektoren auf, die eher von symbolischer Kritikalität sind, wie insb. die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*, und solche Teilsektoren, deren Ausfall erst nach längerer Zeit, ggf. auch über die hier gewählten Ausfalldauern hinaus, schwerwiegend wird, wie die Schifffahrts-Teilsektoren.

Entsprechend differenziert gestaltet sich auch das Bild der Teilsektoren mit hohem bzw. niedrigem Vernetzungsgrad. Einen hohen Vernetzungsgrad weisen vor allem die Teilsektoren auf, die entweder in ihrem Charakter sehr abhängig sind oder viele Abhängigkeiten generieren, z. B. die Teilsektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik* auf der einen und Teilsektoren wie die *Medizinische Versorgung* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* auf der anderen Seite. Einen geringen Vernetzungsgrad besitzen Teilsektoren, die entweder relativ autark funktionieren, wie bspw. der Teilsektor *Binnenschifffahrt*, oder Teilsektoren von symbolischer Kritikalität, auf die unter einer versorgungsleistungsbezogenen Perspektive kaum andere Teilsektoren angewiesen sind, wie bspw. die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*.

Abseits der Berechnung lässt sich aus Parameter 1 ‚Vernetzungsgrad‘ noch eine theoretische Annahme zum KRITIS-SoS belegen: Da jeder Teilsektor eingehende Dependenzen besitzt, ist innerhalb



des KRITIS-SoS auch jedes Infrastruktursystem auf mindestens ein weiteres angewiesen, was einen Beleg für Attribut 2⁴¹ darstellt (► s. Kap. 1.1.2).

Parameter 2 - Vernetzungsdichte

Tendenziell weisen insb. solche Teilsektoren die höchsten Nähezentralitätswerte und damit auch die höchste Vernetzungsdichte auf, die auch einen hohen Vernetzungsgrad besitzen oder zumindest entweder bezüglich der Anzahl an ein- oder ausgehenden Abhängigkeiten hohe Werte in der Berechnung von Parameter 1 erreichen. Umgekehrt gilt dasselbe für die Teilsektoren mit niedrigen Nähezentralitätswerten.

Da Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ als Gewichtungsfaktor des Parameters 1 ‚Vernetzungsgrad‘ angelegt ist, trägt dieser zu einer Ausdifferenzierung und Streuung der Ergebnisse des Faktors ‚Position der Subsysteme‘ bei, wie nachfolgendes Beispiel (s. Tab. 26) veranschaulicht: In Parameter 1 erzielen die Teilsektoren *Elektrizität* und *Mineralöl* im Datensatz ‚alle Antworten‘ beide eine Summe von 38 ein- und ausgehenden Abhängigkeiten. Ihre Vernetzungsdichte unterscheidet sich allerdings insofern, als dass der Teilsektor *Elektrizität* einen normalisierten Wert von 1, der Teilsektor *Mineralöl* jedoch nur einen Wert von 0,933 erzielt (► s. Kap. 5.2.2). Im Ranking landet der Teilsektor *Mineralöl* damit auf Platz 8 im Vergleich zum erstplatzierten Teilsektor *Elektrizität*. In der Zusammenführung der Parameter zur Berechnung des Faktors ‚Position der Subsysteme‘ wird hierdurch eine Ausdifferenzierung zwischen den Teilsektoren möglich, sodass der Teilsektor *Elektrizität* den ersten und *Mineralöl* den zweiten Platz belegt.

Tabelle 26: Ranking der Teilsektoren für Faktor 1 ‚Position der Subsysteme‘

Teilsektor	Ranking Parameter 1		Ranking Parameter 2		Ranking Faktor 1	
	alle	Mehrheit	alle	Mehrheit	alle	Mehrheit
01_Elektrizität	1	1	1	1	1	1
02_Mineralöl	1	6	8	7	2	7
03_Gas	19	18	15	21	19	20
04_Ernährungswirtschaft	13	7	9	4	13	6
05_Lebensmittelhandel	19	13	12	11	18	13
06_Banken	13	17	15	17	16	17
07_Börsen	26	27	27	26	27	27
08_Versicherungen	13	18	15	17	14	18
09_Finanzdienstleister	19	25	20	25	20	25
10_Medizinische Versorgung	4	5	6	6	4	5
11_Arzneimittel & Impfstoffe	9	9	12	7	10	9
12_Labore	19	24	20	23	20	24
13_Telekommunikation	7	3	2	3	6	3
14_Informationstechnik	7	2	2	2	6	2
15_Rundfunk & Presse	26	29	26	28	26	29

⁴¹ Erinnerung: Attribut 2: Um ihre Versorgungsleistung(en) erbringen zu können, sind die Infrastruktursysteme und ihre Anlagen von Versorgungsleistungen anderer Infrastruktursysteme abhängig (► s. Kap. 1.1.2).



16_Kulturgut	25	23	23	19	25	23
17_Symbolträchtige Bauwerke	29	28	28	26	29	28
18_Regierung & Verwaltung	3	7	4	7	3	8
19_Parlament	23	18	20	19	22	19
20_Justizeinrichtungen	11	10	15	7	12	10
21_Notfall-/Rettungswesen & Kat.S	4	10	6	11	4	11
22_Luftfahrt	9	10	5	14	9	12
23_Seeschifffahrt	23	18	25	23	23	22
24_Binnenschifffahrt	28	25	29	29	28	26
25_Schienenverkehr	24	18	23	22	24	21
26_Straßenverkehr	11	15	9	16	11	16
27_Logistik	6	3	9	4	8	4
28_Öffentliche Wasserversorgung	17	15	12	14	15	15
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	17	14	15	11	17	14

Quelle: eigene Darstellung.

Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ ist insofern für die inhaltliche und rechnerische Ausgestaltung des Faktors ‚Position der Subsysteme‘ von großer Bedeutung. Im Vergleich zur reinen Betrachtung des Parameters 1 ‚Vernetzungsgrad‘ verändert sich durch Kombination mit Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ die Platzierung von zwölf Teilsektoren (respektive acht im Datensatz ‚Mehrheitsantworten‘) in der Berechnung des Faktors ¹⁴². Diese betreffen allerdings überwiegend das Mittelfeld und weniger die höchsten und niedrigsten Platzierungen. So bleiben jeweils die ersten elf (respektive fünf) und letzten fünf (respektive sieben) Teilsektoren an gleicher Position im Ranking. Insofern ist diese Weiterentwicklung des Operationalisierungsansatzes als erkenntnis- bzw. gewinnbringend einzustufen.

Parameter 3 – Stärke der ausgehenden Abhängigkeit

Auffällig ist in den Ergebnissen zu Parameter 3 ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘, dass unter Einbeziehung aller Antworten insb. die Teilsektoren im Durchschnitt zu besonders starken Beeinträchtigungen führen, die auch viele Abhängigkeiten aufweisen, z. B. die Teilsektoren *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik*. Unter Einbeziehung ausschließlich der mehrheitlich gegebenen Antworten steigen die Teilsektoren *Börsen* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* in der Platzierung noch vor die Teilsektoren des Sektors *Informationstechnik & Telekommunikation*.

Weiterhin ist interessant, die letztplatzierten Teilsektoren zu untersuchen, die vergleichsweise geringe Beeinträchtigungen in anderen Teilsektoren hervorrufen. Gründe für die geringe Stärke ihrer ausgehenden Abhängigkeit können nämlich, gemäß Umfrage-Setting (► s. Kap. 4.3.1), aus dem Vorhandensein von Pufferkapazitäten bzw. back-up Systemen (z. B. Treibstoff- und Medikamentenvorräten) resultieren. Dass dies tatsächlich der Fall ist, geben mehrere Teilsektoren, u. a. *Mineralöl*, *Gas* und *Arzneimittel & Impfstoffe*, als qualitative Anmerkungen in den Freitextfeldern an. Dass sich diese Pufferkapazitäten auch auf den zeitlichen Verlauf auswirken, legen nachfolgende Ausführungen zu Parameter 4 dar.

⁴² Zum Vergleich: Bei einer reinen Fokussierung auf Parameter 2 verändern sich 19 (respektive 18) Teilsektoren in der Berechnung des Faktors ‚Position der Subsysteme‘.



Parameter 4 - Zeit

Die Analyse zu Parameter 4 ‚Zeit‘ ergibt, dass insb. Teilsektoren, die viele und starke ausgehende Abhängigkeiten besitzen, oftmals auch bei relativ kurzer Ausfalldauer im Mittel schwere Beeinträchtigungen hervorrufen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass im Falle eines Kaskadeneffekts besonders die eng vernetzten Teilsektoren diesen schnell und mit hoher Intensität weitergeben. Interessant ist des Weiteren, dass insb. Teilsektoren, die über große Lagerkapazitäten und sonstige Reserven verfügen, wie die unter Parameter 3 herausgestellten Teilsektoren *Mineralöl*, *Gas* und *Arzneimittel & Impfstoffe*, im Mittel tendenziell sehr spät oder gar nicht zu starken Beeinträchtigungen führen.

Im Vergleich der Verwendung der beiden Datensätze zeigt sich noch einmal stärker als bei allen anderen Parametern⁴³, dass es unter Auswertung der Mehrheitsantworten zu einer deutlich breiteren Streuung der Ergebnisse kommt. So gibt es unter der Mehrheitsauswertung nicht nur Teilsektoren, die bereits ab einer Ausfalldauer von bis zu 24 Stunden im Mittel schwere Beeinträchtigungen hervorrufen⁴⁴, sondern es gibt auch mehr Teilsektoren, die dies im Mittel über keine der gewählten Ausfalldauern tun.

Parameter 4 ist, wie Parameter 2 auch, als Gewichtungsfaktor angelegt, der letztlich die Berechnung des Faktors ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘ ausdifferenziert. Die in diesem Fall zur Gewichtung gewählte Zweierpotenz könnte bspw. auch durch eine andere Gewichtung ersetzt werden, was selbstverständlich Einfluss auf das Gesamtergebnis des Systemischen Kaskadenpotenzials hat. Im Vergleich zu einer einfachen Gewichtung hat die Zweierpotenz allerdings den Vorteil, den ebenfalls nicht linear gewählten Ausfalldauern gerecht zu werden (► s. Kap. 4.2.3).

Zur besseren Nachvollziehbarkeit und Wahrung der Transparenz ist die hier verwendete, potenzierte Gewichtung einer einfachen Gewichtung gegenübergestellt (► s. Anhang IV.iii). Als zentrale Unterschiede in den Ergebnissen bei einfacher Gewichtung ist zu nennen, dass der Teilsektor *Notfall-/ Rettungswesen & Katastrophenschutz* im Datensatz ‚Mehrheitsantworten‘ von den Teilsektoren *Informationstechnik*, *Telekommunikation* und *Medizinische Versorgung* überholt wird und statt auf dem zweiten auf dem fünften Platz des Rankings platziert wird. Zugleich zeigt sich im Vergleich der Gewichtungsarten, dass sich zwar in vielen Fällen die Ranking-Position eines Teilsektors ändert, deren Kaskadenpotenzialklasse (unter der beispielhaft vorgenommenen Klassifizierung, ► s. Kap. 5.2.5) jedoch überwiegend gleichbleibt⁴⁵, was für die Übertragbarkeit des Operationalisierungsansatzes spricht. Im Rahmen dessen wird noch einmal die Relevanz und Aussagekraft der (normativ vorzunehmenden) Klassifizierung deutlich.

⁴³ Im Vergleich der beiden Datensätze zeigt sich bei mehr als der Hälfte der Teilsektoren eine andere Ausfalldauer zwischen ‚allen Antworten‘ und den ‚Mehrheitsantworten‘.

⁴⁴ Zu relativieren ist dieses Ergebnis für den Teilsektor *Börsen*, da dieser lediglich eine ausgehende Abhängigkeit besitzt die wiederum sehr früh sehr stark wird. Entsprechend handelt es sich nicht um einen Teilsektoren-übergreifenden Mittelwert, sondern um das Resultat einer einzelnen Abhängigkeit.

⁴⁵ Die Kaskadenpotenzialklassen verändern sich insgesamt nur minimal und insofern, als dass der Teilsektor *Straßenverkehr* von der moderaten in die hohe Klasse rutscht, während der Teilsektor *Parlament* von der moderaten in die niedrige Klasse des Systemischen Kaskadenpotenzials fällt.



Zusammenführung zum Systemischen Kaskadenpotenzial

In der Zusammenführung der Parameter zur Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials ist besonders die Spannbreite zwischen den Platzierungen aufschlussreich. Diese fällt allerdings unter ausschließlicher Einbeziehung der Mehrheitsantworten noch einmal deutlicher aus, als unter Verwendung ‚aller Antworten‘ und das, obwohl die Werte in den Parametern 1 und 2 niedriger sind. Der Grund liegt entsprechend in den Parametern des Faktors ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘, die unter der Berechnung des Datensatzes ‚Mehrheitsantworten‘ deutlich stärker variieren. Entsprechend sind die Parameter des Faktors 2, insb. Parameter 4, auch der wesentliche Grund dafür, dass die Teilsektoren *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* und *Mineralöl* sich im Vergleich zur Auswertung aller Antworten um so viele Ränge nach oben bewegen. Dieses Ergebnis ist unbedingt vor dem Hintergrund der potenzierten Gewichtung des Parameters 4 zu verstehen.

Weiterer Interpretations- und Plausibilisierungsbedarf besteht bezüglich der Werte des Systemischen Kaskadenpotenzials der Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*. Aufgrund der multiplikativen Ausgestaltung des Operationalisierungsansatzes ist es logisch, dass sobald einer der Parameter den Wert Null erzielt, auch das gesamte Systemische Kaskadenpotenzial gleich Null ist. Im Fall der Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* ergeben die Mehrheitsantworten, dass keine ausgehenden Abhängigkeiten vorhanden sind, wodurch es in Konsequenz auch keine ausgehenden Beeinträchtigungen gibt, die in Parametern 3 und 4 bemessen werden könnten. Bei diesem Ergebnis ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass dieses Berechnungsergebnis selbstverständlich unter einem ganz gewissen Setting mit sehr spezifischen Ausfalldauern erfolgte und auf Grundlage der Aussage von spezifisch ausgewählten Expert*innen erfolgte. Zudem ist in Rückbesinnung auf die theoretischen Grundlagen (► s. Kap. 3) darauf zu verweisen, dass die Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials nicht missverständlicher Weise mit integrierter Kritikalität gleichgesetzt werden darf. Denn die Teilsektoren besitzen trotzdem eine Einbindung in das KRITIS-SoS und eine konsequenzbezogene Kritikalität. D. h. selbst, wenn deren systemische Kritikalität durch den Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials mit dem Wert Null bemessen wird, sind diese Teil des Versorgungsleistungssystems und besitzen eine konsequenzbezogene Kritikalität.

Zugleich ist der Wert Null, den die beiden Teilsektoren erzielen, plausibel, da sich aus den qualitativen Zusatzinformationen entnehmen lässt, dass auch die Expert*innen den Sonderstatus dieser Teilsektoren deutlich hervorheben. Denn die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* sind aufgrund ihrer symbolischen Kritikalität Bestandteile der KRITIS-Strategie, sodass die Folgen eines Ausfalls oder einer Zerstörung dieser insb. von kulturell-ideellem (statt versorgungsleistungsbezogenem) Wert sind. Zugleich wird in den qualitativen Zusatzinformationen (► s. Anhang III.i) mehrfach darauf hingewiesen, dass die Teilsektoren auch in einer Bundesstrategie eine Daseinsberechtigung haben, da diese im Verteidigungsfall unter die Zuständigkeit des Bundes fallen. Auch wurde erwähnt, dass der Notfallplan eines Kulturguts oder symbolträchtigen Bauwerks das Schließen des Gebäudes ist. Diese Aussage impliziert, dass zwar durchaus Kaskadeneffekte in KRITIS dieser Teilsektoren ankommen, diese jedoch kaum KRITIS-intern, systemisch weitergegeben werden.

In der abschließenden Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials ist darüber hinaus zu beachten, dass die schlussendlich erzielten Zahlenwerte (normativ) klassifiziert werden sollten, um eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Anwendungskontexten herzustellen und diese für Kommunikationsprozesse zu optimieren.



6.2 Interpretation und Plausibilisierung der Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS

Nachdem die Interpretation und Plausibilisierung bezüglich der Berechnung des Operationalisierungsansatzes abgeschlossen ist, erfolgen diese nachfolgend bezüglich des KRITIS-SoS. Die Interpretation und Plausibilisierung ist wie in den vorherigen Kapiteln so strukturiert, dass zunächst das Verständnis des Gesamtnetzes über die Netzwerkdiagramme im Fokus steht (► s. Kap. 6.2.1), ehe anschließend die Ergebnisse der teilsektorbezogenen Charakterisierung (► s. Kap. 6.2.2) fokussiert werden. Wo möglich werden die nachfolgenden Interpretationen auch jeweils zur Plausibilisierung der anderen Ergebnisse (Kaskadenpotenzialberechnung, Gesamtsystem, Subsysteme) genutzt.

6.2.1 Verständnis des Gesamtnetzes

Die Netzwerkdiagramme (► s. Kap. 5.3.1) bieten die Möglichkeit, die einzelnen KRITIS-Teilsektoren in ein funktionales, nicht-räumliches Verhältnis zueinander zu setzen und dadurch tiefere Informationen über die Ausgestaltung des SoS zu gewinnen. Bezüglich der sektoralen Cluster lässt sich in mehreren Netzwerkdiagrammen eine Abspaltung einzelner Teilsektoren von den anderen ihres Sektors feststellen. So sind bspw. im ungerichteten Netzwerkdiagramm („alle Antworten“, s. Abb. 37) die Teilsektoren des Sektors *Wasser* voneinander getrennt und unter den Mehrheitsantworten (s. Abb. 38) befindet sich der Teilsektor *Arzneimittel & Impfstoffe* näher am Sektor *Transport & Verkehr* als an den anderen Teilsektoren des Sektors *Gesundheit*. In vielen dieser Fälle gibt es eindeutige Gründe für die Separierung, die über die Dependenzmatrix sowie die zusätzlichen, qualitativen Hinweise der Expert*innen aus den Freitextfeldern plausibilisiert werden können.

Im Falle der Trennung der Teilsektoren des Sektors *Wasser* zeigt sich z. B., dass in keiner der Rückmeldungen aus dem Teilsektor *Öffentliche Wasserversorgung* Abhängigkeiten vom Teilsektor *Öffentliche Abwasserbeseitigung* angegeben wurden. Hierdurch ergibt sich eine weniger enge Verbindung der Teilsektoren innerhalb als außerhalb ihres Sektors. Bezüglich der Separierung des Teilsektors *Arzneimittel & Impfstoffe* wurde der Hinweis hinterlassen, dass dieser in hohem Maße auf den Import und Export der Medizinprodukte angewiesen ist und daher insb. zu den Teilsektoren *Luftfahrt* und *Logistik* eine hohe Dependenz aufweist.

Aus den in der Dependenzmatrix abgebildeten Daten erschließt sich auch die starke Absonderung der Schifffahrtsteilsektoren vom restlichen Netzwerk, die sich durch alle Netzwerkdiagramme zieht. Denn diese weisen die stärksten Abhängigkeiten vom jeweils anderen Teilsektor auf. Der Grund ist, dass die Binnenschifffahrt die Importgüter der Seeschifffahrt an den Seehäfen übernimmt bzw. die Exportgüter übergibt. Zudem weisen beide Teilsektoren (als einzige) unter Auswertung der Mehrheitsantworten keine direkte Abhängigkeit vom Teilsektor *Elektrizität* auf, wodurch sich auch deren Positionierung am gegenüberliegenden Ende des Netzwerks erklären lässt.

Und auch die häufige Positionierung des Teilsektors *Öffentliche Wasserversorgung* am Rand des Netzwerks lässt sich durch die aufbereiteten Daten erklären. Denn dieser Teilsektor ist als einziger



(noch) nicht auf die ansonsten engvernetzten Teilsektoren *Telekommunikation* und *Informationstechnik* angewiesen, weshalb im ungerichteten Netzwerkdiagramm der Mehrheitsantworten (s. Abb. 38) der Knoten des Teilsektors *Öffentliche Abwasserbeseitigung*, aus konzentrischer Lesart, vor dem Knoten des Teilsektors *Öffentliche Wasserversorgung* steht.

Bezüglich der ungerichteten Netzwerkdiagramme (► s. Kap. 5.3.1) lässt sich abschließend festhalten, dass das Diagramm des Datensatzes ‚alle Antworten‘ nahezu modelltypisch konzentrisch aufgebaut ist und daher gut die gegenseitige Vernetzung aller Teilsektoren repräsentiert. Das Diagramm der Mehrheitsantworten ist etwas weniger intuitiv zu verstehen, allerdings zeigt auch erst dessen Interpretation ein differenzierteres Bild über die sektoralen Besonderheiten.

Die gerichteten Netzwerkdiagramme sind jeweils für beide Datensätze einerseits als Gesamtnetzwerk (mit allen Kanten aller Ausfalldauern) und andererseits als Zeitreihe pro Ausfalldauer visualisiert (► s. Kap. 5.3.1). Zunächst ist festzustellen, dass diese kein Equilibrium erzielen, was bedeutet, dass es nicht eine alleinig korrekte Netzwerkvisualisierung für diesen Datensatz gibt. Für die Interpretation der Ergebnisse bedeutet das fehlende Equilibrium, dass die Reliabilität der gerichteten Netzwerkdiagramme geringer ist als die der ungerichteten. Bei Wiederholung der Berechnung unter denselben Bedingungen kann es daher zu leicht unterschiedlichen Visualisierungen kommen. Diese unterscheiden sich dann zwar nicht in ihren Kernmerkmalen, d. h. innenliegende Knoten werden weiterhin innen und außenliegende weiterhin bei gleicher Entfernung von Zentrum außen liegen. Allerdings kann es passieren, dass einzelne Knoten eine andere Position einnehmen. Dies ist insb. bei Knoten der Fall, die per se wenige (oder keine) ein- oder ausgehende Abhängigkeiten besitzen, da diese unter dem kräftebasierten Layout von ForceAtlas2 dann, wie bspw. im Falle des Teilsektors *Kulturgut*, an diversen Positionen gleichermaßen geeignet stehen.

Bezüglich der veränderten Entwicklung der Netzwerkdiagramme über die Zeit ist für beide Datensätze festzustellen, dass diese sich immer stärker verdichten, was an den größer werdenden Beeinträchtigungen und dem einhergehend stärker werdenden Kantengewicht liegt. Im Vergleich der Datensätze zeigen die Mehrheitsantworten dabei eine noch schnellere Verdichtung, was darauf schließen lässt, dass sich unter den Mehrheitsantworten tendenziell stärkere Abhängigkeiten befinden. Entsprechend besitzen die Netzwerkdiagramme der Mehrheitsantworten auch deutlich mehr Knoten-Überlagerungen, die auf eine besonders enge Vernetzung schließen lassen.

Dass die Netzwerkdiagramme der Mehrheitsantworten dichter vernetzt sind und mehr Überlagerungen aufweisen, lässt sich einerseits damit begründen, dass über die stärkeren Abhängigkeiten ein größeres Bewusstsein und daher auch eine größere Einigkeit zwischen den Expert*innen herrscht. Andererseits sind diese ein Indiz dafür, dass insb. schwächere Abhängigkeiten ggf. nicht, oder zumindest nicht von allen Expert*innen erkannt werden. Dies kann dazu führen, dass Ausbreitungspfade von potenziellen Kaskadeneffekten ebenfalls unerkannt bleiben. Da aufgrund der Komplexität des KRITIS-SoS sowieso mit (bisher) unbekanntem Abhängigkeiten zu rechnen ist (► s. Kap. 1.1.2), kann davon ausgegangen werden, dass zwischen den Teilsektoren eine noch größere Anzahl an unterschätzten Abhängigkeiten vorhanden ist.

Bemerkenswert ist, dass trotz der zunehmenden Enge der Vernetzung die Teilsektoren des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen* und die Schifffahrtsteilsektoren ihre abgesonderte Position in den Netzwerken der Mehrheitsantworten beibehalten. Zwar wird auch deren Anbindung enger, allerdings lässt sie sich ihre Sonderposition selbst im Netzwerkdiagramm der Ausfalldauer von bis zu



sechs Wochen noch erkennen. Der Grund ist, dass diese Teilsektoren insgesamt wenige Abhängigkeiten aufweisen, wie bereits im ungerichteten Netzwerkdiagramm deutlich wird. Diese wenigen Abhängigkeiten scheinen tendenziell zudem eher schwach zu sein, was den Fortbestand der ausgeprägten ‚Ecken‘ in den Netzwerken begründet.

An diese Erkenntnis schließt sich unweigerlich die Frage an, ob sich diese ausgelagerte Position der Teilsektoren auch im Systemischen Kaskadenpotenzial wiederfindet. Dabei zeigen sich im Abgleich der Netzwerkdiagramme mit der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 5.2, Kap. 5.3.1) viele Übereinstimmungen, jedoch auch Ungereimtheiten. Bezüglich der Schifffahrtsteilsektoren lässt sich z. B. ein geringes Kaskadenpotenzial feststellen, das sich in einer niedrigen Platzierung im Ranking äußert (► s. Kap. 5.2.5) und mit der isolierten Position in den Netzwerkdiagrammen konform ist. Für die Teilsektoren des Sektors *Finanz- & Versicherungswesen* lässt sich dies jedoch nicht eindeutig feststellen. Zwar haben diese gemäß Klassifizierung (► s. Kap. 5.2.5) ein überwiegend geringes Systemisches Kaskadenpotenzial, allerdings gibt es in beiden Datensätzen jeweils einen Teilsektor, der ein moderates Kaskadenpotenzial aufweist (*Finanzdienstleister* respektive *Börsen*).

Nicht aus den Netzwerkdiagrammen abzuleiten ist zudem das hohe Systemische Kaskadenpotenzial des Teilsektors *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*. Dessen Zweitplatzierung unter Auswertung der Mehrheitsantworten lässt sich visuell aus keinem der Netzwerkdiagramme entnehmen. Dies stärkt die zuvor argumentierte Annahme (► s. Kap. 6.1), dass die hohe Platzierung des Teilsektors insb. auf die potenzierte Gewichtung des Parameters 4 ‚Zeit‘ zurückzuführen ist.

Eine große Übereinstimmung zwischen der Berechnung und den Netzwerkdiagrammen lässt sich feststellen, wenn die Kaskadenpotenzialklassen mit den inneren und äußeren (Ringen von) Teilsektor-Knoten verglichen werden. Teilsektoren, die ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial aufweisen, finden sich auch in den Netzwerkdiagrammen tendenziell im Inneren des Gesamtnetzes. Allerdings gibt es auch bezüglich dieser Feststellung Ausnahmen: So spiegelt sich bspw. die zentrale Position des Teilsektors *Regierung & Verwaltung* im Gesamtnetz (‚alle Antworten‘) nicht in der Berechnung der moderaten Kaskadenpotenzialklasse wider. Und auch der Teilsektor *Medizinische Versorgung* ist in allen Netzwerkdiagrammen für sein jeweils hohes Kaskadenpotenzial relativ weit am Rand platziert.

Zusammenfassend lässt sich als wesentlicher Grund für die Unterschiede zwischen der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials und den Netzwerkvisualisierungen Parameter 4 anführen. Denn die anderen Parameter sind über die Knotenposition bzw. das Kantengewicht letztlich direkt oder indirekt abgebildet: Der Vernetzungsgrad zeigt sich in der Anzahl der ein- und ausgehenden Kanten und die Vernetzungsdichte und Stärke der ausgehenden Abhängigkeit lassen sich, zumindest indirekt, aus der Knotenposition ableiten. Da die zeitliche Entwicklung jedoch nur durch einen Vergleich von Netzwerkdiagrammen unterschiedlicher Ausfalldauern erreicht werden kann, fehlt der Visualisierung des Gesamtnetzes die Geschwindigkeit, mit der ein potenzieller Kaskadeneffekt über die Abhängigkeiten weitergegeben wird. Wäre es möglich diese zu berücksichtigen, wären Teilsektoren wie *Medizinische Versorgung* und *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* deutlich enger an das Zentrum des Netzwerks angebunden. Die Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials und die Netzwerkvisualisierungen ergänzen und stützen sich gegenseitig in ihren grundsätzlichen Aussagen. Sie können jedoch keinesfalls als austauschbar erachtet werden.



6.2.2 Teilsektorbezogenes Verständnis

Zur Erlangung eines tiefergehenden Verständnisses über das KRITIS-SoS und seine Teilsektoren wurden in ► Kapitel 5.3 diverse Auswertungen durchgeführt und unterschiedliche Aufbereitungsformen erstellt. Da die meisten Aufbereitungsformen, wie das Punktediagramm, die Spinnennetzdiagramme und die Dependenzmatrix, auf denselben Daten basieren und intuitiv verständlich sind, werden diese nachfolgend gemeinsam interpretiert und plausibilisiert. Ein stärkerer Fokus liegt anschließend auf der Interpretation und Plausibilisierung der Kaskadendiagramme sowie auf der Ermittlung des Bewusstseins über die ausgehenden Dependenz.

Interpretation und Plausibilisierung der Aufbereitungsformen

Das Punktediagramm, die Dependenzmatrix und die Spinnennetzdiagramme (► s. Kap. 5.3.2) stellen verschiedene Aufbereitungsformen derselben Datengrundlage dar. Sie beziehen sich, mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad und Informationsgehalt, jeweils auf die ein- und ausgehenden Dependenz der Teilsektoren. Während das Punktediagramm und die Dependenzmatrix eine zusammenfassende Übersicht über alle Teilsektoren bieten und einen Direktvergleich der Teilsektoren ermöglichen, lassen sich die Spinnennetzdiagramme zwar nicht auf einen Blick, dafür aber mit tiefergehenden, teilsektorbezogenen Informationen vergleichen und interpretieren.

Das Punktediagramm bietet einen intuitiv verständlichen Überblick und direkten Vergleich der Inhalte des Parameters 1 ‚Vernetzungsgrad‘. Wenngleich dieses keinen hohen Detaillierungsgrad aufweist, lässt sich dennoch der grundsätzliche Charakter der Teilsektoren (eher abhängig oder Abhängigkeiten generierend) aus diesem ableiten. Die Dependenzmatrix bietet im Vergleich zum Punktediagramm einen höheren Informationsgehalt, da die Richtung und Stärke der Dependenz inkludiert ist. Die Durchschnittswerte lassen sich dabei auch, als erweiterte Form zu Abbildung 44 in ► Kapitel 5.3.2, pro Teilsektor und Ausfalldauer aufbereiten (► s. Anhang III.iii).

Die Spinnennetzdiagramme beinhalten, getrennt nach ein- und ausgehenden Dependenz, Aussagen über Richtung, Stärke und zeitliche Entwicklung der Abhängigkeit. Aufgrund ihrer guten Lesbarkeit und der Fokussierung auf jeweils nur einen Teilsektor bieten sie sich in besonderem Maße zur Plausibilisierung der Knotenpositionen in den Netzwerkdiagrammen und auch der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials an. Bspw. zeigt der Teilsektor *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* in den Spinnennetzdiagrammen zahlreiche ein- und ausgehende Dependenz, die bereits bei kurzer Ausfalldauer überdurchschnittlich stark sind. Dieser Umstand spiegelt sich sowohl in der Positionierung des Teilsektor-Knotens innerhalb des inneren Kreises der (gerichteten und ungerichteten, auf den Mehrheitsantworten basierenden) Netzwerkdiagramme als auch in der hohen Platzierung des Teilsektors in der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials wider.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass alle drei Aufbereitungsformen jeweils so plausibel sind, wie ihre dahinterliegenden Erhebungsdaten, d. h. sie hängen in ihrer inhaltlichen Qualität und Aussagekraft unmittelbar von den Rückmeldungen ab. Da aufgrund des Kriterien- und Auswahlplans und der hohen Rücklaufquote insgesamt von einer guten Datenqualität ausgegangen werden kann, lässt sich auch den Aufbereitungsformen eine hohe Qualität attestieren. Zugleich ist die Möglichkeit einzuräumen, dass es in einzelnen Fällen und aufgrund der geringen Anzahl an Rückmeldungen teil-



weise ganzen Teilsektoren zu eher unter- oder übertriebenen Einschätzungen der Expert*innen gekommen sein könnte. Gründe hierfür mögen eine bisher geringe Beschäftigung oder mangelnde Erfahrung mit dem Themenfeld KRITIS sein. Eventuell liegt der Bewertung durch die Expert*innen jedoch auch ein tiefergehendes Wissen zugrunde, das nicht abschließend beurteilt werden kann.

Interpretation und Plausibilisierung der Kaskadendiagramme

Wenngleich auch die Kaskadendiagramme auf den Daten zu der Stärke der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten basieren, lassen diese aufgrund ihrer Präsentation von ausschließlich starken und vollen Beeinträchtigungen und der Darstellung von vervielfachten Ausfalldauern über die Ereignisebenen noch einmal tiefergehende Interpretationen über das KRITIS-SoS zu.

Zunächst ist festzustellen, dass die Anzahl der Ereignisebenen das potenzielle Ausmaß eines Kaskadeneffekts verdeutlicht und der Anteil an orange gefärbten (starke Beeinträchtigung) zu rot gefärbten (volle Beeinträchtigung) Teilsektoren die Schwere dieses Effekts darstellt. In Summe aller Kaskadendiagramme (► s. Anhang III.vi) zeigt sich, dass die überwiegende Anzahl dieser weniger als drei nachgelagerte Ereignisebenen aufweist. Potenzielle Kaskadeneffekte versiegen entsprechend bereits nach kurzer Zeit, wie auch von Luijff et al. (2010) in der ex-post Analyse europäischer Ereignisse mit Infrastrukturversagen bestätigt wird (► s. Kap. 4.1.1). Einige Kaskadendiagramme (u. a. *Elektrizität*, *Telekommunikation* und *Informationstechnik*) besitzen jedoch deutlich mehr als drei Ereignisebenen und verdeutlichen entsprechend potenziell langanhaltende, weitgefächerte Kaskadeneffekte.

In den meisten teilsektorbezogenen Kaskadendiagrammen nehmen mit längerer Ausfalldauer auch der Umfang dieser und der Anteil an voll beeinträchtigten Teilsektoren zu. Allerdings kommt es in Einzelfällen zu einer Verkürzung der Diagramme bei längerer Ausfalldauer. Dieser Umstand lässt sich mithilfe der qualitativen Zusatzinformationen so plausibilisieren, dass in einigen Teilsektoren eine Anpassung an die veränderte Situation erwartet wird. Bspw. geben mehrere Teilsektoren an, bei einem langanhaltenden Ausfall des Teilsektors *Informationstechnik* auf analoge Technik zurückstellen zu können (► s. Anhang III.i).

Zugleich weisen einige Teilsektoren eine Art ‚Hyperabhängigkeit‘ auf, indem von den Expert*innen mindestens starke Abhängigkeiten von überdurchschnittlich vielen anderen Teilsektoren angegeben wurden. Besonders auffällig sind hier die Teilsektoren *Medizinische Versorgung*, *Luftfahrt* und der Teilsektor *Justizeinrichtungen*. Inwiefern diese vielen, starken Abhängigkeiten auf ein eventuelles Missverständnis der Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Abhängigkeiten zurückzuführen sind, oder ob diese auch als direkte Abhängigkeiten zutreffen, kann und soll nicht beurteilt werden. Interessant ist allerdings, dass es sich in allen Fällen um Teilsektoren handelt, die einen direkten Bezug zum Menschen aufweisen. Eine größere Stichprobe wäre in diesen Fällen zur Plausibilisierung wünschenswert (► s. Kap. 8.2).

Darüber hinaus weisen die Kaskadendiagramme mehrere teilsektorbezogene Auffälligkeiten auf, deren Interpretation und Plausibilisierung erkenntnisbringend für die Ausgestaltung und Wirkweise des KRITIS-SoS ist. Zunächst verdeutlichen die Kaskadendiagramme den Möglichenbereich der Ausbreitung von Kaskadeneffekten, der sich überwiegend aufgrund von indirekten Abhängigkeiten ergibt. So zeigt sich z. B. im Kaskadendiagramm des Teilsektors *Elektrizität* bei einer Ausfalldauer von bis



zu sechs Wochen (► s. Anhang III.vi), dass obwohl die Schifffahrtsteilsektoren als einzige nicht unmittelbar beeinträchtigt sind, der Teilsektor *Seeschifffahrt* bereits auf der ersten indirekten Ereignisebene (E1) sowohl über den Ausfall des Teilsektors *Mineralöl* als auch des Teilsektors *Informationstechnik* stark beeinträchtigt ist und damit indirekt eine starke Abhängigkeit vom Teilsektor *Elektrizität* aufweist. Der Teilsektor *Elektrizität* verursacht dabei als einziger direkt oder indirekt in allen anderen Teilsektoren über die Zeit mindestens starke Beeinträchtigungen, was sich mit seiner Vorrangstellung in der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials deckt.

Im Kontrast zeigt sich für den Teilsektor *Öffentliche Wasserversorgung*, dass dieser zwar ebenfalls ein relativ langes Kaskadendiagramm besitzt, in den Kaskadendiagrammen der anderen Teilsektoren allerdings selten vorkommt und somit auch nur von wenigen potenziellen Ausfällen anderer Teilsektoren stark beeinträchtigt ist. Daraus lässt sich übertragen, dass die potenziell aus dem Teilsektor *Öffentliche Wasserversorgung* ausgehenden Kaskadeneffekte nahezu ausschließlich unmittelbar (und nicht mittelbar bzw. indirekt) durch dessen Ausfall hervorgerufen werden.⁴⁶ Diese Umstände plausibilisieren dann auch die relativ abgeschiedene Position, die der Knoten des Teilsektors in den (gerichteten und ungerichteten) Netzwerkdiagrammen der Mehrheitsantworten einnimmt.

Insgesamt sind jedoch auch drei Faktoren festzustellen, die die inhaltliche Plausibilität aller Kaskadendiagramme einschränken. Erstens sind aus Visualisierungsgründen ausschließlich stark und voll beeinträchtigte Teilsektoren in den Diagrammen enthalten. In ‚Realität‘ fallen die möglichen Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten wohlmöglich deutlich umfangreicher aus, sobald auch mittlere und schwache Beeinträchtigungen bzw. Abhängigkeiten abgebildet werden. Zweitens wird angenommen, dass nur voll beeinträchtigte Teilsektoren einen Kaskadeneffekt weitergeben, was letztlich realitätsfern ist. Denn auch, wenn stark beeinträchtigte Teilsektoren vielleicht nicht gänzlich ausfallen, kann es doch zu räumlichen, zeitlichen sowie qualitäts- und quantitätsbezogenen Einschränkungen derer Versorgungsleistungen kommen. Zugleich bietet eine Beschränkung des Weiterführens der Kaskadendiagramme auf die voll beeinträchtigten Teilsektoren den Vorteil, dass diese mit großer Sicherheit⁴⁷ auch so stattfinden und dass die Kaskadendiagramme irgendwann zu einem Ende kommen. Somit ist ‚in Realität‘ gleich in zweierlei Hinsicht mit mehr möglichen Ausbreitungspfaden zu rechnen. Der erste und der zweite limitierende Faktor schränken die Plausibilität entsprechend dahingehend ein, dass die hiesigen Kaskadendiagramme eher untertreiben.

Der dritte plausibilitätsbeschränkende Faktor wirkt der Untertreibung insofern entgegen, als dass zwischen den Ereignisebenen jeweils dieselbe Ausfalldauer angenommen wird, wie hinsichtlich des initialen Ausfalls auf Ereignisebene E0. Hierdurch findet tendenziell eine Übertreibung statt, da es letztlich erforderlich wäre, wiederum alle Ausfalldauern für jede Ereignisebene anzufertigen. Einhergehend wäre es auch interessant, über weitere Kennzeichnungen offenzulegen, welcher Teilsektor auf der jeweiligen Ereignisebene nach welcher Dauer bereits stark beeinträchtigt ist. Da eine solche Auswertung allerdings sehr umfangreich ist und der Zweck der Diagramme, das Aufzeigen möglicher Kaskadenpfade, auch mit den plausibilitätsbeschränkenden Faktoren erzielt wurde, sind diese Anmerkungen als Anregung für weitere Forschung zu verstehen.

⁴⁶ Diese Annahme gilt zumindest unter der Logik dieser Kaskadendiagramme (► s. Kap. 5.3.2), dass Kaskadeneffekte ausschließlich bei voller Beeinträchtigung eines Teilsektors weitergegeben werden.

⁴⁷ Denn aufgrund der Klassenbildung müssen sich alle Expert*innen über die volle Beeinträchtigung einig gewesen sein.



Interpretation und Plausibilisierung der Abschätzung zum Bewusstsein über ausgehende Abhängigkeiten

Die Abschätzung des Bewusstseins der Teilspektoren über ihre ausgehenden Abhängigkeiten erfolgt durch einen Abgleich der angenommenen ausgehenden Abhängigkeiten (Frage 01a) mit den bestätigten eingehenden Abhängigkeiten aller anderen Teilspektoren (Frage 02) (► s. Kap. 5.3.2). Im Mittel zeigt sich, dass ein eher mäßiges Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten vorherrscht, was sich diversen Unter- und Überschätzungen der Ziel-Teilspektoren ausdrückt. Insb. die Unterschätzung von Abhängigkeiten ist dabei gravierend, da bei mangelndem Bewusstsein für diese davon auszugehen ist, dass weder Vorsorgemaßnahmen getroffen werden noch Kommunikationswege für den Krisenfall bekannt sind und genutzt werden.

Wenngleich bezüglich dieser Auswertung keine (interne) Plausibilisierung stattfinden kann, lässt sich zumindest die nachfolgende, tiefergehende Interpretation anstellen. Tabelle 27 vergleicht, für den Datensatz der ‚Mehrheitsantworten‘, alle Teilspektoren mit hohem Systemischem Kaskadenpotenzial bezüglich ihres Bewusstseins über ihre ausgehenden Abhängigkeiten. Die Annahme ist, dass ein mangelndes Bewusstsein in Teilspektoren mit hohem Systemischem Kaskadenpotenzial noch einmal gravierender ist, weil potenziell mehr Teilspektoren (schneller) davon betroffen sind, was einen noch dringlicheren Informations- und Handlungsbedarf verdeutlicht.

Tabelle 27: Bewusstsein der Teilspektoren mit hohem Systemischem Kaskadenpotenzial über ihre ausgehenden Abhängigkeiten

Teilspektor	Bewusstsein	Anzahl der unterschätzten Abhängigkeiten	Anzahl der überschätzten Abhängigkeiten
01_Elektrizität	gut	2	0
21_Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz	mäßig	5	0
14_Informationstechnik	gering	10	1
13_Telekommunikation	mäßig	3	3
10_Medizinische Versorgung	gut	2	0
04_Ernährungswirtschaft	mäßig	4	0
29_Öffentliche Abwasserbeseitigung	gering	12	2
28_Öffentliche Wasserversorgung	gering	11	0
26_Straßenverkehr	mäßig	3	0
		52	6

Legende: grün = gutes Bewusstsein (Fehleinschätzung ≤ 2), gelb = mäßiges Bewusstsein (Fehleinschätzung 3-10),

rot = geringes Bewusstsein (Fehleinschätzung > 10)

Quelle: eigene Darstellung.

