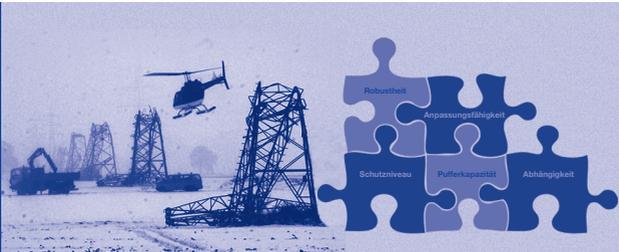




Bundesamt
für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe

Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

Susanne Lenz



4



FORSCHUNG IM BEVÖLKERUNGSSCHUTZ

Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

FORSCHUNG IM
BEVÖLKERUNGSSCHUTZ
BAND 4



Bundesamt
für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe

Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

Susanne Lenz

4



Herausgeber:

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Postfach 18 67, 53008 Bonn

Fon: 0228 . 99 550-0, – 0, Fax: 0 228 . 99 550-1620, www.bbk.bund.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Susanne Lenz

© 2009 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe – Bonn

ISBN-13: 978-3-939347-11-8

Der vorliegende Band stellt die Meinung der Autoren dar und spiegelt nicht grundsätzlich die Meinung des Herausgebers.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist nur in den Grenzen des geltenden Urheberrechtsgesetzes erlaubt. Zitate sind bei vollständigem Quellenverweis jedoch ausdrücklich erwünscht.

Dieses Werk darf ausschließlich kostenlos abgegeben werden. Weitere Exemplare

dieses Buches oder anderer Publikationen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe können Sie gern beim Herausgeber kostenfrei anfordern.

Gestaltung, Layout und Satz:

pensiero KG, Choriner Straße 63
10435 Berlin, www.pensiero.eu

Druck: MedienHaus Plump GmbH

Rolandsecker Weg 33
53619 Rheinbreitbach, www.plump.de

Inhalt

	Vorwort	7
1.	Einleitung	11
2.	Kritische Infrastrukturen	15
2.1	Konzept und Definition.....	17
2.2	Das KRITIS-System.....	21
3.	Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen	27
3.1	Konzept und Definition.....	29
3.2	Charakteristika der Vulnerabilität	31
3.3	Vulnerabilität als Risiko-Komponente.....	36
4.	Indikatoren	45
4.1	Notwendigkeit und methodischer Ansatz.....	47
4.2	Indikatoren für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen	51
4.3	Indikatoren für die Bewältigungskapazität.....	58

5.	Ausblick	63
	Anhang	71
	Literatur	73
	Tabellen und Abbildungen.....	77
	Bisherige Publikationen	79

Vorwort

Für eine zielführende Kommunikation zum Thema Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen bedarf es einer präzisen Definition, was mit diesem Begriff tatsächlich gemeint ist. Zudem ist für die systematische Untersuchung der Vulnerabilität von Kritischen Infrastrukturen ein schlüssiges und praktikables Konzept erforderlich. Gleichwohl mangelt es in diesem Bereich bislang sowohl an begrifflicher als auch an konzeptioneller Klarheit.

Dem hier bestehenden Klärungsbedarf widmete sich das Projekt „Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen und Vulnerabilitätsindikatoren“, das im Jahr 2006 von der Verfasserin im Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) durchgeführt wurde. Ziel des Projekts war die Schaffung einer wissenschaftlich fundierten, begrifflichen und konzeptionellen Diskussions- und Handlungsgrundlage, mit der sich das BBK in diesem Bereich positionieren kann.

Die vorliegende Publikation basiert auf dem Abschlussbericht zu diesem Projekt. Zielgruppen sind das BBK und andere Behörden, politische Entscheidungsträger, Betreiber Kritischer Infrastrukturen sowie Experten aus Wissenschaft und Praxis, die sich mit dem Schutz Kritischer Infrastrukturen befassen.

1

Einleitung

Kritische Infrastrukturen (KRITIS) bilden die Grundlage für den Ablauf vielfältiger gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Prozesse und ermöglichen die Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Diensten. Hierzu zählen beispielsweise die Versorgung mit Trinkwasser, Energie, Verkehrsmitteln und Einrichtungen des Gesundheitswesens. Die mit einem Ausfall solcher wichtigen Infrastrukturen verbundene Versorgungsunterbrechung kann katastrophale soziale und ökonomische Folgen haben. Daher sind Maßnahmen zum Schutz Kritischer Infrastrukturen, die das Ausfallrisiko minimieren und damit die Versorgungssicherheit der Bevölkerung erhöhen, zentraler Bestandteil des präventiven Bevölkerungsschutzes.

Für die zielgerichtete Planung von adäquaten Schutzmaßnahmen für Kritische Infrastrukturen ist die Zusammenstellung, Analyse und verständliche Aufbereitung von vielfältigen Informationen erforderlich. Diese ergeben erst in ihrer Gesamtheit ein klares Bild davon, welche Bereiche besonders kritisch, gefährdet und verletzlich sind und damit eines besonderen Schutzes bedürfen.

Was sind Kritische Infrastrukturen? Was macht diese verletzlich und wie lässt sich ihre Verletzbarkeit reduzieren? Wodurch wird das Ausfallrisiko von Kritischen Infrastrukturen bestimmt, und wie können Ausfälle schnell und effizient bewältigt werden? Diese und weitere grundlegende Fragen gilt es zu beantworten, um geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Eine wichtige Grundlage hierfür ist neben der Identifizierung von potentiellen Gefahren die Beschäftigung mit der *Vulnerabilität* (Verletzbarkeit)¹ von Kritischen Infrastrukturen, denn sie ist von entscheidender Bedeutung dafür, ob eine Infrastruktur ihre Funktionsfähigkeit auch unter widrigen Bedingungen aufrechterhalten kann.

1 Die Begriffe Vulnerabilität und Verletzbarkeit werden hier synonym verwendet.

Das Phänomen der Vulnerabilität wird in unterschiedlichen Zusammenhängen von zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen untersucht. Entsprechend vielfältig sind die Perspektiven, Untersuchungsansätze und Analysemethoden.² Neben der klassischen Beschäftigung mit der Verletzbarkeit des Menschen hat sich in jüngerer Zeit ein neuer Forschungszweig entwickelt, der sich mit der Vulnerabilität von Kritischen Infrastrukturen beschäftigt.³ Die zunehmende Aufmerksamkeit, die dieser speziellen Thematik zuteil wird, weist darauf hin, dass die zentrale Bedeutung der Vulnerabilität für das Ausfallrisiko von Kritischen Infrastrukturen erkannt wurde und Wege für ihre Reduzierung gesucht werden.