Was diese Gegenüberstellung zeigt ist, dass selbst unter den Teilspektoren mit dem höchsten Systemischen Kaskadenpotenzial ein mäßiges bis geringes Bewusstsein über die ausgehenden Abhängigkeiten existiert und relativ viele Fehleinschätzungen getroffen werden. Besonders deutlich zeigt sich der Missstand allerdings erst, wenn die Quelle der Fehleinschätzung ebenfalls ausgewertet wird. Denn dann zeigt sich, dass die Anzahl der unterschätzten, also der ‚unbekannten‘ Abhängigkeiten, bei über 50 und damit mehr als acht Mal so hoch liegt, wie die überschätzten Abhängigkeiten.



Die beiden bisherigen Unterkapitel haben eine tiefergehende Interpretation der Analyseergebnisse zum Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials, wie auch zur Ausgestaltung und Wirkweise des KRITIS-SoS ermöglicht. Zudem konnten Besonderheiten in den Ergebnissen durch Abgleich und Rückkopplung der Erkenntnisse aus unterschiedlichen Aufbereitungsformen plausibilisiert werden. Da die bisherigen Ausführungen eine rein interne Ergebnisinterpretation und -plausibilisierung darstellen, gilt es nachfolgend eine externe Perspektive auf diese einzuholen. Hierzu werden die Methodik und zentralen Erkenntnisse dieser Arbeit von potenziellen Anwender*innen validiert.

6.3 Externe Validierung der Methodik und Ergebnisse

Das Ziel einer externen Validierung ist es, eine Bewertung über die Gültigkeit und den Wert der Ergebnisse und ihrer dahinterliegenden Methodik durch einen bestimmten Adressat*innenkreis, i. d. R. die Anwender*innen der Ergebnisse, zu erhalten. Die externe Validierung dient somit auch einer Zwischenreflexion der Ergebnisse, zeigt das Potenzial für weitere Forschung auf und bewertet, inwiefern die gesteckten Analyseabsichten erreicht wurden.

Die externe Validierung dieser Arbeit erfolgte im Frühjahr des Jahres 2020 aufgrund der Corona-Pandemie (► s. Kap. 2.3.2) in Form von leitfadengestützten, digitalen Interviews. Um Validierung wurden Expert*innen aus den beiden Bundesoberbehörden gebeten, die als potenzielle Anwender*innen der Ergebnisse dieser Arbeit sowie als Entscheidungsträger*innen zur Etablierung der Methodik auf anderen räumlichen Ebenen einen wesentlichen Beitrag leisten könnten: das BBSR und das BBK. Als Expert*innen dieser Einrichtungen wurden Personen angesprochen, in deren Aufgabenbereich sich das Thema KRITIS-Schutz befindet und die entweder als Auftraggeber*innen oder Auftragnehmer*innen in aktuelle, anwendungsbezogene Forschungsaktivitäten involviert sind.

Für das BBSR stand dankenswerterweise Herr Thomas Pütz für ein Validierungsinterview zur Verfügung, der im Referat I.5 das MORO-Risiko-Projekt betreut und im Rahmen dessen auch das Thema KRITIS-Schutz behandelt. Für das BBK standen freundlicherweise Mitarbeitende des Referats II.4 ‚Risikomanagement KRITIS, Schutzkonzepte KRITIS, Kulturgutschutz nach Haager Konvention‘ zur Validierung zur Verfügung: Herr Peter Lauwe, Leiter des Referats, Frau Dr. Ina Wienand, Referentin und Forschungs Koordinatorin mehrerer KRITIS-bezogener Projekte und Herr Jan Bäumer, Mitarbeiter in einem aktuellen Forschungsprojekt.

Im Vorlauf zu beiden Gesprächen wurde ein strukturierender Interviewleitfaden entwickelt und den Expert*innen übersandt. Dabei wurde in beiden Gesprächen auf die Beantwortung gewisser Kernfragen geachtet, wobei sich die Expert*innen darüber hinaus, je nach zeitlicher Verfügbarkeit, auch zu weiterführenden Fragen äußern konnten. Ebenfalls übersendet wurde jeweils eine PowerPoint-Präsentation mit den wichtigsten Ergebnissen, die in den digital geführten Gesprächen als Hintergrundinformation und gemeinsamer Referenzpunkt diente. Nicht enthalten waren in der Präsentation Hinweise zur Lesart der Diagramme, da deren intuitive Verständlichkeit abgefragt werden sollte. Die Interviewleitfäden sowie die Präsentationen können ► Anhang V.ii entnommen werden.



Die Kernfragen der Validierungsinterviews, zu denen die Expert*innen beider Einrichtungen Stellung bezogen und deren Ergebnisse in den nachfolgenden Unterkapiteln ausgeführt werden, lassen sich wie folgt gliedern. Zunächst wurde jeweils um eine Validierung der Methodik und der Berechnungsergebnisse des Systemischen Kaskadenpotenzials gebeten. Anschließend wurden die Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS anhand der diversen Aufbereitungsformen diskutiert, wobei zwischen gesamtsystembezogenen und teilsektorbezogenen Verständnisgrundlagen differenziert wurde.

In die nachfolgende Aufbereitung und Auswertung der Validierungsinterviews sind jeweils die direkt geäußerten, positiv und negativ bewerteten Aspekte inkludiert, als auch die Anzahl der Rückfragen als indirekter Indikator für die Verständlichkeit von Methodik und Ergebnissen einbezogen. Somit werden die Validierungsinterviews im Kontext dieser Arbeit dazu genutzt, Rückschlüsse auf den Erfolg der Beantwortung der ALF 2 und 3, also über die Entwicklung und Anwendung der Methodik zur Operationalisierung des KRITIS-SoS (► s. Kap. 4) sowie den Erkenntnisgewinn der Analyseergebnisse für das KRITIS-SoS in Deutschland (► s. Kap. 5) zu gewinnen. Darüber hinaus wurde das Interview mit dem BBSR dazu genutzt, über die weiteren Anwendungsgebiete von Methodik und Ergebnissen in der Raumordnung zu diskutieren. Diese Inhalte fließen jedoch erst in die konzeptionelle Ausgestaltung der Anwendungspotenziale im Folgekapitel (► s. Kap. 7) ein.

6.3.1 Validierung der Methodik und Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials

Die Methodik zur Datenerhebung und Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials wird von den Expert*innen aus BBSR und BBK überwiegend positiv eingeschätzt. Zwar wird seitens des BBSR angemerkt, dass ein größerer Erhebungsumfang die Reliabilität der Ergebnisse erhöhen und einzelne ‚Ausreißer‘ besser einfangen würde. Zugleich wird jedoch angenommen, dass eine Ausweitung der Erhebung keine grundsätzlich anderen Ergebnisse hervorbringen würde, sodass die Aussagekraft bezüglich der Abhängigkeiten als hoch eingeschätzt wird (Interview Pütz, 2020: B.1). Darüber hinaus wird es als erstrebenswert und grundsätzlich vorstellbar eingeschätzt, die Dissertations-Befragung von behördlicher Seite, bspw. durch eine Kooperation aus BBK, MKRO und UP KRITIS, noch einmal in größerem Umfang und unter Einbeziehung der anderen räumlichen Ebenen durchzuführen (Interview Pütz, 2020: B.1).

Bezüglich der Ausgestaltung der Formel zur Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials wird aus beiden Einrichtungen angemerkt, dass eine tiefere Auseinandersetzung mit den einzelnen Parametern erforderlich ist, um diese im Detail zu verstehen (Interview Lauwe et al. 2020: A.5; Interview Pütz, 2020: B.5+B.6). So erschließen sich bspw. der Begriff und die Zahlenwerte der Nähezentralität im Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ nicht ohne zusätzliche textliche Erläuterung. Darüber hinaus wird kritisiert, dass die (ehemalige) Bezeichnung von Parameter 4, betitelt als ‚Ausbreitungsgeschwindigkeit‘, eine dynamische zeitliche Komponente suggeriert und aufgrund des zeitschnitthaften Charakters der Ausfalldauern irreführend ist, woraufhin die Bezeichnung angepasst wurde. Angemerkt wird darüber hinaus die Notwendigkeit zur Darlegung des Zwecks der Verwendung einer Zweierpotenz als Gewichtungsfaktor des Parameters 4 ‚Zeit‘, anstelle einer einfachen Gewichtung (Interview Pütz, 2020: B.5+B.6), was in ► Anhang IV.iii umgesetzt wurde.



Bezüglich der Ergebnisse der Berechnung und deren potenziellen Anwendungsbereichen sind sich die Expert*innen aus BBSR und BBK hinsichtlich des Mehrwerts einig. Dabei heben sie insb. drei Potenziale der Berechnung hervor: Erstens bieten die Ergebnisse eine gute Informationsquelle für Behörden, (Fach-)Öffentlichkeit und Wissenschaft (Interview Pütz, 2020: B.4, B.7). Zweitens bieten die Ergebnisse, insb. in ihrer klassifizierten Form, die Möglichkeit, von Akteur*innen tieferer räumlicher Ebenen zu Kommunikations- und Priorisierungszwecken verwendet zu werden. Ein besonderer Mehrwert wird für Kommunen gesehen, die ggf. aufgrund begrenzter Ressourcen keine eigenen Analysen durchführen können und die generischen Ergebnisse unmittelbar zur Überprüfung und Nachjustierung ihrer Notfallplanung verwenden können (Interview Lauwe et al., 2020: A.5). Drittens wird in den Ergebnissen die Möglichkeit gesehen, diese zur Objektivierung der systemischen Vernetzung von KRITIS in die Bewertung von Risiken einfließen zu lassen (Interview Pütz, 2020: B. 7, C.9).

6.3.2 Validierung der Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS

Zur Validierung der Verständnisgrundlagen zum KRITIS-SoS und den Teilsystemen wurden vier der Aufbereitungsformen aus ► Kapitel 5.3 diskutiert und bewertet. Zunächst wurde die Verständlichkeit und Aussagekraft von Diagrammen abgefragt, die sich auf das Gesamtnetz beziehen (Netzwerkdiagramm) oder alle Teilsysteme gebündelt darstellen (Punktendiagramm). Anschließend ging es um die Verständlichkeit und Aussagekraft eines teilsystembezogenen Kaskadendiagramms sowie der Steckbriefe.

Das beispielhaft übersendete Netzwerkdiagramm wird von den Expert*innen durchaus ambivalent bewertet. Einerseits wird hervorgehoben, dass ein solches Diagramm zahlreiche tiefergehende Informationen beinhaltet und aus diesem auf die Bedeutsamkeit der einzelnen Teilsysteme innerhalb des Gesamtsystems geschlussfolgert werden kann, sofern die Lesart klar ist (Interview Pütz, 2020: B.3). Andererseits wird es als überfrachtet und im Detail der einzelnen Abhängigkeiten als nicht lesbar charakterisiert, weshalb jedwede Art von Netzwerkdiagrammen für eine praxisorientierte Kommunikation unbrauchbar ist und nur für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden sollte (Interview Lauwe et al., 2020: A.2.ii).

Das Punktendiagramm wird hingegen als sehr übersichtlich und intuitiv verständlich charakterisiert (Interview Lauwe et al., 2020: A.2.i; Interview Pütz, 2020: B.3). Trotz der geringen Informationsdichte wird es als ein geeignetes Kommunikationsinstrument für Behörden erachtet (Interview Lauwe et al., 2020: A.2.i). Es wird festgestellt, dass sich Punkte- und Netzwerkdiagramm gut ergänzen (Interview Pütz, 2020: B.3).

Bezüglich der teilsystembezogenen Diagramme ergeben die Validierungsgespräche noch einmal umfangreicheren Diskussionsbedarf. So wird an den Kaskadendiagrammen positiv hervorgehoben, dass diese, sofern sie in ihrer Logik durchdrungen wurden, ein geeignetes Instrument darstellen, um die „potenziellen Auswirkungsketten bei bestimmten Szenarien zu durchdenken“ (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii). Auch wird ein großes Potenzial zum Schaffen von Bewusstsein über indirekte Abhängigkeiten gesehen (Interview Pütz, 2020: B.2.ii). Zugleich wird darauf hingewiesen, dass solche Kaskadendiagramme keinesfalls selbsterklärend sind (Interview Pütz, 2020: B.2.ii) und diese ohne



eine tiefergehende Auseinandersetzung zahlreiche Verständnisprobleme hervorrufen können. Bspw. wurde die Rückfrage gestellt, warum ein Teilsektor in unterschiedlichen Ästen und auf den verschiedenen Ereignisebenen des Kaskadendiagramms beeinträchtigt sein kann (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii; Interview Pütz, 2020: B.2.ii). Weiterentwicklungspotenziale werden u. a. bezüglich einer Kombination der Ausfalldauern gesehen (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii).

An den Steckbriefen der einzelnen KRITIS-Teilsektoren wird ausschließlich positive Kritik geübt. Diese werden als äußerst verständlich und gut strukturiert, als übersichtlich sowie als informativ bezeichnet. Als besondere Stärke wird von beiden Einrichtungen der hohe Informationsgehalt bei gleichzeitiger Kompaktheit hervorgehoben. Das Zusammenführen einer Kurzbeschreibung mit der detaillierten Darstellung und Interpretation der ein- und ausgehenden Abhängigkeiten in den Spinnennetzdiagrammen wird positiv hervorgehoben. Und auch die zusätzlichen Kurzinformationen und Darstellungen in Form von Siegeln über das Systemische Kaskadenpotenzial und das Bewusstsein der ausgehenden Abhängigkeiten finden besonderen Anklang (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.i; Interview Pütz, 2020: B.2.i).

In der Diskussion zeichnet sich ab, dass den Kaskadendiagrammen und den Steckbriefen unterschiedliche Anwendungszwecke attestiert werden. Während bspw. zu Beginn der Corona-Pandemie das Nachvollziehen möglicher Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten über die Kaskadendiagramme zur behördlichen Kooperation nützlich gewesen wäre (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii), liegt die Stärke der Steckbriefe in der alltäglichen Anwendbarkeit und im hohen Grad ihrer Wissenskommunikation (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.i, A.1.ii). Die Teilsektor-Steckbriefe werden zusammenfassend als besonders geeignetes und dringend benötigtes Kommunikationsinstrument bewertet. Im Gegensatz zu bisherigen Wissensgrundlagen, wie bspw. den BSI-Sektorstudien und deren Vorgänger-Dokumenten, lässt sich die Kenntnis solch kompakter Steckbriefe auch in der behördlichen Kooperation voraussetzen. Zudem handelt es sich, im Gegensatz zu den Kaskadendiagrammen, um eine Aufbereitungsform, die auch der (Fach-)Öffentlichkeit ohne Weiteres zur Verfügung gestellt werden kann (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.i, A.1.ii).

Trotz des unterschiedlichen Informationsgehalts bzw. Detailierungsgrads der Diagramme, der variierenden Verständlichkeit und den verschiedenen potenziellen Anwendungsbereichen liefern die Diagramme in Summe nützlich Wissen über den Grad der Abhängigkeit von Teilsektoren und deren Verhalten als Gesamtsystem. Dieses Wissen kann dazu genutzt werden, die systeminterne Vernetzung von KRITIS in Risikobewertungen mit einfließen zu lassen (Interview Pütz, 2020: B.4).

6.3.3 Abschließende Einschätzung der Validierung

In der externen Validierung zeigt sich, dass sowohl die Erhebungsmethodik als auch die einzelnen Auswertungen für die Raumordnung sowie den Bevölkerungsschutz einen Mehrwert liefern. Die Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials wird, den Ansprüchen an den Operationalisierungsansatz (► s. Kap. 4.2.1) entsprechend, als generischer und dennoch aufschlussreicher, übertragbarer methodischer Ansatz wahrgenommen (Interview Pütz, 2020: B.8). Und auch den unterschiedlichen Diagrammen, die einem tiefergehenden Verständnis des KRITIS-SoS und seinen Teilsektoren dienen, wird jeweils ein spezifischer Mehrwert attestiert.



Deutlich wird, dass sich die Diagramme für unterschiedliche Anwendungszwecke eignen. Während das Punktediagramm und die Teilsektor-Steckbriefe intuitiv verständlich sind und sich dadurch als potenzielle Informations- und Kommunikationsinstrumente innerhalb von Behörden und für die (Fach-)Öffentlichkeit hervortun, befriedigen die Kaskaden- und Netzwerkdiagramme ein eher wissenschaftliches bzw. fachspezifisches Erkenntnisinteresse.

Beide Einrichtungen würdigen Methodik und Ergebnisse der Dissertation und äußern im Rahmen des Validierungsinterviews ein Interesse an deren Veröffentlichung, um diese in ihrem jeweiligen fachlichen Kontext weiterzuverwenden.

Letztlich lässt die externe Validierung auch Rückschlüsse auf das Erreichen der ALF zu. Bezüglich ALF 2: **Wie lässt sich das KRITIS-SoS erfassen und mess- und bewertbar machen?** lässt sich feststellen, dass von den potenziellen Anwender*innen kein Zweifel daran geäußert wird, dass sich die hiesige Methodik zum (Be-)Greifbarmachen des KRITIS-SoS eignet. Und auch bezüglich **ALF 3: Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?** lässt sich positiv vermerken, dass durch die Aufbereitungsformen tiefere Erkenntnisse über die Abhängigkeiten zwischen den KRITIS-Teilsektoren und deren Zusammenwirken als SoS erzielt werden. Beide Interviews bestätigen die Anwendbarkeit und Übertragbarkeit in ihren jeweiligen Disziplinen. Dabei ist von besonderem Wert, dass das BBK in der Klassifizierung des Systemischen Kaskadenpotenzials sowie den Steckbriefen das Potenzial sieht, diese zur Entscheidungsunterstützung an Akteur*innen tieferer Ebenen ebenso zu empfehlen, wie an andere Ressorts auf Bundesebene. Das BBSR sieht in den Ergebnissen die Möglichkeit, die systeminterne Vernetzung zwischen KRITIS in einem gewissen Maße zu objektivieren und in standardisierter Form in Prozesse der Risikobewertung einzubeziehen.

Für die Dissertation bedeutet die durchgeführte Validierung entsprechend mehreres: Erstens die Chance einer Anpassung der Bezeichnung und Ausgestaltung des Parameters 4 des Operationalisierungsansatzes des Systemischen Kaskadenpotenzials. Zweitens eine überwiegend positive Zwischenreflexion der bisherigen Ergebnisse und eine Bestätigung des Erreichens der selbstgesteckten Ziele. Und drittens das Auftun mehrerer Anknüpfungspunkte zur weiteren Ausgestaltung und konzeptionellen Einbettung der Ergebnisse in einen praktischen Umgang mit KRITIS.

Somit ist mit Abschluss dieses Kapitels auch Block III – Operationalisierung abgeschlossen und eine geeignete Evidenz- bzw. Entscheidungsgrundlage zum Umgang mit KRITIS geschaffen. Diese gilt es im Folgenden auf ihre Anwendungspotenziale hin zu untersuchen und weiter auszugestalten.



Zwischenfazit – Interpretation & Validierung

Nach der Darstellung der Analyseergebnisse in ► Kapitel 5 widmet sich ► Kapitel 6 der Interpretation, Plausibilisierung und Validierung dieser. Damit trägt es weiterhin zur Beantwortung von ALF 3: **Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?** bei.

In der Ergebnisinterpretation zeigt sich, dass sich in der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials zwischen den Datensätzen (‘alle Antworten’ und ‘Mehrheitsantworten’) zwar teilweise große numerische Unterschiede ergeben, die Klassifizierung der Teilsektoren hingegen sehr stabil ist, was für die Übertragbarkeit des Operationalisierungsansatzes spricht. Die Ergebnisse der Netzwerkanalysen sowie der diversen, teilsektorbezogenen Aufbereitungsformen charakterisieren das KRITIS-SoS als Wirkungsgefüge mit enger Vernetzung mit oftmals starken gegenseitigen Abhängigkeiten seiner Subsysteme. Die teilsektorbezogenen Auswertungen dienen sowohl der Plausibilisierung der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials als auch der Interpretation des Gesamtnetzes. So lassen sich bspw. Besonderheiten in den Netzwerkdiagrammen durch die Spinnennetz- und Kaskadendiagramme aufklären. Es lässt sich daher schlussfolgern, dass der Operationalisierungsansatz sowie die Erhebungs- und Auswertungsmethodik ihr Ziel erreichen, das KRITIS-SoS zu erfassen und mess- und bewertbar zu machen. (► s. Kap. 6.1 + 6.2)

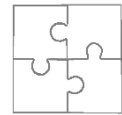
Die externe Validierung dient einer Zwischenreflexion der Zielerreichung der Methodik und des Mehrwerts des Operationalisierungsansatzes durch potenzielle Anwender*innen. Die Validierung, die durch Expert*innen aus den primär in dieser Dissertation adressierten Bundesoberbehörden (BBSR und BBK) erfolgt, fällt insgesamt positiv aus. Dem Operationalisierungsansatz wird aus beiden Einrichtungen ein Mehrwert attestiert. Während das BBK dessen universelle Anwend- und Skalierbarkeit auf unterschiedlichen Ebenen und für unterschiedliche Akteur*innen hervorhebt, sieht das BBSR in diesem eine Möglichkeit, die systeminterne Vernetzung zwischen KRITIS zu objektivieren und in Risikobewertungsprozesse einzubinden. In den diversen Auswertungen und Aufbereitungsformen, die dem Erkenntnisgewinn über die Ausgestaltung des KRITIS-SoS dienen, sehen die Expert*innen unterschiedliche Mehrwerte. Beide Einrichtungen sehen besonderen Wert in den Steckbriefen, die als generelles Informations- und Kommunikationsinstrument sowohl für die (Fach-)Öffentlichkeit als auch andere (Bundes-)Ressorts hilfreich sind. Die Kaskadendiagramme können nach Aussage des BBK insb. bei der Abschätzung der Auswirkungen möglicher Szenarien, z. B. im Rahmen der Risikoanalyse Bund, dienen. Die Netzwerkdiagramme werden hingegen von beiden Einrichtungen aufgrund ihrer Komplexität als eher forschungsorientierte Aufbereitungsformen charakterisiert. Das BBSR sieht in diesen aufgrund ihres Detaillierungsgrades jedoch eine wichtige, wenngleich eher wissenschaftliche Ergänzung zu allgemeinverständlicheren Aufbereitungsformen, wie Punkte- und Spinnennetzdiagrammen. (► s. Kap. 6.3)

Letztlich weisen sowohl die interne Interpretation und Plausibilisierung als auch die externe Validierung auf eine hohe Ergebnisqualität hin, die diese zur weiteren Verwendung qualifiziert. Die positive Validierung ermöglicht es, mit den Erkenntnissen auf eine konzeptionelle Ebene zurückkehren und im Folgenden deren Anwendungspotenzial zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS zu diskutieren (► s. Kap. 7).

A background network diagram consisting of several interconnected nodes of varying sizes and colors (purple, blue, green, teal) connected by thin, light blue lines. The nodes are arranged in a non-uniform pattern across the page.

Block IV – Implementierung

Dem Schutz kritischer Infrastrukturen
Rechnung tragen



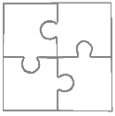
7. Potenziale zum Umgang mit KRITIS

Nachdem aufgezeigt wurde, wie das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht werden kann (► s. Kap. 3-6) und entsprechend die Evidenzgrundlage für einen Umgang mit KRITIS entwickelt ist, gilt es im Folgenden deren Anwendungspotenziale zu überprüfen. Dabei stellt sich die Frage, wo sich welche Elemente dieser Evidenzgrundlage wie (und bis zu welchem Grad) umsetzen lassen. Daher wird ALF 4 nachgegangen: **Wie lassen sich die Erkenntnisse über das KRITIS-SoS einbinden, um den Umgang mit KRITIS zu befördern?**

ALF 4 impliziert entsprechend mehrere Detailfragen. Einerseits geht es darum aufzuzeigen, ‚wo‘ die Einbindung der Erkenntnisse erfolgen kann, was einerseits als inhaltliches (theoretisches wie praktisches) ‚wo‘ verstanden werden kann, zugleich aber auch ein kompetenzielles ‚wo‘, also ein ‚von wem auf welcher Ebene‘ umfasst. Die Frage nach dem ‚wie‘ der Umsetzung zielt einerseits auf eine theoretisch-konzeptionelle Einbindung, gleichermaßen jedoch auch auf eine instrumentelle Implementierung. Die Frage nach dem ‚wie‘ inkludiert dabei immer auch eine Frage nach dem ‚inwiefern‘ und zielt auf die Diskussion der verbleibenden Erkenntnislücken und Weiterentwicklungspotenziale. Letztlich wird durch die Kombination der Diskussionen darüber, wo, wie und inwiefern die Evidenzgrundlage eingebunden werden kann, das Anwendungspotenzial (und die verbleibenden Hemmnisse) zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS verdeutlicht.

Den Startpunkt der Diskussion um die Beförderung des Umgangs mit KRITIS bildet eine theoretisch-konzeptionelle Auseinandersetzung mit dem ‚wo‘ der Einbindung der Erkenntnisse zum KRITIS-SoS in die Dimensionen von KRITIS-Schutz (► s. Kap. 3.3.4). Denn nur, wenn die Dimensionen zusammengebracht werden, kann ein umfassender Umgang mit KRITIS und ein Schutz dieser erfolgen (► s. Kap. 7.1). Ausgehend von der theoretisch-konzeptionellen Auseinandersetzung wird anschließend der Frage nach dem kompetenziellen ‚wo‘ und ‚wie‘ nachgegangen, indem die zentralen Akteur*innengruppen der einzelnen Dimensionen fokussiert und strategisch-instrumentelle Anwendungspotenziale der Evidenzgrundlage aufgezeigt werden (► s. Kap. 7.2). Ein besonderer Fokus liegt, nicht zuletzt um dem Ziel der Arbeit (► s. Kap. 2.1) gerecht zu werden, auf der Raumordnung, für die eine separate Diskussion der Anwendungspotenziale erfolgt (► s. Kap. 7.3). Abschließend werden die theoretisch-konzeptionellen und strategisch-instrumentellen Ausführungen der einzelnen Unterkapitel zusammengeführt und konzeptionell durchdacht, wie der Umgang mit KRITIS befördert werden kann. Hierzu wird einerseits eine Bündelung der Aktivitäten zum KRITIS-Schutz vorgeschlagen und andererseits der zentrale Weiterentwicklungsbedarf aufgezeigt (► s. Kap. 7.4).

Bei den nachfolgenden Ausführungen handelt es sich explizit nicht um Handlungsempfehlungen. Um solche aussprechen zu können, bedürfte es – neben räumlich konkreten Ergebnissen – eines Verlassens der Sachebene. Da die Wertebene allerdings (politisch-)normative Bewertungen erfordert, die schlichtweg nicht im Kompetenzbereich der Wissenschaft liegen, gilt es die nachfolgenden, anwendungsbezogenen Ausführungen weiterhin auf der Sachebene zu verankern. Sie bieten daher eine Diskussionsgrundlage, die für die Entscheidungsträger*innen (auf der Wertebene) unterstützend wirken kann. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Ausführungen um konzeptionelle Überlegungen handelt (► s. Kap. 2.3.2), die keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit oder Ausschließlichkeit erheben.



7.1 Theoretisch-konzeptionelle Beförderung des Umgangs mit KRITIS

Nach erfolgreicher Entwicklung von Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen zum KRITIS-SoS beziehen sich nachfolgende Ausführungen zurück auf die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen (► s. Kap. 3). Es wird der Frage nachgegangen, wie die Erkenntnisse zur Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ mit den anderen KRITIS-Dimensionen zusammengebracht werden können, um den Umgang mit KRITIS theoretisch-konzeptionell zu befördern. Zunächst wird hierzu argumentiert, dass eine Versorgungsleistungsperspektive eingenommen werden kann, indem die Dimensionen ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ und ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ miteinander verknüpft werden (► s. Kap. 7.1.1). Anschließend wird diskutiert, wie diese kritikalitätsbasierte Versorgungsleistungsperspektive mit einer risikobasierten Anlagenperspektive zusammengeführt werden könnte (► s. Kap. 7.1.2).

7.1.1 Eine Versorgungsleistungsperspektive einnehmen

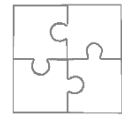
Um die KRITIS-Dimensionen konzeptionell zusammenzuführen, ist es zunächst erforderlich, eine Versorgungsleistungsperspektive einzunehmen, indem die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ mit der Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ zusammengebracht wird. Denn während die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ auf die KRITIS-internen Abhängigkeiten abzielt, veranschaulicht die ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ die KRITIS-externen Abhängigkeiten des sozio-technischen ‚environment‘. Gemeinsam bilden diese, aufgrund ihres System- und Versorgungsleistungsbezugs, integrierte Kritikalität⁴⁸ ab (► s. Kap. 3.3.1).

Wie in den theoretischen Grundlagen (► s. Kap. 3) ausführlich dargelegt, wird die KRITIS-externe Versorgungsleistungsperspektive besonders von Operationalisierungsansätzen unter Vulnerabilitätsdenkströmung (3) abgebildet. Insb. finden sich diesbezüglich Studien und methodische Ansätze aus dem Bevölkerungsschutz. So stellt das BABS (2010) die potenzielle Betroffenheit von Bevölkerung und Wirtschaft bspw. in seiner sog. Kritikalitätsabschätzung (► s. Kap. 4.1.1) unmittelbar neben die Dependenzabschätzung, indem in die finale Berechnung der ‚Kritikalität‘ jeweils zu einem Drittel die Bewertungen der KRITIS-internen Dependenz, der potenziellen Betroffenheit der Bevölkerung und der Wirtschaft eingehen (BABS, 2010: 8).⁴⁹ In der Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz des BBK (BBK & UNIBW M 2019; BBK 2010) werden hingegen diverse Kategorien und Schwellenwerte geboten, um mögliche Schäden abzuschätzen und über eine Matrix zu klassifizieren (BBK, 2019: Anhang 7).

Beide Ansätze bieten sich zumindest für eine Abschätzung der Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ an, sofern als Bedrohungsszenario eine KRITIS-interne Störung angenommen wird. Zur Er-

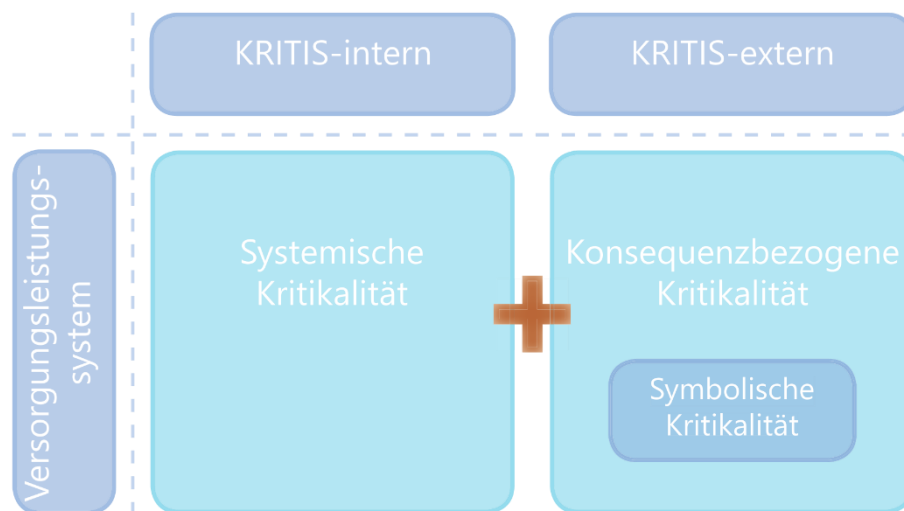
⁴⁸ Erinnerung: $K_{\text{int}} = K_{\text{system}} + K_{\text{konsequenz}}$.

⁴⁹ Als KRITIS-externe Faktoren werden herangezogen: a) Anzahl der direkt betroffenen Bevölkerung, b) Stärke der Auswirkungen auf die direkt betroffene Bevölkerung, c) finanzielle Höhe der wirtschaftlichen Ausfälle, d) Indirekte Auswirkungen auf die Wirtschaft (z. B. indirekte Einbußen, Reputations- oder Standortschädigung) (BABS, 2010: 9-11).



hebung kommen Befragungsformen wie Umfragen, Expert*inneninterviews oder auch die (Breitband-)Delphi-Methode in Frage, da diese zielgerichtet und relativ ressourcenschonend ausgestaltet werden können (► s. Kap. 4.1.2). Mögliche Befragte sind bspw. Expert*innen aus Krisenstäben, wobei insb. auf höheren Ebenen auch größer angelegte (ggf. auch generische) Befragungen mit Expert*innen aus unterschiedlichen Bereichen durchgeführt werden können. Wesentlich ist, dass sich (auch ortsspezifische) gesellschaftliche Vulnerabilität auf derselben Skala wie das (generische) Systemische Kaskadenpotenzial klassifizieren lässt, z. B. als keine, geringe, mittlere und große Vulnerabilität, damit eine Zusammenführung dieser mit dem Systemischen Kaskadenpotenzial stattfinden kann. Was im Detail als geringe oder große Vulnerabilität gilt, ist je nach räumlichem Maßstab und Untersuchungsraum, bspw. über Schwellenwerte, festzulegen. Zur späteren Verrechnung können entweder (normativ festgelegte) generische Kaskadenpotenzialklassen herangezogen werden, oder eine ortsspezifische Anwendung des Operationalisierungsansatzes, auch unter eigener Methodik zur Primärdatenerhebung, stattfinden.

Abbildung 50: Zusammenführung der Versorgungsleistungsperspektive

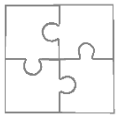


Quelle: eigene Darstellung.

Zur Verdeutlichung der konzeptionellen Idee folgt eine beispielhafte Ausgestaltung für einen fiktiven Raum, der die gesellschaftliche Vulnerabilität durch Anwendung der Breitband-Delphi-Methode jeweils für alle Teilsektoren⁵⁰ ermittelt und anschließend mit den Kaskadenpotenzialklassen dieser Arbeit zusammenführt.

In einem Auftakttreffen legen die örtlichen Expert*innen, in diesem Fall die Mitglieder des Krisenstabes, zunächst gemeinsam fest, was genau für sie gesellschaftliche Vulnerabilität bedeutet (mit oder ohne Reaktions- und Anpassungskapazitäten) und welche Indikatoren herangezogen werden sollen, um diese zu messen. Für jeden Indikator legen sie gemeinsam Schwellenwerte für geringe, mittlere und große Vulnerabilität fest. Anschließend geht den Mitgliedern eine Abfrage zur Bewertung dieser Indikatoren unter einem bestimmten Setting, bspw. wie in Tabelle 28 dargestellt und im Idealfall unter denselben Annahmen wie zur Erhebung der Kaskadenpotenzialklassen, zu. Unabhängig voneinander nehmen sie ihre Bewertungen vor, um diese anschließend auf einem gemeinsamen,

⁵⁰ Denkbar wäre es bspw. auch, eine solche Erhebung lediglich für die Teilsektoren mit dem höchsten Systemischen Kaskadenpotenzial durchzuführen, um Ressourcen zu schonen.

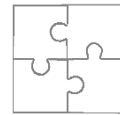


zweiten Treffen zu diskutieren und jeweils zu einer konsensualen Einschätzung der gesellschaftlichen Vulnerabilität gegenüber dem Ausfall eines jeden der Teilspektoren zu kommen.

Tabelle 28: Beispielhafter Fragebogen zur Erhebung der ‚Gesellschaftlichen Vulnerabilität‘

Wie groß sind, unter Annahme des untenstehenden Settings, die Auswirkungen eines Ausfalls der KRITIS-Teilspektoren auf die Gesellschaft?				
Beantwortung: Bitte bewerten Sie die in den Spalten abgefragten Kriterien jeweils anhand von vier Klassen, die von 0 bis 3 reichen. Die ersten beiden Kriterien beziehen sich auf die direkt (unmittelbar) betroffene Bevölkerung, während das dritte Kriterium nach den indirekten (mittelbaren) Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft fragt. Hierunter lassen sich ebenso wirtschaftliche wie psychologische Auswirkungen wie eine Einschränkung des öffentlichen Lebens berücksichtigen.				
Setting: Der in der ersten Spalte benannte Teilspektor fällt jeweils für zwei Wochen im gesamten Bundesgebiet aus (Totalausfall). Der Ausfall geschieht plötzlich und erlaubt keine kurzfristige Vorbereitung. Während der gesamten Ausfalldauer finden keine erfolgreichen Wiederherstellungsversuche statt. Bestehende Back-up-Systeme (z. B. Notstromgeneratoren) werden jedoch so lange wie verfügbar genutzt. Deutschland kann während des Ausfalls keine Hilfe aus dem Ausland beziehen. Der Grund für den Ausfall ist irrelevant.				
Teilspektor	Anzahl der direkt betroffenen Bevölkerung	Stärke der Auswirkung auf die direkt betroffene Bevölkerung	Stärke der indirekten Auswirkungen auf die Gesellschaft	Gesellschaftliche Vulnerabilität
	3 = groß 2 = mittel 1 = gering 0 = keine	3 = groß 2 = mittel 1 = gering 0 = keine	3 = groß 2 = mittel 1 = gering 0 = keine	Klassifizierter Mittelwert
01_Elektrizität				
02_Mineralöl				
03_Gas				
04_Ernährungswirtschaft				
05_Lebensmittelhandel				
06_Banken				
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]
16_Kulturgut				
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]
25_Schiennenverkehr				
26_Straßenverkehr				
27_Logistik				
28_Öff. Wasserversorgung				
29_Öff. Abwasserbeseitigung				

Quelle: eigene Darstellung.



Im Anschluss werden die klassifizierten Werte der gesellschaftlichen Vulnerabilität mit den (generischen) Systemischen Kaskadenpotenzialklassen addiert, um zu einer finalen Abschätzung der versorgungsleistungsbezogenen Perspektive und damit zu einer Approximation der (integrierten) Kritikalität zu gelangen. Bei der abschließenden Klassifizierung ist zu beachten und darauf hinzuweisen, dass selbst geringe Summen noch immer Kritikalität und nicht nur ‚Relevanz‘ (► s. Kap. 1.1.1) veranschaulichen. Ein integrierter Kritikalitätswert von Null kann im Prinzip nicht zustande kommen, da selbst bei Abwesenheit aller KRITIS eines Teilsektors in einem spezifischen Raum die systemische Vernetzung des Teilsektors dennoch zu Betroffenheit führen kann.

Tabelle 29: Mögliche Klassifizierung integrierter Kritikalität

Summe	Mögliche Klassifizierung integrierter Kritikalität
6	sehr hoch
5	
4	hoch
3	
2	mäßig
1	

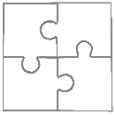
Kritikalitätsmatrix		
3	5	6
2	4	5
1	2	3

Quelle: eigene Darstellung.

Wenngleich ein solches Vorgehen noch immer relativ abstrakt ist und das Zusammenführen unterschiedlicher, klassifizierter Werte mathematisch wie inhaltlich reflektiert werden muss, können die Ergebnisse dazu genutzt werden, detailliertere Untersuchungen vorzunehmen. Trotz generischem Systemischem Kaskadenpotenzial kann Kritikalität so ortsbezogen diskutiert werden, sodass Entscheidungsträger*innen eine Wertebene einnehmen und normativ prioritäre Handlungsbereiche festlegen können. Durch den Austausch der Expert*innen ist zudem in jedem Fall eine Initiierung der Befassung mit dem Thema KRITIS und mit den Auswirkungen eines möglichen Ausfalls gegeben. Erstrebenswert wäre es darüber hinaus, mit einem solchen Vorgehen mehrere Ausfalldauern zu untersuchen. Im Zweifelsfall ist dieser Anspruch jedoch mit den lokalen Ressourcen in Einklang zu bringen. Würde die Debatte um Indikatoren und Schwellenwerte für gesellschaftliche Vulnerabilität auf höherer Ebene geführt und bspw. als Handreichung oder Methodenstandard herausgegeben (► s. Kap. 7.2.2), ließe sich sogar eine Vergleichbarkeit zwischen Kommunen und Regionen herstellen.

7.1.2 Kritikalität und Risiko zusammenführen

Ist die versorgungsleistungsbezogene, kritikalitätsbasierte Perspektive KRITIS-intern wie -extern abgedeckt, lässt sich eine Zusammenführung mit der risikobasierten, anlagenbezogenen Perspektive anstreben. Wie in den theoretischen Grundlagen (► s. Kap. 3) dargelegt, lässt sich die anlagenbezogene Perspektive im Gegensatz zur versorgungsleistungsbezogenen Perspektive aufgrund des Standortbezuges über etablierte Konzepte wie Risiko und Vulnerabilität abdecken. Da diese räumlich konkrete, ortsspezifische Perspektive im Prinzip sowohl für die Akteur*innen des Bevölkerungsschutzes, Anlagenbetreiber*innen als auch die Raumplanung (insb. Fachplanungen und Bauleitplanung) die eigentlich ‚greifbare‘ ist, wird im bisherigen KRITIS-Schutz oftmals ausschließlich an dieser angesetzt und sowohl die Versorgungsleistungen als auch die Einbettung in das KRITIS-SoS außer Acht gelassen. Nachfolgend wird zunächst eine mögliche Operationalisierung der anlagenbezogenen,



KRITIS-internen und -externen Perspektiven diskutiert, ehe der konzeptionelle Versuch unternommen wird, diese zusammenzubringen.

Wie in ► Kapitel 3.3 dargelegt, bietet eine Anbindung an das Risikokzept eine bereits etablierte Möglichkeit, eine anlagenbezogene Perspektive auf KRITIS einzunehmen. Für die KRITIS-interne, anlagenbezogene Dimension, eingeführt als die Dimension des ‚Anlagenrisikos‘ (► s. Kap. 3.3.4), ist eine theoretisch-konzeptionelle Anbindung an die sog. Risiko⁺-Ansätze zielführend. Diese ermitteln das Risiko, das eine physische und damit standortgebundene Infrastrukturanlage besitzt, indem deren anlagenbezogene Vulnerabilität mit der standortgebundenen Exposition gegenüber bestimmten Gefährdungen untersucht wird (► s. Kap. 3.1.2).

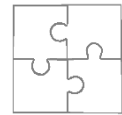
Die KRITIS-externe, anlagenbezogene Dimension, die als ‚Anlage als Gefahr‘ bezeichnet wird (► s. Kap. 3.3.4), stellt die möglichen Konsequenzen in den Mittelpunkt, die sich aus der Zerstörung einer (physischen) Infrastrukturanlage ergeben. Diese Dimension übernimmt damit die Logik der StöV und Strl.SchV, indem die von kritischen Infrastrukturanlagen ausgehende Gefahr überprüft wird (s. hierzu u. a. Delvosalle et al., 2017; Schoppengerd, 2015; Greiving, 2011b; Rumberg, 2011).

Für beide anlagenbezogenen, risikobasierten Dimensionen zeigen sich unterschiedliche Herausforderungen. Die Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ stößt an ihre Grenzen, da bisher eine Überlagerung von Störfall- und kritischen Infrastrukturanlagen zwecks Vermeidung einer Doppelregelung nicht stattfindet. So beinhaltet weder die aktuelle KRITIS-Strategie in ihren Sektoren noch die BSI-KritisV eine Regelung von an sich ‚kritischen‘ Anlagen, die bereits unter die StöV oder Strl.SchV fallen⁵¹. Beispiele für solche ‚kritischen‘ Infrastrukturanlagen, die aber nicht als KRITIS gelten, sind z. B. Kernkraftwerke oder Chemie- und sonstige Industrieanlagen. Wenngleich die Vermeidung von Doppelregelungen grundsätzlich zu begrüßen ist, ist an diesem Ausschluss dennoch problematisch, dass die ‚kritischen‘ Störfallanlagen oftmals nicht nur eine Gefahr für die Umwelt darstellen, sondern auch kritische Versorgungsleistungen erbringen, die wiederum für die KRITIS-interne und -externe Versorgung äußerst relevant sind, was sie, per Definition, zu KRITIS macht.

Während die zentrale Herausforderung der Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ also eine rechtlich-definitive ist (► s. Kap. 7.2.2), steht die Dimension ‚Anlagenrisiko‘ vor einer konzeptionellen Herausforderung. Denn jede Infrastrukturanlage ist unweigerlich ein Teil des KRITIS-SoS (i. w. S.) und sollte somit nicht ohne Berücksichtigung ihrer Einbindung in das funktionale Versorgungssystem behandelt werden. Entsprechend bedarf es eines Zusammenbringens des ‚Anlagenrisikos‘ mit der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘, für welches nachfolgend ein konzeptioneller Vorschlag gemacht wird.

Eine Operationalisierung der Dimension ‚Anlagenrisiko‘ findet i. d. R. über Risikoanalysen statt, die sich in ihrer grundsätzlichen Berechnungsvorschrift aus der Gefährdung (engl. ‚*hazard*‘, Formelbestandteil *h*) und der Verwundbarkeit (engl. ‚*vulnerability*‘, Formelbestandteil *v*) zusammensetzen, jedoch in unterschiedlichen Disziplinen weiterentwickelt werden (► s. Kap. 3.1.2). Um zu konkretisieren, dass es sich um das Risiko (engl. ‚*risk*‘, Formelbestandteil *r*) einer konkreten Infrastrukturanlage

⁵¹ In der BBK-Handreichung ‚Schutz Kritischer Infrastrukturen – Identifizierung in sieben Schritten‘ (BBK, 2019, 2017) werden Störfallbetriebe zwar als (für die lokale Ebene) relevante Anlagen eingestuft (BBK, 2019: 33), die es im Rahmen der Identifizierung kritischer Dienstleistungen zu erfassen gilt. Allerdings gelten diese nicht als KRITIS, sondern sind hinsichtlich ihres Gefährdungaspekts gemäß StöV und Strl.SchV zu inkludieren (BBK, 2019: 45, 66).



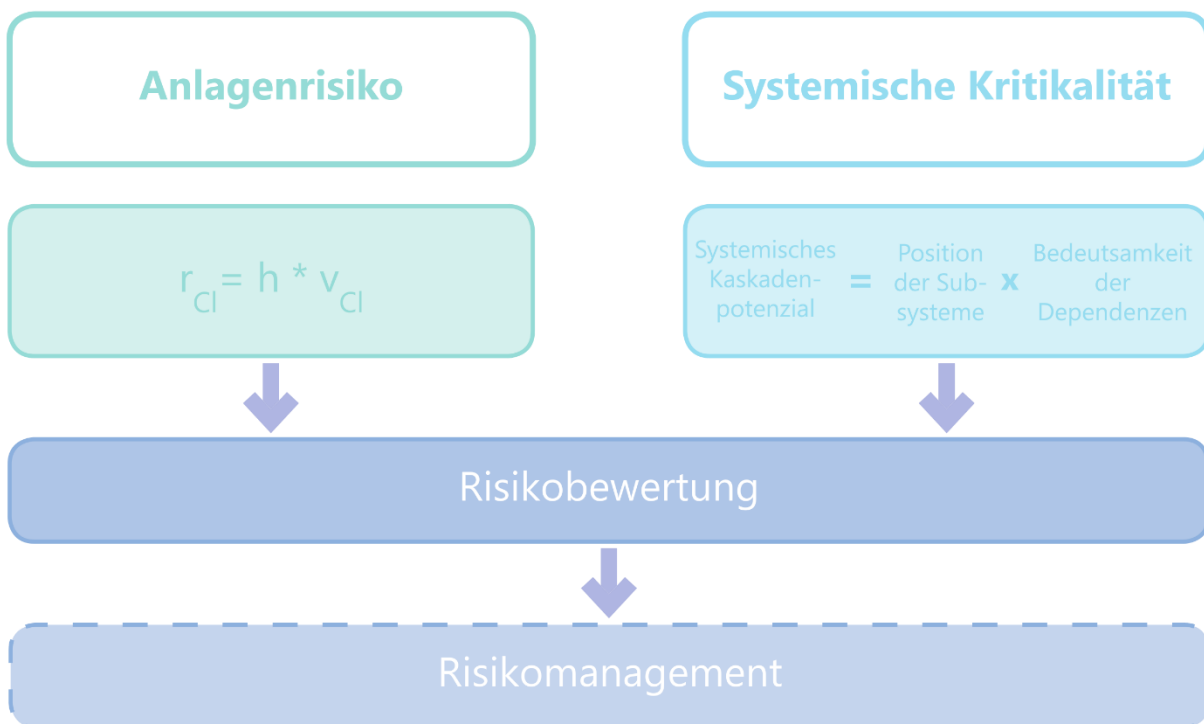
mit spezifischer, anlagenbezogener Vulnerabilität handelt, wird diese nachfolgend um den Bezugsmaßstab CI für ‚critical infrastructure‘ ergänzt.

$$r = h * v \rightarrow r_{CI} = h * v_{CI}$$

Ehe Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung des Risikos im Rahmen eines Risikomanagement-Prozesses umgesetzt werden können, gilt es das Ergebnis der Risikoanalyse zunächst zu bewerten, indem u. a. über die Risikowahrnehmung reflektiert und die normative Frage beantwortet wird, welches (Rest-)Risiko die Gesellschaft bereit ist zu akzeptieren (Greiving, 2019: 64, 71). Dieser normative Prozess wird auch als Risikobewertung bezeichnet. D. h. erst, wenn die Schutzziele normativ abgesteckt sind, lässt sich ein Risikomanagementprozess beginnen.

Zum Zusammenbringen der risikobasierten und der kritikalitätsbasierten Perspektive ließe sich daher, nach o. g. Logik, zunächst eine anlagen- und standortbezogene Risikoanalyse durchführen und deren Ergebnis anschließend in der Risikobewertung mit den Ergebnissen der Operationalisierung des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 5.2.5), stellvertretend für die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘, zusammenbringen. Eine solche Zusammenführung im Rahmen der Risikobewertung wird gegenwärtig sowohl von Wissenschaftler*innen des Bevölkerungsschutzes (Fekete, 2018) als auch der Raumplanung (Kruse et al., 2021) diskutiert.

Abbildung 51: Kombination von Anlagenrisiko und systemischer Kritikalität in Risikobewertung



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Kruse et al., 2021: 13/20.

Was sich konzeptionell relativ simpel beschreiben lässt, wird in der praktischen Umsetzung eine Herausforderung sein. Denn abseits der Voraussetzung, dass zunächst eine Operationalisierung des KRITIS-SoS erfolgen muss, bringen Risikoanalysen zahlreiche Herausforderungen mit sich. Einerseits wird deren häufige Fokussierung auf lediglich eine Gefährdung, z. B. Flusshochwasser, kritisiert, da letztlich zur realitätsnahen Erfassung eine Multi-Gefährdungsbetrachtung erforderlich wäre, für die

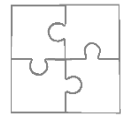


es jedoch an verräumlichbaren Grundlagen fehlt. Andererseits birgt die Bestimmung der Vulnerabilität der Anlagen sowohl definitorisch als auch inhaltlich großen Interpretationsspielraum (► s. Kap. 3.2.1). Selbst wenn eine eindeutige Begriffsverwendung stattfindet (hier: im konzeptionellen Kontext von Risiko), werden derzeit unterschiedliche Parameter zur Erfassung dieser benutzt (► s. Kap. 3.1.2), die von der Anfälligkeit der Anlage aufgrund ihres Zustandes (z. B. Alter, Wartungszustand, Redundanzen) (Egan, 2007) über deren Bedienbarkeit aufgrund von Instandsetzungsdauer, Reparatur- oder Entstörzeit (Katina & Hester, 2013) bis zur generellen Robustheit der Anlage (Zio, 2016) reichen. Schlussendlich besteht somit auch bezüglich einer anlagenbezogenen Auseinandersetzung mit KRITIS noch umfangreicher Forschungsbedarf, auf den im nachfolgenden Unterkapitel (► s. Kap. 7.2) noch einmal eingegangen wird.

Sofern diese konzeptionelle Zusammenführung auch praktisch gelingt, was zunächst zu erproben ist, könnten die Ergebnisse einen großen Mehrwert sowohl für den Bevölkerungsschutz als auch die Raumplanung darstellen. So böte sich für den Bevölkerungsschutz und den Anlagenschutz durch die Betreiber*innen eine Grundlage zur Entscheidung über Schutzprioritäten oder prioritären Einsatzorten im Krisenfall, z. B. durch Feststellung von vorrangig wiederherzustellenden Anlagen. Eventuell ließen sich auf dieser Basis auch kleinräumige KRITIS-Inventare erstellen und pflegen, in denen Anlagenrisiko und (integrierte) Kritikalität der Versorgungsleistungen listenartig geführt würden. Dazu wäre jedoch voraussichtlich eine Klassifizierung des Anlagenrisikos erforderlich, um die Ergebnisse auf einen Blick vergleichen zu können und zugleich keine allzu sensiblen Informationen zu generieren. Solche kleinräumigen, standortspezifischen Informationen sind insb. auch für die Fachplanungen sowie die Bauleitplanungsebene sehr relevant. Bspw. ließen sich diese in die UP einbringen, und zwar sowohl in die Strategische Umweltprüfung (SUP), die bei Planaufstellung erforderlich ist, als auch in die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), die bei der Entwicklung von (Infrastruktur-)Projekten benötigt wird. Für die Raumordnung, insb. die Regionalplanung, könnte eine solche Informationsgrundlage die Chance bieten, vorsorgende Festlegungen mit überörtlicher Steuerungswirkung für die Ebene der Bauleitplanung und überfachlicher Steuerungswirkung für die Fachplanungen zu treffen, wie im Nachfolgenden ausführlicher dargelegt wird (► s. Kap. 7.3.2).

7.2 Strategisch-instrumentelle Beförderung des Umgangs mit KRITIS

Auf Grundlage der theoretisch-konzeptionellen Auseinandersetzung wird nachfolgend der Frage nach den strategisch-instrumentellen Anwendungspotenzialen der Evidenzgrundlage nachgegangen. Hierzu wird zunächst die Frage nach dem kompetenziellen ‚wo‘ der Beförderung des Umgangs mit KRITIS geklärt, indem die zentralen Akteur*innengruppen für die vier KRITIS-Dimensionen identifiziert werden (► s. Kap. 7.2.1). Anschließend erfolgt die Diskussion der Frage nach dem strategisch-instrumentellen ‚wie‘ der Beförderung des Umgangs mit KRITIS, indem Implementierungsoptionen aufgezeigt werden (► s. Kap. 7.2.2).



7.2.1 Zentrale Akteur*innengruppen im Umgang mit KRITIS

Im Umgang mit KRITIS gibt es diverse Akteur*innen mit unterschiedlichen Kompetenztiteln, d. h. Zuständig- und Verantwortlichkeiten (► s. Kap. 1.3). Differenzieren lassen sich diese einerseits auf Grundlage der Risikomanagementphase, in der sie ihre Schutzbemühungen (überwiegend) erbringen und zwar in Akteur*innen der Prävention (Vorsorge) und Reaktion (Nachsorge). Andererseits findet, wie bspw. in der nationalen KRITIS-Strategie, eine Unterscheidung der Akteur*innen nach Aktivitätsgrad statt. Dabei wird differenziert zwischen Akteur*innen, die sich hauptverantwortlich und alltäglich aktiv mit KRITIS befassen, und Akteur*innen, die eher rahmengebende Mitgestalter*innen im Umgang mit diesen sind und vornehmlich ‚passiven‘ Schutz betreiben, indem sie nicht unmittelbar KRITIS, sondern eher sich selbst vor den Ausfällen dieser schützen.

Bei Akteur*innen, die der Phase der Prävention zugeordnet werden können, liegen die Kompetenzen überwiegend auf der vorsorgenden Identifizierung und dem Antizipieren eventueller Auswirkungen eines KRITIS-Ausfalls sowie der Befassung mit Schutzvorkehrungen, die diese Auswirkungen möglichst gering halten. Akteur*innen, die in der Phase der Reaktion tätig sind, befassen sich mit dem Krisenmanagement während und im Nachgang eines Infrastrukturausfalls. Ihr Ziel liegt in der Abmilderung der Konsequenzen sowie einer möglichst raschen Rückführung in den Regelbetrieb der Anlagen (BMI, 2009: 10). Aktiven Schutz betreiben gemäß BMI (2009: 2) insb. der Staat und die KRITIS-Betreiber*innen. Letztere haben dabei eine Schlüsselrolle, da sie, überwiegend privatrechtlich organisiert, staatlich zugesicherte Versorgungsleistungen der Daseinsvorsorge erbringen⁵². Der staatliche KRITIS-Schutz umfasst alle präventiven und reaktiven Aktivitäten der Ämter und öffentlichen Behörden auf allen räumlichen Ebenen, also sowohl den Bevölkerungsschutz, inkl. der Gruppe der Hilfeleistungsorganisationen, als auch die Raumplanung.

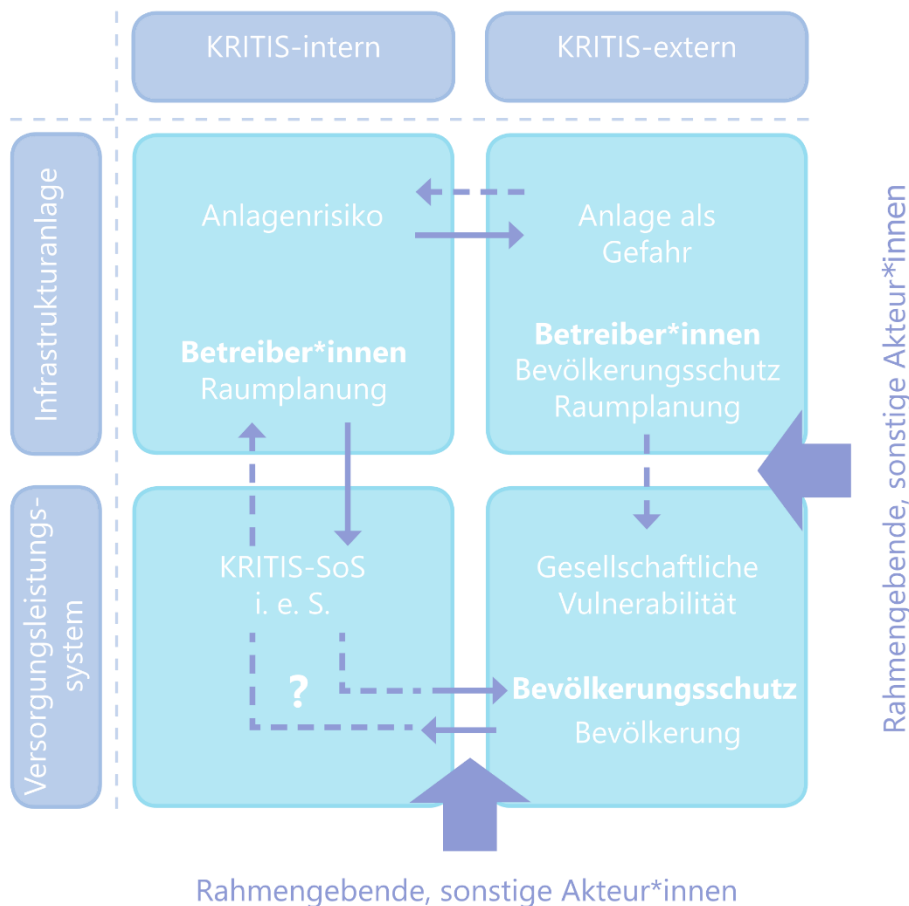
Als wichtigste Akteur*innengruppen im KRITIS-Schutz benennt die nationale KRITIS-Strategie den „Bund mit seinen Behörden, die Länder mit ihren Behörden, die Landkreise und Kommunen mit ihren Ämtern, die Betreiber der Infrastrukturen, die Hilfeleistungsorganisationen, die Wirtschafts- und Fachverbände, die Wissenschaft und Forschung, die (Sicherheits-)Industrie, die Öffentlichkeit (Bevölkerung, Medien), internationale und supranationale Einrichtungen [...] [sowie] bei Bedarf weitere Institutionen [...]“ (BMI, 2009: 12, eigene Ergänzung). Entsprechend dieser Aufzählung und gemäß den zuvor genannten Differenzierungsmöglichkeiten, lassen sich als Akteur*innen eines aktiven Umgangs mit KRITIS insb. die Betreiber*innen, der Bevölkerungsschutz sowie die Raumplanung benennen. Dabei liegen die Kompetenzen der Raumplanung überwiegend in der Phase der Prävention, die des Bevölkerungsschutzes in der Reaktion und die der Betreiber*innen in deren Schnittmenge. Alle anderen Akteur*innengruppen sind eher als rahmengebende Akteur*innen zu verstehen, die in Kommunikations- und Kooperationsprozesse einzubinden sind.

Die drei zentralen Akteur*innengruppen sind in Abbildung 52 nach bestem Wissen und Gewissen den KRITIS-Dimensionen zugeordnet. Eine fettgedruckte Schreibweise bezieht sich auf die primären, eine normalgedruckte Schreibweise auf die sekundären Akteur*innengruppen. Die Pfeile zwischen den Dimensionen stellen den nach Auffassung der Autorin logischen Bedarf nach Informationsfluss und Kooperation dar, der nachfolgend näher erläutert wird.

⁵² Zu den Herausforderungen, die sich hieraus ergeben, s. z. B. de Bruijne & van Eeten, 2007.



Abbildung 52: Zentrale Akteur*innengruppen und ihre Kooperation in den KRITIS-Dimensionen



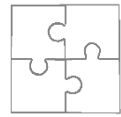
Quelle: eigene Darstellung.

Die Dimension ‚Anlagenrisiko‘ liegt hauptverantwortlich im unternehmerischen KRITIS-Schutz und lässt sich daher der Akteur*innengruppe der Betreiber*innen zuordnen. Diese stellen sowohl den Regelbetrieb der Anlagen als auch den kurzfristigen Krisenbetrieb über das BKM sicher. Ebenfalls involviert, wenngleich eher mit indirekter Verantwortung, ist die Raumplanung, bzw. sind die Fachplanungen. Diese sind für die Genehmigung von KRITIS verantwortlich und beeinflussen entsprechend das Anlagenrisiko durch flächenbezogene wie bautechnische Entscheidungen.

Die Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ unterliegt in der täglichen Unterhaltung ebenfalls den Betreiber*innen der Anlagen, wobei staatliche Akteur*innen in dieser Dimension stärkere Regulierungsmöglichkeiten besitzen, insb. wenn es sich um Störfallanlagen handelt. Daher sind als nachgeordnete Akteur*innen der Bevölkerungsschutz genannt, der für den Katastrophenschutz, also die Gefahrenabwehr für die Bevölkerung zuständig ist, ebenso wie die Raum- bzw. Fachplanungen, die durch Zulassungsentscheidungen einen Einfluss auf die Anlagen ausüben.

Die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ lässt sich ad hoc keiner der Akteur*innengruppen hauptverantwortlich zuordnen. Im Prinzip kann davon ausgegangen werden, dass alle Akteur*innen für diese verantwortlich sind, was jedoch zum sog. ‚common pools problem‘⁵³ (► s. Kap. 1.1.2) führen kann. Da

⁵³ Erinnerung: Das ‚common pools problem‘ beschreibt die Herausforderung, dass bei geteilter Verantwortlichkeit (oder der gemeinsamen Nutzung von Allmendegütern) ohne Anreize von außen kurzfristig solche Akteur*innen am meisten profitieren, die eine Trittbrettfahrer*innen-Position einnehmen (IRGC, 2018: 11, nach Luyendijk, 2015).



zugleich alle anderen Dimensionen mindestens indirekt mit der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ verbunden sind, wie durch die Pfeile visualisiert, wird das sich hier abzeichnende Kompetenzvakuum umso deutlicher (► s. Kap. 7.2.2).

Die Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ lässt sich hauptverantwortlich der Akteur*innengruppe Bevölkerungsschutz zuordnen, da diese sämtliche Maßnahmen des Katastrophen- und Zivilschutzes umfasst, die der Gefahrenabwehr für die Bevölkerung dienen (Website BMI, 2020a). Zudem ist, wenngleich eher passiv durch Eigenvorsorge, die Bevölkerung selbst in dieser Dimension eine wichtige Akteur*innengruppe.

Zwischen den zentralen Akteur*innengruppen und ihren jeweiligen Dimensionen gilt es ganz grundsätzlich die Zusammenarbeit zu stärken, den (Informations-)Austausch zu gewährleisten und Abstimmung zu ermöglichen (BMI, 2009: 12). Wenngleich ein Austausch zwischen allen Akteur*innengruppen und über alle KRITIS-Dimensionen hinweg anzustreben ist, verdeutlichen die Pfeile in Abbildung 52 einen besonders dringenden Bedarf nach Information und Kooperation zwischen den Dimensionen. Durchgezogene Pfeile symbolisieren dabei einen direkten, gestrichelte einen indirekten Austausch.

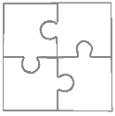
Besonders dringend ist der Austausch zwischen den Dimensionen des ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ und ‚Anlagenrisiko‘, da die Einzelanlagen Teile desselben komplexen Systems sind (► s. Kap. 7.1.2) und sich die Dimensionen somit gegenseitig bedingen. Zwischen den Dimensionen ‚Anlagenrisiko‘ und ‚Anlage als Gefahr‘ besteht ebenfalls eine enge Verknüpfung und daher ein dringender Bedarf nach Austausch, denn je risikobehafteter eine Anlage ist, desto eher wird diese vermeintlich zur Gefahr. Umgekehrt besteht zumindest indirekt ebenfalls eine logische Verbindung, da eine gefährdende Anlage natürlich auch zur Gefährdung für andere KRITIS werden kann.⁵⁴ Die indirekte Verbindung zwischen den Dimensionen ‚Anlage als Gefahr‘ und ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ verdeutlicht, dass Letztere selbstverständlich auch mit der Exposition der Bevölkerung gegenüber gewissen Gefahrenquellen zu tun hat. Werden entsprechend, wie durch die StöV, Mindestabstände zwischen gefährdenden Anlagen und vulnerabler Bevölkerung umgesetzt, kann es gar nicht erst zu einer Exposition kommen.

Nachdem die zentralen Akteur*innengruppen identifiziert und den einzelnen KRITIS-Dimensionen zugeordnet werden konnten, stellt sich die Frage nach der strategisch-instrumentellen Einbindung der Erkenntnisse über das KRITIS-SoS in den (alltäglichen) Umgang mit KRITIS.

7.2.2 Dimensionsbezogene Anwendungs- und Weiterentwicklungspotenziale

Wie soeben dargelegt (► s. Kap. 7.2.1) leisten die zentralen Akteur*innen jeder KRITIS-Dimension einen Beitrag zum Umgang mit und Schutz von KRITIS. Ehe die Aktivitäten in den vier KRITIS-Dimensionen zusammengeführt werden können und eine gemeinschaftliche, umfassende Beförderung des

⁵⁴ Im Jahr 2007 kam es bspw. zu einer Explosion einer Gaspipeline in Hessen, die u. a. Bahngleise stark beschädigte und zu einer Einstellung des Zugverkehrs über mehrere Tage führte (Riegel, 2015a: 75, nach Konersmann et al., 2009).



Umgangs mit KRITIS weiter ausgestaltet werden kann, gilt es diese zunächst in den einzelnen Dimensionen strategisch-instrumentell weiter auszugestalten, was nachfolgend geschieht.

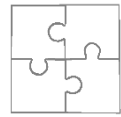
Dimension ‚Anlagenrisiko‘

Zur Beurteilung der Dimension ‚Anlagenrisiko‘, deren zentrale Akteur*innengruppe die Betreiber*innen der kritischen Infrastrukturanlagen darstellen, sind standortspezifische Risikoanalysen erforderlich. Sowohl im Rahmen der Standortgenehmigung als auch durch den Anlagenbetrieb unter der Maßgabe des BKM kann ein bestimmtes Maß an Wissen um die Risiken der Anlagen, ergo Gefährdung und Vulnerabilität, erwartet werden. Jedoch ist ebenfalls anzunehmen, dass Gefährdungen und Vulnerabilitäten tendenziell bisher uneinheitlich aufbereitet werden und Risikoanalysen somit, sofern sie bereits vorliegen, kaum miteinander vergleichbar sind (► s. Kap. 7.1.2).

Um den Umgang mit KRITIS dimensionsbezogen wie auch -übergreifend zu befördern, bedarf es daher einer Anleitung (ggf. inkl. Berichtsvorlage) zur Risikoanalyse für ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen. Diese Anleitung sollte einerseits darauf zielen, das Vorgehen zur Ermittlung des Anlagenrisikos zu vereinheitlichen und andererseits direkt auf eine Anbindbarkeit der Ergebnisse mit anderen Dimensionen achten. Zudem sollte die Anleitung den Unterschied zwischen Anlagenrisiko und versorgungsleistungsbezogener Kritikalität deutlich machen, wofür die in dieser Dissertation entwickelten theoretischen Verständnisgrundlagen genutzt werden können (► s. Kap. 3).

Für diese Ermittlung des Anlagenrisikos sind unterschiedlich Detaillierungsgrade denkbar, die von einer Selbstauskunft der KRITIS-Betreiber*innen bis hin zu einer systematischen Analyse auf Grundlage einheitlicher Kriterien reichen. Sollte letztgenannter Detaillierungsgrad angestrebt werden, sind einheitliche Vorgaben zum inhaltlichen Umfang der Risikoanalyse unerlässlich. Darunter fallen einerseits zu betrachtende Gefährdungsarten und eine Systematik darüber, wie diese überlagert werden können, um eine Multi-Gefährdungsbetrachtung zu erzielen. Andererseits ist es notwendig, (Mindest-)Kriterien zur Ermittlung von Anlagenvulnerabilität festzulegen. Sind dabei bspw. vorrangig Kriterien zum Anlagenzustand (Alter, Wartungszustand etc.) einzubeziehen? Sollten Redundanzen und Anpassungskapazitäten berücksichtigt werden, und wenn ja wie? Und wie (und auf welcher Grundlage) lässt sich die Exposition der Anlage (gegenüber welchen Gefährdungen) zuverlässig ermitteln? Idealtypisch wäre es, für die etwaigen Kriterien einheitliche Schwellenwerte zur Beurteilung der Anlagenvulnerabilität festzulegen. Diese sind jedoch aufgrund der vielen verschiedenen Anlagen und ihren variierenden Größen und Bestandteilen noch schwieriger zu realisieren als Kriterien.

Um zugleich ein späteres Zusammenführen der Ergebnisse der Risikoanalyse mit den Erkenntnissen der anderen KRITIS-Dimensionen zu ermöglichen, bedürfte es zweierlei: erstens einer Zuordnung der Anlagen zu Versorgungssystemen und zweitens eines Klassifikationsschemas der Ergebnisse. Die Zuordnung der Anlagen zu Versorgungssystemen ist erforderlich, um die vorgeschlagene Zusammenführung von Kritikalität und Risiko (► s. Kap. 7.1.2) vorzunehmen. Die Voraussetzung sind wiederum einheitliche Abgrenzungen der Versorgungssysteme (s. u. Erläuterungen zur Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘). Das Klassifikationsschema sollte so ausgestaltet sein, dass die Ergebnisse der Analyse abstrahiert werden und z. B. lediglich Risikoklassen benennen.



Eine solche Klassifizierung bietet mehrere Vorteile. Zunächst handelt es sich bei klassifizierten Werten nicht um sensible Informationen, sodass diese Risikoklassen keine Verschlussache darstellen. Entsprechend könnten diese Informationen den Behörden gemeldet werden, sodass sie bspw. im Zuge der UP abrufbar sind. Die detaillierten Ergebnisse der Risikoanalyse können hingegen bei den Anlagenbetreiber*innen verbleiben und zur Ausgestaltung des BKM dienen. Darüber hinaus bietet eine solche Klassifizierung die Grundlage zur Aushandlung weiterer Pflichten und Privilegien. Diese könnten sich bspw. auf den Umfang und die Häufigkeit von Berichtspflichten beziehen, zugleich jedoch bspw. auch mit staatlicher Unterstützung einhergehen. Insgesamt ließe sich, sofern eine Verpflichtung zur Durchführung solcher Risikoanalysen politisch gewünscht und rechtlich durchgesetzt wird, über die Zeit ein KRITIS-Inventar aufbauen.

Die Entwicklung und Herausgabe einer solchen (zunächst informellen) Anleitung zur Risikoanalyse ‚kritischer‘ Infrastrukturen müsste entsprechend von behördlicher Seite angestoßen werden, allerdings (insb. bezüglich der Entwicklung von Vulnerabilitätskriterien) in enger Kooperation mit den Anlagenbetreiber*innen erfolgen. Vielversprechende Weiterentwicklungsmöglichkeiten weisen bestehende Handreichungen aus dem Bevölkerungsschutz auf, wie bspw. die ‚Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz‘ des BBK (BBK & UNIBW M 2019; BBK 2010). Bezöge sich diese auf KRITIS als Schutzgut (statt auf Mensch, Umwelt, Volkswirtschaft und Immaterielles), wäre eine erste Grundlage für die Klassifizierung bereits vorhanden⁵⁵.

Würde ein solches Vorhaben realisiert werden, was selbstverständlich inhaltlich, organisatorisch sowie seitens der Akteur*innenbeteiligung sehr ambitioniert ist und wahrscheinlich Jahre dauern würde, hätte dies entscheidende Vorteile. Einerseits ließe sich ein einheitliches Berichtswesen bis hin zu einem KRITIS-Inventar⁵⁶ aufbauen, das den staatlichen Akteur*innen mehr Handhabe und einen besseren Überblick über eventuelle Schutzbedarfe ermöglicht. Andererseits würde das Wissen um das ‚Anlagenrisiko‘ ermöglichen, Rechte und Pflichten bestimmter KRITIS-Betreiber*innen noch einmal zu verhandeln. Dabei ist es sicherlich lohnenswert, über mögliche Auswirkungen der Verschiebung des Verhältnisses zwischen KRITIS-Betreiber*innen und Staat zu reflektieren. Denn insb. bei Anlagen mit besonders hohem Risiko würde es eventuell erforderlich werden, die kooperative Ebene des *Public-Private Partnership* (der öffentlich-privaten Partnerschaft, kurz: PPP) zu verlassen und zu einer stärkeren staatlichen Kontrolle überzugehen. Diesbezüglich ist abzuwägen, wieviel mehr an Kontrolle ein noch immer vertrauensvolles Miteinander zulässt.

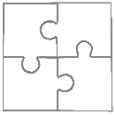
Dimension ‚Anlage als Gefahr‘

Bezüglich der Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ besteht die größte Herausforderung darin, dass Anlagen, die unter die StöV und Strl.SchV fallen, nicht (mehr) (Lenz, 2009: 19) zugleich als KRITIS geführt werden. Die in dieser Dissertation geschaffenen Verständnisgrundlagen können jedoch einen Beitrag dazu leisten, eine erneute Diskussion über das Verhältnis dieser zueinander anzustoßen⁵⁷ und

⁵⁵ Bisher besteht lediglich ein Hinweis auf eine Integrierbarkeit für KRITIS und Kaskadeneffekte (BBK, 2019: 44) sowie die Voraussetzung zur Einbeziehung u. a. von KRITIS-Betreiber*innen in die Risikoanalyse (BBK, 2019: 20).

⁵⁶ Allerdings ist der Detaillierungsgrad und einhergehend die Sensibilität der Informationen eines KRITIS-Inventars mit dem Schutz- bzw. Geheimhaltungsaufwand abzuwägen.

⁵⁷ So stellen sich bspw. die Fragen, ob Kernkraftwerke zugleich Störfallanlagen und KRITIS sein können und ob im Sinne der UP und dem Bedarf zur Erhebung von Katastrophenrisiken nicht für alle ‚kritischen‘ Infrastrukturanlagen Gefährdungsbeurteilungen angefertigt werden müssten.



ein verstärktes Bewusstsein dafür zu schaffen, dass auch Störfallanlagen KRITIS-interne Versorgungsleistungen erbringen und entsprechend als solche Berücksichtigung finden sollten. Mit dieser konzeptionellen Überlegung geht auch einher, dass eine Ergänzung der Sektoren der nationalen KRITIS-Strategie erforderlich werden könnte. So würden ggf. Chemieanlagen, die derzeit ausschließlich als Störfall-, nicht jedoch als ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen geführt werden, (wieder) als KRITIS definiert und in die KRITIS-Strategie aufgenommen.

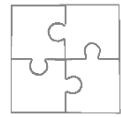
Ist das Verhältnis der Verständnisse und Abgrenzungen zwischen KRITIS und Störfallanlagen geklärt, könnte die Dimension ‚KRITIS als Gefahr‘ auf unterschiedliche Weise strategisch-instrumentell umgesetzt werden. Von informellem Charakter wäre bspw. die Anwendung der ‚Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz‘ unter der Perspektive gefährdender, ‚kritischer‘ Infrastrukturanlagen. Eine formelle Option könnte eine Gefährdungsbeurteilung nach Vorbild der StöV für alle kritischen Infrastrukturanlagen darstellen.

So könnte in Anlehnung an das Berichtswesen der StöV bspw. vereinbart werden, dass für jede ‚kritische‘ Infrastrukturanlage zunächst eine einmalige (klassifizierte) Gefährdungsbeurteilung erstellt wird. Bei erhöhtem Gefährdungspotenzial könnten dann gewisse turnusmäßige Statusreports unter einheitlichen Kriterien vereinbart werden. Die Bedingungen für solche Berichtspflichten wären dieselben wie unter der Dimension ‚Anlagenrisiko‘ beschrieben: eine klassifizierte Gefährdungsbeurteilung würde es insb. Planungsträger*innen und Akteur*innen des Bevölkerungsschutzes ermöglichen, in Genehmigungsverfahren und bei der Entwicklung von Schutzstrategien diese Informationen zu inkludieren. Ebenso ginge mit den Berichtspflichten eine Debatte um die Um- bzw. Neuverteilung von Rechten und Pflichten der KRITIS-Betreiber*innen und staatlichen Einrichtungen einher. Letztlich würde somit ermöglicht, dass nicht nur Störfallanlagen einen bestimmten, standardisierten, physischen Schutz erhalten, sondern auch Infrastrukturanlagen ab einem gewissen Gefährdungspotenzial.

Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘

Eine wesentliche Herausforderung der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ ist deren Kompetenzvakuum, das sich aufgrund der geteilten Verantwortung aller Akteur*innen und dem Mangel einer federführenden Akteur*innengruppe ergibt (► s. Kap. 7.2.1). Aufgrund der Überfachlichkeit der Dimension und ihrer engen Vernetzung mit den anderen Dimensionen, kommen insb. zwei Akteur*innengruppen als Hauptakteur*innen in Frage: Einerseits der Bevölkerungs- bzw. Katastrophenschutz, der in allen Dimensionen zumindest indirekt und reaktiv involviert ist und weitverzweigte Kontakte besitzt. Andererseits die Raumordnung, in deren Kompetenzbereich eine präventive, überörtliche und überfachliche Befassung mit Risiken liegt. Daher kann eine geteilte Zuständigkeit zwischen diesen beiden Akteur*innengruppen für einen umfassenden, präventiven wie reaktiven Umgang mit KRITIS Sorge tragen.

Wie bereits herausgestellt wurde (► s. Kap. 4-6), ist der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials grundsätzlich dazu geeignet, das KRITIS-SoS (i. e. S.) zu erfassen und mess- und bewertbar zu machen. Entsprechend können die Ergebnisse des ► Kapitels 5 als deutschlandweite, generische Erfassung des KRITIS-SoS unmittelbar Anwendung finden. Wird der Operationalisierungsansatz jedoch auf andere räumliche Ebenen übertragen und dort unter eigener



Erhebungsmethodik und Auswertungskonzept wiederholt, wird eine andere inhaltliche wie räumliche Abgrenzung des KRITIS-SoS erforderlich. Während sich das räumliche Verständnis des KRITIS-SoS auf den unterschiedlichen Ebenen – wie auf Bundesebene auch – voraussichtlich nur an den räumlich-administrativen Grenzen des Zuständigkeitsraums der Akteur*innen orientieren kann⁵⁸ und im Idealfall die horizontalen und vertikalen Anbindungs- und Konkretisierungsmöglichkeiten diskutiert, fehlt es für die inhaltliche Abgrenzung des KRITIS-SoS an einer Orientierungsgrundlage⁵⁹. Daher bedarf es einer maßstabsgerechten, inhaltlichen Ausgestaltung der kritischen (Sub-)Systeme, die zugleich nicht zu abstrakt ist, um Akteur*innen zu einer solchen Konkretisierung zu motivieren.

Die BBK-Handreichung (2019) ‚Schutz Kritischer Infrastrukturen – Identifizierung in sieben Schritten‘ bietet diesbezüglich einen guten Ansatzpunkt. Die Handreichung richtet sich an Kommunen und bietet über die Anleitung zur Identifizierung von KRITIS(-Anlagen) hinaus auch Grundlagen zur Priorisierung dieser. In der praktischen Anwendung zeigt sich jedoch eine gewisse Überforderung, zumindest von Akteur*innen der Raumplanung (► s. Kap. 1.3.3), da diese weder über das notwendige Wissen noch die Ressourcen verfügen, kritische Dienstleistungen und Prozesse zu identifizieren. Gleichzeitig hält sich der Kontakt der Planungsakteur*innen zu den Anlagenbetreiber*innen oftmals in Grenzen, sodass diese ggf. erst bei neuen Infrastrukturplanungen im Rahmen der SUP in Kontakt kommen, was für einen ganzheitlichen, mehrdimensionalen, präventiven Umgang mit KRITIS zu spät und zu singulär ist.

Während auf der kommunalen Ebene noch argumentiert werden könnte, dass eine engere Zusammenarbeit zwischen kommunalem Krisenmanagement und Bauleitplanung erforderlich ist, wird es auf den höheren Ebenen der Raumordnung noch schwieriger, ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen und -systeme abzugrenzen. Einerseits liegt ein solches, anlagenspezifisches Wissen nicht im Kompetenzbereich der überörtlich und überfachlich agierenden Raumordnung, sodass diese eher eine Versorgungsperspektive einnehmen kann (► s. Kap. 7.3). Andererseits vermag diese jedoch Fachplanungen zu steuern und trifft Entscheidungen über die räumliche Nutzung. Daher bleibt die Frage unbeantwortet, was – auf den jeweiligen räumlichen und kompetenziellen Ebenen – die relevanten KRITIS(-Systeme) sind bzw. wie und durch wen diese bestimmt werden sollten, um das SoS zu erheben oder zumindest in Entscheidungsprozessen zu berücksichtigen.

In den Validierungsgesprächen mit den Expert*innen aus BBSR und BBK zeigte sich, dass diese einen möglichen Ansatzpunkt für eine maßstabsgerechte Ausgestaltung des KRITIS-SoS in der aktuell stattfindenden Überarbeitung der KRITIS-Strategie sehen. Dabei variiert allerdings die Vorstellung von deren Anwendungsbereich zwischen den Einrichtungen: Während das BBK in der Überarbeitung der KRITIS-Strategie die Möglichkeit sieht, tiefgehende Regelungen auf Ebene der Länder zu finden (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.ii), ist seitens des BBSR grundsätzlich vorstellbar, die KRITIS-Strategie nach Vorbild der BSI-KritisV auszuweiten, in eine KRITIS-Verordnung zu überführen und mit konkreten, anlagenbezogenen Schwellenwerten zu versehen (Interview Pütz, 2020: C.10, C.11).

⁵⁸ D. h. eine Kommune wird innerhalb ihrer kommunalen Gebietsgrenzen denken, ein Bundesland innerhalb seiner Landesgrenzen.

⁵⁹ Die Herausforderung dieser Frage ist die Relativität und Maßstabsabhängigkeit hinter der Bewertung, was ‚kritisch‘ bedeutet. Daher ist es korrekt, diese Entscheidung den Akteur*innen der jeweiligen Ebenen zu überlassen. Zugleich führt diese Freiheit in der Praxis eher zu einer Lähmung bzw. Nichtbehandlung von KRITIS, zumindest in der Raumordnung, was zugleich Anlass und Problemstellung dieser Arbeit ist (► s. Kap. 1.2.3).



Ideal wäre es nach Auffassung der Autorin, wenn die aktuellen Debatten zur KRITIS-Strategie auf Bundes- und Länderebene dazu genutzt würden, einen möglichst einheitlichen Orientierungsrahmen zur Untersuchung des KRITIS-SoS zu schaffen. Dieser könnte in zwei Varianten ausgestaltet sein, die sich gegenseitig ergänzen. Die eine Variante ist es, eine möglichst generische Untersuchung des KRITIS-SoS für jede räumliche Ebene anzustellen, wie es letztlich diese Arbeit für die Bundesebene bereits umgesetzt hat. An diesen Ergebnissen können sich dann alle Entscheidungsträger*innen orientieren und diese mit ihren räumlichen wie inhaltlichen Spezifika erweitern. In der Basis sind die Ergebnisse damit auf horizontaler Ebene vergleichbar.

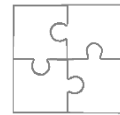
Die andere Variante ist es, ebenenübergreifend über einen Katalog aller denkbaren kritischen Subsysteme, ähnlich dem Anhang der BSI-KritisV, zu diskutieren und diesen auszugestalten. Läge ein solcher vor, könnten die Entscheidungsträger*innen das für ihren Maßstab und Untersuchungsraum relevante Set an Systemen (durch politisch-normative Entscheidung) herausfiltern und darauf aufbauend raumspezifische, individuelle Erhebungen zur Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ durchführen. Aufgrund dieser Abstufung bzw. immer feineren Ausgestaltung würde somit auch eine vertikale Vergleichbarkeit entstehen. Für beide Varianten bedarf es entsprechender Austauschprozesse und -formate und eines (politischen) Willens, um ein solches, einheitliches, disziplinen- und ebenenübergreifendes Vorgehen zu realisieren.