Die vorliegende Veröffentlichung widmet sich dieser Thematik, indem das System der Kritischen Infrastrukturen strukturiert dargestellt wird (Kapitel 2), Vulnerabilität in Bezug auf Kritische Infrastrukturen definiert wird (Kapitel 3) und erste qualitative Indikatoren für ihre Operationalisierung vorgestellt werden (Kapitel 4). Sie schließt mit einem Ausblick, in dem Vorschläge für das weitere Vorgehen in diesem Bereich aufgezeigt werden (Kapitel 5).

2 Vgl. hierzu z. B. Birkmann (2006); Villagrán de León (2006).

3 Vgl. hierzu z. B. Bouchon (2006); Brown et al. (2004); Egan (2007); Gheorghe & Schläpfer (2004); Hellström (2007); Moteff (2004); Robert (2004).

2

Kritische Infrastrukturen

2.1 Konzept und Definition

Allgemein bezeichnet der Begriff *Infrastruktur* die Gesamtheit der materiellen, personellen und institutionellen Grundeinrichtungen, die das Funktionieren einer arbeitsteiligen Wirtschaft garantieren.⁴ Eine Infrastruktur besteht aus miteinander verbundenen Komponenten, durch deren Zusammenspiel von der Gesellschaft benötigten Produkte und Dienste bereitgestellt werden. Klassische Infrastrukturbereiche sind Verkehrseinrichtungen, Anlagen der Energieerzeugung und -verteilung, Wasserversorgung, Entsorgung, Nachrichtenübermittlung und Anlagen des Bildungs-, Kultur-, Gesundheits- und Freizeitbereichs.⁵

Was kennzeichnet nun eine 'kritische' Infrastruktur, und worin unterscheidet sie sich von einer 'unkritischen' Infrastruktur? Ist es die Infrastruktur selbst, die kritisch ist, oder sind es die von ihr bereitgestellten Güter und Dienste oder gar die durch sie repräsentierten gesellschaftlichen Werte?⁶ Ist tatsächlich eine gesamte Infrastruktur kritisch oder sind es lediglich bestimmte Teile bzw. neuralgische Punkte innerhalb der Infrastruktur? Und sind alle Kritischen Infrastrukturen gleich kritisch oder ist eine differenzierte Betrachtung nach dem Grad der jeweiligen Kritikalität erforderlich? Die Beantwortung dieser Fragen ist von grundlegender Bedeutung für die Planung und Umsetzung von adäquaten Maßnahmen für den Schutz Kritischer Infrastrukturen.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob das Attribut 'kritisch' dem gemeinten Phänomen tatsächlich gerecht wird oder ob man nicht eher von (über-)lebenswichtigen, essenziellen, neuralgischen oder national bedeutsamen Infrastrukturen sprechen sollte. Gleichwohl ist der Begriff Kritische Infrastruktur inzwischen international etabliert, wenn auch die verwendeten Definitionen, die einbezogenen Infrastrukturen und die Sektoreinteilungen recht unterschiedlich sind. Tabelle 1 gibt hierzu einen exemplarischen Überblick:

4 Eigene Definition in Anlehnung an Jochimsen (1966): 145 und Wikipedia (2006).

5 Vgl. Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2005): 469.

6 Vgl. hierzu auch Metzger (2004): 76.

Nation	Definition „Kritische Infrastrukturen“ bzw. „Critical Infrastructures“
Deutschland	Einrichtungen und Organisationen 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 (2005): 6]
Schweiz	Infrastrukturen, deren Störung, Ausfall oder Zerstörung gravierende Auswirkungen auf Gesundheit, Öffentlichkeit, Umwelt, Politik, Sicherheit, das wirtschaftliche oder soziale Wohlergehen haben. [BABS (2007): 7]
Norwegen	Constructions and systems that are essential in order to uphold society's critical functions, which in time safeguard society's basic needs and the feeling of safety and security in the general public. [Ministry of Justice and the Police (2006): 4]
USA	Systems and assets, whether physical or virtual, so vital to the United States that the incapacity or destruction of such systems and assets would have a debilitating impact on security, national economic security, national public health or safety, or any combination of those matters. [USA Patriot Act (2001): 341]
Kanada	Physical and information technology facilities, networks, services and assets, which if disrupted or destroyed would have a serious impact on the health, safety, security or economic well-being of Canadians or the effective functioning of governments in Canada. [Public Safety and Emergency Preparedness Canada (2004): 5]
Australien	Physical facilities, supply chains, information technologies and communication networks that, if destroyed, degraded or rendered unavailable for an extended period, would significantly impact on the social or economic well-being of the nation or affect Australia's ability to conduct national defence and ensure national security. [Rothery (2005): 45]

Tab. 1: Exemplarische Definitionen für „Kritische Infrastrukturen“ / „Critical Infrastructures“

In Deutschland sind Kritische Infrastrukturen definiert als „Einrichtungen und Organisationen 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“.⁷ *Kritikalität* kann in diesem Zusammenhang definiert werden 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.⁸

Die den Kritischen Infrastrukturen zugerechneten Organisationen und Einrichtungen sind in Deutschland in acht Sektoren eingeteilt, welche in Abbildung 1 dargestellt sind:

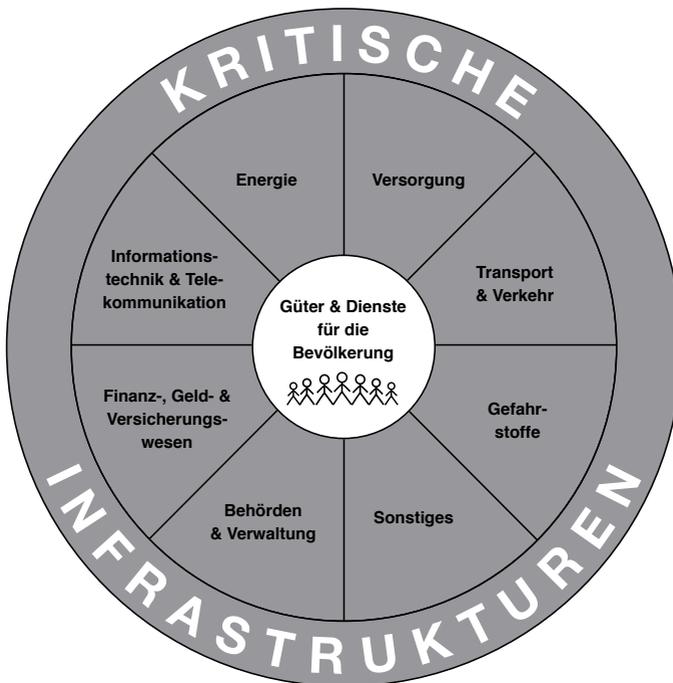


Abb. 1: Versorgung der Bevölkerung durch Kritische Infrastrukturen

7 Offizielle Definition des AK KRITIS im Bundesministerium des Innern (BMI) vom 17.11.2003. Vgl. BMI (2005): 6.

8 Gemeinsame Definition von W. Geier & S. Lenz.

Die Abbildung betont die Bedeutung der Kritischen Infrastrukturen für die Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Diensten, indem diese im Zentrum der KRITIS-Sektoren dargestellt ist. Die Bevölkerung ist in zunehmendem Maße auf die kontinuierliche Verfügbarkeit dieser Güter und Dienste und damit auf das verlässliche Funktionieren der Kritischen Infrastrukturen angewiesen. Die wachsende Abhängigkeit von der permanenten Verfügbarkeit solcher Leistungen bringt gleichzeitig eine zunehmende Verletzbarkeit der Gesellschaft mit sich. Vor dem Hintergrund, dass die mit einem Ausfall von Kritischen Infrastrukturen verbundene Versorgungsunterbrechung katastrophale soziale und ökonomische Folgen haben kann, sind Maßnahmen zum Schutz Kritischer Infrastrukturen, die das Ausfallrisiko minimieren und damit die Versorgungssicherheit der Bevölkerung erhöhen, ein zentraler Bestandteil des präventiven Bevölkerungsschutzes. Der Schutz Kritischer Infrastrukturen dient also mittelbar auch dem Schutz der Bevölkerung.

Sowohl die KRITIS-Sektoren als auch die einzelnen Teilinfrastrukturen innerhalb dieser Sektoren weisen große Unterschiede in Bezug auf ihre physische Struktur und ihre Organisationsweise auf und sind daher nur bedingt vergleichbar. So sind manche Infrastrukturen durch eine Netzwerkstruktur charakterisiert (z. B. Strom- und Wasserversorgung, Transport- und Verkehrswege), während andere Infrastrukturen aus punktuellen, nicht direkt räumlich miteinander vernetzten Komponenten bestehen (z. B. Einrichtungen des Gesundheitswesens, Industrieanlagen). Diese Heterogenität der einzelnen Infrastrukturen und der KRITIS-Sektoren gilt es bei der Entwicklung eines einheitlichen methodischen Ansatzes zur Analyse der Vulnerabilität zu berücksichtigen.

Der Sektor Gefahrstoffe nimmt eine besondere Stellung ein, denn die Kritikalität seiner Infrastrukturelemente beruht weniger auf ihrer Relevanz für die Versorgung der Bevölkerung als vielmehr auf der potentiellen Gefährdung, die von seinen Produkten ausgehen kann. Auch der Sektor Sonstiges hat eine Sonderstellung, denn die hier zusammengefassten Elemente wie symbolträchtige Bauwerke und Denkmäler werden beispielsweise aufgrund ihres besonderen ideellen oder kulturellen Wertes bzw. ihrer symbolischen Bedeutung für die Gesellschaft als kritisch bewertet. So ist es zu erklären, dass z. B. das Brandenburger Tor oder der Kölner Dom dem Sektor Sonstiges als Kritische Infrastrukturen zugerechnet werden könnten, auch wenn ihre Zerstörung nicht zu einem Versorgungsausfall im eigentlichen Sinne führen würde.

2.2 Das KRITIS-System

In ihrer Gesamtheit bilden die Kritischen Infrastrukturen ein komplexes System, das sich aus einer Vielzahl von Elementen zusammensetzt, zwischen denen vielfältige direkte und indirekte Abhängigkeiten und Wechselwirkungen bestehen. Das Verständnis dieses Systems und die detaillierte Analyse seiner Funktionsweise sind grundlegende Voraussetzungen für die Planung und Durchführung von adäquaten Maßnahmen zum Schutz Kritischer Infrastrukturen und zur Verringerung des Ausfallrisikos. Daher wurde ein Vorschlag für die Systematisierung der Kritischen Infrastrukturen erarbeitet, welcher in stark generalisierter Form in Abbildung 2 dargestellt ist und im Folgenden vorgestellt wird.

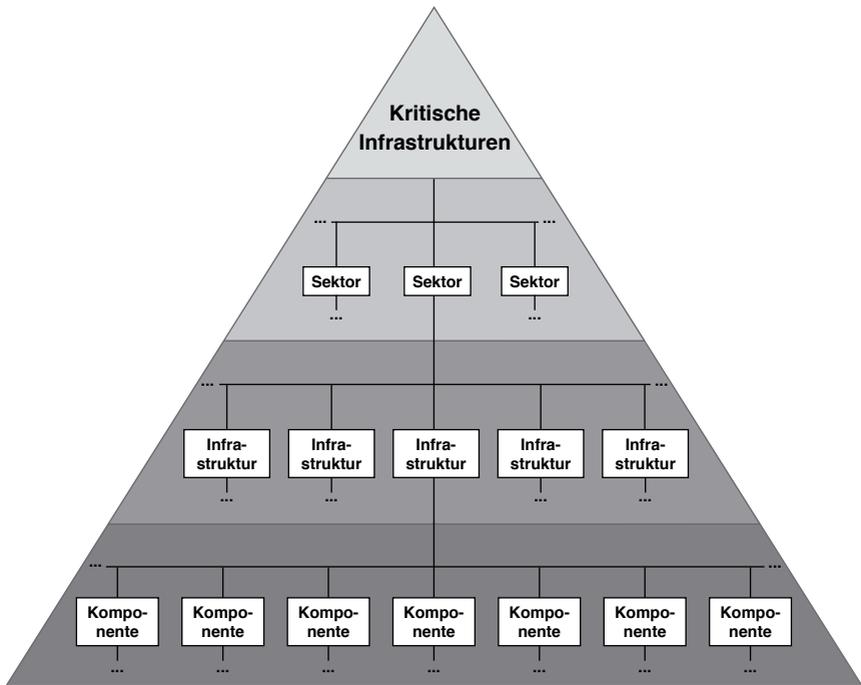


Abb. 2: Das System der Kritischen Infrastrukturen (KRITIS-System)

Das *System der Kritischen Infrastrukturen (KRITIS-System)* besteht aus mehreren hierarchischen Ebenen, die durch physische und logische Beziehungen miteinander verbunden sind. Die Gesamtheit der Kritischen Infrastrukturen lässt sich wie folgt untergliedern:

Die erste hierarchische Ebene des KRITIS-Systems bilden die Sektoren der Kritischen Infrastrukturen. Jeder dieser Sektoren setzt sich aus unterschiedlichen Infrastrukturen zusammen. So besteht der Sektor Transport und Verkehr, wie in Abbildung 3 dargestellt, beispielsweise aus den Infrastrukturen Luftverkehr, Straßenverkehr, Schienenverkehr, Wasserverkehr und Postwesen. Die Infrastrukturen eines Sektors bilden die zweite hierarchische Ebene des KRITIS-Systems. Jede dieser Infrastrukturen setzt sich wiederum aus zahlreichen Komponenten zusammen, welche die dritte hierarchische Ebene des

KRITIS-Systeme bilden. Beispiele für die Bahninfrastruktur sind die Komponenten Gleisanlagen, Bahnhöfe, Fahrzeuge usw. Die Funktionsfähigkeit einer Infrastruktur ist abhängig vom Funktionieren dieser ihr zugrunde liegenden Komponenten. Diese Struktur lässt sich analog bis auf die Ebene der baulichen Bestandteile einzelner Infrastrukturkomponenten weiterverfolgen.