Nicht ausgeschlossen ist allerdings auch eine dritte Variante, in der die Ergebnisse der Bundesebene weiterverwendet werden. Diese könnten bspw. raumspezifisch von Expert*innen validiert und ggf. die Klassifizierung einzelner Teilsektoren an den örtlichen Kontext angepasst werden. Wenngleich diese Variante einen deutlich höheren Abstraktionsgrad aufweist und die Ergebnisqualität entsprechend schmälert, besitzt diese insb. bei knappen finanziellen und personellen Ressourcen die besseren Chancen einer Umsetzung und damit einer ebenenübergreifenden Befassung mit dem KRITIS-SoS.

Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘

Die Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ kann als die strategisch-instrumentell gegenwärtig am besten abgedeckte Dimension bezeichnet werden, da diese in den Kernkompetenzbereich des Bevölkerungsschutzes fällt und diesbezüglich langjähriges Wissen und praktische Erfahrung vorherrschen. Allen voran ist die bereits mehrfach angeführte Handreichung ‚Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz‘ des BBK (BBK & UNIBW M 2019; BBK 2010) zu nennen, die ein einheitliches Vorgehen zur Abschätzung möglicher Konsequenzen aus unterschiedlichen Gefährdungsquellen beinhaltet.

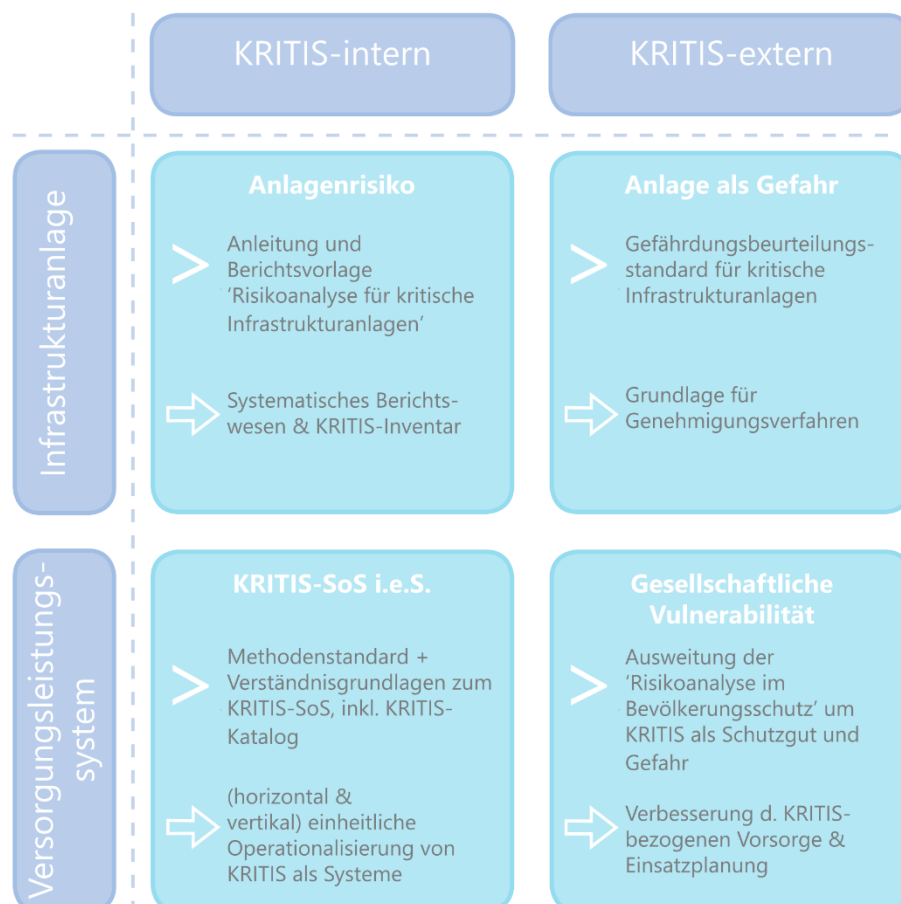
Dass die ‚Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz‘ zielführend angewendet werden kann, belegen die nahezu jährlich erstellten, auf dieser Vorgehensweise beruhenden ‚Risikoanalysen Bund und Länder‘. Diese schätzen mögliche Folgen für unterschiedliche Gefährdungsszenarien ab, die von großflächigen Extremwetterereignissen (Schmelzhochwasser, 2012; Wintersturm, 2013; Sturmflut, 2014) über langfristige, ubiquitäre Mangellagen (Pandemie, 2012; Dürre, 2018) bis hin zu Technikversagen (Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Kernkraftwerk, 2015; Freisetzung chemischer Stoffe, 2016) reichen (Website BBK, 2020b).



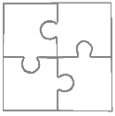
Woran es der Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ allerdings trotz Risikoanalysen fehlt, ist eine Ausrichtung auf KRITIS, und zwar sowohl aus einer gefährdeten als auch einer gefährdenden Perspektive (s. o.). Bezüglich der Gefährdung von KRITIS lässt sich feststellen, dass zwar unter anderen Schutzgütern (z. B. Mensch, Immaterielles) einzelne Subsysteme mitgedacht werden, die Liste der kritischen Systeme allerdings bei Weitem nicht vollständig ist. Die Einführung eines eigenen Schutzguts KRITIS, das neben den Schutzgütern Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Immaterielles steht, könnte entsprechend zielführend sein. Allerdings wäre im Zuge der Erweiterung zu überprüfen, inwiefern es einer Anpassung der anderen Schutzgutkategorien bedarf, da einige kritischen Infrastrukturanlagen und -systeme bereits abgedeckt sind, wie bspw. ein Ausfall der Strom-, Heizöl- oder Wasserversorgung unter dem Schutzgut Mensch sowie die Zerstörung von Kulturgut unter dem Schutzgut Immaterielles (BBK, 2019: 123-135).

Zugleich besitzen KRITIS eine gefährdende Seite, die sich – abseits der störfallorientierten Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ – in einem Mangel der Versorgungsleistungen für die Menschen äußert. Daher sollte auch in der Ausgestaltung der Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ ein stärkerer Fokus auf die versorgungsleistungsbezogene Vernetzung von KRITIS gelegt werden, was das Wissen um die Ausgestaltung der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ im Prinzip zur Grundvoraussetzung zur Abschätzung KRITIS-externer Konsequenzen macht (► s. Kap. 7.1.1). Zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS zeigen daher die in dieser Dissertation entwickelten Verständnisgrundlagen, insb. Aufbereitungsformen wie die Kaskadendiagramme, ein hohes Anwendungspotenzial auch in anderen KRITIS-Dimensionen.

Abbildung 53: Weiterentwicklungspotenziale zum Umgang mit KRITIS



Quelle: eigene Darstellung.



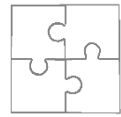
In Summe aller KRITIS-Dimensionen lassen sich zahlreiche Anwendungs- und Weiterentwicklungspotenziale der Evidenzgrundlagen feststellen. Nachdem eine theoretisch-konzeptionelle und eine strategisch-instrumentelle Auseinandersetzung mit der Beförderung des Umgangs mit KRITIS erfolgt sind, steht nachfolgend die Raumordnung im Fokus der Argumentation. Da diese als zentrale Akteur*in der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ identifiziert wurde, stellt sich nachfolgend die Frage, wie die entwickelte Evidenzgrundlage in dieser umgesetzt werden kann, um den Umgang mit KRITIS zu befördern.

7.3 Raumordnerische Beförderung des Umgangs mit KRITIS

Die Raumplanung wurde in mehreren KRITIS-Dimensionen als zentrale Akteur*innengruppe (► s. Kap. 7.2.1) charakterisiert. Während die Fachplanungen sowie die Bauleitplanung in den anlagenbezogenen, risikobasierten Dimensionen als aktive Akteur*innen agieren, indem sie durch Zulassungsentscheide und Festlegung bestimmter Gebietskategorien und Ausweisung spezifischer Flächennutzungen präventiven KRITIS-Schutz betreiben, ist in der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ insb. die überörtlich und überfachlich agierende Raumordnung gefragt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag dazu zu leisten, einen Umgang mit KRITIS in der Raumordnung zu etablieren (► s. Kap. 2.1). Da diese als eine zentrale Akteurin in der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ identifiziert wurde, werden nachfolgend mögliche Ansatzpunkte zur Implementierung einer versorgungsleistungsbezogenen Perspektive auf das KRITIS-SoS und zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS aufgezeigt. Dieses Unterkapitel befasst sich daher insb. mit dem Erkenntnisgewinn, den der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials (► s. Kap. 4.2) sowie die Methodik und Ergebnisse zur Erfassung des KRITIS-SoS in Deutschland (► s. Kap. 5.3) für die Raumordnung liefern und welche Anwendungs- und Konkretisierungsmöglichkeiten sich daraus für diese ergeben. Hierzu wird ALF 4 wie folgt erweitert: Wie lassen sich die Erkenntnisse zum KRITIS-SoS einbinden, um den Umgang mit KRITIS in der Raumordnung zu befördern?

Die raumordnungsspezifische Konkretisierung von ALF 4 bringt einige Implikationen für die weiteren Ausführungen mit sich. Erstens beinhaltet das Fragewort ‚wie‘ auch eine Frage nach dem ‚inwiefern‘ und zielt damit sowohl auf die grundsätzlichen Regelungskompetenzen als auch auf konkrete Instrumente und deren mögliche Inhalte. Es geht somit auch um Konkretisierungsmöglichkeiten des KRITIS-Grundsatzes, damit dieser eine Steuerungswirkung entfalten kann (Spannowsky, 2012: 29). Da die Raumordnung dabei nur im Rahmen ihres Kompetenztitels (► s. Kap. 1.3.2) handeln kann, gilt es insb. zu untersuchen, welche Aspekte von KRITIS (physische vs. funktionale Netze; Folgen ihres Ausfalls) raumrelevant sind, inwiefern diese tatsächlich einer überörtlichen und überfachlichen Steuerung bedürfen und ob dies durch das Raumordnungsinstrumentarium erfolgen kann. D. h. es geht darum, ob Raumrelevanz und Raumordnungsrelevanz für sämtliche kritischen Infrastruktursysteme gegeben sind.



Zweitens impliziert die Formulierung ‚Umgang mit KRITIS in der Raumordnung‘ eine Fokussierung auf den direkten und indirekten Schutz von KRITIS, der durch die Ordnung, Sicherung und Entwicklung des Raumes möglich wird. ‚Schutz‘ bezieht sich dabei, wie in ► Kapitel 7.2.1 herausgestellt, überwiegend auf die Phase der Prävention, da die Raumordnung keine unmittelbaren Reaktionsmöglichkeiten auf einen KRITIS-Ausfall besitzt. Stattdessen agiert sie mit mittel- bis langfristigem Planungshorizont und trifft Entscheidungen von hoher Persistenz (Schmitt, 2016: 10).

Drittens bezeichnet die ‚Raumordnung‘ alle Ebenen der überörtlichen und überfachlichen Planung für die es jeweils zu klären gilt, welche Inhalte auf welcher Ebene geregelt werden sollten und wie die auf unterschiedlichen Ebenen auftretenden Konflikte ausgeglichen werden können⁶⁰. In diesem Kontext gilt es auch über Möglichkeiten zur Reduzierung des ‚*problem of fit*‘ zu diskutieren.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden daher zunächst die Raum- und Raumordnungsrelevanz von physischen und funktionalen KRITIS-Netzen diskutiert (► s. Kap. 7.3.1). Anschließend erfolgt für das wichtigste formelle Instrument der Raumordnungspläne eine Diskussion möglicher Inhalte und Konkretisierungsmöglichkeiten des KRITIS-Grundsatzes auf den verschiedenen Ebenen (► s. Kap. 7.3.2). Abschließend werden Potenziale und Hemmnisse eines raumordnerischen KRITIS-Schutzes zusammengetragen (► s. Kap. 7.3.3).

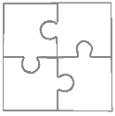
7.3.1 Raum- und Raumordnungsrelevanz von kritischen Infrastruktursystemen

Ehe die Raum- und Raumordnungsrelevanz von kritischen Infrastruktursystemen diskutiert werden kann, sind diese auszudifferenzieren. Kritische Infrastruktursysteme lassen sich in physische und funktionale Systeme unterscheiden. Unter physischen Systemen werden Versorgungsleistungssysteme begriffen, die konkrete, räumlich manifestierte Standorte oder Trassen besitzen. Bei diesen handelt es sich überwiegend um linienhafte Infrastrukturen, wie Netze der Transportinfrastruktur (z. B. Schienennetz, Straßennetz, Binnenschiffahrtsstraßen), der Energieinfrastruktur (z. B. Stromnetze, Gas-Pipelines) oder der Wasserinfrastruktur (z. B. Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung).

Unter funktionalen Systemen werden hingegen räumlich nicht konkrete bzw. im Raum ubiquitär verteilte KRITIS verstanden, die i. d. R. zwar standörtlich bestimmbare Punktinfrastrukturen inkludieren, ihren Systemcharakter im Wesentlichen allerdings erst aufgrund ihrer abstrakten Versorgungsleistung erhalten. Unter diese lassen sich alle anderen, nicht-physischen KRITIS-Teilsektoren fassen, wobei Sektoren wie bspw. *Ernährung* oder *Staat & Verwaltung*, oder auch Teilsektoren wie *Rundfunk & Presse*, *Luftfahrt* und *Arzneimittel & Impfstoffe* gängige Beispiele für funktionale KRITIS-Netze sind.

Die physischen Systeme sind in der Gesamtheit der Subsysteme in der Minderheit des SoS. Zugleich sind die funktionalen Systeme oftmals zur Erbringung ihrer Versorgungsleistung auf die physischen Netze angewiesen, wie bspw. der Sektor *Ernährung* zum Transport der Lebensmittel u. a. das Straßen- und Schienennetz nutzt.

⁶⁰ Dabei wird auf eine separate Betrachtung einzelner, sektoraler Zuständig- und Verantwortlichkeiten verzichtet.



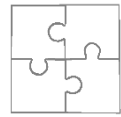
Hinsichtlich ihrer Raum- und Raumordnungsrelevanz unterscheiden sich physische von funktionalen kritischen Infrastruktursystemen. In physischen Systemen ist eine Raumrelevanz, also eine konkrete Manifestation im Raum, aufgrund des Vorhandenseins der (physischen) Netze (z. B. Straßen, Schienen) und Netzknotenpunkte (z. B. Autobahnkreuze, Bahnhöfe, Stellwerke) unweigerlich gegeben. Die möglichen Folgen eines Ausfalls oder einer sonstigen Versorgungsleistungsunterbrechung können in physischen Systemen zusätzlich gleich auf zwei Weisen raumrelevant wirken: Einerseits kann es zu einer Störung an einem Netzknotenpunkt im Sinne einer einzelnen Infrastrukturanlage kommen, der sich auf seine unmittelbare Umgebung auswirkt (Dimension ‚Anlage als Gefahr‘). Andererseits kann die (lokale) Störung eines Netzknotenpunktes Auswirkungen auf den Betrieb und die Funktionsfähigkeit gewisser Netzabschnitte, des gesamten physischen Systems, bis hin zu Auswirkungen auf andere (physische wie funktionale) Systeme haben. Kommt es bspw. zu einem Ausfall eines Stellwerks im Schienenverkehr, müssen die Streckenabschnitte vor und nach diesem gesperrt werden, was zu einer Umleitung oder einem Ausfall von Zügen führt. Handelt es sich bei diesen verspäteten oder annullierten Zügen um Güterzüge, die bspw. Primärenergieträger wie Kohle transportieren und deren Bestimmungsort ein Kraftwerk ist, reichen die Auswirkungen des Stellwerkausfalls ggf. bis in das Subsystem der Stromversorgung.

Im Gegensatz zu physischen Systemen entfalten funktionale Systeme hingegen aufgrund ihres fehlenden Raumbezugs zunächst keine Raumrelevanz. Diese entsteht erst durch das raumspezifische Wirken möglicher Konsequenzen einer Versorgungsleistungsunterbrechung, die sich dann jedoch nach derselben Logik, wie für die physischen Netze dargelegt, äußert. Ein eindrückliches Beispiel für die Raumrelevanz einer Versorgungsleistungsunterbrechung eines funktionalen Systems ist die Einschränkung der *Luftfahrt* aufgrund des Vulkanausbruchs auf Island, welches zur Verdeutlichung der Problemstellung dieser Arbeit beschrieben wurde (► s. Kap. 1).

Die Raumordnungsrelevanz physischer Systeme, d. h. die Erforderlichkeit einer überörtlichen und überfachlichen Steuerung dieser mit raumordnerischen Instrumenten, ist i. d. R. nur für die netz- und systembezogenen, nicht jedoch die anlagenbezogenen Auswirkungen gegeben. Denn die Dimension ‚Anlage als Gefahr‘ ist primär flächenbezogen, d. h. ortsgebunden, und damit Angelegenheit der Fachplanungen (bzw. primär der Betreiber*innen und des Bevölkerungsschutzes). Ein anlagenbezogener, raumordnerischer Steuerungsbedarf ergibt sich ggf. jedoch im Zusammenhang mit Störfallanlagen, zu denen gewisse Abstände einzuhalten sind, was im Rahmen der (raumordnerischen) Allokation u. a. von Vorranggebieten für Siedlungsflächen erforderlich ist.

Doch auch bezüglich der netz- und systembezogenen Auswirkungen gibt es Unterschiede: Beeinträchtigt der beispielhaft skizzierte Stellwerksausfall bspw. den Personen- oder Güter-, Regional- oder Fernverkehr? Ist dieses Stellwerk so an das Netz angebunden, dass es Redundanzen gibt und Züge entsprechend umgeleitet werden können, sodass es nicht zu Ausfällen kommt? Antworten auf diese Fragen lassen sich nicht pauschalisieren, sind immer einzelfallabhängig und letztlich im Kontext der Risikobewertung (► s. Kap. 7.1.2) zu treffen. Im Zweifelsfall haben jedoch alle Systeme, unabhängig ihrer Größe und des Vorhandenseins von Redundanzen, das Potenzial, größere Netz- und Systemstörungen hervorzurufen und sind daher raumordnungsrelevant.

Funktionale Systeme sind aus denselben Gründen raumordnungsrelevant, wie Physische. Im Gegensatz zu physischen Systemen lassen sich tendenziell jedoch keine standort- oder sonstigen einzelfallbezogenen Aussagen treffen, da sich die funktionalen Systeme oftmals nicht verräumlichen



lassen. Eine generische Berücksichtigung dieser, z. B. über die Klassen des Systemischen Kaskadenpotenzials, wird dadurch umso wichtiger.

Nachdem die Raum- und Raumordnungsrelevanz von physischen und funktionalen Systemen festgestellt wurde, lassen sich nachfolgend die inhaltlichen und instrumentellen Ausgestaltungsmöglichkeiten eines raumordnerischen Umgangs mit KRITIS erörtern. Dabei bezieht sich zunächst die Formulierung des KRITIS-Grundsatzes des ROG⁶¹ i. w. S. auf alle Strategien und Maßnahmen, die im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes zu einem direkten (aktiven) oder indirekten (passiven) KRITIS-Schutz beitragen. Dennoch stellt sich die Frage, mit welchen Instrumenten und welchem inhaltlichen Regelungsumfang der KRITIS-Grundsatz konkretisiert und unter Verwendung der Evidenzgrundlage bestmöglich implementiert werden kann. Das nachfolgende Unterkapitel befasst sich daher mit dem formellen Instrument der Raumordnungspläne⁶², indem deren Regelungsumfang zum Schutz physischer und funktionaler Netze auf allen Ebenen beleuchtet wird (► s. Kap. 7.3.2).

7.3.2 Implementierung des KRITIS-SoS in Raumordnungsplänen

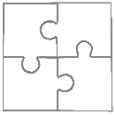
Raumordnungspläne sind gemäß § 1 Abs. 1 ROG ein zentrales Instrument zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Gesamttraums Deutschland und seiner Teilräume. Über Festlegungen koordinieren sie unterschiedliche Raumansprüche, gleichen Konflikte auf und zwischen den Ebenen aus und treffen Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raumes. Als Festlegungsarten stehen Ziele, Grundsätze und sonstige Erfordernisse zur Verfügung, die jeweils zu begründen sind. Gibt es einen konkreten Raumbezug der Festlegungen, können diese auch als Vorrang-, Vorbehalts- oder Eignungsgebiete (samt Festlegung ihrer Ausschlusskriterien) erfolgen (§ 7 Abs. 5 ROG). Da es für jede Raumordnungsebene eigene Raumordnungspläne gibt, werden diese nachfolgend einzeln hinsichtlich ihrer Ausgestaltungsmöglichkeiten diskutiert. Das größte Augenmerk wird dabei, aufgrund des grenz- und systemüberschreitenden Charakters von KRITIS, auf die Idee eines Bundesraumordnungsplans KRITIS (BRP-KRITIS) und dessen mögliche Ausgestaltung gelegt. Da ein solcher bisher jedoch nicht existiert, werden unabhängig einer Regelung auf Bundesebene Konkretisierungsoptionen auch in Landesraumordnungs- und Regionalplänen diskutiert.

KRITIS-Schutz in Bundesraumordnungsplänen gemäß § 17 ROG

Gemäß § 17 ROG gibt es unterschiedliche BRP. Während eine Pflicht zur Aufstellung eines BRP für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone besteht, ist die Aufstellung anderer BRP, bspw. zum Hochwasserschutz, als Standortkonzept für Häfen und Flughäfen sowie zur Konkretisierung einzelner Grundsätze der Raumordnung möglich, jedoch nicht verpflichtend (► s. Kap. 1.3.2).

⁶¹ Erinnerung: „Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen“ (§ 2 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 ROG).

⁶² Da es sich bei ROV um ein Abstimmungsinstrument für Einzelvorhaben handelt, das deren raumverträglichen Ausgestaltung dient (Gruehn et al., 2010: 84; ARL, 2005: 884), und Sachliche Teilpläne ebenfalls Ergänzungen darstellen, die letztlich in integrierte Raumordnungspläne überführt werden, werden diese nicht separat betrachtet.



Zum umfassenden KRITIS-Schutz und insb. dem Schutz physischer und funktionaler KRITIS-Netze, bietet der in Aufstellung befindliche BRPH (► s. Kap. 1.3.3) erste gute Ansatzpunkte. Denn dieser enthält inhaltliche wie räumlich konkrete Festlegungen bezüglich Transport- und Energienetzen im Kontext des Gefahrenkomplexes Hochwasser (Flusshochwasser, Urbane Sturzflut, Sturmflut). Für eine umfassende Regelung aller physischen und funktionalen KRITIS-Netze bedürfte es auf Bundesebene jedoch eines eigenen BRP-KRITIS gem. § 17 Abs. 3 ROG. Da ein solcher BRP, der den KRITIS-Grundsatz des § 2 Abs. 2 Satz 3 Nr. 4 ROG konkretisiert, bisher nicht existiert, werden nachfolgend mögliche Voraussetzungen zur Aufstellung und Inhalte in Form konzeptioneller Überlegungen diskutiert.

Konzeptionelle Überlegungen zu einem BRP-KRITIS

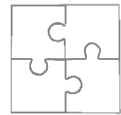
Die rechtliche Möglichkeit zur Aufstellung eines BRP-KRITIS findet sich in § 17 Abs. 3 ROG. Darin ist festgehalten, dass unter Federführung des BMI und Koordination des BBR Raumordnungspläne zwecks Konkretisierung einzelner Grundsätze der Raumordnung aufgestellt werden können. Innerhalb des Aufstellungsverfahrens sind sowohl die Bundesministerien als auch die Länder und angrenzenden Staaten zu beteiligen (§ 17 Abs. 3 ROG). Eine Besonderheit ist, dass solche konkretisierenden BRP weder einer UP nach § 8 ROG noch einer separaten Bekanntmachung gemäß § 10 ROG bedürfen.

Voraussetzung zur Aufstellung eines BRP-KRITIS ist zunächst, dass die MKRO gemäß § 24 Abs. 1 ROG positiv über dessen Erfordernis berät. Dafür bedarf es allen voran eines inhaltlichen wie räumlichen Erfordernisses zur Regelung auf Bundesebene. Außerdem sind Doppelregelungen zu vermeiden⁶³. Zudem muss eine Vereinbarkeit und Anbindbarkeit mit den Nachbarstaaten herstellbar sein, um europäische Sach- und Planungszusammenhänge abbilden zu können.

Diese drei Voraussetzungen können als grundsätzlich erfüllbar angesehen werden. Ein inhaltliches wie räumliches Erfordernis zur Regelung auf Bundesebene ergibt sich aufgrund des grenz- und systemüberschreitenden Charakters von KRITIS⁶⁴. Dieser übersteigt deutlich die Zuständigkeitsräume anderer Akteur*innen (Regionalplanungsträger*innen, Landesraumordnungs- und Fachplanungsbehörden), sodass das Subsidiaritäts- und Abschiebungsprinzip durch eine bundeseinheitliche Regelung unberührt bleiben. Wie die Raumordnungsplananalyse mit Stichtag 30.6.2019 belegt (► s. Kap. 1.3.3), gibt es derzeit keine konkurrierende (bzw. zukünftig abweichende) Gesetzgebung, da der KRITIS-Grundsatz de facto derzeit auf den tieferen Planungsebenen nicht konkretisiert wird. Und auch eine Anbindbarkeit an die europäischen Sach- und Planungszusammenhänge ist aufgrund der EKI-Richtlinie gesorgt, die durch Aufstellung eines BRP-KRITIS lediglich weiter ausgestaltet werden würde.

⁶³ Die Vermeidung von Doppelregelungen könnte es im Falle einer Aufstellung eines BRP-KRITIS erforderlich machen, den in Aufstellung befindlichen BRPH und seine hochwasserschutzbezogenen KRITIS-Festlegungen anzupassen.

⁶⁴ Allerdings ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass der grenz- und systemüberschreitende Charakter von KRITIS selbstverständlich auch Bundesgrenzen überschreitet und mit manchen Netzen selbst europäische Grenzen überschritten werden. Da es zugleich weder eine globale, noch eine formelle europäische Raumordnung gibt, bietet die Bundesebene die höchstmögliche Regelungsebene. Diese kann der zunehmenden Globalisierung von KRITIS-Netzen argumentativ Rechnung tragen, jedoch keine globalen Regelungen vornehmen (Kruse et al., 2021).



Die inhaltliche Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes muss gem. § 17 Abs. 3 ROG durch Festlegung von Grundsätzen erfolgen⁶⁵. Die Festlegung in Form von Grundsätzen hat einige Vor- wie Nachteile. Zunächst sind diese (bundesgesetzlichen) Grundsätze der Raumordnung nach § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG berücksichtigungspflichtig gemäß § 4 Abs. 1 ROG, also von anderen öffentlichen Stellen im Falle raumbedeutsamer Planungen in die Abwägung einzustellen. Damit entfalten sie zwar eine geringere Bindungswirkung als Ziele der Raumordnung und lassen sich potenziell in Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen ‚wegwägen‘⁶⁶. Allerdings müssen diese dafür, im Gegensatz zu Zielen der Raumordnung, nicht räumlich konkret und endabgewogen sein. Zugleich können die Grundsätze der Raumordnung weiter konkretisiert und es kann von diesen abgewichen werden und zwar auf allen Planungsebenen aufgrund der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz.

Wie weiter oben dargelegt, bräuchte es im BRP-KRITIS diverse Regelungsgegenstände. Erstens bedarf es Regelungen, die das Verhältnis von KRITIS zu anderen Regelungen, wie dem Bündelungsprinzip und der StöV, klären. Zweitens gilt es die Abwägungsgewichte der physischen und funktionalen KRITIS-Netze festzustellen, wobei deren unterschiedlicher Bestimmbarkeit Rechnung getragen werden sollte. Wie diese Ausgestaltungen aussehen könnten, wird nachfolgend erläutert. Dabei fließen insb. auch mögliche Ausgestaltungsansätze mit ein, die im Rahmen der Debatten um den BRPH geführt wurden (s. hierzu u. a. Kruse et al., 2021; BMI, 2020).

Generelle Festlegungen

In einem möglichen BRP-KRITIS sind zunächst generelle Festlegungen zu treffen, die dessen Verhältnis zu anderen, bereits bestehenden Regelungen klären. Dabei ist allen voran das Verhältnis des KRITIS-Grundsatzes zum Trassenbündelungsprinzip⁶⁷ darzulegen. Dieses entstammt dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), also dem Umweltrecht, und sieht vor, dass Infrastrukturleitungen nach Möglichkeit in Trassen gebündelt geführt werden sollen, um möglichst raumsparend und mit einer geringen Zerschneidung des Freiraums ausgestaltet zu werden. Aus Perspektive des KRITIS-Schutzes ist häufig jedoch ebendiese Bündelung von KRITIS umstritten, da eine räumliche Konzentration die Möglichkeit für sog. „*common cause failure[s]*“ (Rinaldi et al., 2001: 22, eigene Ergänzung), also gemeinsame Ausfallursachen begünstigt, sodass ausgehend von einem einzelnen, lokalen Ereignis ein simultaner Ausfall mehrerer Subsysteme riskiert wird (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.v; Interview Pütz, 2020: B.1; Nieuwenhuijs et al., 2009: 206; Rinaldi et al., 2001: 22).

⁶⁵ Selbst wenn eine Festlegung in Form von Zielen möglich wäre, sind Grundsätzen aus diversen Gründen besser geeignet. Erstens ist eine räumliche Konkretisierung für die wenigsten physischen Netze (Ausnahme: TEN) und keines der funktionalen Netze möglich, sodass nahezu keine räumlich konkreten, endabgewogenen Zielfestlegungen getroffen werden könnten. Zweitens sollte der BRP-KRITIS einem Allgefahren-Ansatz (engl. ‚*all-hazards approach*‘) Rechnung tragen, sodass alle möglichen externen und internen Gefährdungen inkludiert werden. Da sich jedoch auch diese in Eintrittswahrscheinlichkeit und räumlicher Ausdehnung oftmals nicht bestimmen lassen, rückt die potenzielle Ausfallursache in den Hintergrund, sodass eine Konzentration auf die Vernetzung zwischen den Subsystemen und möglichen Ausbreitungspfaden von Kaskadeneffekten erfolgen sollte.

⁶⁶ Eine Möglichkeit, das Abwägungsgewicht zu erhöhen, ist die Einführung von (bundesrechtlich) gewichteten Grundsätzen, die im Folgenden weiter ausgestaltet wird.

⁶⁷ „Verkehrswege, Energieleitungen und ähnliche Vorhaben sollen landschaftsgerecht geführt, gestaltet und so gebündelt werden, dass die Zerschneidung und die Inanspruchnahme der Landschaft sowie Beeinträchtigungen des Naturhaushalts vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden“ (§ 1 Abs. 5 Satz 3 BNatSchG).



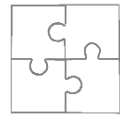
Es gibt mehrere Möglichkeiten, das Verhältnis zwischen KRITIS-Grundsatz und Trassenbündelungsprinzip innerhalb des BRP-KRITIS zu klären. Die einfachste und zugleich umfassendste, allerdings auch am wenigsten konkrete Möglichkeit ist es, ein generelles, KRITIS-bezogenes Abweichungsrecht vom Bündelungsprinzip einzuführen. Dieses wird teilweise in Landesraumordnungs- und Regionalplänen bereits umgesetzt, wie die Begründung zu Grundsatz 5.2.2 des Landesentwicklungsprogramms Thüringen belegt: *„Zum Schutz kritischer Infrastrukturen, also von Institutionen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, kann von der Bündelung abgewichen werden (siehe § 2 Abs. 2 Nr. 3 ROG)“* (Freistaat Thüringen, 2014: 90).

Eine solches, generelles Abweichungsrecht hat den Vorteil, gefährdungsunabhängig anwendbar zu sein. Zugleich bleibt damit jede Entscheidung über eine Abweichung zugleich eine Einzelfallentscheidung. Ein konkreteres Abweichungsrecht lässt sich hingegen umsetzen, wenn sich Gefährdungsräume abgrenzen lassen, wie es bspw. für Flusshochwasser und Sturmfluten der Fall ist. In diesen Fällen kann einer separaten Leitungsführung zugunsten der Netzausfallsicherheit Vorrang vor umweltplanerischen Belangen wie dem Bündelungsprinzip eingeräumt werden (BMI, 2020: 28). Konkrete empirische Untersuchungen, die eine weitere Spezifizierung eines solchen Grundsatzes zulassen würden, stehen jedoch bisher aus. Daher können Untersuchungen über den faktischen Mehrwert einer separaten Linienführung und deren Implikationen für unterschiedliche KRITIS als weiterer Forschungsbedarf deklariert werden.

Abseits des Bündelungsprinzips besteht der Bedarf nach einer Klärung des Verhältnisses von KRITIS zu Störfallanlagen, und zwar in zweierlei Hinsicht. Einerseits gilt es grundsätzlich zu klären, inwiefern ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen zugleich Störfallanlagen sind bzw. vice versa, inwiefern bestimmte Anlagen, die derzeit unter die StöV oder Strl.SchV fallen, eigentlich auch als KRITIS deklariert und innerhalb des KRITIS-SoS mitgedacht werden müssten (► s. Kap. 7.2.2). Ist diese Frage beantwortet, kann andererseits das Verhältnis von KRITIS zu Störfallanlagen bezüglich ihrer gefährdenden Komponente geklärt werden. Denn wenn einzelne Störfallanlagen im Prinzip zugleich ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen sind, die sich in das Versorgungsleistungssystem des KRITIS-SoS einbetten, dann gilt es deren Anfälligkeit nicht nur um der Anlagen (und ihrer Umgebung) willen zu reduzieren, sondern dadurch auch Systemstörungen zu vermeiden. Wenngleich KRITIS- respektive Störfallanlagen einer standortbezogenen Regelung bedürfen und damit in den Kompetenzbereich der Fachplanungen fallen, kann die Raumordnung zumindest generelle Vorgaben zum Ausschluss solcher Anlagen aus Gefährdungsgebieten machen, die dann auf die sektoralen und ortsspezifischen Planungen durchgreifen bzw. dort zu konkretisieren sind.

Subsystembezogene Abwägungsgewichte

Abseits der o. g. generellen Regelungen sollte der BRP-KRITIS die physischen und funktionalen KRITIS-Netze zum Regelungsgegenstand haben und deren unterschiedlichen räumlichen und sachlichen Bestimmbarkeit durch verschiedene Abwägungsgewichte Rechnung tragen. Da Grundsätze der Raumordnung nicht endabgewogen sind, besteht die Gefahr, dass diese in Abwägungs- und Ermessensentscheidungen zugunsten anderer Belange ‚weggewogen‘ werden können. Um dem entgegenzuwirken, können Grundsätze mit einem besonderen Abwägungsgewicht ausgestattet werden, sodass es sich nicht mehr um ‚einfache‘, sondern um ‚gewichtete‘ Grundsätze handelt.



Die Entscheidung darüber, welchen Grundsätzen ein besonderes Gewicht zukommt, ist letztlich eine normative Frage. Hinsichtlich KRITIS lassen sich mindestens zwei Fälle argumentieren. Bei dem ersten Fall handelt es sich, entsprechend den Ausführungen zur Raum- und Raumordnungsrelevanz (► s. Kap. 7.3.1), um solche KRITIS-Netze, für die eine hinlängliche, räumliche und sachliche Bestimmtheit bzw. Bestimmbarkeit vorliegt. Dies trifft insb. für die TEN zu, die sich aus KRITIS-Netzen und -Anlagen aus dem Energie- und Verkehrssektor speisen (► s. Kap. 1.3.3). Ihre besonders hohe Relevanz wurde in der EKI-Richtlinie bereits rechtlich verankert. Da deren konkrete Trassenführung bekannt ist, können diese als gewichtete Grundsätze festgelegt werden.

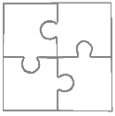
Den zweiten Fall bilden solche physischen und funktionalen kritischen Infrastruktursysteme, die eine besonders hohe, KRITIS-interne, versorgungsleistungsbezogene Relevanz besitzen und somit potenziell, im Falle einer Einschränkung der Versorgungsleistung, viele andere KRITIS in kurzer Zeit beeinträchtigen. Als Entscheidungsgrundlage darüber, welche Systeme eine besonders hohe versorgungsleistungsbezogene Relevanz besitzen, kann der in dieser Arbeit entwickelte Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials verwendet werden. So wäre es denkbar, alle kritischen Infrastruktursysteme mit hohem (ggf. auch noch mit moderatem) Systemischem Kaskadenpotenzial besonders zu gewichten, sofern die Kaskadenpotenzialklassen zuvor normativ bestimmt wurden. Dabei ist es unerheblich, ob es sich bei diesen um physische oder funktionale Netze handelt, da die Raumrelevanz ihrer Konsequenzen im Vordergrund steht. Würden die in dieser Arbeit beispielhaft auf Grundlage der Mehrheitsantworten festgelegten Grenzwerte der Kaskadenpotenzialklassen verwendet werden, dann beträfe diese Regelung die Teilsektoren *Elektrizität, Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz, Informationstechnik, Telekommunikation, Medizinische Versorgung, Ernährungswirtschaft, Öffentliche Abwasserbeseitigung, Öffentliche Wasserversorgung und Straßenverkehr*.⁶⁸

In der Formulierung der Festlegung könnten die unterschiedlichen Abwägungsgewichte bspw. (passiv) im Sinne eines Verschlechterungsverbots formuliert und an die Stufen der UP angepasst werden. Nach dieser Logik sind Konsequenzen insb. bei hohem Systemischem Kaskadenpotenzial zu vermeiden, wo eine Vermeidung nicht möglich ist zu vermindern und notfalls auszugleichen bzw. ein Bewusstsein für diese (im Sinne des ‚Rechnung Tragens‘) zu schaffen.

Zentrale Voraussetzung zur Verwendung der Systemischen Kaskadenpotenzialklassen als Gewichtunggrundlage ist selbstverständlich, dass insb. der Operationalisierungsansatz als Methodenstandard anerkannt wird und, sofern nicht unmittelbar die Berechnungen dieser Dissertation verwendet werden, eine abwägungssichere Erhebung des Systemischen Kaskadenpotenzials auf Bundesebene, inkl. der (normativen) Bildung von Kaskadenpotenzialklassen erfolgt (► s. Kap. 5.2.5).

Wenngleich die hier vorgeschlagenen Vorgehensweisen zur Ermittlung und Gewichtung von Grundsätzen selbstverständlich einer rechtlichen Expertise und weiteren inhaltlichen Ausgestaltung bedürfen, zeigt sich durch die in dieser Dissertation geschaffenen Evidenzgrundlagen erstmalig die Möglichkeit, auch funktionale Systeme zum Regelungsgegenstand der Raumordnung zu machen. Als solche richten sich diese unmittelbar an die Träger*innen der Landesraumordnung und Regionalplanung, die Fachplanungen sowie andere öffentliche Stellen, inkl. Einrichtungen des Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes, und KRITIS-Betreiber*innen.

⁶⁸ Wobei die Teilsektoren Elektrizität und Straßenverkehr zugleich TEN beinhalten.



Da ein solcher BRP-KRITIS derzeit nicht existiert, werden nachfolgend die Festlegungsoptionen der Landes- und regionalen Raumordnung beleuchtet.

KRITIS-Schutz in Landesraumordnungs- und Regionalplänen gemäß § 13 ROG

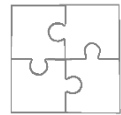
Gemäß § 13 ROG besteht für Landesraumordnungs- und Regionalpläne eine Aufstellungspflicht⁶⁹, d. h. es sind Festlegungen bezüglich der anzustrebenden Siedlungsstruktur, der anzustrebenden Freiraumstruktur sowie der zu sichernden Standorte und Trassen für Infrastruktur zu treffen (§ 13 Abs. 5 Nr. 1-3 ROG). Unter letztgenannten sind insb. Aussagen zur Verkehrsinfrastruktur und zur Ver- und Entsorgungsinfrastruktur, inkl. Energieleitungen und -anlagen zu tätigen.

Hinsichtlich des KRITIS-Grundsatzes des ROG besteht für die Landesraumordnung und die Regionalplanung die Option, diesen zu konkretisieren (vgl. Website ARL, 2020a). Diese Konkretisierung kann sachlich wie räumlich erfolgen. Unter einer sachlichen Konkretisierung wird insb. die Überführung der Bundesgrundsätze in Ziele, Grundsätze und sonstige Erfordernisse der landesraumordnerischen bzw. regionalen Planungsebene verstanden. Inhaltlich kann dies bspw. eine Konkretisierung der Begriffe ‚KRITIS‘ und ‚Schutz‘ bedeuten oder zur Klärung des Verhältnisses des KRITIS-Grundsatzes zu anderen raumordnerischen Belangen, wie dem Trassenbündelungsprinzip (s. o.), beitragen. Eine räumliche Konkretisierung kann stattfinden, indem z. B. konkrete KRITIS-Netze durch Trassenverläufe kartiert werden oder bekannte Gefährdungsgebiete zu einer räumlich konkreten Ausgestaltung des Anlagenschutzes genutzt werden. Sachlich wie räumlich können auch die Landesraumordnung und die Regionalplanung somit Vorgaben für nachgeordnete Planungsebenen und andere Akteur*innen festlegen.

Eine Konkretisierung und differenzierte Ausgestaltung des KRITIS-Grundsatzes auf Landesraumordnungs- und Regionalplanungsebene ist zunächst einmal unabhängig von den Bundesaktivitäten. D. h. insb. gegenwärtig, da (noch) kein BRP-KRITIS (oder BRPH) besteht, könnten einige der für die Bundesebene beschriebenen Inhalte auch in Landesraumordnungs- und Regionalplänen umgesetzt werden. Wie die Raumordnungsplananalyse zeigt (► s. Kap. 1.3.3), gibt es bereits einige Erwähnungen des potenziellen Konfliktes zwischen KRITIS-Grundsatz und Trassenbündelungsprinzip, wobei sich diese momentan auf den Begründungsteil der Regionalpläne beschränken (s. z. B. Landkreis Uelzen, 2019: 118; Regionaler Planungsverband Westmecklenburg, 2011: 129).

Gegenwärtig finden sich auch bereits vereinzelt räumliche Konkretisierungen, wie im Regionalplan Düsseldorf, wo im Begründungsteil die Vermeidung der Ansiedlung neuer kritischer Infrastruktur (-anlagen) in Vorbehaltsgebieten für den Hochwasserschutz festgelegt ist (Bezirksregierung Düsseldorf, 2018: 121). Auch Vorgaben für tiefere Planungsebenen finden sich teilweise bereits, wie z. B. im Landesentwicklungsplan Sachsen, der in der Begründung zu Grundsatz 6.5.2 Vorgaben für den Katastrophenschutz und damit im Prinzip für einen funktionalen Teilssektor macht (Sächsische Staatsregierung, 2013: 174).

⁶⁹ Erinnerung: Die Stadtstaaten, das Saarland und die kreisfreien Städte Niedersachsens können jedoch von dieser Regelung abweichen und gemäß § 13 Abs. 1 Nr. 2 ROG stattdessen regionale FNP (RFNP) aufstellen.