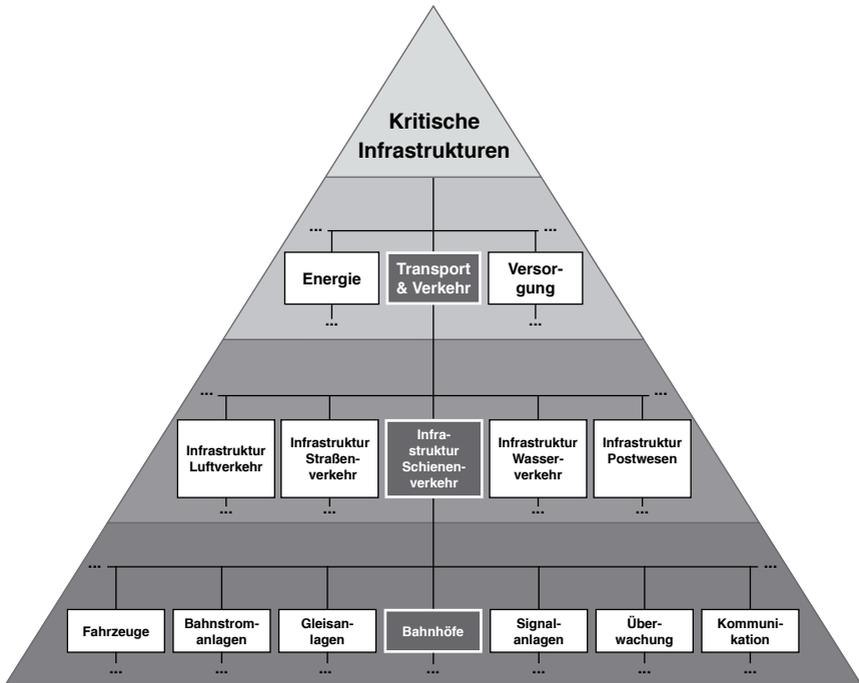


Abb. 3: KRITIS-System exemplarisch für den Sektor Transport und Verkehr

Neben der eigentlichen Basisinfrastruktur (z. B. Schienennetz der Bahninfrastruktur) sind zahlreiche Zusatzsysteme (z. B. zur Steuerung, Überwachung und Kommunikation), für das Funktionieren einer Infrastruktur verantwortlich. Zudem ist ihre Funktion auch immer durch eine menschliche Komponente geprägt, denn Infrastrukturanlagen werden von Menschen gesteuert, überwacht und gewartet. Darüber hinaus ist der Betrieb von Kritischen Infrastrukturen in

ökonomische, rechtliche und politische Rahmenbedingungen eingebettet. So kann beispielsweise eine politische Krise dazu führen, dass der Export von Energieträgern eingeschränkt wird, was wiederum zu Versorgungsengpässen und Ausfall abhängiger Kritischer Infrastrukturen führen kann, z. B. im Bereich des Transport- und Verkehrswesens.

Die Elemente der einzelnen hierarchischen Ebenen sind durch vielfältige horizontale (innerhalb der Ebene) und vertikale (zwischen den Ebenen) Abhängigkeitsbeziehungen miteinander verbunden. Durch diese direkten und indirekten Abhängigkeiten kann beispielsweise der Ausfall eines Elements auf der untersten hierarchischen Ebene Auswirkungen auf Elemente der nächst höheren Ebene haben, die sich kaskadenartig bis zur obersten Ebene der KRITIS-Sektoren fortsetzen können.

Grundsätzlich lassen sich unterschiedliche Arten von Abhängigkeiten und Interdependenzen zwischen Infrastrukturen unterscheiden:⁹

Physische Abhängigkeit besteht dann, wenn das Ausgangsprodukt (Output) einer Infrastruktur von einer anderen Infrastruktur (bzw. eines ihrer Elemente) als Eingangsprodukt (Input) für deren Funktionsfähigkeit benötigt wird. Ein Beispiel hierfür ist die Bereitstellung von Trinkwasser, das für die Versorgung eines Krankenhauses benötigt wird. In diesem Beispiel besteht eine einseitige Abhängigkeit des Krankenhauses von der Trinkwasserversorgung. Eine wechselseitige physische Abhängigkeit (Interdependenz) besteht dann, wenn zwei Infrastrukturen auf das jeweilige Ausgangsprodukt der anderen Infrastruktur als Eingangsprodukte für die eigene Funktionsfähigkeit angewiesen sind. Ein Beispiel hierfür sind die Bahninfrastruktur und ein Kohlekraftwerk. Das Kraftwerk erzeugt Strom, der für den Betrieb der Bahninfrastruktur notwendig ist. Gleichzeitig wird diese benötigt, um die zur Erzeugung des Stroms erforderliche Kohle zum Kraftwerk zu transportieren. Somit besteht zwischen diesen beiden Infrastrukturen eine wechselseitige Abhängigkeitsbeziehung; sie sind interdependent.

Informationstechnische Abhängigkeit besteht dann, wenn die Funktionsfähigkeit einer Infrastruktur von der Übermittlung von Informationen durch die Infrastrukturen des Sektors Informationstechnik und Telekommunikation abhängig

9 Vgl. hierzu auch Rinaldi et al. (2001): 14-16.

ist. Die Verbindung besteht hier durch die (meist elektronische) Übermittlung von Informationen. Mit der zunehmenden Verbreitung computergesteuerter Infrastrukturen werden auch die informationstechnischen Abhängigkeiten und Interdependenzen verstärkt.

Geographische Interdependenz besteht dann, wenn sich Elemente unterschiedlicher Infrastrukturen allein durch ihre räumliche Nähe zueinander gegenseitig beeinflussen können. Ein Beispiel hierfür ist eine Eisenbahnbrücke, die über eine Autobahn führt. Eine Beschädigung der Eisenbahnbrücke könnte eine Sperrung der Autobahn notwendig machen und somit den Verkehr auf dieser Strecke unterbrechen, auch wenn die Infrastrukturelemente Eisenbahnbrücke und Autobahn in keiner physischen oder virtuellen Abhängigkeitsbeziehung zueinander stehen.

Zahlreiche Kritische Infrastrukturen, die in der Vergangenheit physisch und logisch getrennte Systeme darstellten, sind inzwischen durch technologischen Fortschritt mit anderen Infrastrukturen vernetzt. Dies gilt insbesondere in Hinblick auf Energieversorgung, Informationstechnologie und Telekommunikation. Zunehmende logische und physische Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Kritischen Infrastrukturen erhöhen deren Anfälligkeit für Störungen und das Ausmaß der möglichen Konsequenzen eines Ausfalls. Die Vernetzung hat in einigen Bereichen bereits internationale Dimensionen angenommen. So hat z. B. die Abschaltung einer Höchstspannungsleitung im Emsland im November 2006 zu einem Stromausfall geführt, von dem europaweit rund zehn Millionen Menschen betroffen waren.

Neben dieser Vielzahl an einfachen und komplexen Abhängigkeitsbeziehungen sind weitere Faktoren wie bauliche, organisatorische, personelle, technische, ökonomische und institutionelle Charakteristika von Bedeutung für die Funktionstüchtigkeit Kritischer Infrastrukturen. Daher ist das komplexe und hochgradig vernetzte KRITIS-System in vielfältiger Weise verletzlich, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, adäquate und praktikable Methoden zur Analyse und Bewertung der Vulnerabilität auf allen hierarchischen Ebenen des Systems zu entwickeln.

3

Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

3.1 Konzept und Definition

Voraussetzung für die Reduzierung der Vulnerabilität von Kritischen Infrastrukturen ist eine praktikable Methode für ihre systematische Analyse und Bewertung. Die Entwicklung einer solchen Methode setzt wiederum ein klares Verständnis des Konzepts der Vulnerabilität in Bezug auf Kritische Infrastrukturen voraus. Daher erfolgt in diesem Kapitel die inhaltliche Klärung, Einordnung und Abgrenzung des Begriffs der Vulnerabilität in Bezug auf Kritische Infrastrukturen.

Der Begriff *Vulnerabilität* leitet sich aus dem lateinischen Verb *vulnerare* (verwunden, verletzen) ab und bedeutet wörtlich Verwundbarkeit oder Verletzbarkeit. Das wissenschaftliche Konzept der Vulnerabilität geht allerdings weit über diese wörtliche Bedeutung hinaus und behandelt Vulnerabilität als ein theoretisches Konstrukt für ein komplexes Phänomen, das nicht direkt beobachtbar ist.

Zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen befassen sich mit diesem Phänomen, wobei sie sich in ihrem Verständnis des Vulnerabilitätsbegriffs und in den verwendeten Untersuchungsmethoden zum Teil stark unterscheiden.¹⁰ Während sich beispielsweise die naturwissenschaftliche Vulnerabilitätsforschung eher mit den möglichen physischen Schäden durch Naturereignisse beschäftigt, richtet sich das Augenmerk der sozialwissenschaftlichen Vulnerabilitätsforschung mehr auf die gesellschaftlichen Faktoren, die zur Entstehung von Katastrophen beitragen. Bisher existiert kein allgemein anerkanntes Konzept, das in der Lage ist, diese unterschiedlichen Ansätze in einer einheitlichen und schlüssigen Weise zusammenzuführen, wengleich die Notwendigkeit hierfür bereits erkannt wurde. Die Herausforderung besteht hier in der Entwicklung eines holistischen Vulnerabilitätskonzepts, das die Ansätze und Methoden der unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen sinnvoll integriert.

¹⁰ Weichselgartner (2001) nennt 24, Thywissen (2006) sogar 35 unterschiedliche Definitionen für Vulnerabilität.

Allgemein lässt sich Vulnerabilität als Anfälligkeit eines Objekts oder Systems gegenüber einer spezifischen Gefahr mit einer bestimmten Ereignisstärke definieren. Aufgrund der großen Bandbreite und Diversität der Vulnerabilitätsforschung existiert allerdings bislang keine generell anerkannte Definition. Daher ist es wichtig, sich bei der Beschäftigung mit Vulnerabilität des Umstandes bewusst zu sein, dass der Begriff je nach Hintergrund und Zusammenhang mit unterschiedlichen Bedeutungen belegt ist und verwendet wird. Dies erschwert oftmals sowohl das Verständnis als auch die Kommunikation und die Diskussion des Begriffs sowie des Konzepts der Vulnerabilität. Bei der Beschäftigung mit und Diskussion von Vulnerabilität gilt es also stets genau zu klären, welche Bedeutung dem Begriff im jeweiligen Kontext zugewiesen wird. Denn nicht jeder, der von Vulnerabilität spricht, meint damit das Gleiche, und eine unreflektierte Verwendung des Vulnerabilitätsbegriffs ohne klare Definition kann leicht zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führen.¹¹

Auch in Bezug auf Kritische Infrastrukturen nimmt der Begriff Vulnerabilität inzwischen eine zentrale Stellung ein und gewinnt stetig an Bedeutung.¹² Gleichwohl fehlt auch hier bislang eine klare begriffliche Definition und inhaltliche Abgrenzung sowie eine einheitliche Methode für ihre systematische Analyse und Bewertung.

Im wörtlichen Sinne von Verwundbarkeit ist der Begriff Vulnerabilität in Bezug auf Kritische Infrastrukturen eher unpassend, da diese als unbelebte Objekte nicht verwundet, sondern vielmehr beschädigt werden können. Die Infrastruktur selbst ist nicht verletzbar im wörtlichen Sinne, allenfalls die Bevölkerung durch einen Ausfall dieser Infrastruktur und ihrer Funktion. Gleichwohl empfiehlt sich die weitere Verwendung des Begriffs der Vulnerabilität auch in Bezug auf Kritische Infrastrukturen, da er auch für diesen Bereich inzwischen international etabliert ist. Im Rahmen des BBK-Projekts „Vulnerabilität und Vulnerabilitätsindikatoren“ wurde für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen folgende Definition erarbeitet: *Vulnerabilität ist die gefahrenspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit, welche zur Unterbrechung der Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Diensten führen können.*

11 Gleiches gilt für die Begriffe Risiko, Gefahr und Exposition (Vgl. Kapitel 3.3).

12 Vgl. hierzu z. B. Bouchon (2006); Brown et al. (2004); Egan (2007); Gheorghe & Schlöpfer (2004); Hellström (2007); Moteff (2004); Robert (2004).

3.2 Charakteristika der Vulnerabilität

In einer ersten Annäherung an das abstrakte Phänomen der Vulnerabilität werden nachfolgend ihre zentralen Charakteristika vorgestellt:

Vulnerabilität ist objektbezogen. Sie ist stets in Bezug auf ein Risikoelement¹³ in seinem spezifischen räumlichen und strukturellen Kontext zu sehen. Risikoelemente können beispielsweise einzelne Infrastrukturobjekte oder ganze Infrastruktursysteme sein, aber auch andere Schutzgüter (z. B. Menschen, Tiere, Sachgüter, natürliche Lebensgrundlagen) oder räumliche Einheiten (z. B. Gemeinden, Landkreise, Bundesländer). Vulnerabilität resultiert aus den spezifischen Eigenschaften und Charakteristika des Risikoelements und entsteht somit gewissermaßen „von innen heraus“. Abbildung 4 veranschaulicht dies in abstrakter Form, indem das Risikoelement als Würfel mit einer inneren Vulnerabilität dargestellt ist.