Die Implementierung des Schutzes funktionaler, kritischer Infrastruktursysteme ist auf Ebene der Landesraumordnung und Regionalplanung noch einmal schwieriger als für physische Systeme. Da es keine Möglichkeit gibt, die funktionalen Systeme in Form von Netzen zu verräumlichen, können diese überwiegend sachlich in Form von Grundsätzen festgelegt werden. Da insb. die funktionalen Netze jedoch potenziell umfassend sind, ist deren Regelung auf Bundesraumordnungsebene besser aufgehoben.

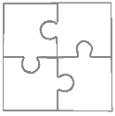
Eine Möglichkeit zur indirekten Berücksichtigung funktionaler (wie auch physischer) Systeme ist es, einzelne Anlagen zu fokussieren. So lassen sich bspw. in den Landesraumordnungs- und Regionalplänen Aussagen zu Flughäfen als (physische) ‚kritische‘ Infrastrukturanlagen machen, ohne dass das (funktionale) Subsystem *Luftfahrt* erfassbar sein muss. Eine Herausforderung, die sich diesbezüglich zeigt, ist jedoch die Identifizierung der (physischen) KRITIS, die die funktionalen Netze repräsentieren. So lassen sich bspw. für den funktionalen Teilsektor *Ernährungswirtschaft* die kritischen Infrastrukturanlagen weniger eindeutig identifizieren als für den Teilsektor *Luftfahrt*. Daher ist eine Zuordnung von Anlagen zu ihren versorgungsleistungserbringenden Subsystemen, wie in ► Kapitel 7.2.2 vorgeschlagen, auch in dieser Debatte erstrebenswert.

Ein weiteres Potenzial zur Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes auf Ebene der Landesraumordnung und Regionalplanung ist in der Weiterentwicklung und flächendeckenden Kartierung potenzieller Gefährdungen zu erkennen (Interview Pütz, 2020: A.3). Je mehr unterschiedliche Gefahrenkomplexe durch Gefährdungskartierungen abgebildet werden können, desto eher lassen sich gebietsbezogene Ausschlüsse von KRITIS aus diesen festlegen.

Eine letzte, umfassende Weiterentwicklungsmöglichkeit besteht in einem (für die einzelnen Ebenen konkretisierten) KRITIS-Katalog, wie in ► Kapitel 7.2.2 diskutiert. Würde dieser zumindest als Orientierungsrahmen geboten, könnte eine weitere, anlagenspezifische Ausgestaltung auf Landes- und Regionalplanungsebene stattfinden. Ggf. kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch auf die in Anlage I benannten Anlagen und Schwellenwerte der BSI-KritisV verwiesen werden. Allerdings kann es sich dabei nur um eine Übergangsregelung handeln, da die BSI-KritisV einerseits unter der Prämisse der IT-Sicherheit steht und andererseits für die Bundesebene ausgestaltet wurde (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.ii). Ein solcher Katalog kann dazu beitragen, dass in zukünftigen Landesraumordnungs- und Regionalplänen die Auseinandersetzung mit KRITIS nicht nur grundsätzlich steigt, sondern vor allen Dingen auch nicht mehr primär im Begründungsteil stattfindet. Ggf. entsteht aus einem solchen KRITIS-Katalog dann auch die Abwägungssicherheit zur Festlegung von Zielen und Vorranggebieten für die subsystembezogenen, spezifisch gewichteten KRITIS (s. o.), wie bspw. den EKI und TEN.

Ansprüche an eine Anpassung des Rechtsrahmens

Aus den rechtlichen Überlegungen ergeben sich sowohl für die (supra-)nationale als auch die regionale Raumordnungsebene Ansprüche an eine Anpassung des Rechtsrahmens. Einerseits ist es wünschens- und erstrebenswert, die EKI-Richtlinie auf weitere Sektoren auszuweiten. Eine solche Ausweitung, bspw. auf die elf ursprünglich vorgeschlagenen Sektoren (van der Vleuten et al., 2016: 7), würde ein höheres Abwägungsgewicht dieser in einem potenziellen BRP-KRITIS ermöglichen. Eine Ausweitung des Regelungsumfangs der EKI-Richtlinie auch auf nicht-physische, funktionale Netze ist daher als weiterer Forschungs- und Erkenntnisbedarf zu vermerken.



Andererseits macht die gegenwärtige rechtliche Situation einige potenzielle Anknüpfungspunkte und Weiterentwicklungsmöglichkeiten auf Ebene der Landesraumordnung und Regionalplanung sichtbar. Einen ersten Anknüpfungspunkt bietet das ROG selbst: Würden dort unter § 13 Abs. 5 Nr. 1-3 die zu sichernden Standorte und Trassen für Infrastruktur explizit um KRITIS-Netze und -Netz-knotenpunkte erweitert und diese auch als solche benannt, ließen sich physische wie funktionale KRITIS zumindest textlich in den Plänen besser ausgestalten. Auch eine Ergänzung und Präzisierung der derzeit im ROG unter demselben Paragraphen benannten Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen wäre denkbar. Diese weisen derzeit einen Schwerpunkt in den Sektoren Verkehr und Energie auf, ohne diese jedoch genau zu benennen. Würden diese jedoch explizit gemacht, indem die (kritische) Transportinfrastruktur z. B. als Schienen- und Straßennetz sowie Binnenschiff-fahrtsstraßen⁷⁰ konkretisiert würde, ließe sich der Regelungsbedarf dieser unmittelbar erkennen und umsetzen.

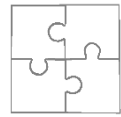
7.3.3 Raumordnerische Anwendungspotenziale und -hemmnisse

Wie in den vorangestellten Unterkapiteln dargelegt, finden sich diverse Anwendungs- und Implementierungsoptionen für die in dieser Arbeit entwickelten Grundlagen. Während die Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS insb. der Information, Kommunikation und Bewusstseinssteigerung dienen und bei der Ausgestaltung informeller Strategien und Konzepte behilflich sind, entfaltet der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials eine unmittelbare Implementierungsmöglichkeit auch in formelle Instrumente (► s. Kap. 7.3.2). Somit lassen sich diverse Einbindungsmöglichkeiten der Erkenntnisse zum KRITIS-SoS in der Raumordnung feststellen, die potenziell alle den Umgang mit und Schutz von KRITIS befördern.

Die Anwendung und Weiterentwicklung der Ergebnisse in der Raumordnung basiert auf zwei grundlegenden Annahmen. Erstens, dass zu einem umfassenden Umgang mit und Schutz von KRITIS eine Zusammenführung der KRITIS-Dimensionen und damit eine Kombination einer kritikalitätsbasierten, versorgungsleistungsbezogenen Perspektive mit einer risikobasierten, anlagenbezogenen Perspektive erforderlich ist (► s. Kap. 7.1.2). Und zweitens, dass auf Grundlage des Operationalisierungsansatzes des Systemischen Kaskadenpotenzials eine gewisse, generische Objektivier- und Priorisierbarkeit möglich wird, die sich in eine gesonderte Gewichtung des Abwägungsbelangs KRITIS überführen lässt (► s. Kap. 7.3.2).

Beide Grundannahmen konnten in einem separaten Teil des Validierungsinterviews mit dem BBSR diskutiert und positiv beurteilt werden (► s. Anhang V.ii). Die Verwendung der (zuvor normativ bestimmten) Kaskadenpotenzialklassen wird auch seitens des BBSR als Voraussetzung gesehen, um der KRITIS-internen Vernetzung Rechnung tragen zu können. Zugleich wird die Idee begrüßt, einzelne Anlagen den Versorgungsleistungssystemen zuzuordnen und die generische Gewichtung entsprechend auf diese umzulegen.

⁷⁰ Dieselbe Konkretisierungsmöglichkeit besteht für den Oberbegriff Ver- und Entsorgungsinfrastruktur. Hier könnten Fernwärme-, Gas- und Stromnetz sowie Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsinfrastrukturen explizit benannt werden.



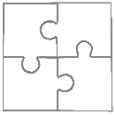
In der Klassifizierung des Kaskadenpotenzials wird die Möglichkeit gesehen, diese in einer Risikobewertung mit einer anlagenbezogenen Risikoanalyse zusammenzubringen. Zur Auswahl der Anlagen kann bis dato der Anhang der BSI-KritisV herangezogen werden, allerdings steht das BBSR der Idee eines KRITIS-Kataloges, der weder ausschließlich IT noch alleinig die Bundesebene fokussiert, positiv gegenüber. *„Meiner Meinung nach müsste Ihre systemische Betrachtung zusätzlich zur schwellenwertbezogenen Betrachtung der BSI-KritisV erfolgen. [...] Der reine Ansatz der Anlagengröße und -leistung zur Abgrenzung von KRITIS sollte um eine systembezogene Perspektive ergänzt werden, z. B. nach dem Ansatz, den Sie mir vorgestellt haben. Das halte ich auf jeden Fall für sinnvoll“* (Interview Pütz, 2020: C.9-C.11).

Eine Risikobewertung, die sowohl das Anlagenrisiko als auch die Systemische Kritikalität umfasst, wird auch seitens des BBSR als Grundlage für raumordnerisches Handeln erachtet (Interview Pütz, 2020: C.4, C.10/C.11). Die Risikobewertung sollte dann, nach Aussage des Experten, auch Redundanzen einbeziehen, da die finale Bewertung des Schutzbedarfs einer Anlage selbst bei hohem Systemischem Kaskadenpotenzial und hoher Gefährdung der Anlage nicht zwangsläufig hoch sein muss, sofern ausreichend Redundanzen vorhanden sind (Interview Pütz, 2020: C.9). Im Sinne der Ausgestaltung der Zusammenführung der Dimensionen nach ► Kapitel 7.2 sind Redundanzen und sonstige Bewältigungskapazitäten in dieser Arbeit in der Dimension ‚Anlagenrisiko‘ inkludiert.

Wenngleich die Idee zur Aufstellung eines BRP-KRITIS sicherlich umfassender Diskussionen unter Einbeziehung der unterschiedlichen Akteur*innen aller räumlichen Ebenen bedarf, zeigt sich aufgrund des KRITIS-inhärenten ‚*problem of fit*‘ ein eindeutiges Erfordernis zu einer Regelung auf Bundesebene. Auch, wenn das ‚*problem of fit*‘ als Charakteristikum komplexer Systeme niemals in Gänze aufgelöst werden kann, ist eine Regelung auf höchstmöglicher Ebene die beste Chance, diesem zu begegnen, was auch seitens des BBSR (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11) bestätigt wird. Implizit wird diese Chance auch seitens des BMI (2020) anerkannt, indem eine (hochwasserbezogene) Regelung von KRITIS im BRPH angestrebt wird. Die Bundesraumordnung hat diesbezüglich die stärksten Instrumente, wird sich jedoch immer mit transnationalen bzw. internationalen Wirkfolgen auseinandersetzen und mit anderen Staaten koordinieren müssen.

Auch seitens des BBSR wird die Aufstellung eines BRP-KRITIS als *„grundsätzlich denkbar“* (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11) erachtet. Seitens beider Bundesoberbehörden, BBK und BBSR, wird erhofft und erwartet, dass im Nachgang der Corona-Pandemie eine Auseinandersetzung mit (Inter-)Dependenzen und systemischen Abhängigkeiten von KRITIS auf Bundesebene stattfinden wird (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.v; Interview Pütz, 2020: C.10/C.11). Bezüglich der Wahrscheinlichkeit zur Umsetzung eines BRP-KRITIS und eines möglichen Zeithorizonts wird seitens des BBSR geschätzt, dass ein solcher frühestens nach Abschluss des BRPH-Prozesses debattiert werden würde. Als Voraussetzung und Herausforderung wird eine sorgfältige Prüfung des Erforderlichkeitsgebots für diesen Plan angeführt. Zu prüfen gelte es insb., ob sich tatsächlich für alle KRITIS-Teilsektoren eine Bundesrelevanz argumentieren lässt und im welchem Verhältnis bzw. welcher Abgrenzung ein solcher BRP-KRITIS zur BSI-KritisV stehen würde (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11).

Abseits des ‚*problem of fit*‘ und der grenz- und systemüberschreitenden, potenziellen Kaskadeneffekte lässt sich als Argument für einen BPR-KRITIS insb. der generische Regelungsbedarf funktionaler Systeme anführen. Dieser ergibt sich daraus, dass sich funktionale Systeme, im Gegensatz zu physischen Netzen, nicht linienartig im Raum manifestieren und daher entweder standortbezogen, punk-



tuell oder eben generisch geregelt werden müssen. Da eine generische Regelung zugleich auf Landesraumordnungs- und Regionalplanungsebene aufgrund des beschränkten Zuständigkeitsraums nicht zielführend ist, gewinnt eine bundeseinheitliche Regelung weiter an Bedeutung. Erstrebenswert wäre es letztlich, funktionale Netze EU- oder sogar weltweit zu regeln. Da die EKI-Richtlinie diese bisher jedoch ausklammert und ein europäischer Abstimmungsprozess vermeintlich noch komplizierter und langwieriger als ein bundesdeutscher ist, ist zunächst eine Befassung mit diesen funktionalen Netzen auf Bundesebene geboten.

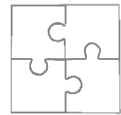
Auch die Konkretisierungsmöglichkeiten des KRITIS-Grundsatzes, die in ► Kapitel 7.3.2 für die Ebene der Landesraumordnung und Regionalplanung aufgezeigt wurden, sind nach Beurteilung des BBSR keinesfalls abwegig. Letztlich existieren mit dem BRPH-Prozess und dem MORO-Risiko zwei ähnliche Bestrebungen, die sich ebenfalls an beispielhaften Festlegungen für die Bundes- und Regionalplanungsebene versucht haben (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11). Zugleich *„fehlt es auch weiterhin an Möglichkeiten zur Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes, da es noch zahlreiche offene Fragen gibt. Und diese bedürfen tiefergehender Studien und Expertisen“* (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11).

Eine zentrale Aufgabe ist es daher, eine Art KRITIS-Katalog zu erarbeiten (► s. Kap. 7.2.2), der nicht nur Vorgaben über Anlagen (und Schwellenwerte) auf Bundesebene macht, sondern auch für die anderen Planungsebenen ausgestaltet wird. Denn eine skalierbare Systematisierungsgrundlage ist erforderlich, um Konkretisierungen auf den nachgeordneten Ebenen zur Bundesebene anzustoßen, da *„die anderen räumlichen Ebenen bisher keine Handreichung haben, wie sie mit KRITIS umgehen sollen“* (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11). Die Erstellung eines solchen KRITIS-Kataloges, der im Gegenteil zu Anhang I der BSI-KritisV nicht ausschließlich IKT fokussiert und für die anderen Ebenen einheitlich skalierbar ist, kann somit als eine zentrale Voraussetzung und Herausforderung zur Beförderung auch des raumordnerischen KRITIS-Schutzes gesehen werden.

Weiterer Erkenntnisbedarf besteht bezüglich des Verhältnisses zwischen KRITIS-Grundsatz und Bündelungsprinzip sowie hinsichtlich der Verräumlichung von Gefährdungsinformationen und (rechts-sicheren) Abgrenzung von Gefährdungsgebieten, die zur Beurteilung des Anlagenrisikos erforderlich sind.

Wichtige Vorarbeiten in all diesen Bereichen können durch eine informelle Zusammenarbeit erzielt werden. Denn um den Weg hin zu formellen Festlegungen zu ebnen, kann sich die Raumordnung eines informellen Instrumentariums bedienen. Besonders durch raumordnerische Zusammenarbeit gemäß § 14 ROG lassen sich informelle Konzepte entwickeln, raumbedeutsame Planungen vorbereiten, Netzwerke und Kooperationsstrukturen aufbauen und unterhalten sowie eine kontinuierliche Raubeobachtung durchführen. Kurzum dient die raumordnerische Zusammenarbeit dazu, die Diskussions- und Aushandlungsprozesse zu führen, die zu einer möglichst einheitlichen und konfliktfreien Realisierung der formellen Festlegungen benötigt werden.

Im Kontext des Umgangs mit und Schutzes von KRITIS sind diverse Ausgestaltungs- und Anwendungsmöglichkeiten von raumordnerischer Zusammenarbeit möglich. So kann diese dazu genutzt werden, einen Austausch über Disziplinen, Ebenen und bestimmte Organisationsformen hinweg zu etablieren. Bspw. ist auf Bundesebene ein enger Austausch mit den für die Reaktionsphase zuständigen Akteur*innen des Bevölkerungsschutzes und den KRITIS-Betreiber*innen wichtig. Eine gemeinsame Beteiligung an (und Nachbesprechung von) Katastrophenschutzszenarien und -übungen, wie bspw. in den ‚Risikoanalysen Bund und Länder‘, sind weitere wichtige Elemente, die zum KRITIS-



Schutz beitragen. Und auch, wenn die MKRO das zentrale Gremium für den Austausch der Bundes- und Landesraumordnung ist, kann und sollte über Möglichkeiten zur raumordnerischen Zusammenarbeit in anderen Organisationen, wie bspw. dem UP KRITIS und seinen TAK nachgedacht werden.

Bezüglich einer (informellen) Befassung mit KRITIS innerhalb der MKRO konnte das BBSR im Validierungsgespräch erste Bestrebungen verkünden. Scheinbar haben KRITIS und deren systemische Vernetzung im Kontext mit der Corona-Pandemie an Interesse und Dringlichkeit gewonnen. Darüber hinaus gibt es Bestrebungen zum Ausbau der disziplinübergreifenden Zusammenarbeit, sowohl zwischen Bundesressorts als auch im Rahmen des UP KRITIS mit Betreiber*innen (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11, C.12).

Raumordnerische Zusammenarbeit kann also dazu genutzt werden, eine gemeinsame Sprache und Diskussionsgrundlage im Umgang mit KRITIS zu finden. Hierzu können einerseits einheitliche Informationsgrundlagen, wie bspw. die in ► Kapitel 5.3 entwickelten Aufbereitungsformen bereitgestellt und diskutiert sowie weiterentwickelt werden. Letztlich kann über einen solchen Diskurs auch über die Potenziale und Limitationen bis hin zu Ausgestaltungsideen für Strategien und Konzepte, weitere informelle Instrumente, inkl. eines KRITIS-Katalogs (► s. Kapitel 7.3) und eventuelle zukünftige Förderschwerpunkte reflektiert werden. Bezüglich der Förderschwerpunkte wird sowohl seitens des BBSR als auch des BBK die Wichtigkeit der Stärkung einer anwendungsbezogenen KRITIS-Forschung betont, die an diverse bestehende Programme angelehnt und sektoral wie übersektoral ausgebaut werden könnte (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.iv; Interview Pütz, 2020: C.12).

7.4 KRITIS als Gemeinschaftsaufgabe

Um die theoretisch-konzeptionellen und strategisch-instrumentellen Ausführungen zu den einzelnen KRITIS-Dimensionen zusammenzuführen, bedarf es einer dimensionsübergreifenden Koordination. Diese gilt es einerseits inhaltlich so auszugestalten, dass ein Rahmen für ein einheitliches, auf dasselbe Ziel ausgerichteter Vorgehen zwischen den Dimensionen mit ihren Akteur*innen und Instrumenten möglich wird. Andererseits gilt es die Koordination kompetenziell zu besetzen und die federführenden Einrichtungen zu identifizieren. Da der inhaltliche Rahmen politisch-normativ zu treffen ist, wird in den nachfolgenden Ausführungen der Fokus auf die organisatorischen Voraussetzungen gelegt (► s. Kap. 7.4.1). Abschließend werden die wesentlichen Weiterentwicklungs- und Klärungsbedarfe zur Implementierung von KRITIS-Schutz als Gemeinschaftsaufgabe zusammengetragen (► s. Kap. 7.4.2).

7.4.1 Etablierung eines Bundesprogramms zum KRITIS-Schutz

Wenn alle Dimensionen erfasst sind, stellt sich die Frage, wie und durch wen diese einzelnen Aspekte in einen ganzheitlichen Rahmen überführt werden können. Denn dadurch, dass für die Dimensionen



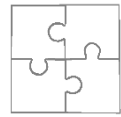
unterschiedliche Akteur*innengruppen hauptverantwortlich sind, bedarf es einer zentralen Koordination, die mindestens innerhalb eines bestimmten Raumes, theoretisch jedoch auch horizontal und vertikal mit diesem verknüpft agieren sollte.

Bspw. kann eine solche Zusammenführung innerhalb eines Programms zum KRITIS-Schutz erfolgen, wie es in der Schweiz federführend vom Innenministerium und dem BABS seit über einem Jahrzehnt praktiziert wird. Dort ist der KRITIS-Schutz an die politischen Legislaturperioden gebunden, sodass alle vier Jahre die programmatischen Ziele überprüft und weiterentwickelt werden. Dem Programm zum KRITIS-Schutz steht jeweils ein gewisses Budget zur Initiierung von Leuchtturmprojekten und zur Erarbeitung von Handreichungen zur Verfügung, für das Aufträge vergeben bzw. Ausschreibungen von Förderprogrammen vorgesehen werden können.

Eine solche programmatische Zusammenführung der Dimensionen bietet sich daher eventuell auch in Deutschland unter Schirmherrschaft des BMI und durch Koordination des BBK an, wie auch Herr Pütz vom BBSR zu Protokoll gibt: *„Ich sehe es auch so, dass das Thema KRITIS umfassender betrachtet werden müsste. Das könnte durchaus Aufgabe des BBK sein, jedenfalls wären sie geeignet, um das Heft in die Hand zu nehmen. Denn das BBK gehört zum BMI und wer, wenn nicht das BMI, ist für solche Fragen zuständig“* (Interview Pütz, 2020: C.10/C.11). Denkbar wäre es, dass das BBK, in Kooperation mit den anderen im Geschäftsbereich des BMI befindlichen Oberbehörden, mindestens dem BBR und BSI, Rahmenbedingungen und mögliche Konkretisierungsoptionen erarbeitet, die über die Bereitstellung von Fördermitteln auf den unterschiedlichen räumlichen Ebenen mit Leuchtturmcharakter erarbeitet werden. Zu Programmabschluss lassen sich diese in eine Art Blaupause oder Strategie zum KRITIS-Schutz überführen und auch auf europäischer Ebene (mindestens jedoch über den sog. D-A-CH Workshop zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz) diskutieren. Idealerweise steht damit für die darauffolgende Legislaturperiode eine Grundlage zur Verfügung, auf der weitere Projekte, ggf. mit anderen Schwerpunkten, angestoßen werden können.

Im Endeffekt und ggf. nach mehreren Perioden von Programmen zum KRITIS-Schutz, sollte entsprechend auf jeder räumlichen Ebene die Möglichkeit bestehen, ganzheitlichen, alle Dimensionen umspannenden KRITIS-Schutz zu betreiben und aufgrund der entwickelten Evidenzgrundlagen Schutzstrategien und -maßnahmen priorisieren zu können. Da ein einheitliches Vorgehen und eine klassifizierte Datenaufbereitung stattfinden, lassen sich die Ergebnisse nicht nur auf horizontaler, sondern auch auf vertikaler Ebene vergleichen und zusammenführen.

Zugleich steigt das Bewusstsein dafür, dass keine Akteur*innengruppe oder Dimension alleine zielgerichteten, umfassenden KRITIS-Schutz betreiben kann, sondern eine Zusammenarbeit erforderlich ist. Die zentralen, ‚aktiven‘ Akteur*innengruppen des KRITIS-Schutzes gewinnen darüber hinaus wichtige und vor allen Dingen einheitliche Entscheidungsgrundlagen. So staffeln sich die Rechte und Pflichten von KRITIS-Betreiber*innen entsprechend ihres Anlagenrisikos und ihres Gefährdungspotenzials. Der Bevölkerungsschutz kann die Informationen dazu nutzen, Vorrangplanungen für den Krisenfall anzulegen und gezielter Übungen und sonstige Schutzmaßnahmen zu implementieren. Und auch die Raumordnung erhält eine Grundlage zur Operationalisierung und Priorisierung von ‚kritischen‘ Infrastrukturanlagen und -systemen.



7.4.2 Weiterentwicklungsbedarfe in Richtung KRITIS-Schutz

Um den Umgang mit KRITIS umfassend auszugestalten und disziplin- und ebenenübergreifend zu befördern, gibt es, wie durch die bisherigen Ausführungen dargelegt werden konnte, zahlreiche Anknüpfungspunkte und ebenso viele Weiterentwicklungs- und Klärungsbedarfe. Denn nicht nur die Kritikalitätsforschung steht noch in ihren Anfängen (► s. Kap. 3), sondern auch die Praxis in ihrem Umgang mit KRITIS.

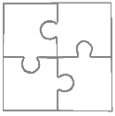
Allen voran, in gewisser Weise als Startpunkt zur Beförderung des KRITIS-Schutzes, gilt es das KRITIS-SoS maßstabsgerecht zu definieren und weiter auszugestalten, um überhaupt einen Umgang mit diesem zu ermöglichen. Denn das KRITIS-SoS wird aufgrund seiner Komplexität, die aus der Vernetzung und Überlagerung von physischen Anlagen und funktionalen Versorgungsleistungssystemen resultiert, immer mit Unsicherheiten behaftet sein. Diese Unsicherheiten dürfen jedoch nicht zu einer Lähmung von Entscheidungen führen. Daher ist es dringend erforderlich, das KRITIS-SoS auf allen räumlich-kompetenziellen Ebenen so (be-)greifbar wie möglich zu machen.

Die in dieser Dissertation erarbeiteten Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen liefern bezüglich der grundsätzlichen Operationalisierbarkeit des KRITIS-SoS und dessen Ausgestaltung auf Bundesebene bereits wertvolle Erkenntnisse. Eine Übertragung und im Idealfall Skalierung von Methodik und Erkenntnissen steht jedoch noch aus und kann als ein wesentlicher Weiterentwicklungsbedarf gesehen werden. D. h. einerseits müssen die Zuständig- und Verantwortlichkeiten der Akteur*innengruppen Bevölkerungsschutz und Raumordnung für die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ erkannt werden und andererseits gilt es zu realisieren, dass es der Ausarbeitung konkreter Skalierungsansätze bedarf.

Bezüglich der Skalierungsansätze wurden bereits einige Optionen unterschiedlicher Akteur*innen benannt. Insb. über die in ► Kapitel 7.2.2 ausgearbeiteten Varianten zur inhaltlichen, maßstabsgerechten Konkretisierung des KRITIS-SoS bedarf es weiterer Diskussionen der entsprechenden Akteur*innengruppen. Denn bspw. die Erstellung eines vertikal skalierbaren KRITIS-Katalogs (ob mit oder ohne Verankerung in einer eventuellen KRITIS-Verordnung) in Kombination mit horizontalen Standards zur Ausgestaltung, wäre für die meisten Entscheidungsträger*innen eine große Hilfestellung. Doch auch die Konkretisierung des KRITIS-Grundsatzes in den Instrumenten der Raumordnung sowie die Etablierung eines BRP-KRITIS sind Ansatzpunkte, die einer weiteren Ausgestaltung, Diskussion und ggf. Erprobung bedürfen.

Über diese auf Bundesebene fokussierten Debatten ist jedoch auch nicht zu vergessen, dass eine Konkretisierung durchaus auch auf höhergeordneter Ebene wie der EU stattfinden könnte und sollte. Würde die EKI-Richtlinie dahingehend ausgeweitet, dass neben den physischen Transport- und Energienetzen zumindest textliche Grundsätze zur Berücksichtigung funktionaler, kritischer Infrastruktursysteme festgelegt würden, wären eine Argumentationsbasis und Dringlichkeit automatisch auf für alle Mitgliedstaaten gegeben.

Um sowohl zu einer Skalierung des KRITIS-SoS zu gelangen, als auch um die KRITIS-Dimensionen zusammenzuführen, wurden als zwei zentrale Bausteine die Förderung der anwendungsbezogenen Forschung und die Ausweitung von disziplin- und ebenenübergreifender Kooperation identifiziert. Die Förderung einer anwendungsbezogenen Forschung, die auf die Entwicklung nachahmenswerter Beispiele zur raumspezifischen Definition des KRITIS-SoS abzielt, wird auch seitens BBSR und BBK als

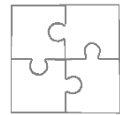


wichtiger nächster Schritt gesehen. Dabei kann einerseits an bestehende Förderprogramme, wie bspw. MORO oder den Experimentellen Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt), angeknüpft (Interview Pütz, 2020: C.12) und andererseits die Entwicklung neuer Förderprogramme vorangetrieben werden (Interview Lauwe et al., 2020: C.2.iv). Wichtig ist es dabei, Forschung praxisorientiert auszugestalten und auf Übertragbarkeit der Ergebnisse zu zielen. So könnten bspw. durch anwendungsbezogene Forschung bisherige Bedarfe konkretisiert werden, Formate zur disziplin- und ebenenübergreifenden Zusammenarbeit entwickelt und erprobt und auch inhaltliche Bausteine zur Skalierung und Konkretisierung des KRITIS-SoS entwickelt werden. Selbst die Frage danach, wie sich die KRITIS-Dimensionen verbinden lassen und ob ein Bundesprogramm zum KRITIS-Schutz (► s. Kap. 7.4.1) zielführend ist, sind mögliche Fragen für eine solche Forschung.

Bezüglich der Stärkung der Zusammenarbeit und einer Bewusstseinsbildung zum KRITIS-Schutz, bedarf es generell eines kontinuierlichen Kommunikationsprozesses darüber, welche Akteur*innen welche Inhalte in welchem Rahmen (bzw. für welche Dimension) leisten können und wollen. Der Kooperationsprozess ist daher in gewisser Weise auch ein Aushandlungsprozess, in dem es geeignete Kooperationsformate und -möglichkeiten zu schaffen gilt und eine Balance zwischen freiwilliger Selbstverpflichtung durch PPP und einer Regelung über Rechtsverordnungen zu finden ist. Auch ist das Potenzial der ‚kurzen Wege‘, das derzeit im BMI durch Führung der Bundesoberbehörden BBK, BSI und BBR unter einem Dach gegeben ist, verstärkt zu nutzen. Im Idealfall findet der Austausch zwischen den Akteur*innen des KRITIS-Schutzes auf und zwischen allen räumlich-kompetenziellen Ebenen statt und ist sowohl intra- als auch interdisziplinär ausgestaltet. So kann Kooperation in der Summe dazu beitragen, gemeinsames Handeln über Zuständig- und Verantwortlichkeiten hinaus zu organisieren und KRITIS-Schutz als Gemeinschaftsaufgabe zu begreifen.

Diese generellen Aspekte können unmittelbar in die aktuelle Debatte der Überarbeitung der KRITIS-Strategie eingebracht werden. Inhaltlich kann diese Debatte darüber hinaus dazu genutzt werden, bisher unangetastete, grundsätzliche Themen zu diskutieren. Darunter fällt sicherlich das ambivalente Verhältnis von KRITIS- zu Störfallanlagen, als auch eine generelle Überprüfung der Teilsektoren. Vielleicht werden diese Debatten genutzt, um die Sektorzugehörigkeit einiger Teilsektoren kritisch zu hinterfragen (z. B. *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz*), Teilsektoren zu ergänzen (z. B. *Chemische Industrie, Abfallbeseitigung, Behörden*) oder zu komprimieren (z. B. *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke*).

Nachdem die Anwendungspotenziale der Evidenzgrundlage sowie deren Weiterentwicklungspotenziale aufgezeigt wurden, ist nicht nur Block IV abgeschlossen, sondern auch die letzte ALF beantwortet. Somit kann im nachfolgenden Block dieser Dissertation ein abschließendes Fazit gezogen und ein Ausblick auf den weiteren Forschungs- und Erkenntnisbedarf gegeben werden.



Zwischenfazit – Den Umgang mit KRITIS befördern

Die Entwicklung und Erprobung von Wissens- und Operationalisierungsgrundlagen der vorangegangenen Kapitel erfüllt bereits das Ziel der Arbeit zu einem großen Teil. Noch ungeklärt ist allerdings die Frage danach, wie diese Erkenntnisse zur Beförderung des KRITIS-Schutzes, insb. in der Raumordnung, angewendet werden können. Daher befasst sich ► Kapitel 7 mit ALF 4: **Wie lassen sich die Erkenntnisse zum KRITIS-SoS einbinden, um den Umgang mit KRITIS (in der Raumordnung) zu befördern?**

Als erster Anknüpfungspunkt zur Einbindung der Erkenntnisse zum KRITIS-SoS ist es erforderlich, die Brücke zurück zu den theoretisch-konzeptionellen Grundlagen (► s. Kap. 3.3) zu schlagen und über die Zusammenführung der vier KRITIS-Dimensionen zu diskutieren. Dabei stellt sich heraus, dass einerseits das Einnehmen einer Versorgungsperspektive durch Kombination der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ mit der Dimension ‚Gesellschaftliche Vulnerabilität‘ möglich wird, als auch, dass eine Zusammenführung dieser (kritikalitätsbasierten) Versorgungsperspektive mit einer (risikobasierten) Anlagenperspektive im Rahmen der Risikoevaluation gelingen kann. Hierdurch wird der Grundstein gelegt, funktionale Versorgungsleistungen auf einzelne Infrastrukturanlagen umzulegen. (► s. Kap. 7.1)

Zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS werden die einzelnen KRITIS-Dimensionen anschließend bezüglich ihrer zentralen Akteur*innengruppen, deren Kompetenzbereiche ebenso wie Instrumente weiter ausgestaltet. Das Kompetenzvakuum, das bezüglich der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ existiert, wird vorgeschlagen durch geteilte Verantwortlichkeit des (reaktiv-handelnden) Bevölkerungsschutzes und der (präventiv-handelnden) Raumordnung abzudecken. (► s. Kap. 7.2)

Die Ausgestaltungsmöglichkeiten, die die Raumordnung in diesem Zusammenhang besitzt, werden anschließend aufgezeigt. Dabei wird zunächst die Raum- und Raumordnungsrelevanz physischer und funktionaler Systeme geklärt. Im Fokus steht anschließend das Aufzeigen von Konkretisierungsmöglichkeiten des KRITIS-Grundsatzes auf den verschiedenen Raumordnungsebenen sowie eine raumordnerische Einbindung der Erkenntnisse zum KRITIS-SoS. Aus diesen Debatten resultieren zwei zentrale Erkenntnisse: Erstens lässt sich auf Grundlage der (zuvor normativ zu bestimmenden) Kaskadenpotenzialklassen eine Gewichtung des Abwägungsbelangs ableiten, die auf Grundlage der Teilsektorzugehörigkeit von kritischen Infrastrukturanlagen und -systemen auf diese übertragen werden kann. Zweitens empfiehlt sich die Aufstellung eines Bundesraumordnungsplans KRITIS, da dieser das geeignetste Instrument zur Regelung funktionaler Systeme darstellt. (► s. Kap. 7.3)

Zuletzt werden die Ideen zur Beförderung des KRITIS-Schutzes in den einzelnen Dimensionen in einen größeren Rahmen eingebettet, indem die Etablierung eines Bundesprogramms zum KRITIS-Schutz vorgeschlagen wird. Dieses bedient sich dem Schweizer Vorbild, indem es unter die Schirmherrschaft von BMI und BBK gestellt und mit jeder Legislaturperiode hinsichtlich seiner Entwicklungsziele überprüft wird. Förderprogramme innerhalb des Bundesprogramms ermöglichen eine anwendungsorientierte Forschung, die die weitere Beförderung des Umgangs mit und Schutzes von KRITIS disziplin- und ebenenübergreifend umsetzt. (► s. Kap. 7.4)

A background network diagram consisting of several interconnected nodes of varying sizes and colors (purple, blue, green, teal) connected by thin, light blue lines. The nodes are arranged in a non-regular pattern, with some larger nodes and some smaller ones. The lines connect the nodes in a complex web.

Block V – Schlussfolgerungen

8. Fazit und Ausblick

Nachdem durch Entwicklung und Erprobung der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen Entscheidungs- bzw. Evidenzgrundlagen geschaffen und deren Anwendungspotenziale aufgezeigt wurden, werden im letzten Block der Arbeit Schlussfolgerungen über deren Angemessenheit und Zielerreichung gezogen. Im Rahmen einer inhaltlichen Zusammenfassung und Reflexion (► s. Kap. 8.1) wird abschließend die Forschungsfrage beantwortet und werden die Erkenntnisse in den Forschungskontext eingebettet. Es folgen eine methodische Reflexion (► s. Kap. 8.2) sowie ein Ausblick auf den weiteren Forschungs- und Erkenntnisbedarf (► s. Kap. 8.3).

8.1 Inhaltliche Reflexion und Einordnung der Forschungserkenntnisse

Die nachfolgende inhaltliche Reflexion fasst die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammen und reflektiert deren Erkenntnisgewinn und wissenschaftlichen Mehrwert, indem diese in den Stand der Forschung eingeordnet werden. Sie diskutiert auch, inwiefern die entwickelte Evidenzgrundlage den Umgang mit KRITIS tatsächlich befördern kann. Zur Strukturierung erfolgt die Reflexion entlang der ALF, die jeweils einen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage leisten, ehe die Forschungsfrage zusammenfassend beantwortet wird.

Erkenntnislücke und Forschungsfrage

Den Anlass zu dieser Arbeit gibt die bisherige Erkenntnislücke über die Erfassung potenzieller Ausbreitungspfade von Kaskadeneffekten zwischen KRITIS. Diese werden aufgrund der engmaschigen Vernetzung von ‚kritischen‘ Infrastrukturanlagen und -systemen zu einem komplexen SoS überhaupt erst möglich und zugleich durch dieses begünstigt. Typischerweise zeichnen sich Kaskadeneffekte dadurch aus, dass sie system- und grenzüberschreitend sind und dass ihre Konsequenzen schwerer wirken als der ursächliche Ausfall.

Die Problemstellungen, die sich aus diesen Kaskadeneffekten ergeben, sind vielfältig. Allen voran sind diese nur schwer zu antizipieren, da die Vernetzung zwischen den KRITIS und innerhalb des SoS so komplex ist, dass bisher kaum Wissen und keine Möglichkeiten zur Erfassung bestehen. Außerdem kollidiert die system- und grenzüberschreitende Wirkweise des KRITIS-SoS mit der an administrativen Grenzen orientierten Zuständigkeit der Behörden, sodass es zu einem ‚*problem of fit*‘, einer Nichtübereinstimmung der Passung zwischen Problem- und Zuständigkeitsraum, kommt. Zugleich ist die Vulnerabilität der Gesellschaft gegenüber KRITIS-Störungen nicht nur sehr hoch, sondern steigt aufgrund der Seltenheit der Ereignisse und dem mangelnden Bewusstsein für deren Konsequenzen weiter an (Vulnerabilitätsparadoxon). (► s. Kap. 1.1.2)

Die Forschungslücke äußert sich entsprechend auf zweierlei Weise. Erstens fehlt es an Verständnisgrundlagen über KRITIS und deren Zusammenwirken als komplexes SoS. Zweitens mangelt es an Operationalisierungsgrundlagen, die dieses SoS erfassbar, mess- und bewertbar machen. Zusammengefasst führen diese fehlenden Grundlagen dazu, dass es auch an einer Evidenzgrundlage bzw. Entscheidungsgrundlage fehlt, die einen Umgang mit KRITIS unter Berücksichtigung ihrer Vernetzung ermöglicht. Deshalb wurde in dieser Dissertation folgender Forschungsfrage nachgegangen:

- **Wie kann das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht und eine Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS geschaffen werden?**

Die Forschungsfrage wurde in vier ALF untergliedert, die zu einer Strukturierung der Beantwortung dieser beitragen. Ehe die Forschungsfrage abschließend beantwortet wird, sind daher erst die einzelnen ALF zu beantworten und ihr Mehrwert für die Forschung zu reflektieren.

Blackbox
KRITIS

ALF 1: Wie können KRITIS theoretisch-konzeptionell abgebildet werden?

Die erste ALF widmet sich der theoretischen Seite der Verständnisgrundlagen, indem sie sowohl auf begriffliche als auch auf konzeptionelle Lücken hinsichtlich des Verständnisses von KRITIS und ihrer Kritikalität ausgerichtet ist. Maßgeblich für ihre Beantwortung sind die ► Kapitel 1.1 und ► Kapitel 3.

Bereits in der Einführung der Arbeit (► s. Kap. 1.1) erfolgt eine grundlegende Charakterisierung von ‚kritischen‘ Infrastrukturen, die diese zunächst von ‚normalen‘, bzw. ‚relevanten‘ Infrastrukturen differenziert und anschließend wie folgt definiert:

KRITIS sind physische Anlagen und funktionale Systeme, die aufgrund der positiven wie negativen Relevanz ihrer Versorgungsleistungen (systemintern) füreinander sowie (systemextern) für das Gemeinwesen von unerlässlicher, ‚kritischer‘ Bedeutung sind.

Die Definition offenbart vier unterschiedliche Perspektiven, unter denen KRITIS betrachtet werden können: eine KRITIS-interne und eine KRITIS-externe Perspektive, sowie eine physische, anlagenbezogene und eine funktionale, versorgungsleistungsbezogene Perspektive.

In der weiteren Charakterisierung von KRITIS, die über eine Herleitung unterschiedlicher Attribute erfolgt, werden diese aufgrund ihrer systemischen, funktionalen wie physischen Vernetzung als komplexes SoS identifiziert. Kerneigenschaften komplexer SoS sind, dass diese mehr als die Summe ihrer Bestandteile sind, sich verändern, sobald ein Bestandteil ihres Wirkungsgefüges variiert wird und sich in ein Setting aus sozialen Zuschreibungen und politisch-institutionellen, rahmengebenden Kompetenzen einbetten. Sie lassen sich i. d. R. nicht an administrativen (oder überhaupt an räumlichen) Grenzen festmachen und sind aufgrund ihres funktionalen Charakters niemals vollständig erfassbar, wodurch Ungewissheit (► s. Kap. 1.1.2) entsteht (Engels, 2018a: 17f.; Lukitsch et al., 2018: 14f.; Riegel, 2015a: 8; Vester, 2015: 16, 25; Di Mauro et al., 2010: 280; Egan, 2007: 5; Bouchon, 2006: 16, 29).

Zugleich verdeutlicht das Einführungskapitel einen Bedarf nach einem tieferen Verständnis über die Kritikalität von KRITIS, die als Maß des ‚Kritisch-Seins‘ gilt und zur Bewertung und Priorisierung von KRITIS dient. Es zeigen sich diverse Herausforderungen, die einerseits im Begriffsverständnis von

Kritikalität liegen, andererseits auch das konzeptionelle Verständnis und deren Operationalisierung umfassen. Entsprechend ist die Konzeptualisierung von KRITIS und ihrer Kritikalität ein weiterer Untersuchungsgegenstand, der zur theoretisch-konzeptionellen Abbildung von KRITIS und damit zur Beantwortung von ALF 1 benötigt wird.