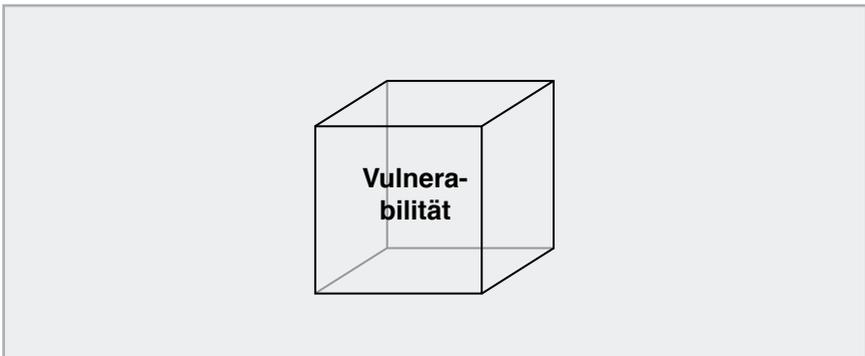


Abb. 4: Risikoelement (Würfel) mit endogener Vulnerabilität

¹³ Der Begriff „Risikoelement“ wurde aus dem im Englischen verwendeten Begriff „element at risk“ abgeleitet.

Vulnerabilität ist gefahrenspezifisch. Sie kommt dann zum Tragen, wenn sich eine Gefahr in einem schädigenden Ereignis realisiert und manifestiert sich in den Auswirkungen des Ereignisses, z. B. in physischen Schäden. Die Auswirkungen eines Ereignisses lassen allein allerdings keinen direkten Rückschluss auf die Vulnerabilität eines Risikoelements zu. Dies ist erst in Kombination mit der Betrachtung von Art und Intensität des Ereignisses möglich. Ein Ereignis gleicher Art und Stärke kann sich in Abhängigkeit von der jeweils spezifischen Vulnerabilität verschiedener Risikoelemente unterschiedlich auf diese auswirken. Zudem kann ein Risikoelement eine unterschiedlich hohe Verletzbarkeit gegenüber unterschiedlichen Gefahren besitzen. Vulnerabilität lässt sich somit nicht per se ermitteln, da sie immer in Bezug zu einem Gefahrenereignis spezifischer Art und Stärke steht. Dabei ist oft ungewiss, wie das jeweilige Risikoelement auf potentielle Ereignisse reagieren wird. Dies gilt vor allem für komplexe und hoch vernetzte Systeme, wie etwa das der Kritischen Infrastrukturen. Analysen vergangener Ereignisse und Simulationen potentieller zukünftiger Ereignisse können dabei helfen, mögliche Auswirkungen und Reaktionen abzuschätzen.

Vulnerabilität ist immanent. Sie existiert unabhängig davon, ob das Risikoelement einer Gefahr tatsächlich ausgesetzt ist oder nicht. Zwar manifestiert sich die Vulnerabilität eines Risikoelements in den Auswirkungen eines Ereignisses, doch ist sie bereits vor diesem Ereignis und unabhängig von diesem vorhanden. Dies sei an folgendem Beispiel erläutert: Ein Mensch, der nicht schwimmen kann, ist vulnerabel gegenüber der Gefahr „Ertrinken in tiefem Wasser“. Solange sich dieser Mensch allerdings von tiefen Gewässern fern hält und nicht zufällig in ein solches hineingerät, besteht für ihn kein akutes Risiko zu ertrinken. Gleichwohl ist er generell vulnerabel in Bezug auf diese spezifische Gefahr.¹⁴

14 Weitere Erläuterungen zur Differenzierung von Gefahr, Exposition und Vulnerabilität erfolgen in Kapitel 3.3.

Vulnerabilität ist multidimensional. Sie wird durch zahlreiche Einflussfaktoren unterschiedlicher Dimensionen bestimmt, die in vielfältiger Weise miteinander verflochten sind. Abbildung 5 zeigt dies beispielhaft für die natürliche, physische, soziale und ökonomische Dimension der Vulnerabilität eines Risikoelements.

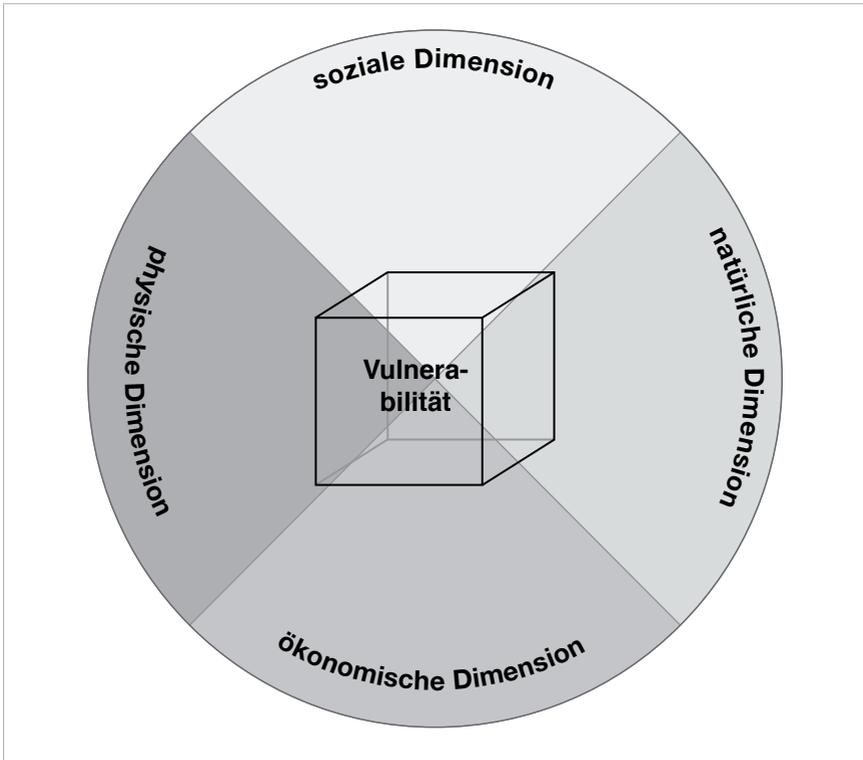


Abb. 5: Multidimensionalität der Vulnerabilität

Vulnerabilität ist skalenbezogen. Die Einflussfaktoren der Vulnerabilität eines Risikoelements variieren mit der räumlichen Skala der Betrachtung. So wird beispielsweise die Vulnerabilität einer einzelnen Infrastrukturkomponente durch andere Einflussfaktoren bestimmt als die einer Gesamtinfrastruktur oder eines Infrastruktursektors. Bei der Entwicklung von Methoden zur Untersuchung von Vulnerabilität ist darauf zu achten, dass die gewählte Betrachtungsebene den Risikoelementen gerecht wird. So ist beispielsweise für die Analyse der KRITIS-Sektoren die nationale Betrachtungsebene geeignet, während für die Untersuchung von Infrastrukturen eine Betrachtung auf regionaler Ebene und für Infrastrukturkomponenten auf lokaler Ebene angemessen ist. Dies soll durch Abbildung 7 veranschaulicht werden.

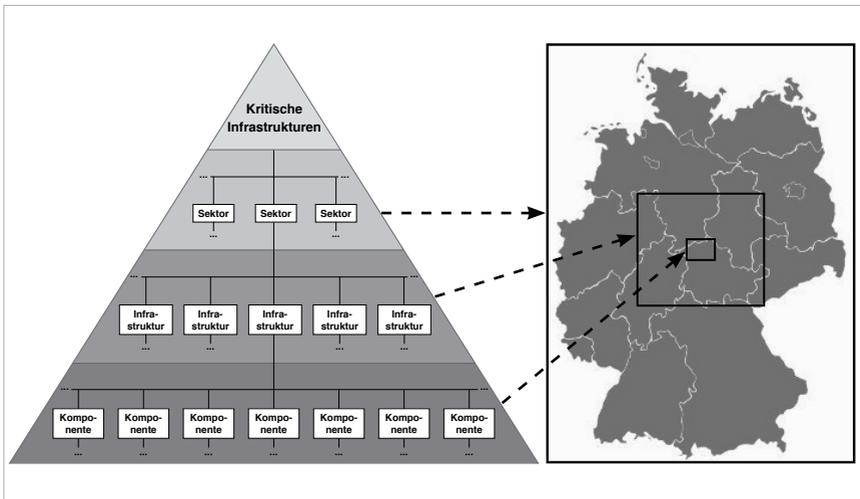


Abb. 7: Vulnerabilität auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen und räumlichen Skalen

3.3 Vulnerabilität als Risiko-Komponente

Das Verständnis der Vulnerabilität als Teilkomponente des übergeordneten Risiko-Konzepts in ihrem Zusammenwirken mit den anderen Risiko-Komponenten wird als wichtige Voraussetzung für die nähere Beschäftigung mit der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen angesehen. Daher erfolgt hier eine Einführung in das Konzept des Risikos und seiner zentralen Komponenten im Allgemeinen sowie in Bezug auf Kritische Infrastrukturen im Speziellen.

Ebenso wie Vulnerabilität steht auch der Begriff *Risiko* für ein abstraktes Phänomen, das nicht direkt beobachtbar ist, und auch im Bereich der Risikoforschung existieren zahlreiche unterschiedliche Definitionen, Konzepte und Analysemethoden. Allgemein bezeichnet Risiko die Wahrscheinlichkeit, dass sich durch unerwünschte Ereignisse Schäden an Schutzgütern (z. B. Menschen, Tiere, Sachgüter, natürliche Lebensgrundlagen) ergeben.¹⁵ In den Bereichen Naturwissenschaft, Technik und Versicherungswirtschaft wird Risiko häufig formuliert als Produkt aus der *Eintrittswahrscheinlichkeit* eines Ereignisses und dem *Schadensausmaß*, das bei Ereigniseintritt zu erwarten ist.¹⁶ Demgegenüber wird Risiko im Bereich der Katastrophenvorsorge meist definiert als die Wahrscheinlichkeit von Schäden oder Verlusten, die aus den Wechselbeziehungen zwischen natürlichen oder vom Menschen verursachten *Gefahren* und *vulnerablen Bedingungen* resultieren.¹⁷ Diese beiden auf den ersten Blick recht unterschiedlichen Definitionen lassen sich insofern miteinander vereinbaren, als sich die Eintrittswahrscheinlichkeit aus der Gefährdung ergibt, während das Schadensausmaß maßgeblich durch die Vulnerabilität bestimmt wird.

Im Mittelpunkt einer Risikoanalyse steht ein Objekt oder System, dessen Risiko bestimmt werden soll. Dieses wird hier in Bezug auf Kritische Infrastrukturen als *Risikoelement* bezeichnet. Ein solches Risikoelement kann je nach Betrachtung

¹⁵ Eigene Definition in Anlehnung an Dikau & Weichselgartner (2005): 180.

¹⁶ Vgl. Greiving (2002): 12.

¹⁷ Definition nach ISDR (o.J.).

tungsebene das gesamte KRITIS-System, ein Infrastruktursektor, eine Teilinfrastruktur innerhalb eines Sektors oder eine Komponente innerhalb einer Infrastruktur sein.¹⁸ Ein Risikoelement wird von potentiellen *Gefahren* bedroht, deren Realisierung zu einem *Ereignis* führt, das negative Auswirkungen auf das Risikoelement haben kann. Gefahren können aus natürlichen Ereignissen, aus menschlichem oder technischem Versagen oder aus bewusstem Handeln, wie etwa kriminellen oder terroristischen Akten resultieren. Ein Risikoelement ist durch seine Lage im Raum (*Exposition*) unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt. Aus dem räumlichen und zeitlichen Zusammentreffen von abstrakter Gefahr und tatsächlicher Exposition resultiert die konkrete *Gefährdung* des Risikoelements.

In der Risikoforschung besteht keine Einigkeit darüber, ob Exposition als Teil der Gefahr, als Teil der Vulnerabilität oder als eigenständige Risiko-Komponente anzusehen ist. Nach eingehender Beschäftigung mit dem Konzept des Risikos und den unterschiedlichen wissenschaftlichen Denkmodellen wird Exposition hier als separate Risiko-Komponente verstanden, die als verbindendes Glied zwischen Gefahr und Vulnerabilität steht und somit zur Gefährdung führt. Die Exposition eines Risikoelements gibt Auskunft darüber, *ob* dieses von einem Ereignis (realisierte Gefahr) betroffen sein wird. Sie sagt allerdings nichts darüber aus, welche Auswirkungen dieses Ereignis auf das Risikoelement haben wird.

Eine solche Aussage ist erst möglich, wenn die Vulnerabilität des Risikoelements als zusätzliche Komponente in die Risikobetrachtung mit einbezogen wird. Abbildung 8 zeigt dies am Beispiel eines abstrakten Risikoelements (Würfel).