Die theoretischen Verständnisgrundlagen, die in ► Kapitel 3 dargelegt sind, bilden einerseits den Stand der Kritikalitätsforschung ab, der hinsichtlich der existierenden Operationalisierungsansätze und Kritikalitätsverständnisse derzeit in unterschiedlichen Disziplinen besteht. Andererseits stellt deren Systematisierung und Verortung vor dem Hintergrund der vier Perspektiven auf KRITIS eine eigene Forschungsleistung und Weiterentwicklung des aktuellen Forschungsstands dar. Es zeigt sich deutlich, dass gegenwärtig viele unterschiedliche Strömungen im Forschungsfeld existieren. Aufgrund der verschiedenen Verständnisse von Kritikalität, die sowohl zwischen als auch innerhalb der Disziplinen existieren, gibt es auch eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen Operationalisierungsansätzen.

Die meisten derzeit existierenden Operationalisierungsansätze versuchen Kritikalität an etablierte Konzepte, wie Risiko, Vulnerabilität und Resilienz anzugliedern. Der Diskussionsteil des Kapitels zeigt jedoch deutlich, dass eine solche Angliederung, insb. der internen und funktionalen, versorgungsleistungsbezogenen Perspektive auf KRITIS, also der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘, nicht gerecht zu werden vermag. Die Kernprobleme sind der Standort- und Anlagenbezug dieser Konzepte sowie deren Notwendigkeit für probabilistische Aussagen über Eintrittswahrscheinlichkeiten von Gefährdungen. Als eigenes Konzept wird Kritikalität erst in der jüngsten Forschung verstanden, wobei eine umfassende, generische Operationalisierung bisher aussteht und sich somit eine entsprechende Forschungs- und Erkenntnislücke offenbart, welcher sich diese Dissertation widmet.

Bezüglich der Kritikalitätsverständnisse lässt sich feststellen, dass die wesentliche Problematik darin besteht, dass sich diese inhaltlich wie definitorisch überschneiden. Der Grund für die mangelnde Distinktion ist der kontinuierliche Bedeutungswandel, den die Verständnisse in den letzten zwei Dekaden und durch Verwendung in unterschiedlichen Disziplinen erfahren haben. So decken sie derzeit, je nach Verständnis, oftmals gleich mehrere Perspektiven auf KRITIS ab, vermögen diese jedoch nicht vollumfänglich zu erfassen, was wiederum das Entstehen weiterer, uneinheitlicher Operationalisierungsansätze begünstigt. Daher wird ein weiterer Forschungs- und Erkenntnisbedarf in der Distinktion der Kritikalitätsverständnisse identifiziert.

► Kapitel 3.3 setzt an diesen beiden Forschungslücken an, indem zunächst eine Differenzierung der Kritikalitätsverständnisse argumentiert wird und diese, nach erfolgreicher Distinktion, in ein integriertes Verständnis überführt wird. Dieses integrierte Kritikalitätsverständnis legt den Grundstein dafür, Kritikalität als eigenes Konzept zu begreifen, das eine ausschließlich versorgungsleistungsbezogene Perspektive abdeckt. Unter diesem funktionalen, versorgungsleistungsbezogenen Kritikalitätsverständnis zeigt sich der Bedarf nach einem von Risiko und Vulnerabilität losgelösten Operationalisierungsansatz insb. für die KRITIS-interne Perspektive, die die Dimension des ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ abbildet.

Zugleich zeigt sich für ebendiese Dimension des ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘, dass es einen dringenden Bedarf nach einem generischen Operationalisierungsansatz gibt. Dieser sollte so ausgestaltet sein, dass er die Vernetzung der KRITIS vollumfänglich (und dafür ggf. komplexitätsreduziert) erfassbar, mess- und bewertbar macht und damit auf unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben anwendbar, bzw.

skalier- oder reproduzierbar ist. Diese Herausforderung manifestiert den Fokus der weiteren Arbeit und ist zugleich Gegenstand von ALF 2.

Die zentralen Forschungsleistungen unter ALF 1 bestehen somit erstens darin, KRITIS als SoS zu charakterisieren, zweitens den aktuellen Stand der Forschung zusammenzutragen und diesen drittens weiterzuentwickeln, indem eine Systematisierung erfolgt, ein integriertes Verständnis von Kritikalität destilliert und schließlich Kritikalität als eigenes Konzept argumentiert wird. Auf Basis dieser Erkenntnisse lässt sich ALF 1 wie folgt beantworten: KRITIS sind hochkomplexe, engmaschig verflochtene Versorgungsleistungssysteme, die sich theoretisch-konzeptionell bestmöglich unter einem integrierten Kritikalitätsverständnis und einem eigenständigen Kritikalitätskonzept abbilden lassen.



ALF 2: Wie lässt sich das KRITIS-SoS erfassen und mess- und bewertbar machen?

Die zweite ALF widmet sich der Entwicklung von (praktischen) Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen, die darauf zielen, das KRITIS-SoS (be-)greifbar zu machen. Dies geschieht, indem ein generischer Operationalisierungsansatz für das KRITIS-SoS entwickelt wird und durch Ausgestaltung der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts die Gewinnung tiefergehender Informationen über die Vernetzung von KRITIS geebnet werden. Maßgeblich für die Beantwortung der zweiten ALF ist ► Kapitel 4.

Zur Entwicklung des Operationalisierungsansatzes werden zunächst die Ansprüche an diesen formuliert, die sich einerseits aus den Erkenntnissen zu ALF 1 speisen und andererseits aus den Potenzialen und Hemmnissen bisheriger empirischer Ansätze zur Operationalisierung des KRITIS-SoS ergeben. Im Kern zeigen sich die folgenden Ansprüche: Der Operationalisierungsansatz soll das KRITIS-SoS und damit die Vernetzung der Subsysteme so konkret wie möglich abbilden, dabei jedoch zugleich auf unterschiedlichen räumlichen Maßstäben und Kontexten generisch anwendbar bzw. für diese skalierbar sein. Daher gilt es, den ‚größten gemeinsamen Nenner‘ der Subsysteme und ihrer Vernetzung zu identifizieren. Die Vernetzung wird dabei über die ein- und ausgehenden Abhängigkeiten der Subsysteme operationalisiert. Abseits der Feststellung über das Vorhandensein von Abhängigkeiten sollen diese so konkret wie möglich charakterisiert werden, indem zusätzlich deren Richtung (Quell-Ziel-Beziehung) und die Stärke der Abhängigkeit zwischen den Subsystemen über die Zeit bestimmt werden. Über diese Charakteristika, die in der bisherigen Forschung so noch nicht kombiniert wurden, wird das KRITIS-SoS operationalisiert. Betitelt wird der Operationalisierungsansatz als ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘, was Folgendes meint:

Der Begriff ‚Systemisches Kaskadenpotenzial‘ drückt die Möglichkeit und Stärke eines sich potenziell über das KRITIS-SoS ausbreitenden Kaskadeneffekts über die Zeit aus.

Abgebildet wird der Operationalisierungsansatz durch zwei Faktoren, die jeweils durch zwei Parameter berechnet werden. Faktor 1 beschreibt die ‚Position der Subsysteme‘ innerhalb des SoS, die dadurch ermittelt wird, dass jeweils Vernetzungsgrad und Vernetzungsdichte eines Subsystems berechnet und mit allen anderen ins Verhältnis gesetzt werden. Faktor 2 beschreibt die ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘, indem deren (ausgehende) Stärke bei unterschiedlichen Ausfalldauern abgebildet wird.

Für die Gewinnung praktischer Verständnisgrundlagen ist es notwendig, das spezifische Erkenntnisinteresse inkl. des angestrebten räumlichen Maßstabs und Kontexts der Anwendung des Operationalisierungsansatzes festzulegen. Das Erkenntnisinteresse bildet den Erhebungsrahmen, der anschließend in eine konkrete Erhebungsmethodik samt Auswertungskonzept überführt werden kann.

In Vorbereitung auf ALF 3 wird als Erkenntnisinteresse eine möglichst hohe und dennoch einheitliche Maßstabsebene festgelegt, da durch eine beispielhafte Durchführung grundsätzliche und auf andere Ebenen übertragbare Erkenntnisse generiert werden können. Die Erhebungsmethodik wird daher so ausgestaltet, dass ein nationaler Untersuchungsmaßstab gewählt und die Subsysteme entsprechend über die Teilsektoren der nationalen KRITIS-Strategie operationalisiert werden. Für die Datenerhebung ist als Methode eine Online-Befragung besonders geeignet, in der ein -abstraktes Setting für das Erzielen generischer Ergebnisse sorgt.

Das Auswertungskonzept (► s. Kap. 4.4) strukturiert die weitere Verwendung und Aufbereitung der erhobenen Daten vor dem Hintergrund des Erkenntnisinteresses, was einen zielgerichteten Umgang mit den Ergebnissen der Erhebungsmethodik sicherstellt. Da es in dieser Grundlagenforschungsarbeit darum geht, ein tiefergehendes Verständnis über das KRITIS-SoS zu erlangen, werden unterschiedlich komplexe Aufbereitungsformen gewählt, die verschiedene praktische Anwendungszwecke bedienen und hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades einen Möglichenbereich potenzieller Auswertungen darstellen.

Die zentralen Forschungsleistungen unter ALF 2 bestehen einerseits darin, erstmalig einen Operationalisierungsansatz entwickelt zu haben, der aufgrund der Möglichkeit zur Ausgestaltung dessen, was unter ‚kritischen Subsystemen‘ verstanden wird, generisch anwendbar und skalierbar ist. Andererseits bietet die Ausgestaltung der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts durch Fokussierung auf eine möglichst hohe räumliche Ebene die Basis zur Generierung weiteren, dringend benötigten Grundlagenwissens über das Wirkungsgefüge des KRITIS-SoS in Deutschland. Somit wird dieses erfasst, mess- und bewertbar gemacht und somit auch ALF 2 beantwortet.



ALF 3: Welche Erkenntnisse lassen sich über das KRITIS-SoS in Deutschland gewinnen?

Die dritte ALF widmet sich der Erprobung des Operationalisierungsansatzes und der Generierung von tiefergehenden Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS, indem die methodischen Überlegungen unter ALF 2 praktisch angewendet und anschließend (intern) interpretiert und (extern) validiert werden. Maßgeblich für die Beantwortung von ALF 3 sind ► Kapitel 5 und ► Kapitel 6.

Die unter ALF 2 und in der Erhebungsmethodik ausgestaltete Online-Befragung wird in einem Zeitraum von 80 Tagen und mit einem Rücklauf von 103 vollständigen Antworten (Rücklaufquote circa 42 Prozent) durchgeführt. Auf Basis der erhobenen Daten lassen sich drei der vier Parameter des Systemischen Kaskadenpotenzials unmittelbar durch deskriptiv-statistische Auswertungen ermitteln. Für den Parameter ‚Vernetzungsdichte‘ ist zusätzlich eine Bestimmung der Nähezentralität durch Berechnung in einem Netzwerkvisualisierungsprogramm erforderlich (s. hierzu auch die Ausführungen zur methodischen Reflexion ► s. Kap. 8.2).

Die Zusammenführung der Parameter und damit die Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Subsystemen bzw. Teilsektoren auf. Es lässt sich eine Streuung der Ergebnisse feststellen, bei der der Teilsektor mit dem höchsten Systemischen Kaskadenpotenzial, *Elektrizität*, Werte erzielt, die um das 40-fache (respektive 160-fache bei Auswertung der Mehrheitsantworten) höher liegen als die des Teilsektors mit dem niedrigsten Systemischen Kaskadenpotenzial. Tendenziell weisen insb. die Subsysteme der Sektoren *Energie*, *Medizinische Versorgung*, *Informationstechnik & Telekommunikation*, *Transport* und *Wasser* ein hohes Systemisches Kaskadenpotenzial auf. Denn bei diesen handelt es sich um Systeme, von denen viele andere Subsysteme abhängig sind und die zugleich potenziell Kaskadeneffekte von großer Stärke in geringer Zeit weitergeben. Die Teilsektoren *Kulturgut* und *Symbolträchtige Bauwerke* weisen (unter Auswertung der Mehrheitsantworten) kein Systemisches Kaskadenpotenzial auf, da diese, unter dem gewählten Setting, zu keinem anderen Subsystem ausgehende Abhängigkeiten besitzen.

Sowohl die Ausgestaltung des Operationalisierungsansatzes als auch die beispielhaft erzielten Ergebnisse, werden in der externen Validierung für plausibel befunden. Insb. in der Aggregation der Ergebnisse in Form von Kaskadenpotenzialklassen wird ein unmittelbarer Nutzen für viele KRITIS-Akteur*innen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen gesehen, wie bspw. für die kommunale Gefahrenabwehr. Da auch die Erhebungsmethodik für zielgerichtet und auf unterschiedlichen Ebenen anwendbar befunden wird, attestieren die Expert*innen eine generische Übertrag- und Skalierbarkeit des Operationalisierungsansatzes.

Die Generierung von Verständnisgrundlagen erfolgt einerseits bezogen auf das Gesamtsystem und andererseits bezogen auf die einzelnen Teilsektoren. Zum Erlangen eines tiefergehenden Verständnisses über das gesamtsystemische Wirkungsgefüge werden weitere Netzwerkanalysen durchgeführt, die das funktionale Verhältnis der Subsysteme untereinander in Netzwerkdiagrammen darstellen (► s. Kap. 5.3.1). Subsysteme, die eng vernetzt sind, also viele und starke Abhängigkeiten aufweisen, werden an zentraler Stelle positioniert, während weniger eng und stark vernetzte Subsysteme an den Rand des Netzwerks gedrängt werden. Die Visualisierung der Daten als Netzwerkdiagramme ist insb. für eine Anwendung und Interpretation in der Wissenschaft von Interesse, da indirekte Abhängigkeiten sichtbar gemacht werden und aufgrund der Position der Subsysteme auf deren Bedeutsamkeit für das SoS geschlossen werden kann.

Zur Gewinnung eines tiefergehenden Verständnisses über die einzelnen Subsysteme bieten sich diverse Auswertungs- und Aufbereitungsformen an, die hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades und Anwendungszwecks variieren (► s. Kap. 5.3.2). Simple Punktediagramme können bspw. dazu genutzt werden, die Subsysteme auf Grundlage ihrer ein- und ausgehenden Abhängigkeiten zu anderen Subsystemen darzustellen und bieten damit einen verständlichen Überblick über deren Charakter (eher abhängig oder eher Abhängigkeiten generierend). Einen höheren Informationsgehalt bietet die Darstellungsform der Abhängigkeitsmatrix, in der tabellarisch das Vorhandensein und die Stärke einer Abhängigkeit zwischen zwei Subsystemen aufgetragen wird. Den höchsten Informationsgehalt bei gleichzeitig intuitiver Lesbarkeit bieten jedoch Spinnennetzdiagramme. Diese ermöglichen die Visualisierung zusätzlicher Informationen über die Richtung der Abhängigkeit (Quell- bzw. Zielsubsystem) und können darüber hinaus mit Daten über die Stärke, ggf. auch pro Ausfalldauer, ausgestattet werden. Werden diese für die aus- und eingehenden Abhängigkeiten eines jeden Subsystems erstellt, lassen sie sich gegenüberstellen. Alle drei Aufbereitungsformen bieten sich aufgrund ihrer intuitiven Verständlichkeit für Informations- und Kommunikationszwecke an.

Als das zentrale Informations- und Kommunikationsinstrument wird in der externen Validierung die Aufbereitungsform der Teilsektor-Steckbriefe (► s. Kap. 5.3.3) angesehen. Diese beinhalten die grundlegenden Informationen über jeweils ein Subsystem, indem dieses zunächst beschrieben und anschließend durch Einbettung der Spinnennetzdiagramme hinsichtlich seiner ein- und ausgehenden Abhängigkeiten analysiert wird. In diesen Steckbriefen sind auch zusätzliche Informationen, wie bspw. die Kaskadenpotenzialklasse und eine Abschätzung des Bewusstseins des Subsystems über seine ausgehenden Abhängigkeiten, integriert. Letzteres lässt sich dadurch ermitteln, dass die vom betreffenden Subsystem angenommenen, ausgehenden Abhängigkeiten mit den Aussagen aller anderen Subsysteme über ihre tatsächlich eingehenden Abhängigkeiten abgeglichen werden. Aus dieser Auswertung ergeben sich Implikationen über den besonders dringlichen Bedarf nach Wissen, nämlich in den Teilsektoren, die viele starke ausgehende Abhängigkeiten generieren und in denen zugleich ein geringes Bewusstsein über diese Abhängigkeiten vorhanden ist.

Eine Aufbereitungsform, die bisher zur Darstellung von Abhängigkeiten eher selten verwendet wird, sind Kaskadendiagramme. Diese ähneln in ihrem linearen, kettenhaften Aufbau Ereignis- oder Fehlerbäumen, mit dem Unterschied, dass Kaskadendiagramme keine Aussagen über Wahrscheinlichkeiten treffen, sondern mögliche Ausbreitungspfade eines potenziellen Kaskadeneffekts aufzeigen. Über diverse Ereignisebenen hinweg werden darin die Abhängigkeiten der Subsysteme aufgetragen und somit die mögliche Ausbreitung über indirekt mit dem initialen Ausfall in Verbindung stehende Subsysteme dargelegt. Da diese Diagramme einen großen Umfang annehmen können (► s. Anhang III.vi) und nur mit zusätzlichem Hintergrundwissen verständlich sind, bieten sich diese primär zur fachspezifischen Anwendung, bspw. zur Szenarioplanung im Katastrophenschutz, an.

Die Interpretation und Plausibilisierung der Auswertungs- und Aufbereitungsformen verdeutlicht den großen Mehrwert, den diese insb. in Summe besitzen. Denn Unregelmäßigkeiten oder Besonderheiten, die in einer Aufbereitungsform auffallen, können über die anderen Aufbereitungsformen i. d. R. begründet werden, was die Qualität der Interpretation erhöht. Der Mehrwert der einzelnen Aufbereitungsformen sowie deren Verwendung in Summe wird auch in der externen Validierung hervorgehoben. Aufgrund der variierenden Detaillierungsgrade ergänzen sich die Aufbereitungen gut und erfüllen ihr Ziel, das Verständnis über das KRITIS-SoS und dessen Subsysteme zu fördern.

Die zentrale Forschungsleistung unter ALF 3 besteht daher aus der Summe ihrer methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse, die allesamt von einer grundsätzlichen Erfassung und systematischen Aufbereitung von bisher nicht ausreichend erfassten Zusammenhängen und Verständnisgrundlagen über das KRITIS-SoS geprägt sind. Der als zielführend attestierte Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials bietet erstmalig die Möglichkeit, das KRITIS-SoS generisch mess- und bewertbar zu machen. Die diversen Aufbereitungsformen verdeutlichen nicht bloß beispielhaft die vielfältigen Möglichkeiten zur Generierung tiefergehender Informationen über das KRITIS-SoS, sondern liefern erste Einblicke in dessen Ausgestaltung auf einem bundesdeutschen Betrachtungsmaßstab. Teilweise handelt es sich bei diesen um erstmalig in Deutschland angewandte Aufbereitungen (z. B. Teilsektor-Steckbriefe, Kaskadendiagramme, Bewusstseinsabschätzung), die je nach Anwendungszweck (Information und Kommunikation bzw. wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn) ausgewählt und auf andere räumliche Kontexte übertragen werden können.

Darüber hinaus ist eine zentrale Erkenntnis unter ALF 3, dass den erarbeiteten Operationalisierungs- und Verständnisgrundlagen ein hohes Anwendungspotenzial und damit ein unmittelbarer Nutzen im Umgang mit KRITIS in unterschiedlichen Disziplinen attestiert wird. Abseits des bereits erwähnten

Anwendungsbereichs der Kaskadendiagramme zur Szenarioplanung im Katastrophenschutz, liefern insb. auch die (normativ zu bestimmenden) Klassen des Systemischen Kaskadenpotenzials unmittelbare Anwendungsmöglichkeiten. So sieht das BBK in diesen eine Möglichkeit zur ressourceneffizienten Entscheidung über prioritäre Startpunkte für eine Befassung mit KRITIS auf tieferen räumlichen Ebenen. Das BBSR hingegen erkennt in den Kaskadenpotenzialklassen Implikationen für den Abwägungsvorgang und diskutiert die Möglichkeit zur Objektivierung von (systemischer) Schutzwürdigkeit. Durch Anwendung der Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen entsteht somit eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit KRITIS, was ALF 3 beantwortet.



ALF 4: Wie lassen sich die Erkenntnisse zum KRITIS-SoS einbinden, um den Umgang mit KRITIS zu befördern?

Die vierte ALF widmet sich konzeptionell den Anwendungspotenzialen der Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS, indem deren theoretisch-konzeptionelle wie strategisch-instrumentelle Einbindung für alle KRITIS-Dimensionen und insb. innerhalb der Raumordnung diskutiert werden. Maßgeblich für ihre Beantwortung ist ► Kapitel 7.

Dazu erfolgt zunächst ein Rückbezug auf die theoretischen Verständnisgrundlagen und insb. die KRITIS-Dimensionen unter ALF 1, da ein umfassender Umgang mit und Schutz von KRITIS nicht auf den Erkenntnissen zur Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ allein basieren kann, sondern dimensionsübergreifend ausgestaltet werden muss (► s. Kap. 7.1). Die Zusammenführung der Dimensionen erfolgt schrittweise, indem zunächst die Dimensionen der kritikalitätsbasierten, versorgungsleistungsbezogenen Perspektive argumentativ miteinander verknüpft werden. Es zeigt sich, dass die Erkenntnisse um die Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ eine Grundlage zur Bestimmung der ‚Gesellschaftlichen Vulnerabilität‘ bilden und dass diese durch Klassifizierung in der Lage sind, integrierte Kritikalität messbar zu machen. Darüber hinaus erfolgt eine Zusammenführung der KRITIS-internen, anlagen- und versorgungsleistungsbezogenen Perspektive, indem das ‚Anlagenrisiko‘ mit dem ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ konzeptionell verbunden wird und diese im Rahmen der (normativen) Risikobewertung gemeinsam diskutiert werden.

In der Diskussion um die praktische Umsetzung der theoretisch-konzeptionellen Zusammenführung zeigt sich, dass es einer Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteur*innengruppen bedarf (► s. Kap. 7.2). Abseits der Kooperationsbedarfe wird für jede Dimension die Verankerung des Umgangs mit KRITIS durch Anbindung an bestehende Strategien und Instrumente diskutiert und der Weiterentwicklungsbedarf aufgezeigt. Dabei wird festgestellt, dass das Kompetenzvakuum, das bisher in der Dimension ‚KRITIS-SoS i. e. S.‘ vorherrscht, durch gemeinsame Zuständigkeit der präventiv handelnden Raumordnung und dem reaktiv handelnden Bevölkerungsschutz gefüllt werden kann. Die Implementierungsmöglichkeiten der Raumordnung werden daraufhin im Detail erörtert.

Im Fokus der Diskussion um die Anbindungsoptionen der Raumordnung steht, neben der Frage der Raum- und Raumordnungsrelevanz physischer wie funktionaler KRITIS-Netze, der mögliche Regelungsumfang, den das formelle Instrument der Raumordnungspläne bietet (► s. Kap. 7.3). Vertiefend wird dabei die Idee eines BRP-KRITIS diskutiert. Hierbei kommt den Kaskadenpotenzialklassen als Objektivierungsgrundlage zur Bestimmung des Abwägungsgewichts eine besondere Bedeutung

zu. Und auch für die Landesraumordnungs- und Regionalplanungsebene werden Konkretisierungsmöglichkeiten des KRITIS-Grundsatzes gemäß § 2 Abs. 2 Satz 3 Nr. 4 ROG aufgezeigt.

Eine abschließende Diskussion der Potenziale und Hemmnisse ergibt, dass die Raumordnung durch die Erkenntnisse dieser Dissertation nicht mehr nur den Kompetenztitel, sondern auch eine methodische und inhaltliche Entscheidungsgrundlage zum Umgang mit KRITIS besitzt. Neben den Verständnisgrundlagen, die allen Akteur*innen zur Beförderung des KRITIS-Schutzes dienen, bietet die Klassifizierung des Systemischen Kaskadenpotenzials die Chance, die diversen physischen und funktionalen KRITIS-Netze hinsichtlich ihrer KRITIS-internen Versorgungsleistung und ihrem Potenzial zur Weitergabe von Kaskadeneffekten mit unterschiedlichen Gewichten in die Abwägung einzustellen.

Es zeigt sich allerdings auch, dass noch vielfältige wissenschaftliche, instrumentelle und rechtliche Erkenntnis- und Klärungsbedarfe vorhanden sind, die in dieser Arbeit nicht gelöst werden konnten. Allen voran ist darunter der Bedarf nach einer maßstabsgerechten Definition und Ausgestaltung des KRITIS-SoS zu nennen, der eines politischen Willens bedarf, um diesen sukzessive umzusetzen. Wie bzw. wodurch die verbleibenden Erkenntnis- und Klärungsbedarfe zukünftig in ihrer Beantwortung befördert werden können, wird ebenfalls diskutiert. Es wird vorgeschlagen, dass – nach Schweizer Vorbild – das BMI ein Bundesprogramm zum KRITIS-Schutz auflegen könnte. Innerhalb dessen ließen sich nicht nur gemeinsame Leitbilder und Ziele diskutieren, sondern disziplinäre und ebenspezifische, konzeptionelle und praktische Untersuchungen fördern und zusammenbringen, sodass ein zielgerichteter, umfassender Umgang mit und Schutz von KRITIS erzielt werden kann.

Die zentralen Erkenntnisse unter ALF 4 bestehen somit in einem Aufzeigen der Anwendungspotenziale der entwickelten Evidenzgrundlagen für unterschiedliche Dimensionen und Akteur*innengruppen, insb. die Raumordnung. Dabei werden zudem verbleibende Forschungs- und Erkenntnisbedarfe sowie Weiterentwicklungspotenziale aufgezeigt.

Beantwortung der Forschungsfrage

Abschließend lässt sich die Forschungsfrage **Wie kann das komplexe KRITIS-SoS (be-)greifbar gemacht und eine Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS geschaffen werden?** wie folgt beantworten: Begreifbar, d. h. erfassbar, wird das KRITIS-SoS einerseits theoretisch-konzeptionell durch eine Charakterisierung von KRITIS und eine Systematisierung und Weiterentwicklung dessen, was unter ihrer Kritikalität verstanden und operationalisiert wird. Andererseits wird es durch das Aufbereiten von (praktischen) Verständnisgrundlagen mittels diverser Aufbereitungsformen mit unterschiedlichen Anwendungszwecken begreifbar. Greifbar, also mess- und bewertbar, wird das KRITIS-SoS durch den Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials und dessen Anwendung in unterschiedlichen Disziplinen und KRITIS-Dimensionen. Zusammengekommen entsteht eine Entscheidungs- bzw. Evidenzgrundlage zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS, die insb. der systemischen Vernetzung Rechnung trägt.

Da deren Anwendungspotenziale (und Weiterentwicklungsbedarfe) insb. für die Raumordnung dargelegt werden konnten, kann auch das Ziel der Arbeit als erfüllt bezeichnet werden. Denn **durch die Entwicklung von Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen für das KRITIS-SoS wurde eine Evidenzgrundlage zum Umgang mit diesem geschaffen und so ein Beitrag dazu geleistet, einen Umgang mit KRITIS in der Raumordnung zu etablieren.**

8.2 Reflexion der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts

Die nachfolgende Reflexion der Erhebungsmethodik und des Auswertungskonzepts erfolgt unter Rückbezug auf die vorgenommene Methodenauswahl und -ausgestaltung. Im Fokus der Reflexion stehen daher zunächst der Forschungsrahmen und die Prämissen der Arbeit (► s. Kap. 2.2), die die methodische Grundausrichtung dieser Dissertation ausmachen. Ausführlich widmen sich die nachfolgenden Ausführungen auch dem Erhebungskonzept (► s. Kap. 4.3.1) und der Ausgestaltung des Operationalisierungsansatzes (► s. Kap. 4.2) sowie der Methoden (► s. Kap. 4.3.3 und ► Kap. 4.3.4) inkl. ihren Potenzialen und Limitationen. Wenngleich die Erkenntnisse der Validierung (► s. Kap. 6.3) in gewissem Sinne selbst eine (inhaltliche) Reflexion darstellen, ist die Ausgestaltung des Validierungsbausteins als methodisches Element ebenso zu reflektieren, wie die durch die Methodik erzielte Qualität der Ergebnisse. Im Fokus der Reflexion steht dabei jeweils die Frage, inwiefern die Methodenauswahl und -ausgestaltung zu einer adäquaten Zielerreichung beigetragen haben.

Reflexion von Forschungsrahmen und Prämissen

Diese Dissertation ist als Grundlagenforschungsarbeit konzipiert und strebt, entsprechend dem Ziel und der Forschungsfrage (► s. Kap. 2.1), die Entwicklung sowohl theoretisch-konzeptioneller als auch methodischer Verständnis- und Operationalisierungsgrundlagen über das KRITIS-SoS an. Somit wird die Entwicklung einer übertragbaren, theoretischen und methodischen Grundlage, die zu einer Beförderung des Umgangs mit KRITIS beiträgt, zum wesentlichen Untersuchungsgegenstand.

Wenngleich diesem Untersuchungsgegenstand nachgekommen wird und das Ziel der Arbeit als erreicht bezeichnet werden kann (► s. Kap. 8.1), bieten die Erkenntnisse dieser Arbeit wiederum einen Auftakt für weitere Forschung in diesem Themenfeld. So gilt es insb. die für die bundesdeutsche Ebene erzielten Ergebnisse durch Anwendung auf anderen räumlichen Ebenen zu ergänzen. Erst nach Ausweitung der Erprobung des Operationalisierungsansatzes und der Erhebungsmethodik kann dann die methodische Prämisse der Übertragbarkeit des Ansatzes abschließend beurteilt werden.

Zur weiteren Ausgestaltung des Forschungsrahmens wurden Forschungsprämissen aufgestellt (► s. Kap. 2.2) die diesen inhaltlich, methodisch und arbeitsorganisatorisch konkretisieren. Die arbeitsorganisatorische Prämisse zielt auf die ressourceneffiziente Durchführbarkeit ab, die inhaltliche Prämisse fokussiert das Abbilden des KRITIS-SoS in Gänze und die methodische Prämisse fordert die Entwicklung eines komplexitätsreduzierten, auf unterschiedliche räumliche Ebenen und Kontexte übertragbaren Operationalisierungsansatzes.

Dabei besteht zwischen der inhaltlichen Prämisse und der arbeitsorganisatorischen Prämisse ein augenscheinlicher Widerspruch, da ein Erfassen des KRITIS-SoS ‚in Gänze‘ eine mehrere Ebenen umfassende Analyse bedürfte, die eben nicht zugleich ressourceneffizient ist. Dieses Konfliktpotenzial wird jedoch im Kontext der Ausgestaltung der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4.3.1) gelöst, in-

dem ein nationaler Betrachtungsmaßstab (als höchstmögliche Ebene) identifiziert wird und die Subsysteme des KRITIS-SoS über die Teilsektoren der KRITIS-Strategie approximiert werden. Mit Fokussierung auf die nationale Ebene wird zugleich eine Möglichkeit präsentiert, der methodischen Prämisse nachzukommen, da auf dieser Analyseebene grundlegende, übertrag- und weiter ausgestaltbare Ergebnisse erzielt werden. Die Übertragbarkeit der Methodik wird in der externen Validierung bestätigt und als sehr hoch bewertet (Interview Pütz, 2020: B.8).

Die gesetzten Prämissen können alle als erfüllt bezeichnet werden. Zugleich führen diese, wie bereits bei deren Aufstellung in ► Kapitel 2 antizipiert, zu einigen Limitationen, die nachfolgend unter der Reflexion des Erhebungskonzepts diskutiert werden.

Reflexion des Erhebungskonzepts

Die im Erhebungsrahmen (► s. Kap. 4.3.1) vorgenommene Konkretisierung der Ausgestaltung der Erhebungsmethodik umfasst diverse Aspekte, die es zu reflektieren gilt. Eine inhaltliche Limitation stellt die Approximation der Subsysteme des KRITIS-SoS über die Teilsektoren der nationalen KRITIS-Strategie dar. Zwar besitzt diese den Vorteil, dass es sich bei dieser um eine einheitliche, (politisch) anerkannte Analysebasis handelt, die in gewisser Weise den ‚größten gemeinsamen Nenner‘ im Themenfeld KRITIS in Deutschland darstellt. Zugleich führt die Approximation jedoch dazu, dass (bundes-)grenzüberschreitende Systeme auf einen nationalen Betrachtungsmaßstab beschnitten werden und entsprechend keine Aussagen über das europa- oder weltweit⁷¹ vorhandene KRITIS-SoS zulassen.

In dieser Hinsicht ist allerdings darauf hinzuweisen, dass der Operationalisierungsansatz an sich durchaus dazu geeignet ist, nicht nur niedrigere, sondern auch höhere Maßstabsebenen abzudecken. Die Ausgestaltung der Erhebungsmethodik scheidet jedoch auf höheren Ebenen bisher an einer fehlenden Definition bzw. inhaltlichen Abgrenzung für europa- und weltweit relevante Subsysteme des KRITIS-SoS. Die EKI-Richtlinie, so ist anzunehmen, bietet zumindest gegenwärtig mit ihrer ausschließlichen Fokussierung auf die physischen Subsysteme der Sektoren *Energie* und *Transport*, keine angemessene, da unvollständige Analysebasis. Die Fokussierung der Methodik auf einen anwendbaren, bundesdeutschen Erhebungsrahmen erhält somit Vorrang vor einem idealtypischen, weltweiten (und zugleich nicht definierbaren) Rahmen.

Mit der Approximation geht ebenfalls einher, dass eventuelle Versorgungsleistungssysteme, die zum Analysezeitpunkt nicht in der KRITIS-Strategie inkludiert sind, nicht erfasst werden können, selbst wenn sie zukünftig vielleicht aufgenommen werden oder früher einmal inkludiert waren⁷². Und auch die Annahme, dass sich jede Infrastrukturanlage mindestens einem Versorgungsleistungssystem zu-

⁷¹ Erinnerung: Während Teilsektoren wie die *Elektrizität*, *Schienerverkehr* und *Straßenverkehr* aufgrund ihrer historischen Entwicklung ganz eindeutig europäische Infrastrukturen sind, gar ‚Europa‘ mitbegründet haben (van der Vleuten et al., 2016: 5), umspannen andere Netze potenziell die gesamte Welt (z. B. *Luftfahrt*, *Telekommunikation*, *Informationstechnik*).

⁷² Erinnerung: So findet sich bspw. bei Lenz (2009) eine Sektorübersicht von acht KRITIS-Sektoren, die u. a. den Sektor ‚Gefahrenstoffe‘ umfassen (Lenz, 2009: 19). Und zum Zeitpunkt des Einreichens der Dissertation wurden die Teilsektoren der KRITIS-Strategie just um den Teilsektor *Fernwärme* erweitert, sowie der Teilsektor *Rundfunk & Presse* in zwei einzelne Teilsektoren separiert (Website BBK & BSI, 2020b).

ordnen lässt, ist nicht überprüfbar. Die Verwendung der KRITIS-Strategie als inhaltlichem Analyse-rahmen führt entsprechend dazu, dass die Ergebnisse nur so umfangreich sein können, wie es auch die KRITIS-Strategie ist.

Zugleich sind diese Limitationen der erforderliche Kompromiss, um eine zielführende Erprobung des Operationalisierungsansatzes und der Erhebungsmethodik durchführen zu können. Denn da eine eigene Abgrenzung von Versorgungsleistungssystemen weder in der Expertise der Verfasserin liegt noch ressourcentechnisch im Rahmen einer Dissertation leistbar ist, bieten die Teilsektoren der nationalen KRITIS-Strategie die räumlich und inhaltlich geeignetste Approximationsgrundlage. Und auch die Abstrahierung der Subsysteme kann positiv begriffen werden, da die sich daraus ergebende Komplexitätsreduzierung die Chance bietet, das SoS erstmalig umfassend zu betrachten (Vester, 2015: 26). Nichtsdestotrotz bleibt darauf zu verweisen, dass es sich bei den in ► Kapitel 5 erzielten Ergebnissen für das KRITIS-SoS in Deutschland um eine Momentaufnahme handelt, die bei Aktualisierung der nationalen KRITIS-Strategie ggf. zu wiederholen ist. Aufgrund der Ressourceneffizienz der Methodik ist dies jedoch unproblematisch.

Weiterer Reflexionsbedarf ergibt sich aus der Wahl des generisch-abstrakten Settings, unter dem die Befragung durchgeführt wurde, ebenso wie aus den fünf gewählten Ausfalldauern. Der Vorteil eines generisch-abstrakten Settings liegt in dessen Allgemeingültigkeit bzw. der Generierung von einheitlichen, übertragbaren Aussagen. Entsprechend ist weder eine teilräumliche, noch eine gefährdungsbezogene Spezifizierung notwendig, was dem Ziel des grundsätzlichen Erfassens des KRITIS-SoS und der Wirkzusammenhänge seiner Subsysteme nachkommt. Das generisch-abstrakte Setting sorgt entsprechend für generische Aussagen, die den systeminhärenten Zustand abbilden.

Diese generischen Erkenntnisse über die Ausgestaltung des KRITIS-SoS sind insb. für die Raumordnung wichtige Voraussetzungen, da diese überörtlich und überfachlich agiert und ihr häufig keine Informationen über ortsspezifische Gefährdungen vorliegen. Durch Vernachlässigung der Ausfallursache wird somit – in umgedrehter Logik – ein Allgefahrenansatz verfolgt, der auf die möglichen, KRITIS-internen Konsequenzen zielt. Für den Bevölkerungsschutz ergibt sich jedoch aus ebendiesem generischen Charakter eine Limitation. Denn dieser benötigt letztlich, um reaktiven KRITIS-Schutz zu betreiben, Informationen über spezifische Gefährdungen und ihre räumlich konkreten Auswirkungen. Zwar ist eine nachträgliche Fokussierung auf eine initiale Gefahrenquelle auch mit den erzielten Ergebnissen argumentativ möglich, weshalb das BBK u. a. den Kaskadendiagrammen ein unmittelbares Anwendungspotenzial attestiert. Allerdings verändern die primäre Ausfallursache und das konkrete räumliche Setting die im Bevölkerungsschutz benötigten Informationen und darauf basierenden Entscheidungen stark, weshalb im Prinzip für alle Subsysteme und Teilräume Analysen anzufertigen wären (Interview Lauwe et al., 2020: A.1.ii, A.5).

Die Auswahl der betrachteten Ausfalldauern (► s. Kap. 4.3.1) erfolgte vor dem Hintergrund der in anderen Studien identifizierten Potenziale und Hemmnisse (► s. Kap. 4.1) sowie durch explorative Expert*inneninterviews (► s. Anhang V.i). Bereits im inhaltlichen Pretest wurden diese aufgrund ihrer teilweise langen Ausfalldauern positiv gewürdigt und auch in den Rückmeldungen der Befragung findet sich kaum Kritik an deren Ausgestaltung. Im Gegenteil wird in zwei Fällen angemerkt, dass in einigen Teilsektoren noch längere Ausfalldauern (von bis zu mehreren Jahren) interessant gewesen wären (► s. Anhang III.i).

Selbstverständlich konnten solch lange Ausfalldauern nicht verwendet werden, da die Vergleichbarkeit zwischen den Teilspektoren gewahrt bleiben sollte und sehr lange Ausfalldauern überwiegend zu der Bewertung ‚volle Beeinträchtigung‘ geführt hätten, während gleichzeitig die Geduld der Umfrageteilnehmenden strapaziert worden wäre. Entsprechend konnte mit der verwendeten Auswahl⁷³ ein erkenntnisbringender Umfang erreicht werden, indem sich deutliche Unterschiede in den Bewertungen der diversen Ausfalldauern feststellen lassen. Trotzdem könnten selbstverständlich anders gewählte Ausfalldauern, z. B. von Minuten, mehreren Tagen oder mehreren Monaten bei Wiederholung der Methodik zusätzlich erkenntnisbringend sein.

Ein letzter Reflexionsgegenstand bezüglich des Erhebungsrahmens ist die gewählte Negativbetrachtung. Es wird entschieden, die (Inter-)Dependenzen und mögliche Ausbreitungspfade eines potenziellen Kaskadeneffekts zu fokussieren, um die KRITIS-interne Vernetzung abzubilden. Dieser Negativbetrachtung wird Vorzug vor einer Positivbetrachtung (‚Ermöglichungsdimension‘ der Versorgungsleistung) eingeräumt, da ein höheres Bewusstsein und eine akkuratere Vorstellungskraft über den eventuellen Wegfall einer Versorgungsleistung und dessen Konsequenzen als über deren alltägliche Leistung bestehen (Giovinazzi, 2016: 355; Räikkönen, et al., 2016: 172; Laugé et al., 2015: 17). Da es sich bei der Negativ- und Positivbetrachtung jedoch um dieselben Versorgungsleistungspfade handelt, erbringt die Negativbetrachtung tendenziell unter derselben Erhebungsabsicht ausführlichere Ergebnisse.

Reflexion des Operationalisierungsansatzes

Der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials wurde aus den Potenzialen und Hemmnissen bestehender empirischer Ansätze (► s. Kap. 4.1) sowie aus dem Forschungsrahmen und Erhebungskonzept (► s. Kap. 2.2, 4.3.1) heraus entwickelt. Er besteht aus den beiden Faktoren ‚Position der Subsysteme‘ und ‚Bedeutsamkeit der Abhängigkeiten‘, die jeweils wiederum zwei Berechnungsparameter auf sich vereinen. Dabei sind Parameter 1 ‚Vernetzungsgrad‘ und Parameter 3 ‚Stärke der ausgehenden Abhängigkeit‘ in den meisten methodischen Ansätzen von Interdependenzanalysen zu finden. Die Weiterentwicklung und Konkretisierung des Forschungsstandes resultieren hingegen aus den Faktoren 2 ‚Vernetzungsdichte‘ und 4 ‚Zeit‘. Entsprechend bieten diese beiden letztgenannten Parameter auch den größten Reflexionsbedarf.

Wie in der beispielhaften Anwendung des ► Kapitels 5 festgestellt werden konnte, sorgt der Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ auf der einen Seite für eine wichtige Ausdifferenzierung der Ergebnisse der Berechnung des Faktors ‚Position der Subsysteme‘. Bestünde der erste Faktor ausschließlich aus Parameter 1 ‚Vernetzungsgrad‘, würden mehrere Subsysteme dieselbe Anzahl an Abhängigkeiten aufweisen. Inhaltlich kommt daher Parameter 2 die wichtige Funktion zu, die Enge der Vernetzung zu inkludieren und damit den Anteil von direkten zu indirekten Abhängigkeiten zu berücksichtigen. Auf der anderen Seite handelt es sich bei Parameter 2 ‚Vernetzungsdichte‘ um den am aufwändigsten zu ermittelnden Formelbestandteil des Systemischen Kaskadenpotenzials. Im Gegensatz zu allen anderen Parametern kann dieser nicht unmittelbar aus den Befragungsdaten gezogen werden, sondern bedarf einer separaten Berechnung über eine Netzwerkanalyse.

⁷³ Erinnerung: In dieser Dissertation verwendete Ausfalldauern (► s. Kap. 4.3.1): von bis zu vier Stunden, von bis zu vierundzwanzig Stunden, von bis zu vier Tagen, von bis zu zwei Wochen, von bis zu sechs Wochen.

Daher ist in dieser Reflexion die Frage gerechtfertigt, wie groß der Mehrwert dieses verhältnismäßig aufwändig zu ermittelnden Parameters ist. Ist dessen Einbeziehung unbedingt erforderlich bzw. wie stark sind die Einbußen der Aussagekraft der Ergebnisse, wenn dieser in der praktischen Anwendung nicht berücksichtigt wird?

Zur Beantwortung dieser Fragen findet sich in ► Anhang IV.iv eine Gegenüberstellung der Berechnung des Systemischen Kaskadenpotenzials mit und ohne Parameter 2. Wie die Tabellen verdeutlichen, sind Parameter 1 und 2 gleichgerichtet, sodass Parameter 2 zwar eine spezifischere Streuung der Ergebnisse, nicht jedoch eine grundsätzliche Änderung dieser herbeiführt. Somit führt das Entfernen von Parameter 2 zwar bei knapp einem Drittel der Teilsektoren zu einer Veränderung der Rankingplatzierung, allerdings selten um mehr als zwei Plätze im Ranking. Unter Auswertung der Mehrheitsantworten führt das Entfernen von Parameter 2 interessanterweise zu einer Veränderung der Erstplatzierung, die dann der Teilsektor *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* anstelle des Teilsektors *Elektrizität* einnimmt⁷⁴. Wird Parameter 2 aus der Berechnung entfernt, kommt es ggf., wie auch im Berechnungsbeispiel, zu einer Verschiebung der Kaskadenpotenzialklassen⁷⁵.

Daher kann geschlussfolgert werden, dass eine Berechnung und Einbeziehung des Parameters 2 grundsätzlich zu empfehlen ist, da dieser zu wissenschaftlich akkurateren und eindeutigeren Ergebnissen führt. Sollte die Erprobung des Operationalisierungsansatzes auf anderen räumlichen Ebenen erweisen, dass dieser aufgrund knapper finanzieller und personeller Ressourcen nicht umsetzbar ist, besteht bezüglich der Berechnung des Parameters 2 jedoch zugleich das größte Einsparpotenzial. Eine Entfernung dessen sollte dann jedoch unter zwei Bedingungen erfolgen: Einerseits ist der gekürzte Operationalisierungsansatz dann als neuer Methodenstandard herauszugeben, damit alle Anwendungsfälle auf denselben Grundlagen beruhen und dadurch vergleichbar bleiben. Andererseits ist es dann zwingend erforderlich, Informationen über die Enge der Vernetzung, also das Verhältnis von direkten zu indirekten Abhängigkeiten, anderweitig zu erheben und zu berücksichtigen. Dies kann bspw. über das Erstellen und Auswerten von Kaskadendiagrammen (► s. Kap. 5.3.2) erfolgen. Denn werden die indirekten Abhängigkeiten gänzlich außer Acht gelassen, kann es im schlechtesten Fall zu irreführenden, kontraproduktiven Entscheidungen bezüglich des Umgangs mit KRITIS kommen (Bouchon, 2006: 58).

Einen weiteren Reflexionsbedarf wirft die Gewichtung des Parameters 4 auf. Im hiesigen Anwendungsfall wird die Gewichtung mittels Potenzierung vorgenommen. Diese bietet im Vergleich zu einer einfachen Gewichtung die Vorteile einer deutlicheren Ergebnisstreuung und trägt dem Umstand Rechnung, dass die gewählten Ausfalldauern nicht mit einheitlichem Zeitintervall gewählt wurden. Da es sich bei Parameter 4 allerdings, wie bei Parameter 2 auch, um einen Gewichtungsfaktor handelt (► s. Kap. 6.1) und die Ausfalldauern grundsätzlich auch anders ausgestaltet werden könnten, insb. bei anderem Erhebungsinteresse, ist auch eine andere Gewichtungsart von Parameter 4 denkbar. Von zentraler Bedeutung ist, dass die Gewichtungsart transparent gemacht wird und, sofern Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen unterschiedlicher Anwendungsfälle hergestellt werden soll, einheitlich vorgenommen wird.

⁷⁴ Erinnerung: Zugleich ist, wie in ► Kapitel 6.1 dargelegt, die Platzierung des Teilsektors *Notfall-/Rettungswesen & Katastrophenschutz* ein spezieller Fall, da dieser in Parameter 4 einen hohen Potenzwert aufweist.

⁷⁵ Erinnerung: Zumindest dann, wenn die Klassenbildung nicht jedem Anwendungsfall selbst überlassen bleibt, sondern, wie in ► Kapitel 7 vorgeschlagen, eine gewisse Standardisierung erhält.

Sollten aus Ressourcengründen weder Parameter 2 noch Parameter 4 erhoben und berechnet werden können, ist der gänzliche Verzicht der Anwendung des hier entwickelten Operationalisierungsansatzes zu empfehlen. Denn einerseits handelt es sich dann bei der Erhebung per Definition nicht mehr um das Systemische Kaskadenpotenzial, sondern um eine einfache Dependenzabschätzung. Und andererseits lassen sich die Informationen, die aus Parametern 1 und 3 resultieren, durch weniger aufwändige Erhebungsmethoden generieren, wie bspw. durch die Breitband-Delphi-Methode nach Vorbild des BABS (2010) (► s. Kap. 4.1.1).

Die Reflexion zeigt den möglichen Ausgestaltungsspielraum des Operationalisierungsansatzes und den Bedarf nach einheitlichen Vorgaben auf, um die Ergebnisse unterschiedlicher Anwendungsfälle zumindest auf horizontaler Ebene vergleichen zu können. Da die einzelnen Zahlenwerte vor dem Hintergrund der Kaskadenpotenzialklassen in den Hintergrund rücken, ist es besonders wichtig, zu einer (normativen) Entscheidung über eine einheitliche Klassenbildung (► s. Kap. 5.2.5) zu kommen, die maßstabsgerecht vereinheitlicht werden kann.

Reflexion der Online-Befragung

Die Methode der Online-Befragung erweist sich für das Erhebungsinteresse als besonders zielführend (► s. Kap. 4.3.1). Einerseits ermöglicht die Befragung mittels eines Online-Fragebogens eine hohe Standardisierung der Antworten und damit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Expert*innen unterschiedlicher Disziplinen. Im Gegensatz zu anderen, fragebogenbasierten Befragungstypen bietet die Online-Befragung darüber hinaus eine hohe Ressourceneffizienz, da zwar eine kontinuierliche Betreuung der Umfrage notwendig ist, zugleich jedoch ein großer Erhebungsumfang realisiert werden kann und eine manuelle Dateneingabe durch die interviewende Person entfällt.

Der in dieser Erhebung festgelegte Mindestumfang von drei vollständigen Rückmeldungen pro Teilssektor gewährleistet mit insgesamt 87 Antworten⁷⁶ sowohl eine leistbare Quantität, als zugleich auch, durch Ermöglichung von Mittelwertbildung und Filtermöglichkeit von Mehrheitsantworten, eine hohe Qualität. Selbstverständlich ist darauf hinzuweisen, dass statistisch eine höhere Anzahl an Rückmeldungen die Aussagekraft und Reliabilität der Ergebnisse erhöht. Sollte also eine Wiederholung der Methodik, bspw. unter einer aktualisierten, nationalen KRITIS-Strategie oder auf anderen Maßstabsebenen angestrebt werden, ist eine Ausweitung des Erhebungsumfangs grundsätzlich erstrebenswert. Diese Ausweitung kann einerseits aus einer Erhöhung der Anzahl der Rückmeldungen bestehen. Andererseits kann diese auch, je nach Erkenntnisinteresse und Erhebungsmaßstab, (zusätzlich) andere Akteur*innengruppen, wie bspw. KRITIS-Betreiber*innen umfassen. Für den hiesigen Anwendungsfall wurde die Angemessenheit des Erhebungsumfangs extern validiert und bestätigt, da die Ergebnisse als aussagekräftig eingestuft werden und angenommen wird, dass eine Erhöhung des Erhebungsumfangs im Kern keine anderen Ergebnisse hervorgebracht hätte (Interview Pütz, 2020: B.1).

⁷⁶ Erinnerung: Die Anzahl der vollständigen Rückmeldungen liegt bei $n = 103$ und damit deutlich über dem Mindestumfang (► s. Kap. 5.1).

Die beiden Nachteile der Methode, die in der Literatur beschrieben sind, nämlich der Verlust von qualitativen Zusatzinformationen und eine fehlende Qualitätskontrolle während der Online-Schalung, wurden bereits in der Ausgestaltung der Erhebungsmethodik (► s. Kap. 4.3.2) bestmöglich ausgeglichen. Über die installierten Freitextfelder konnten knapp 200 qualitative Anmerkungen gesammelt und in die Plausibilisierung einbezogen werden (► s. Anhang III.i). Der Kontrolle der Datenqualität wurde auf unterschiedliche Weisen nachgekommen. Erstens wurden ausschließlich Expert*innen aus Einrichtungen kontaktiert, die gemäß Kriterien- und Auswahlplan (► s. Kap. 4.3.2) als besonders geeignet eingestuft wurden. Zweitens ermöglichte die Kombination der Befragungswellen (► s. Kap. 4.3.2, Kap 5.1.2) eine zusätzliche Versicherung der Verständlichkeit und Zielerreichung der Befragung. Und drittens erfolgte eine Datenbereinigung von Fällen, in denen die Umfrage offensichtlich lediglich ‚durchgeklickt‘ wurde (► s. Kap. 5.1.2).

Die Kombination der beiden Erhebungswellen ist sicherlich nicht frei von Kritik. Denn eine Kombination von Daten aus unterschiedlichen Befragungstypen ist i. d. R. aufgrund der variierenden Rahmenbedingungen nicht empfehlenswert. Da die Kombination der Erhebungswellen im hiesigen Anwendungsfall jedoch auf derselben, unveränderten Erhebungsgrundlage (Online-Umfrage) basierte und unter einem Konzept zum Befragungsablauf unter strengen Moderations- und Verhaltensregeln durchgeführt wurde (► s. Anhang II.iii), wurde dem dadurch erzielten, größeren Erhebungsumfang in dieser Arbeit Vorrang eingeräumt.

Die Qualität der Antworten wurde zudem über eine sorgfältige Auswahl der befragten Einrichtungen über einen Kriterien- und Auswahlplan (► s. Kap. 4.3.3) sichergestellt. Wenngleich alle darin gelisteten Einrichtungen geeignete Expert*innen zur Beantwortung der Umfrage stellen können, gibt es Einrichtungen, die aufgrund ihrer besonderen Eignung prioritär angefragt wurden. Dabei handelt es sich um Expert*innen aus den Bundesoberbehörden, Obersten Bundesbehörden und dem UP KRITIS. Wie in ► Anhang IV.i nachvollzogen werden kann, konnte der Mindesterberhebungsumfang von drei Antworten in den wenigsten Teilsektoren allein durch die prioritären Einrichtungen, im Durchschnitt jedoch zu mehr als der Hälfte, abgedeckt werden. Entsprechend wurden zudem Verbände, Vereine und in Einzelfällen Unternehmen und Forschungseinrichtungen befragt.

Einen erhebungsbezogenen Sonderfall stellt die Befragung von Landesparlamenten für den Teilsektor *Parlament* dar. Denn gemäß Kriterienplan ist eine Bundesperspektive oberstes Erhebungskriterium. Da auf Bundesebene jedoch nur ein Parlament, der Deutsche Bundestag, existiert und es ein weiteres Erhebungskriterium ist, dass dieselbe Einrichtung nicht mehrfach für denselben Teilsektor befragt werden darf, blieb zur Erreichung eines vollständigen Datensatzes nur ein Ausweichen auf die Landesparlamente. Somit besitzen die erzielten Antworten im Teilsektor *Parlament* eine eingeschränkte Validität und Vergleichbarkeit mit den anderen Teilsektoren. Zugleich handelt es sich nicht zwangsläufig um Antworten einer geringeren Qualität, weshalb der Vollständigkeit der Daten Vorrang eingeräumt wurde.

Zwar bietet die Aufschlüsselung in ► Anhang IV.i aus Transparenzgründen grundsätzlich die Möglichkeit dazu, die Rückmeldungen zwischen den Teilsektoren zu quantifizieren und zu vergleichen. Allerdings soll nicht der Eindruck erweckt werden, dass sich aus der Quantifizierung per se eine bessere oder schlechtere, mehr oder weniger zuverlässige Antwortqualität ergibt, da dies von den einzelnen Rückmeldungen abhängig ist. Was aus der Übersicht allerdings zweifelsfrei abgeleitet werden kann ist, wie viele Anfragen es gebraucht hat, ehe der Mindesterberhebungsumfang pro Teilsektor gedeckt werden konnte. Interessanterweise zeigt sich, dass scheinbar die Teilsektoren des Sektors

Informationstechnik & Telekommunikation am wenigsten auskunftsbereit waren. Ob dies an der Sensibilität des Themas, einem Desinteresse an Befragungen oder an anderen Gründen liegt, kann jedoch nicht beurteilt werden.

Über die technische und inhaltliche Realisierung der Online-Befragung kann ebenfalls positiv resümiert werden. Während der Befragung kam es lediglich in wenigen Einzelfällen zu technischen Problemen, da die Befragten nachträglich eine Antworteingabe auf einer vorherigen Seite veränderten. Auch die inhaltliche Realisierung wurde überwiegend positiv bewertet, was für erfolgreiche Pretests spricht. In Einzelfällen hätten sich die Befragten konkretere Antwortmöglichkeiten innerhalb der Teilspektoren gewünscht. Zudem konnte belegt werden, dass der Brand der Kathedrale Notre-Dame de Paris, als weltpolitisches Ereignis, das sich innerhalb des Befragungszeitraums ereignete, keinen messbaren Einfluss auf die Antworten hatte (► s. Kap. 6).

Eine weitere inhaltliche Ausgestaltungsmöglichkeit des Fragebogens wäre es gewesen, zusätzlich zu den direkten, eingehenden Abhängigkeiten (Frage 02) auch nach den indirekten, eingehenden Abhängigkeiten zu fragen. In diesem Fall wären Aussagen darüber möglich gewesen, inwiefern sich die Teilspektoren ihrer eigenen Abhängigkeit nach diversen Ereignisebenen bewusst sind. Insb. für Fälle, in denen keine direkte, wohl aber eine starke indirekte Abhängigkeit vorherrscht, wie sich bspw. für den Teilsektor *Seeschifffahrt*⁷⁷ durch die Kaskadendiagramme offenbart (► s. Kap. 6.2.2), wären solche Informationen aufschlussreich. Da diese Frage zur Erfüllung des Operationalisierungsansatzes jedoch nicht erforderlich war und den Fragebogen und somit die Ausfülldauer verlängert hätte, wodurch die Teilnahmebereitschaft ggf. gesunken wäre, wurde von dieser Frage abgesehen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Methode der Online-Befragung eine ressourceneffiziente Art der Primärdatenerhebung darstellt, die inhaltlich wie technisch leicht zu realisieren ist. Daher kann die Methode definitiv empfohlen werden, sobald auf einen größeren Erhebungsumfang gezielt wird⁷⁸. Die Qualität der Antworten hängt jedoch maßgeblich von der Präzision der Fragen sowie den erreichten Expert*innen und ihrer gewissenhaften Teilnahme ab, weshalb ein Kriterien- und Auswahlplan bei bewusster Stichprobenziehung unerlässlich ist.

Reflexion der Netzwerkanalyse

Die Methode der Netzwerkanalyse erweist sich unter hiesigem Erhebungsinteresse für zwei Zwecke als besonders geeignet. Einerseits bietet sie die Grundlage zur Berechnung des Parameters 2 ‚Vernetzungsdichte‘, indem sie die Berechnung der Nähezentralität der Subsysteme bzw. die Berechnung der normierten Pfaddistanz zwischen diesen ermöglicht. Andererseits stellen die Netzwerkvisualisierungen eine geeignete Möglichkeit dar, das komplexe Wirkungsgefüge abzubilden, indem die Teilspektoren als Knoten und die Abhängigkeiten als Kanten visualisiert und zueinander in Verhältnis gesetzt werden.

⁷⁷ So zeigt sich z. B. im Kaskadendiagramm des Teilspektors *Elektrizität* bei einer Ausfalldauer von bis zu sechs Wochen (► s. Anhang III.vi), dass obwohl die Schifffahrtsteilspektoren als einzige nicht unmittelbar beeinträchtigt sind, der Teilsektor *Seeschifffahrt* bereits auf der ersten indirekten Ereignisebene (E1) sowohl über den Ausfall des Teilspektors *Mineralöl* als auch des Teilspektors *Informationstechnik* stark beeinträchtigt ist und damit indirekt eine starke Abhängigkeit vom Teilsektor *Elektrizität* aufweist (► s. Kap. 6.2.2).

⁷⁸ Bei Anwendung der Methode auf anderen räumlichen Ebenen ist vorab jedoch zu prüfen, ob eine entsprechende Anzahl von Expert*innen überhaupt vorhanden ist.

Die technische Realisierung ist über frei verfügbare Netzwerkvisualisierungsprogramme, wie die in dieser Auswertung verwendete Open-Source-Software Gephi, leicht zu erlernen und auch für eine breite Anwendung geeignet. Bei der Verwendung von Open-Source Programmen muss jedoch bewusst sein, dass diese nicht nur zur freien Verfügung, sondern auch zur freien Weiterentwicklung bereitstehen und sich entsprechend Änderungen in der Software ergeben können, was hinsichtlich der (langfristigen) Reliabilität der Ergebnisse zu bedenken ist.

Das in dieser Arbeit verwendete Layout, also der Algorithmus, nach dem das Netzwerk dargestellt und austariert wird, ForceAtlas2, ist aufgrund der nachgeahmten Kräftedynamik gut zu interpretieren. Die Berechnungsdauer und Qualität der Netzwerke hängt von den Datensätzen ab. Im Idealfall erreichen diese ein Equilibrium, indem das Netzwerk in sich final austariert ist. Aufgrund der großen Datenmengen konnte ein solches in keiner der Netzwerkvisualisierungen dieser Dissertation erreicht werden (► s. Kap. 5.3.1). Damit bleibt theoretisch die Möglichkeit bestehen, dass sich bei Wiederholung der Analyse mit demselben Datensatz leichte Veränderungen in der Netzwerkvisualisierung ergeben (► s. Kap. 6.2.1). Diesem Umstand wurde bestmöglich entgegengewirkt, indem die Berechnung frühestens nach einer Million Iterationen gestoppt wurde.

Die Netzwerkdiagramme bieten einen tiefgehenden Einblick in das Wirkungsgefüge des KRITIS-SoS und die Position und Bedeutsamkeit eines jeden seiner Subsysteme. Damit erweisen sie sich insb. für wissenschaftliche Zwecke als Bereicherung, indem die Zusammenhänge studiert und interpretiert werden können. Für eine praxisorientierte Kommunikation bieten sich diese allerdings aufgrund ihrer Komplexität und des Interpretationsbedarfs nur bedingt an.

Reflexion des Validierungsbausteins

Die externe Validierung der Erhebungsmethodik und der Analyseergebnisse stellt einen wichtigen Baustein der Arbeit dar. Durch die Rückmeldung der potenziellen Anwender*innen ergibt sich die Chance, den Mehrwert der Ergebnisse diskutieren zu lassen und eventuellen Nachjustierungsbedarf ebenso aufgezeigt zu bekommen, wie das Anwendungspotenzial der (theoretischen) Erkenntnisse.

Da der Validierungsbaustein dieser Arbeit in das Frühjahr des Jahres 2020 und damit in die (erste) Hochphase der Corona-Pandemie fiel, erfolgte dieser sowohl in geringerem Umfang als auch in anderen Formaten, als idealtypisch gewesen wäre. Anstelle eines (persönlich abgehaltenen) Planspiels mit Vertreter*innen unterschiedlicher Raumordnungsebenen traten digital geführte Expert*inneninterviews mit Vertreter*innen der rahmengebenden Bundesoberbehörden aus Raumordnung und Bevölkerungsschutz. Da diese Expert*innen mit Akteur*innen sämtlicher Ebenen in Kontakt stehen, wurden diese in ihrer Schnittstellenfunktion zwischen rahmengebendem, (politisch-)institutionellen KRITIS-Schutz und dessen praktischer Umsetzung befragt. Die Durchführung eines Planspiels zur Validierung und Weiterentwicklung der Erkenntnisse, zur Überprüfung der Übertrag-, Skalier- und Reproduzierbarkeit des Operationalisierungsansatzes sowie der sonstigen Anwendungspotenziale der Erkenntnisse, steht entsprechend als weiterer Forschungs- und Erkenntnisbedarf aus.

Trotz des angepassten methodischen Vorgehens konnten innerhalb des Validierungsbausteins wertvolle Erkenntnisse für die Arbeit gewonnen werden. Das große Interesse beider Einrichtungen an den Ergebnissen der Dissertation zeigt zunächst die Bedeutsamkeit und den fortbestehenden Informationsbedarf des Themas auf. Die positiven Einschätzungen und Bewertungen von Methodik und

Ergebnissen lässt zudem schlussfolgern, dass die selbstgesteckten Ziele dieser Arbeit erreicht werden konnten. Besonders erfreulich ist, dass beide Einrichtungen die Ergebnisse der Anwendung des Operationalisierungsansatzes für plausibel befinden und bezüglich der Ausgestaltung der Formel lediglich begriffliche, jedoch keine inhaltlichen Kritikpunkte finden. Somit konnte durch die Validierung eine Verbesserung des Operationalisierungsansatzes erreicht werden.

Ebenfalls äußerst hilfreich sind die Einschätzungen der Einrichtungen über den Mehrwert und die potenziellen Anwendungsbereiche der Aufbereitungsformen der Ergebnisse. Durch diese Einschätzungen konnten die unterschiedlichen Anwendungszwecke validiert und weiter ausdifferenziert werden. Von besonderem Wert zeigte sich darüber hinaus die tiefergehende Diskussion mit dem Experten des BBSR über die Anwendungspotenziale in der Raumordnung, die eine erste Validierung und Weiterentwicklung auch der konzeptionellen Überlegungen des Blocks IV ermöglichte.

Reflexion der Ergebnisqualität

Die Qualität der in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse und deren Mehrwert für Forschung und Praxis kann insgesamt als hoch eingeschätzt werden. Vor dem Hintergrund des Erhebungsinteresses und des Ziels der Arbeit stellt sich die gesamte Methodik, bestehend aus dem Forschungsrahmen und Erhebungskonzept, der Ausgestaltung des Operationalisierungsansatzes, der Methodenwahl und -kombination, als stringent und zielführend dar.

Es lassen sich mehrere Komponenten hervorheben, die das Erreichen einer hohen Ergebnisqualität ermöglichten. Zunächst verhelfen explorative Interviews, ein umfassendes Literaturstudium sowie die Raumordnungsplananalyse dazu, die Forschungslücke zu identifizieren. Die theoretisch-konzeptionellen Verständnisgrundlagen sowie die Entwicklung eines Operationalisierungsansatzes konnten anschließend ebenfalls mittels Literaturstudium und ‚desk research‘ durchgeführt werden. Von besonderem Wert erwiesen sich die sorgfältige Ausgestaltung der Erhebungsmethodik sowie des Auswertungskonzepts. Durch Konkretisierung des Erhebungskonzepts, das sowohl den Erhebungsumfang als auch den Untersuchungsgegenstand festlegte, konnten eine angemessene Quantität wie Qualität der zu erhebenden Daten vorab sichergestellt werden. Das Auswertungskonzept diente dazu, einen zielgerichteten Umgang mit den Daten zu ermöglichen und durch Einführung eines Konfidenzfaktors von 50 Prozent zudem der Qualität Rechnung zu tragen.

Die Datenerhebung und -analyse mittels der Methoden Online-Befragung und Netzwerkanalyse erwiesen sich ebenfalls als äußerst geeignet. Alle weiteren Aufbereitungsformen der Ergebnisse verhelfen dazu, ein tieferes Verständnis über das KRITIS-SoS zu erlangen, variieren allerdings hinsichtlich ihrer Anwendungszwecke. Im Zusammenspiel der Ergebnisse des Systemischen Kaskadenpotenzials und der weiteren Aufbereitungsformen zeigt sich eine gute inhaltliche Ergänzung und Plausibilisierung sowie eine methodische Zweckerfüllung zur Entwicklung einer Evidenzgrundlage.

Wenngleich die Ergebnisse des Blocks IV eher konzeptioneller Natur sind und nur in Ansätzen validiert werden konnten, kommt diesen durch das Aufzeigen des Anwendungspotenzials eine große Bedeutung zu, da diese den konkreten Beitrag zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS aufzeigen. Sie sind letztlich der argumentative Nachweis, dass das Ziel der Arbeit erreicht werden konnte und es sich um eine angemessene Wahl der Mittel auf diesem Weg handelte.

8.3 Weiterer Forschungs- und Erkenntnisbedarf

Nachdem die inhaltliche und methodische Reflexion abgeschlossen ist, wird nun der noch bestehende Forschungs- und Erkenntnisbedarf zusammengetragen. Denn diese Arbeit verdeutlicht an diversen Stellen den Bedarf nach weiterer Forschung und wissenschaftlichem Diskurs, nach praktischer Erprobung, Erkenntnisgenerierung und Diskussion, sowie nach einer weiteren politisch-rechtlichen Auseinandersetzung mit dem Themenfeld KRITIS.

Aus Forschungsperspektive besteht der Bedarf nach wissenschaftlicher Auseinandersetzung und Diskurs insb. bezüglich der weiteren Ausrichtung der Kritikalitätsforschung. Wenn diese als eigenes Forschungsfeld begriffen werden will, was vor dem Hintergrund der Erkenntnisse dieser Arbeit grundsätzlich befürwortet werden kann, dann gilt es einen disziplinübergreifenden, gemeinsamen Nenner im Verständnis von Kritikalität zu etablieren. Denn die diversen Verständnisse sind ein wesentlicher Grund für die zahlreichen Operationalisierungsansätze, die sich wiederum an unterschiedlichen Konzepten orientieren, unterschiedlichste Begrifflichkeiten verwenden und eine so große Heterogenität aufweisen, dass der Kritikalitätsforschung von einigen Wissenschaftler*innen eine gemeinsame Basis abgesprochen wird (Keating & Katina, 2011: 251).

Einen ersten wichtigen Beitrag zu dieser wissenschaftlichen Herausforderung konnte diese Arbeit bereits leisten, indem zahlreiche Studien aus unterschiedlichen Disziplinen zusammengetragen und systematisiert wurden. Auf Grundlage dieser Systematisierung und einer anschließenden Diskussion konnte dargelegt werden, dass es den Kritikalitätsverständnissen überwiegend an einer Präzision der Abgrenzung zueinander mangelt, sodass diese als Verständnisse unterschiedlicher Dimensionen von KRITIS begriffen und zusammengeführt werden müssen, um integriert betrachtet werden zu können. Mit dieser Erkenntnis gilt es sich nun einem wissenschaftlichen Diskurs zu stellen und die Ergebnisse weiterentwickeln zu lassen. Denn diese integrierte Betrachtung ist die Voraussetzung, um zugleich Kritikalität als eigenes Konzept und die Kritikalitätsforschung als eigenes Forschungsfeld zu begreifen.

Aufbauend auf diesen theoretischen Grundlagen und der weiteren Harmonisierung des Forschungsfeldes gilt es darüber hinaus die in dieser Arbeit aufgedeckten Dimensionen von KRITIS wissenschaftlich wie auch anwendungsbezogen zu debattieren. Hierbei ist es erforderlich, das Bewusstsein und die Akzeptanz für zwei Aspekte zu schärfen: Erstens, dass Kritikalität nur eine Versorgungsleistungsbezogene Perspektive umfassen kann und sich damit primär auf kritische Infrastruktursysteme bezieht. Diese Systeme erbringen funktionale, grenz- und systemübergreifende Versorgungsleistungen, die sowohl systemintern für die KRITIS untereinander, als auch systemextern für die Gesellschaft von hoher Bedeutung sind. Mit dieser Argumentation geht dann einher, dass einzelne Anlagen im Prinzip nur aufgrund ihres Beitrages zum Funktionieren des Versorgungsleistungssystems ‚kritisch‘ sind. Die physische Anlage an sich kann hingegen lediglich gefährdet sein oder gefährdend im Sinne des Risikokonzepts wirken. Zweitens, und unmittelbar einhergehend mit dem ersten Aspekt, bedarf es dann, wenn Kritikalität versorgungsleistungsbezogen und Risiko anlagenbezogen ist, für einen umfassenden Umgang mit und Schutz von KRITIS eines Zusammenbringens der unterschiedlichen Perspektiven und ihrer dahinterliegenden Dimensionen.

Wie die Ausgestaltung und Erhebung dieser KRITIS-Dimensionen zunächst im Einzelnen erfolgen kann und eine anschließende Zusammenführung ermöglicht wird, ist in Block IV konzeptionell dargelegt. Da es sich hierbei um erste Überlegungen handelt, sind diese durch Forschung, Praxis und insb. auch die Entscheidungsträger*innen aller Ebenen und Disziplinen weiter zu diskutieren.

Einen weiteren wissenschaftlichen Diskurs gilt es hinsichtlich der Ausgestaltung und Anwendung des Operationalisierungsansatzes des Systemischen Kaskadenpotenzials zu etablieren. Aus Forschungsperspektive besteht ein besonderes Erkenntnisinteresse bezüglich der Ausgestaltung der Faktoren und ihrer Parameter. Diese sind auf Grundlage weiterer Anwendungsfälle, auch auf unterschiedlichen Maßstabsebenen, weiterzuentwickeln, denn erst eine weitere Erprobung lässt finale Rückschlüsse auf die Eignung und Angemessenheit (engl. ‚goodness of fit‘) der Parameter zu. Dabei gilt es insb. zwei Fragen zu klären: Inwiefern sind die Parameter auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und durch die verschiedenen Akteur*innen zu erheben und anzuwenden? Und sind alle vier Parameter in ihrer hiesigen Form erforderlich? Zu klären gilt es also, in welcher Version der Formel der Operationalisierungsansatz des Systemischen Kaskadenpotenzials schlussendlich zum dringend benötigten Methodenstandard werden kann.

Diese Fragen kann die Forschung natürlich nicht ohne Anwendungsbezug beantworten. Die Praxis dürfte bezüglich des Operationalisierungsansatzes zudem ein eigenes Erkenntnisinteresse haben. Dieses äußert sich in der Frage, inwiefern die in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse für das KRITIS-SoS in Deutschland auf anderen Ebenen nutzbar sind und inwiefern es einer Skalierung oder Reproduktion bedarf. Gemeinschaftlich sollte diesbezüglich zwischen Praxisakteur*innen, der Wissenschaft und Entscheidungsträger*innen debattiert werden, welche Standardisierungen erforderlich sind und wie diese so ausgestaltet werden können, dass eine horizontale und vertikale Vergleichbarkeit gewahrt bleiben. Damit einher gehen auch die Fragen nach einer maßstabsgerechten Definition der kritischen Subsysteme, dem anzunehmenden Setting sowie den Ausfalldauern. Die Inhalte des Blocks IV können hierzu als Orientierungsrahmen dienen, bedürfen jedoch sicherlich eines breiteren Diskurses und letztlich einer normativen Entscheidung.

Die Förderung anwendungsbezogener Beispiele, wie eine Ausgestaltung des Umgangs mit und Schutz von KRITIS erfolgen kann, ist ebenfalls als weiterer Erkenntnisbedarf festzuhalten. Diese Forderung gilt sowohl für jede der einzelnen Dimensionen als auch dimensionsübergreifend. Dazu gehört auch, dass sich alle Akteur*innengruppen ihrer jeweiligen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten und darüber hinaus auch ihrer Handlungsmöglichkeiten bewusst werden. Dies gilt in besonderem Maße für die Raumordnung, die ihrer wichtigen Rolle im Umgang mit dem KRITIS-SoS gegenwärtig noch nicht nachkommt (► s. Kap. 1.1.3).

Ein besonderes Erkenntnisinteresse sollte in der Raumordnung darauf liegen, die Anwendungspotenziale der in dieser Arbeit entwickelten Evidenzgrundlagen weiter auszugestalten. Allen voran gilt es, die Aufstellung eines BRP-KRITIS in der MKRO zu diskutieren, da nur auf höchster Raumordnungsebene die Möglichkeit besteht, funktionale, grenzüberschreitende, kritische Infrastruktursysteme zu regeln. Dafür ist es denkbar, sowohl rechtliche Gutachten einzuholen als auch über ein Planspiel mit Testplan dem Verfahren des BRPH zu folgen. Somit können, ehe eine Entscheidung über einen eventuellen Aufstellungsbeschluss erfolgen muss, zunächst das Erforderlichkeitsgebot abschließend geklärt, die Akzeptanz gestärkt und die Interessen der diversen Ebenen ausgelotet werden. Letztlich bedarf es hierzu jedoch, wie auch in anderen Disziplinen und KRITIS-Dimensionen, eines politischen Willens.

Darüber hinaus lassen sich folgende Forderungen formulieren, die den disziplin- und ebenenübergreifenden Forschungs- und Erkenntnisbedarf verdeutlichen und zur Beförderung des Umgangs mit KRITIS gestärkt werden sollten.

Informationen über KRITIS und die Wirkweise des SoS aufbereiten und bereitstellen.

Ein angemessener Umgang mit KRITIS beginnt mit einem Verständnis der Komplexität dieser. Daher gilt es weitere Verständnisgrundlagen aufzubereiten und bereitzustellen, die bei der Frage anfangen, was KRITIS eigentlich ‚kritisch‘ macht und warum diese ein komplexes SoS darstellen. Der Bedarf nach Informations- und Verständnisgrundlagen geht anschließend jedoch noch weiter, indem geklärt werden muss, wie Kritikalität integriert verstanden werden kann und wie konkrete Operationalisierungsansätze, Erhebungs- und Auswertungsmethoden für das KRITIS-SoS auf unterschiedlichen Ebenen ausgestaltet werden können.

Einen Teil dieses Bedarfes können sicherlich die in dieser Dissertation entwickelten Grundlagen decken. So bietet u. a. ► Kapitel 1.1 einen geeigneten Startpunkt zum Verständnis von KRITIS und deren Zusammenwirken als komplexes SoS. Auch die diversen Aufbereitungs- und Visualisierungsformen zum KRITIS-SoS, darunter allen voran die Teilsektor-Steckbriefe, können einen gewissen grundsätzlichen Informationsbedarf decken. Was darüber hinaus jedoch erforderlich ist, sind die Erfassung der konkreten Bedarfe der unterschiedlichen Disziplinen und Ebenen und eine anschließende, adressat*innengerechte und verwendungszweckbezogene Aufbereitung dieser Informationen. Zudem müssen diese von offizieller, behördlicher Stelle herausgegeben werden und nicht ausschließlich Gegenstand der Forschung bleiben.

Theoretische Grundlagen schaffen, um die Kritikalitätsforschung zu harmonisieren und als eigenes Forschungsfeld zu etablieren.

Die Aufforderung an die Wissenschaft, die Bemühungen zur Etablierung der Kritikalitätsforschung als eigenes Forschungsfeld fortzuführen, wurde weiter oben bereits erläutert. Wichtig ist dabei zu betonen, dass nicht die Vielfalt an Operationalisierungsansätzen per se problematisch ist, da diese ein Indiz für ein heterogenes Forschungsfeld darstellen, was die Kritikalitätsforschung sicherlich ist. Die Herausforderung liegt in den sich überschneidenden Kritikalitätsverständnissen, die nicht nur zu einem Begriffschaos, sondern auch zu einer Überforderung und Lähmung der potenziellen Anwender*innen führen.

Ein einheitliches, im besten Fall integriertes Verständnis von Kritikalität ist daher die Grundlage, um zu geeigneten Operationalisierungsansätzen für das KRITIS-SoS zu kommen und somit auch durch das Erfassen, Messen und Bewerten von diesem entscheidungsunterstützend zu wirken. Daher kann das (Be-)Greifbarmachen von Kritikalität als Startpunkt des Umgangs mit und Schutzes von KRITIS verstanden werden.

KRITIS-Schutz disziplin- und ebenenübergreifend ausgestalten.

Der Umgang mit KRITIS erfordert mehr als das Erfassen und Operationalisieren von Kritikalität und dem KRITIS-SoS, wie in dieser Arbeit gezeigt werden konnte. Daher gilt es, KRITIS-Schutz dimensions- und akteur*innenspezifisch zu befördern, diese Bemühungen anschließend jedoch dimensions-, akteur*innen- und ebenenübergreifend zusammenzuführen. Denn nur, wenn die KRITIS-Dimensionen gemeinsam behandelt werden und die KRITIS-interne, KRITIS-externe, anlagen- und versorgungsleistungsbezogene Perspektive gemeinsam betrachtet werden, kann umfassender KRITIS-Schutz realisiert werden. Und auch erst dann kann ein bestmöglicher Umgang mit dem grenz- und systemüberschreitenden Charakter von KRITIS, dem daraus resultierenden ‚*problem of fit*‘ und der Anbind- und Skalierbarkeit der Erkenntnisse auch auf höheren Ebenen gefunden werden.

Um dies zu erreichen, ist die Zusammenarbeit diverser Akteur*innen mit ihren jeweiligen Kompetenztiteln auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen ebenso erforderlich, wie ein gemeinsames ‚Bundesprogramm zum KRITIS-Schutz‘ (► s. Kap. 7.4.1). Von welcher Akteur*innengruppe bzw. ggf. Einrichtung in welchem Detaillierungsgrad eine solche Aufgabe erfüllt werden kann, gilt es zu diskutieren. Dass dabei das BMI bzw. (mindestens) eine Bundesoberbehörde innerhalb dessen Geschäftsbereichs, wie das BBK, eine federführende Rolle einnehmen kann und sollte, zeigt das Schweizer Vorbild.

Wenngleich die Forderung nach einer Stärkung der Zusammenarbeit im Prinzip immer ausgesprochen werden kann, gilt diese im Kontext von KRITIS aufgrund der zahlreichen Dimensionen, Akteur*innengruppen und deren Kompetenzen, Strategien und Instrumente noch einmal in besonderem Maße. Insb. gilt es, horizontale und vertikale Kooperation mit intra- und interdisziplinärer Kooperation zu kombinieren. Somit entsteht im Idealfall ein kontinuierlicher Austausch auf und zwischen allen Ebenen, KRITIS-Dimensionen und ihren hauptverantwortlichen Akteur*innengruppen.

Entscheidungsgrundlagen schaffen trotz Unsicherheit.

In der Auseinandersetzung mit KRITIS wird es zu einem gewissen Grad immer einen Mangel an Wissen geben, da es sich bei KRITIS um ein komplexes SoS handelt, das niemals in Gänze erfasst werden kann, nicht zuletzt, da es sich kontinuierlich weiterentwickelt. Entsprechend besteht der Forschungs- und Erkenntnisbedarf über die Frage fort, wie mit dieser Unsicherheit umgegangen werden kann, die das KRITIS-SoS und seine potenziellen Kaskadeneffekte begleitet.

Daher braucht es neben transparenten Evidenzgrundlagen, die zur Entscheidungsunterstützung herangezogen werden können, im Idealfall auch Handlungsgrundlagen, denen jedoch eine gewisse normative Auseinandersetzung vorangehen muss. Vorstellbar sind diesbezüglich sowohl weitere,

oder weiterentwickelte, informelle Handreichungen und Methodikempfehlungen, wie bspw. bereits vom BBK durch die Handreichungen ‚Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz‘ und ‚Schutz Kritischer Infrastrukturen – Identifizierung in sieben Schritten‘ geschehen. Wünschenswert sind voraussichtlich jedoch seitens der Praxis auch Entscheidungen mit formeller Tragkraft, wie eine (von IKT-losgelöste) KRITIS-Verordnung oder ein KRITIS-Katalog. Zur Entwicklung solcher Instrumente bedarf es einer Ausweitung der anwendungsbezogenen Forschung.

Anwendungsbezogene KRITIS-Forschung fördern.

Anwendungsbezogene Forschung bietet die Grundlage, um alle zuvor genannten Forderungen des weiteren Forschungs- und Erkenntnisbedarfs erfüllen zu können. Daher gilt es, eine KRITIS-bezogene, anwendungsorientierte Forschung zu fördern, in der wissenschaftlicher Forschungsbedarf mit praktischem Erkenntnisinteresse verknüpft wird. Darüber wird wiederum die Generierung weiterer Anwendungsfälle möglich, die den Diskurs um den Umgang mit KRITIS ausdifferenzieren und gute Beispiele hervorbringen können, die anderen Räumen, Ebenen und Akteur*innen als Blaupause dienen können.

Hierzu ist es kurzfristig ggf. nicht einmal nötig, neue Förderprogramme aufzulegen. So bestehen bspw. Möglichkeiten zur stärkeren Integration des Themenfeldes KRITIS in aktuelle, anwendungsbezogene Förderprogramme, wie MORO, ExWoSt und das Bundesprogramm Ländliche Entwicklung (BULE) des BBSR oder das Programm ‚Forschung für die zivile Sicherheit‘ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Mittel- bis langfristig ist es jedoch erstrebenswert, ein eigenes Programm zum KRITIS-Schutz aufzulegen, auch, um nicht erst dann Fördermittel bereitzustellen, wenn ein nächster Ereignisfall eingetroffen ist. Gefördert werden sollten weitere Grundlagen und Methoden, die einen Umgang mit KRITIS befördern und ermöglichen, *„[d]em Schutz kritischer Infrastrukturen [...] Rechnung zu tragen“* (§ 2 Abs. 2 Satz 3 Nr. 4 ROG).

Literatur- und Quellenverzeichnis

agl & PRC (2015): Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Endbericht, AZ 10.05.06-13.6. Verfügbar unter:

http://agl-online.de/fileadmin/62agl/medien/Downloads/agl_PRC_MORO-Risiko_Endbericht_20150727web.pdf [abgerufen am 05.05.2020].

Akremit, Leila (2014): Stichprobenziehung in der qualitativen Sozialforschung. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 265–282.

ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2005): Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. VSB Verlagsservice Braunschweig GmbH, Langenhagen.

Atteslander, Peter (2010): Methoden der empirischen Sozialforschung. 13., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

BABS - Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2010): Schlussbericht Kritikalität der Teilsektoren. Programm Schutz Kritischer Infrastrukturen. 2. Version. Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Bern. Verfügbar unter:

https://www.babs.admin.ch/content/babs-internet/it/aufgabenbabs/ski/publikationen/_jcr_content/contentPar/accordion/accordionItems/grundlagen_und_forsc/accordionPar/downloadlist_7662715/downloadItems/347_1461326628960.download/20100911kritikalitaetsde.pdf [abgerufen am 05.06.2018].

BABS - Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2017): Hintergrundbericht zur nationalen Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen 2018-2022. Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Bern. Verfügbar unter:

https://www.babs.admin.ch/content/babs-internet/de/aufgabenbabs/ski/nationalestrategie/_jcr_content/contentPar/tabs/items/downloads/tabPar/downloadlist/downloadItems/49_1487748615176.download/20171208_HintergrundbNatSKI-Strategie2018-2022_de.pdf [abgerufen am 08.06.2018].

Bach, Claudia; Bouchon, Sara; Fekete, Alexander; Birkmann, Jörg; Serre, Damien (2013): Adding value to critical infrastructure research and disaster risk management: the resilience concept. S.A.P.I.EN.S, 6(1). S. 1–12.

BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2017): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Identifizierung in sieben Schritten. Arbeitshilfe für die Anwendung im Bevölkerungsschutz. Reihe: Praxis im Bevölkerungsschutz 20. 1. Auflage. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Band_20_Praxis_BS_Schutz_Kritis_Identifizierung.pdf?__blob=-publicationFile [abgerufen am 07.03.2018].

BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2019): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Identifizierung in sieben Schritten. Arbeitshilfe für die Anwendung im Bevölkerungsschutz. Reihe: Praxis im Bevölkerungsschutz 20. 2. Auflage. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/PiB_20_Schutz%20Kritischer_Infrastrukturen_Identifizierung%20in%20sieben%20Schritten.pdf?__blob=publicationFile [abgerufen am 28.07.2020].

BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; UNIBW M - Universität der Bundeswehr München (2019): Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Ein Stresstest für die Allgemeine Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz. Reihe: Praxis im Bevölkerungsschutz 16. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/PiB_16_Risikoanalyse_im_Bevoelkerungsschutz.pdf?__blob=publicationFile [abgerufen am 27.07.2020].

Bezirksregierung Düsseldorf (2018): Regionalplan Düsseldorf. Verfügbar unter:

https://www.brd.nrw.de/planen_bauen/regionalplan/pdf_rpd/RPD_Gesamt.pdf [abgerufen am 27.04.2020].

Birkmann, Jörn; Greiving, Stefan; Serdeczny, Olivia M. (2017): Das Assessment von Vulnerabilitäten, Risiken und Unsicherheiten. In: Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöllner, Susanne (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland 75. Springer Berlin Heidelberg, Berlin/Heidelberg. S. 267–276.

Birkmann, Jörn; Vollmer, Maike; Schanze, Jochen (2013): Raumentwicklung im Klimawandel. Herausforderungen für die räumliche Planung. Reihe: Forschungsberichte der ARL, 2. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.

Birkmann, Jörn; Wenzel, Friedemann; Greiving, Stefan; Garschagen, Matthias; Vallée, Dirk; Nowak, Wolfgang; Welle, Torsten; Fina, Stefan; Goris, Anna; Rilling, Benedikt; Fiedrich, Frank; Fekete, Alexander; Cutter, Susan L.; Düzgün, Sebnem; Ley, Astrid; Friedrich, Markus; Kuhlmann, Ulrike; Novák, Balthasar; Wieprecht, Silke; Riegel, Christoph; Thieken, Annegret; Rhyner, Jakob; Ulbrich, Uwe; Mitchell, James K. (2016): Extreme Events, Critical Infrastructures, Human Vulnerability and Strategic Planning. Emerging Research Issues. Journal of Extreme Events, 03(04). S. 1650017.

BMI - Bundesministerium des Innern (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. 2. Auflage. Bundesministerium des Innern, Berlin. Verfügbar unter:

<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritische-infrastrukturen-basisschutzkonzept.pdf> [abgerufen am 09.10.2020].

BMI - Bundesministerium des Innern (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Referat KM 4. Bundesministerium des Innern, Berlin. Verfügbar unter:

https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritis.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [abgerufen am 13.12.2017].

BMI - Bundesministerium des Innern (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. 2., überarbeitete Auflage. Bundesministerium des Innern, Berlin. Verfügbar unter:

https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritis-leitfaden.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [abgerufen am 09.10.2020].

BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020): Testlauf Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (Phase 2). Testplan. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin. Verfügbar unter:

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/studien/2018/testlauf-brop-hochwasserschutz/dl-brph-p2-testplan.pdf?__blob=publicationFile&v=1, [abgerufen am 18.08.2020].

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009): Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens Klimaanpassung („Blaupause“). Ein Zwischenergebnis der Vorstudie für Modellvorhaben zu Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. BBSR-Online-Publikation, 17/2009.

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2013): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin/Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/studien/2011/LeitfadenRegionaleKlimafolgenbewertung/Downloads/DL_Handbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [abgerufen am 28.01.2020].

BNetzA - Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2007): Bericht über die Systemstörung im deutschen und europäischen Verbundsystem am 4. November 2006. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Berichte_Fallanalysen/Bericht_9.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 02.09.2019].

Bouchon, Sara (2006): The Vulnerability of Interdependent Critical Infrastructures Systems. Epistemological and Conceptual State-of-the-Art. Publications Office of the EU, Luxemburg. Verfügbar unter:

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e3c8da0d-9d5a-408d-a098-38f6b624508d>

BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2016): KRITIS-Sektorstudie Medien und Kultur. BSI, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.kritis.bund.de/SharedDocs/Downloads/Kritis/DE/Sektorstudie_Medien_Kultur.pdf;jsessionid=FDC268C957BA247F20B51C41EF2131A3.1_cid330?__blob=publicationFile [abgerufen am 09.10.2020].

Brown, Theresa; Beyeler, Walt; Barton, Dianne (2004): Assessing infrastructure interdependencies: the challenge of risk analysis for complex adaptive systems. *International Journal of Critical Infrastructures*, 1(1). S. 108-117.

Crespo, Arturo; Dombois, Marcus; Eifert, Stephanie; Elsner, Ivonne; Engels, Jens I.; Henning, Jan; Huck, Andreas; Knauf, Alice; Lukitsch, Kristof; Marathe, Manas; Müller, Marcel; Stahlhut, Chris; Thiessen, Nadja (2018): Relations between the Concepts. In: Engels, Jens I. (Hrsg.): *Key Concepts for Critical Infrastructure Research*. Springer VS, Wiesbaden. S. 45–52.

Cutter, Susan L.; Mitchell, Jerry T.; Scott, Michael S. (2000): Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown Country, South Carolina. *Annals of American Geographers*, 90 (4). S. 713-737.

de Bruijne, Mark; van Eeten, Michael (2007): Systems that Should Have Failed: Critical Infrastructure Protection in an Institutionally Fragmented Environment. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(1). S. 18-29.

Delvosalle, Christian; Robert, Benoit; Nourry, Joachim; Yan, Gabriel; Brohez, Sylvain; Delcourt, Jérémy (2017): Considering critical infrastructures in the land use planning policy around Seveso plants. *Safety Science*, 97. S. 27–33.

Deutscher Bundestag (2019): Drucksache 19/9521. Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2018. Verfügbar unter:

<http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/095/1909521.pdf> [abgerufen am 12.01.2020].

Di Mauro, Carmelo; Bouchon, Sara; Logtmeijer, Christiaan; Pride, Russ D.; Hartung, Thomas; Nordvik, Jean-Pierre (2010): A structured approach to identifying European critical infrastructures. *International Journal of Critical Infrastructures*, 6(3). S. 277–292.

Diekmann, Andreas (2017): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. 11. Auflage, vollständig überarbeitete und erweiterte Neuauflage August 2017. Reihe: Rororo Rowohlts Enzyklopädie. Rowohlts Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg.

- Egan, Matthew J. (2007): Anticipating Future Vulnerability. Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(1). S. 4–17.
- Eifert, Stephanie; Knauf, Alice; Thiessen, Nadja (2018): Vulnerability. In: Engels, Jens I. (Hrsg.): *Key Concepts for Critical Infrastructure Research*. Springer VS, Wiesbaden. S. 21–29.
- Elsner, Ivonne; Huck, Andreas; Marathe, Manas (2018): Resilience. In: Engels, Jens I. (Hrsg.): *Key Concepts for Critical Infrastructure Research*. Springer VS, Wiesbaden. S. 30–38.
- Engel, Uwe; Schmidt, Björn O. (2014): Unit- und Item-Nonresponse. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 331–348.
- Engels, Jens I. (2018a): Relevante Beziehungen. Vom Nutzen des Kritikalitätskonzepts für Geisteswissenschaftler. In: Engels, Jens I.; Nordmann, Alfred (Hrsg.): *Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um kritische Infrastrukturen*. Reihe: *Science Studies*. transcript, Bielefeld. S. 17–46.
- Engels, Jens I. (2018b): Introduction. In: Engels, Jens I. (Hrsg.): *Key Concepts for Critical Infrastructure Research*. Springer VS, Wiesbaden. S. 1–10.
- Engels, Jens I.; Nordmann, Alfred (2018): Vorwort. In: Engels, Jens I.; Nordmann Alfred (Hrsg.): *Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um kritische Infrastrukturen*. Reihe: *Science Studies*. transcript, Bielefeld. S. 7–16.
- Eusgeld, Irene; Kröger, Wolfgang; Sansavini, Giovanni; Schläpfer, Markus; Zio, Enrico (2009): The role of network theory and object-oriented modeling within a framework for the vulnerability analysis of critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(5). S. 954–963.
- Eusgeld, Irene; Nan, Cen; Dietz, Sven (2011): "System-of-systems" approach for interdependent critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(6), S. 679–686.
- Fekete, Alexander (2011): Common criteria for the assessment of critical infrastructures. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2(1). S. 15–24.
- Fekete, Alexander (2012): Ziele im Umgang mit "kritischen" Infrastrukturen im staatlichen Bevölkerungsschutz. In: Stober, Rolf (Hrsg.): *Managementhandbuch Sicherheitswirtschaft und Unternehmenssicherheit*. Boorberg, Stuttgart. S. 1103–1124.
- Fekete, Alexander (2013): Schlüsselbegriffe im Bevölkerungsschutz. Zur Untersuchung der Bedeutsamkeit von Infrastrukturen - von Gefährdung und Kritikalität zu Resilienz und persönlichen Infrastrukturen. In: Unger, Christoph; Mitschke, Thomas; Freudenberg, Dirk (Hrsg.): *Krisenmanagement - Notfallplanung – Bevölkerungsschutz*. Festschrift anlässlich 60 Jahre Ausbildung im Bevölkerungsschutz, dargebracht von Partnern, Freunden und Mitarbeitern des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Duncker & Humblot, Berlin. S. 327–340.
- Fekete, Alexander (2018): *Urban Disaster Resilience and Critical Infrastructure*. Habilitationsschrift. Universität Würzburg, Würzburg.
- Fekete, Alexander; Lauwe, Peter; Geier, Wolfram (2012): Risk management goals and identification of critical infrastructures. *International Journal of Critical Infrastructures*, 8(4). S. 336–353.
- Folkers, Andreas (2018): Was ist kritisch an Kritischer Infrastruktur? Kriegswichtigkeit, Lebenswichtigkeit, Systemwichtigkeit und die Infrastrukturen der Kritik. In: Engels, Jens I.; Nordmann, Alfred (Hrsg.): *Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um kritische Infrastrukturen*. Reihe: *Science Studies*. transcript, Bielefeld. S. 123–154.

Forzieri, Giovanni; Bianchi, Alessandra; Silva, Filipe B. E.; Marin Herrera, Mario A.; Leblois, Antoine; Lavallo, Carlo; Aerts, Jeroen G. J. H; Feyen, Luc (2018): Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*, 48. S. 97–107.

Freistaat Thüringen (2014): Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025. Thüringen im Wandel. Herausforderungen annehmen – Vielfalt bewahren – Veränderungen gestalten. Verfügbar unter: <https://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1534.pdf> [abgerufen am 27.04.2020].

Garschagen, Matthias; Sandholz, Simone (2018): The role of minimum supply and social vulnerability assessment for governing critical infrastructure failure: current gaps and future agenda. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, (18). S. 1233–1246.

Giovinazzi, Sonia (2016): Criticality of infrastructures for organisations. *International Journal of Critical Infrastructures*, 12(4). S. 331–363.

Greiving, Stefan (2008): Räumliche Verteilung von Postdiensten im Umbruch. *Informationen zur Raumentwicklung* 2008(1/2). S. 81–90.

Greiving, Stefan (2011a): Methodik zur Festlegung raum- und raumplanungsrelevanter Risiken. In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): *Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung*. Reihe: Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 357. ARL, Hannover. S. 22–30.

Greiving, Stefan (2011b): Umgang mit Störfällen. Explosion der Feuerwerksfabrik in Enschede (NL). In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): *Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung*. Reihe: Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 357. ARL, Hannover (Hrsg.). S. 124–126.

Greiving, Stefan (2019): Analyse- und Bewertungskonzepte für Risiken im Vergleich. *Informationen zur Raumentwicklung*, 2019(4). S. 64–73.

Greiving, Stefan; Hurth, Florian; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Fleischhauer, Mark (2016): Developments and Drawbacks in Critical Infrastructure and Regional Planning. A Case Study on Region of Cologne, Germany. *Journal of Extreme Events*, 03(04). S. 1650014.

Gruehn, Dietwald; Greiving, Stefan; Rannow, Sven; Fleischhauer, Mark; Meyer, Burghard C. (2010): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung. Ergebnisse der Vorstudie zu den Modelvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Reihe: *Forschungen*, 144. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin. Verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Forschungen/2010/Heft144_DL.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 05.05.2020].

Habegger, Beat; Kmieciak, Simon (2010): Der Schutz kritischer Infrastrukturen: Gegenwart und Zukunft. Ergebnisse eines Expertendialogs. Reihe: *CRN Report Juni 2010*. Center for Security Studies, Zürich; ETH Zürich, Zürich; Crisis and Risk Network, Zürich. Verfügbar unter: <http://www.css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/pdfs/Expertendialog-SKI.pdf> [abgerufen am 05.06.2018].

Häder, Michael (2010): *Empirische Sozialforschung*. 2., überarbeitete Auflage. Springer VS, Wiesbaden.

Häder, Michael; Häder, Sabine (2014): DELPHI-Befragung. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 587–592.

Haimes, Yacov Y. (2006): On the Definition of Vulnerabilities in Measuring Risks to Infrastructures. *Risk Analysis*, 26(2). S. 293–296.

Haimes, Yacov Y. (2009): On the complex definition of risk: a systems-based approach. *Risk Analysis*, 29(12). S. 1647–1654.

- Haimes, Yacov Y. (2016): Risk modeling, assessment, and management. Fourth edition. Reihe: Wiley Series in Systems Engineering and Management. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey.
- Heesen, Bernd (2014): Wissenschaftliches Arbeiten. Methodenwissen für das Bachelor-, Master- und Promotionsstudium. Springer Berlin Heidelberg, Berlin/Heidelberg.
- Hellström, Tomas (2007): Critical infrastructure and systemic vulnerability. Towards a planning framework. *Safety Science*, 45(3). S. 415–430.
- HMWEV – Hessische Landesregierung (2017): 3. Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000. Verfügbar unter:
https://landesplanung.hessen.de/sites/landesplanung.hessen.de/files/dritte_Aenderung_LEP_Plantext_0.pdf [abgerufen am 27.04.2020].
- Högselius, Per; Hommels, Anique; Kaijser, Arne; van der Vleuten, Erik (2016): The making of Europe's critical infrastructure. Common connections and shared vulnerabilities. Palgrave Macmillan, Basingstoke, Hampshire.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2012): Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SREX). Cambridge University Press, New York, NY; Canadian Electronic Library, Ottawa, Ontario.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf.
- IRGC - International Risk Governance Council (2018): IRGC Guidelines for the Governance of Systemic Risks. In systems and organisations. In the context of transitions. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. International Risk Governance Council, Lausanne.
- Jacomy, Mathieu; Venturini, Tommaso; Heymann, Sebastien; Bastian, Mathieu (2014): ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software. *PLOS ONE*, 9(6). S. e98679.
- Jansen, Dorothea (2007): Theoriekonzepte in der Analyse sozialer Netzwerke. Entstehung und Wirkungen, Funktionen und Gestaltung sozialer Einbettung. Reihe: FÖV Discussion Papers, 39. Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung, Speyer.
- Johansson, Jonas; Hassel, Henrik (2010): An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(12). S. 1335–1344.
- Katina, Polinapilinho F.; Hester, Patrick T. (2013): Systemic determination of infrastructure criticality. *International Journal of Critical Infrastructures*, 9(3). S. 211–225.
- Katina, Polinapilinho F.; Keating, Charles B. (2015): Critical infrastructures: a perspective from systems of systems. *International Journal of Critical Infrastructures*, 11(4). S. 316–344.
- Katina, Polinapilinho F.; Pinto, Ariel C.; Bradley, Joseph M.; Hester, Patrick T. (2014): Interdependency-induced risk with applications to healthcare. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 7(1). S. 12–26.
- Keating, Charles B.; Katina, Polinapilinho F. (2011): Systems of systems engineering: prospects and challenges for the emerging field. *International Journal of Critical Infrastructures*, 2(2/3). S. 234–256.
- Khakzad, Nima; Khan, Faisal; Amyotte, Paul; Cozzani, Valerio (2013): Domino effect analysis using Bayesian networks. *Risk Analysis*, 33(2). S. 292–306.

- Khakzad, Nima; Reniers, Genserik (2015): Using graph theory to analyze the vulnerability of process plants in the context of cascading effects. *Reliability Engineering & System Safety*, 143. S. 63–73.
- Klaver, Marieke; Luijff, Eric; Nieuwenhuijs, Albert (2011): Good Practices Manual for CIP Policies. For policy makers in Europe. RECIPE Project. TNO. Verfügbar unter: http://www.oiiip.ac.at/fileadmin/Unterlagen/Dateien/Publikationen/FINAL_RECIPe_manual.pdf [abgerufen am 30.10.2018].
- Knoke, David; Kuklinski, James H. (1982): *Network analysis*. Reihe: Sage University Papers: Quantitative applications in the social sciences 28. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- Kornmeier, Martin (2007): *Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten. Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*. Reihe: BA kompakt. Physica-Verlag, Heidelberg. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-7908-1919-9> [abgerufen am 17.01.2020].
- Kruse, Philip M. (2019): *Flood Risk Assessment for Critical Infrastructures Focusing on Criticality. A Guideline for Municipal Application*. Masterarbeit an der Fakultät Raumplanung, Technische Universität Dortmund.
- Kruse, Philip M.; Schmitt, Hanna C.; Greiving, Stefan (2021): Systemic criticality - a new assessment concept improving the evidence basis for CI protection. *Climatic Change*, 165, 2(2021), Special Issue Risk & Vulnerability to Extreme Events: Dynamics and Future Scenarios. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03019-x>.
- Lamnek, Siegfried (2010): *Qualitative Sozialforschung*. 5., überarbeitete Auflage. Beltz, Basel/Weinheim.
- Landkreis Uelzen (2019): *Begründung zum Regionalen Raumordnungsprogramm für den Landkreis Uelzen 2019*. Verfügbar unter: https://www.landkreis-uelzen.de/Portaldata/2/Resources/landkreis_uelzen/amt_63/dokumente/regionales_raumordnungsprogramm_2019/03_Begruendung_RROP_2019.pdf [abgerufen am 27.04.2020].
- Laugé, Ana; Hernantes, Josune; Sarriegi, Jose M. (2015): Critical infrastructure dependencies. A holistic, dynamic and quantitative approach. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 8. S. 16–23.
- Lauwe, Peter; Riegel, Christoph (2008): *Schutz Kritischer Infrastrukturen. Konzepte zur Versorgungssicherheit. Informationen zur Raumentwicklung*, 2008(1/2). S. 113–125.
- Lenz, Susanne (2009): *Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen*. *Forschung im Bevölkerungsschutz*, (4). S. 16–89.
- Libbe, Jens; Petschow, Ulrich; Trapp, Jan (2018): *Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen. Abschlussbericht im Rahmen des Projekts "Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzüberschreitenden Infrastrukturen"*. Reihe: *climate change*, 33/2018, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-21_climate-change-33-2018_klaris_korr.pdf [abgerufen am 04.10.2019].
- Liepert, Klaus (2010): *Korrelationen: Empirische Sozialforschung zwischen Königsweg und Kleiner Welt*. In: Stegbauer, Christian (Hrsg.): *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie. Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften*. 2. Auflage. Springer VS, Wiesbaden. S. 21–47.
- Little, Richard G. (2002): Controlling Cascading Failure. Understanding the Vulnerabilities of Interconnected Infrastructures. *Journal of Urban Technology*, 9(1). S. 109–123.
- Luijff, Eric; Nieuwenhuijs, Albert; Klaver, Marieke (2010): Empirical findings on European critical infrastructure dependencies. *International Journal of System of Systems Engineering*, 2(1). S. 3–18.
- Lukitsch, Kristof; Müller, Marcel; Stahlhut, Chris (2018): *Criticality*. In: Engels, Jens I. (Hrsg.): *Key Concepts for Critical Infrastructure Research*. Springer VS, Wiesbaden. S. 11–20.

- Mayring, Philipp (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 12., überarbeitete Auflage. Beltz, Basel/Weinheim.
- Mayring, Philipp; Fenzl, Thomas (2014): *Qualitative Inhaltsanalyse*. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 543–556.
- Metzger, Jan (2004): *Das Konzept "Schutz kritischer Infrastrukturen" hinterfragt*. In: Wenger, Andreas (Hrsg.): *Bulletin zur schweizerischen Sicherheitspolitik, 2004*. Forschungsstelle für Sicherheitspolitik ETH Zürich, Zürich. S. 74–85.
- Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz (2008): *Landesentwicklungsprogramm (LEP IV)*. Verfügbar unter: <https://mdi.rlp.de/de/unsere-themen/landesplanung/landesentwicklungsprogramm/> [abgerufen 22.09.2020].
- Moteff, John; Copeland, Claudia; Fischer, John (2003): *Critical Infrastructures: What Makes an Infrastructure Critical? Report for Congress*. Order Code RL31556. Resources, Science, and Industry Division. Reihe: *US-Congressional Research Service Reports*. Congressional Research Service, Washington, D.C.
- Münzberg, Thomas; Ottenburger, Sadeeb S. (2018): *Schutz Kritischer Infrastrukturen: Kritikalität als Entscheidungsmaß zur Abwehr von Gefahr am Beispiel Stromausfall*. In: Engels, Jens I.; Nordmann, Alfred (Hrsg.): *Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um kritische Infrastrukturen*. Reihe: *Science Studies*. transcript, Bielefeld. S. 179–214.
- Myers, James D.; Sorrentino, Michael A. (2011): *Regional critical infrastructure assessment*. Kansas City. *International Journal of Critical Infrastructures*, 7(1). S. 58–72.
- Niederberger, Marlen; Renn, Ortwin (2018): *Das Gruppendelphi-Verfahren. Vom Konzept bis zu Anwendung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Nieuwenhuijs, Albert; Luijff, Eric; Klaver, Marieke (2009): *Modeling Dependencies In Critical Infrastructures*. In: Papa, Mauricio; Sheno, Sujeet (Hrsg.): *Critical Infrastructure Protection II*. Reihe: *The International Federation for Information Processing*, 290. Springer US, Boston, MA. S. 205–213.
- Perrow, Charles (1984): *Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies*. Basic Books, New York, NY.
- Pescaroli, Gianluca; Alexander, David (2015): *A definition of cascading disasters and cascading effects: Going beyond the "toppling dominos" metaphor*. *Planet@Risk* 1(3). S. 58–67.
- Pescaroli, Gianluca; Alexander, David (2016): *Critical infrastructure, panarchies and the vulnerability paths of cascading disasters*. *Natural Hazards*, 82(1). S. 175–192.
- Peters, Karsten; Buzna, Ľuboš; Helbing, Dirk (2008): *Modelling of cascading effects and efficient response to disaster spreading in complex networks*. *International Journal of Critical Infrastructures*, 4(1/2). S. 46.
- Pinto, Ariel C.; McShane, Michael K.; Bozkurt, Ipek (2012): *System of systems perspective on risk. Towards a unified concept*. *International Journal of System of Systems Engineering*, 3(1). S. 33–46.
- Pohl, Jürgen (2011): *Risikovorsorge, Risikonachsorge und Raumplanung*. In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): *Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung*. Reihe: *Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung*, 357. ARL, Hannover. S. 11–21.
- Pohl, Jürgen; Rother, Karl-Heinz (2011): *Risiken und Raumplanung - ein komplexes Verhältnis*. In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): *Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung*. Reihe: *Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung*, 357. ARL, Hannover. S. 3–7.

- Prior, Tim (2015): Measuring Critical Infrastructure Resilience: Possible Indicators. Reihe: Risk and Resilience Report, 9. Center for Security Studies, Zürich; ETH Zurich, Zürich.
- Raab, Jörg (2010): Netzwerke und Netzwerkanalyse in der Organisationsforschung. In: Stegbauer, Christian; Häussling, Roger (Hrsg.): Handbuch Netzwerkforschung 27. 1. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. S. 575–586.
- Räikkönen, Minna; Mäki, Kari; Murtonen, Mervi; Forssén, Kim; Tagg, Andrew; Petiet, Peter J.; Nieuwenhuis, Albert H.; McCord, Michael (2016): A holistic approach for assessing impact of extreme weather on critical infrastructure. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 6(2). S. 171–180.
- Region Hannover (2016): Regionales Raumordnungsprogramm. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Planen,-Bauen,-Wohnen/Raumordnung-Regionalentwicklung/Regionalplanung/RROP-2016/Unterlagen-zum-RROP-2016> [abgerufen 22.09.2020].
- Regionaler Planungsverband Westmecklenburg (2011): Regionales Raumentwicklungsprogramm Westmecklenburg. Verfügbar unter: https://www.region-westmecklenburg.de/PDF/RREP_WM_2011.PDF?ObjSvrID=3263&ObjID=39&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&ts=1564483797 [abgerufen am 27.04.2020].
- Reinecke, Jost (2014): Grundlagen der standardisierten Befragung. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 601–617.
- Riegel, Christoph (2014): Infrastructure resilience through regional spatial planning - prospects of a new legal principle in Germany. *International Journal of Critical Infrastructures*, 10(1). S. 17–29.
- Riegel, Christoph (2015a): Die Berücksichtigung des Schutzes kritischer Infrastrukturen in der Raumplanung. Zum Stellenwert des KRITIS-Grundsatzes im Raumordnungsgesetz. Dissertation. Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr. RWTH Aachen, Aachen.
- Riegel, Christoph (2015b): Spatial criticality - identifying CIP hot-spots for German regional planning. *International Journal of Critical Infrastructures*, 11(3). S. 265–277.
- Rinaldi, Steven M.; Peerenboom, James P.; Kelly, Terrence K. (2001): Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6). S. 11–25.
- Rumberg, Martin (2011): Umgang mit Seveso-II-Anlagen im Rhein-Main-Gebiet. In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. Reihe: Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 357. ARL, Hannover. S. 127–131.
- Rürup, Matthias; Rübken, Heinke; Emmerich, Marcus; Dunkake, Imke (2015): Netzwerke im Bildungswesen. Eine Einführung in ihre Analyse und Gestaltung. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Sächsische Staatsregierung (2013): Landesentwicklungsplan 2013. Verfügbar unter: https://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/LEP_2013.pdf [abgerufen am 27.04.2020].
- Sadigh, Parvin (2020): Bauarbeiten an Notre-Dame sollen fortgesetzt werden. ZEIT ONLINE, 23.04.2020. Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/gesellschaft/schule/2020-04/paris-notre-dame-bauarbeiten-beginn-frankreich> [abgerufen am 09.07.2020].
- Schmitt, Hanna C. (2016): Klimaanpassung in der Regionalplanung. Eine deutschlandweite Analyse zum Implementationsstand klimaanpassungsrelevanter Regionalplaninhalte. *Raumforschung und Raumordnung*, 74(1). S. 9-21.

- Schmitt, Hanna C. (2019): Systemisches Kaskadenpotenzial von KRITIS-Teilsektoren. Informationen zur Raumentwicklung, 2019(4). S. 48–61.
- Schmitt, Hanna C.; Greiving, Stefan (2018): Enhancing Resilience towards Summer Storms from a Spatial Planning Perspective. Lessons Learned from Summer Storm Ela. In: Fekete, Alexander; Fiedrich, Frank (Hrsg.): Urban Disaster Resilience and Security. Springer International Publishing, Cham. S. 53–69.
- Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke (2013): Methoden der empirischen Sozialforschung. 10., überarbeitete Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- Schoppengerd, Johanna (2015): Umsetzung rechtlicher Anforderungen in der Bauleitplanung am Beispiel der Seveso-II-Richtlinie. Dissertation. Technische Universität Dortmund, Dortmund.
- Schwalb, Maria; Berchtold, Claudia; Goris, Anna. (2016): An Integrated Critical Infrastructure Risk and Resilience Concept in the Context of Extreme Weather Events and Global Change. Journal of Extreme Events, 03(04). S. 1650015.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2017): Nationale Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen 2018-2022. Verfügbar unter:
https://www.babs.admin.ch/content/babs-internet/de/aufgabenbabs/ski/nationalestrategie/_jcr_content/contentPar/tabs/items/downloads/tabPar/downloadlist/downloadItems/73_1460987489220.download/natstratski2018-2022_de.pdf [abgerufen am 08.06.2018].
- Singh, Abhishek N.; Gupta, Manish P.; Ojha, Amitabh (2014): Identifying critical infrastructure sectors and their dependencies. An Indian scenario. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 7(2). S. 71–85.
- Sousa-Poza, Andrés; Kovacic, Samuel; Keating, Charles (2008): System of systems engineering: an emerging multidiscipline. International Journal Systems of Systems Engineering, 1(1/2). S. 1–17.
- Spannowsky, Willy (2012): Konkretisierung der Grundsätze der Raumordnung durch die Bundesraumordnung. Endfassung. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.), Bonn. Verfügbar unter:
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ReFo/Raumordnung/2010/Grundsaeetze/Download_Handbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 03.01.2019].
- Stegbauer, Christian (2010): Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie. Einige Anmerkungen zu einem neuen Paradigma. In: Stegbauer, Christian (Hrsg.): Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie. Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften. 2. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. S. 11–19.
- Theobald, Axel (2017): Rekrutierung, Motivation und Verhalten von Befragungsteilnehmern. In: Theobald, Axel (Hrsg.): Praxis Online-Marktforschung. Grundlagen - Anwendungsbereiche - Durchführung. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 291–357.
- Theoharidou, Marianthi; Kotzanikolaou, Panayiotis; Gritzalis, Dimitris (2009): Risk-Based Criticality Analysis. In: Palmer, Charles; Shenoj, Sujeet (Hrsg.): Critical Infrastructure Protection III. Third Annual IFIP WG 11. 10 International Conference on Critical Infrastructure Protection, Hanover, New Hampshire, USA, March 23-25, 2009, Revised Selected Papers. Reihe: IFIP Advances in Information and Communication Technology, 311; Springer Berlin Heidelberg, Berlin/Heidelberg. S. 35–49.
- Theoharidou, Marianthi; Kotzanikolaou, Panayiotis; Gritzalis, Dimitris (2010): A multi-layer Criticality Assessment methodology based on interdependencies. Computers & Security, 29(6). S. 643–658.
- Thiel, Michael (2010): Soziale Netzwerkanalyse. OrganisationsEntwicklung, 2010(3). S. 78–85.
- Trappmann, Mark; Hummell, Hans J.; Sodeur, Wolfgang (2011): Strukturanalyse sozialer Netzwerke. Konzepte, Modelle, Methoden. Reihe: Studienskripten zur Soziologie, 2., überarbeitete Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

Turau, Volker; Weyer, Christoph (2015): Algorithmische Graphentheorie. 4., erweiterte und überarbeitete Auflage. Reihe: De Gruyter Studium. DE GRUYTER, Berlin/Boston.

Uday, Payuna; Marais, Karen (2015): Designing Resilient Systems-of-Systems: A Survey of Metrics, Methods, and Challenges. *Systems Engineering*, 18(5). S. 491–510.

UNCED - Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (1992): AGENDA 21. Rio de Janeiro. United Nations, New York, NY. Verfügbar unter:
https://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf [abgerufen am 05.05.2020].

UNISDR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2005): Hyogo Framework for Action 2005-2015. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Genf. Verfügbar unter:
https://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf [abgerufen am 03.01.2019].

UNISDR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. 2015-2030. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Genf. Verfügbar unter:
https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf [abgerufen am 03.01.2019].

Utne, Ingrid B.; Hokstad, Per; Vatn, Jørn (2011): A method for risk modeling of interdependencies in critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(6). S. 671–678.

van der Vleuten, Erik; Högselius, Per; Hommels, Anique; Kaijser, Arne (2016): Europe's Critical Infrastructure and Its Vulnerabilities. Promises, Problems, Paradoxes. In: Högselius, Per; Hommels, Anique; Kaijser, Arne; van der Vleuten, Erik (Hrsg.): *The making of Europe's critical infrastructure. Common connections and shared vulnerabilities*. Palgrave Macmillan, Basingstoke, Hampshire. S. 3–19.

Vester, Frederic (2015): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Der neue Bericht an den Club of Rome. 10. Auflage. dtv Verlagsgesellschaft, München.

Vielhauer, Lea; Stober, Tim; Färber, Julius; Hülsbusch, Jan-Lukas; Kastowski, Kira; Kreisherr, Florian; Steffens, Carina; d'Aubert, Till; Brockmann, Joshua; Peters, Nils; Böhm, Dennis; Ipta, Sophie (2019): Was heißt hier eigentlich "kritisch"? Zum planerischen Umgang mit kritischen Infrastrukturen in Deutschland und der Schweiz. Endbericht des Fortgeschrittenen-Projekts F10 (2018/2019). Technische Universität Dortmund, Dortmund. Verfügbar unter:
https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/39283/1/Endbericht_F10_2018-2019.pdf [abgerufen am 22.09.2020].

Wagner, Pia; Hering, Linda (2014): Online-Befragung. In: Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 661–673.

Website agl (2020): Modellvorhaben & Forschung. Hartz • Saad • Wendl, Landschafts-, Stadt- und Raumplanung. Verfügbar unter:
<http://agl-online.de/profil-projekte/modellvorhaben-forschung> [abgerufen am 12.01.2020].

Website ARL - Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (2020a): Die Grundprinzipien des Planungssystems. Verfügbar unter:
<https://www.arl-net.de/de/commin/deutschland-germany/12-die-grundprinzipien-des-planungssystems> [abgerufen am 05.05.2020].

Website ARL - Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (2020b): Nachhaltigkeit, nachhaltige Raumentwicklung. Verfügbar unter:
<https://www.arl-net.de/de/lexica/de/nachhaltigkeit-nachhaltige-raumentwicklung> [abgerufen am 04.05.2020].

Website ARL - Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (2020c): Europäisches Raumentwicklungskonzept (EUREK). Verfügbar unter:

<https://www.arl-net.de/de/lexica/de/europ%C3%A4isches-raumentwicklungskonzept-eurek> [abgerufen am 05.05.2020].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2020a): Kritische Infrastrukturen – Ihre Ansprechpartner. Verfügbar unter:

https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/Ansprechpartner/ansprechpartner_node.html [abgerufen am 12.01.2020].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2020b): Risikoanalysen Bund und Länder. Verfügbar unter:

https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Risikomanagement/RisikoanalysenBundundLaender/risikoanalysenBundundLaender_node.html [abgerufen am 12.01.2020].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2017): Partner beim Schutz Kritischer Infrastrukturen: Wichtige Organisationen, die mit dem Schutz Kritischer Infrastrukturen betraut sind. Verfügbar unter:

https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Akteure/akteure_node.html [abgerufen am 27.03.2019].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2019): Sektoren und Branchen Kritischer Infrastrukturen. Verfügbar unter:

https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/Sektoren/sectoren_node.html [abgerufen am 31.10.2019].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020a): Rechtsgrundlagen. Verfügbar unter:

https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Rechtsrahmen/IT-SiG_node.html [abgerufen am 05.05.2020].

Website BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020b): Sektoren und Branchen Kritischer Infrastrukturen. Verfügbar unter:

https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/Sektoren/sectoren_node.html;jsessionid=E96CE93C501097A830A80E3D5EBA3698.2_cid355 [abgerufen am 02.10.2020].

Website BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2018): Raumordnungsbericht 2017. Da-seinsvorsorge sichern. Bundesamt für Bau- Stadt- und Raumforschung, Bonn. Verfügbar unter:

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2017/rob-2017-final-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [abgerufen am 22.09.2020].

Website BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020a): Über uns. Referat I 5 Digitale Stadt, Risikovorsorge und Verkehr. Verfügbar unter:

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Bundesinstitut/I/ReferatI5/ReferatI5_node.html [abgerufen am 12.01.2020].

Website BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020b): Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung – Verstetigung. Verfügbar unter:

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/forschungsfelder/2016/MORO-Risiko/01-start.html?docId=1470234¬First=true> [abgerufen am 22.09.2020].

Website BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020a): Wer macht was im Zivil- und Katastrophenschutz? Verfügbar unter: https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/zivil-und-katastrophenschutz/gedahrenabwehr-und-katastrophenschutz/gedahrenabwehr-und-katastrophenschutz_node.html [abgerufen am 28.07.2020].

Website BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020b): BMI-Lexikon. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Verfügbar unter:

<https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/schutz-kritischer-infrastrukturen/schutz-kritische-r-infrastrukturen-node.html> [abgerufen am 05.05.2020].

Website BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020c): MORO Testlauf Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz. Verfügbar unter:

https://www.bmi.bund.de/DE/themen/heimat-integration/raumordnung-raumentwicklung/modellvorhaben/moro-testlauf-hochwasserschutz/moro-testlauf-hochwasserschutz-node.html;jsessionid=A55E35FDD14D8A048038087A5ADB2A79.2_cid364 [abgerufen am 11.08.2020].

Website BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020d): Bundesraumordnungsplan für den Hochwasserschutz (BRPH). Verfügbar unter:

<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/topthemen/DE/topthema-hochwasserschutz/topthema-hochwasserschutz-artikel.html> [abgerufen am 05.05.2020].

Website BMI - Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020e): Raumordnung und -entwicklung: Was ist das eigentlich? Verfügbar unter:

<https://www.bmi.bund.de/DE/themen/heimat-integration/raumordnung-raumentwicklung/grundlagen/was-ist-das/was-ist-das-node.html> [abgerufen am 28.04.2020].

Website bpb - Bundeszentrale für Politische Bildung (2016): Duden Wirtschaft von A bis Z. Grundlagenwissen für Schule und Studium, Beruf und Alltag. Infrastruktur. Verfügbar unter:

<http://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikonder-wirtschaft/19727/infrastruktur> [abgerufen am 16.08.2018].

Website BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020): Das BSI. Abteilung WG – Cyber-Sicherheit für Wirtschaft und Gesellschaft. Verfügbar unter:

https://www.bsi.bund.de/DE/DasBSI/Aufgaben/AbteilungWG/AbteilungWG_node.html;jsessionid=073E46AC05EE2835CF420F4A0B4CEB7E.2_cid351 [abgerufen am 12.01.2020].

Website DB Netz AG (2019): Karlsruhe-Basel im Fokus. Informationen zur Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe-Basel. Sonderausgabe des Newsletters, August 2019. Aktualisierte Version Stand März 2020. Verfügbar unter:

<https://www.karlsruhe-basel.de/newsletter.html> [abgerufen am 22.09.2020].

Website DLF - Deutschlandfunk (2020): Wie hoch die Dunkelziffer bei den Coronavirus-Infektionen ist. Nachrichten vom 29.9.2020, Rubrik Covid-19. Verfügbar unter:

https://www.deutschlandfunk.de/covid-19-wie-hoch-die-dunkelziffer-bei-den-coronavirus.1939.de.html?drn:news_id=1177756 [abgerufen am 02.10.2020].

Website Duden (2018): kritisch. Verfügbar unter:

<https://www.duden.de/rechtschreibung/kritisch> [abgerufen am 17.08.2018].

Website Duden (2020): Rechnung. Verfügbar unter:

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Rechnung> [abgerufen am 22.09.2020].

Website ECDC – European Centre for Disease Prevention and Control (2020): COVID-19 pandemic. Situation update 05.05.2020. Verfügbar unter:

<https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19-pandemic> [abgerufen am 02.10.2020].

Website Gouvernement.fr (2019): L'incendie de Notre-Dame de Paris et les suites. Compte rendu du Conseil des ministres du 17 avril 2019. Verfügbar unter:

<https://www.gouvernement.fr/conseil-des-ministres/2019-04-17/l-incendie-de-notre-dame-de-paris-et-les-suites> [abgerufen am 09.07.2020].

Website NEE – Netzwerk Europäischer Eisenbahnen e. V. (2017): Offener Brief: Krise des Schienengüterverkehrs – Krise der Wirtschaft. Verfügbar unter:

<https://www.netzwerk-bahnen.de/news/krise-des-schienengueterverkehrs-krise-der-wirtschaft.html>
[abgerufen am 05.05.2020].

Website Regionaler Planungsverband Leipzig-West-sachsen (2020): Entwurf des Regionalplans Leipzig-West-sachsen, Stand 14.12.2017. Verfügbar unter:

<https://buergerbeteiligung.sachsen.de/portal/rpv-west-sachsen/beteiligung/archiv/1005487/1009114>
[abgerufen am 27.04.2020].

Website Universität Trier (2002): Methodische Überlegungen zu qualitativen Befragungsmethoden, insbesondere Experteninterviews. Verfügbar unter:

<https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb4/prof/VWL/APO/4207ws0102/efstudien.pdf> [abgerufen am 17.06.2020].

Wernig, Roland; Birkmann, Jörn; Rumberg, Martin (2011): Zusammenfassende Thesen und Vorschläge. In: Pohl, Jürgen; Zehetmair, Swen (Hrsg.): Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. Reihe: Arbeitsmaterial / Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 357. ARL, Hannover. S. 81–92.

WHO - World Health Organization (2020): Executive Board Special session on the COVID-19 response. Special Session I on the implementation of Resolution WHA 73.1. World Health Organization, Michael Ryan, Executive Director, WHO Health Emergencies Programme, 05.10.2020. Verfügbar unter:

<https://www.who.int/news-room/events/detail/2020/10/05/default-calendar/executive-board-special-session-on-the-covid19-response> [abgerufen am 06.10.2020].

Zio, Enrico (2016): Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 152. S. 137–150.

Rechtsquellen

BauGB - Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728) geändert worden ist.

BNatSchG - Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 290 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

BSI-KritisV - 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.

EKI-RL - Richtlinie 2008/114/EG des Rates vom 8. Dezember 2008 über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern.

NROG - Niedersächsisches Landesraumordnungsgesetz vom 6. Dezember 2017 (Nds. GVBl. S. 456), das zuletzt am 25. Februar 2020 (Nds. GVBl. S. 30) geändert worden ist.

ROG - Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 159 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 661/2010/EU.

Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (konsolidierte Fassung) vom 9. Mai 2008 (ABl. EG Nr. C 115 vom 9.5.2008, S. 47), zuletzt geändert durch die Akte über die Bedingungen des Beitritts der Republik Kroatien und die Anpassungen des Vertrags über die Europäische Union, des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (ABl. EU L 112/21 vom 24.4.2012) m.W.v. 1.7.2013.

ZSKG – Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz vom 25. März 1997 (BGBl. I S. 726), das zuletzt durch Artikel 144 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

*"Oh how the gods look down and frown at those who never stood and said:
'My name is no-one.' Then went a little mad."
(The Cat Empire, The Night that Never End)*