18 Vgl. Kapitel 2.1.

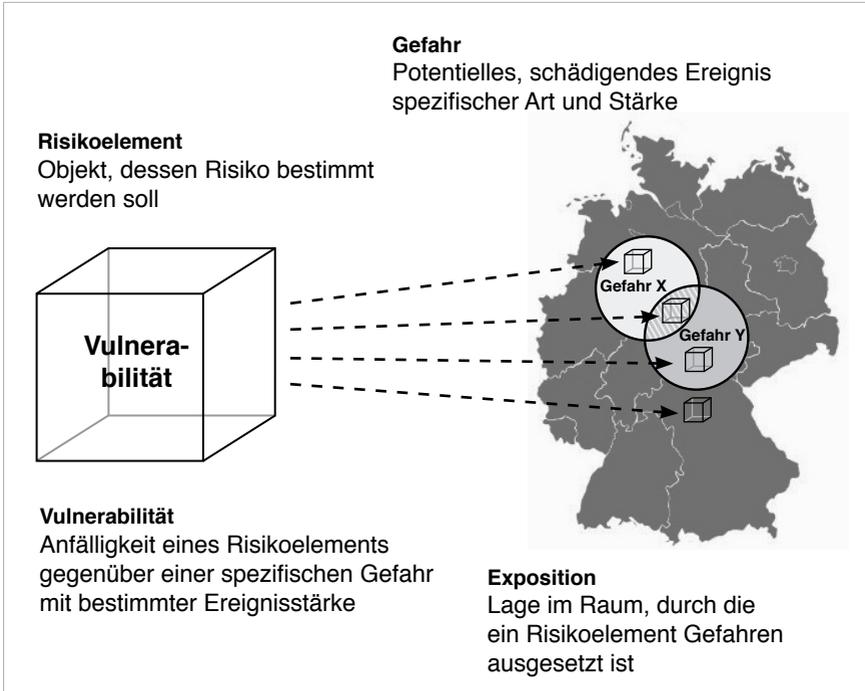


Abb. 8: Basiskomponenten des Ausfallrisikos für Kritische Infrastrukturen

Ausgehend von den obigen Erläuterungen werden Gefahr, Exposition und Vulnerabilität als *Basiskomponenten* des Risikos angesehen. Dieses ist in Abbildung 9 in Form eines Dreiecks dargestellt, dessen Seiten diese Basiskomponenten bilden. Ein Risiko besteht also nur dann, wenn Gefahr, Exposition und Vulnerabilität gegeben sind.

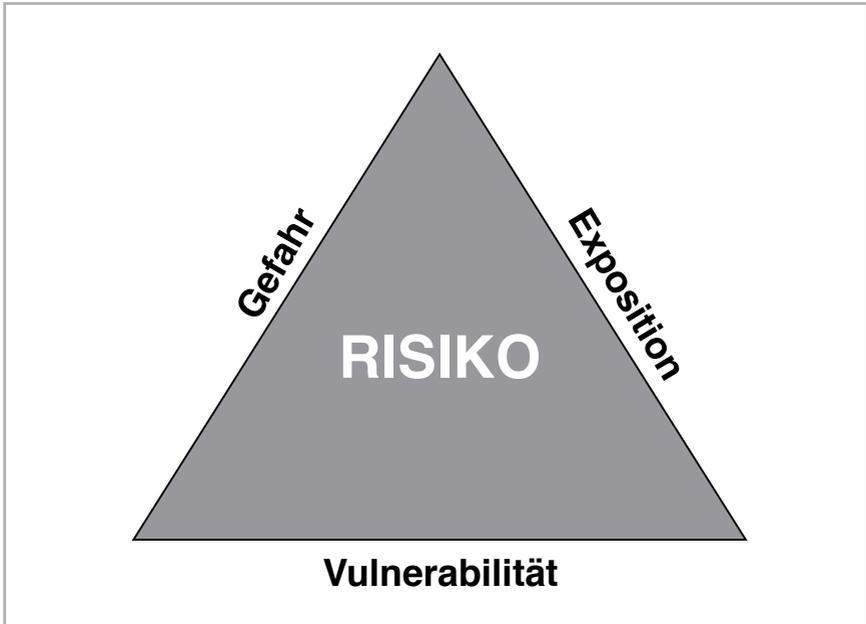


Abb. 9: Basiskomponenten des Risikos

Am theoretischen Beispiel einer Kritischen Infrastrukturanlage soll erläutert werden, dass erst das Zusammenwirken aller drei Komponenten – Gefahr, Vulnerabilität und Exposition – zu einem Ausfallrisiko führt: Ein Kraftwerk, das so gebaut wurde, dass es ein Erdbeben der Stärke X unbeschadet überstehen kann, ist nicht vulnerabel gegenüber einem Erdbeben dieser Stärke, selbst wenn es diesem Ereignis durch seine räumliche Lage ausgesetzt (exponiert) ist. Es besteht also trotz Gefahr und Exposition kein Ausfallrisiko in Bezug auf die spezifische Gefährdung durch ein Erdbeben der Stärke X. Anders ist dies bei

einem stärkeren Erdbebenereignis Y, das die Belastbarkeitsgrenze des Kraftwerks übersteigt. Für dieses Szenario ist das Kraftwerk vulnerabel und es besteht ein Ausfallrisiko, sofern das Kraftwerk dieser Gefahr exponiert ist. Wenn es allerdings nicht exponiert ist, z. B. weil es in einem absolut erdbebensicheren Gebiet errichtet wurde, besteht auch in diesem Fall kein Ausfallrisiko, denn das Kraftwerk ist zwar potentiell vulnerabel gegenüber einem Erdbebenereignis der Stärke Y, es ist dieser Gefahr allerdings nicht räumlich ausgesetzt und damit nicht gefährdet.

Je nach Kontext und Ziel der Risikoanalyse sind diese Basiskomponenten durch weitere Zusatzkomponenten zu ergänzen. Dies wird im Folgenden am Beispiel Kritischer Infrastrukturen erläutert:

In Bezug auf Kritische Infrastrukturen ist das Risiko eines Ausfalls von besonderem Interesse. In diesem Zusammenhang lässt sich zusammenfassend festhalten, dass unter Gefahr ein potentielles, schädigendes Ereignis verstanden wird, das den Ausfall einer Kritischen Infrastruktur verursachen kann. Jede Kritische Infrastruktur ist durch ihre Lage im Raum (Exposition) unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt, so dass ihre Gefährdung aus dem räumlichen und zeitlichen Zusammentreffen mit einer spezifischen Gefahr resultiert. Die Vulnerabilität einer Kritischen Infrastruktur bestimmt deren Anfälligkeit für schädigende Einwirkungen durch eine Gefahr spezifischer Art und Stärke. Risiko verbindet diese Begriffe und kann in diesem Zusammenhang definiert werden als *die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls einer Kritischen Infrastruktur, welche aus dem Zusammenwirken von endogener Vulnerabilität, exogener Gefahr und räumlicher Exposition resultiert*.

Soll darüber hinaus die zeitliche Dimension der Wiederherstellung nach einem Ausfall in das Risikokonzept integriert werden, so ist dieses, wie in Abbildung 10 dargestellt, um den Faktor *Bewältigungskapazität* zu ergänzen. Denn für den Schutz Kritischer Infrastrukturen ist nicht nur von Interesse, ob ein Ereignis zum Ausfall einer Infrastruktur führt, sondern auch, ob ein solcher Ausfall zeitnah bewältigt werden kann.

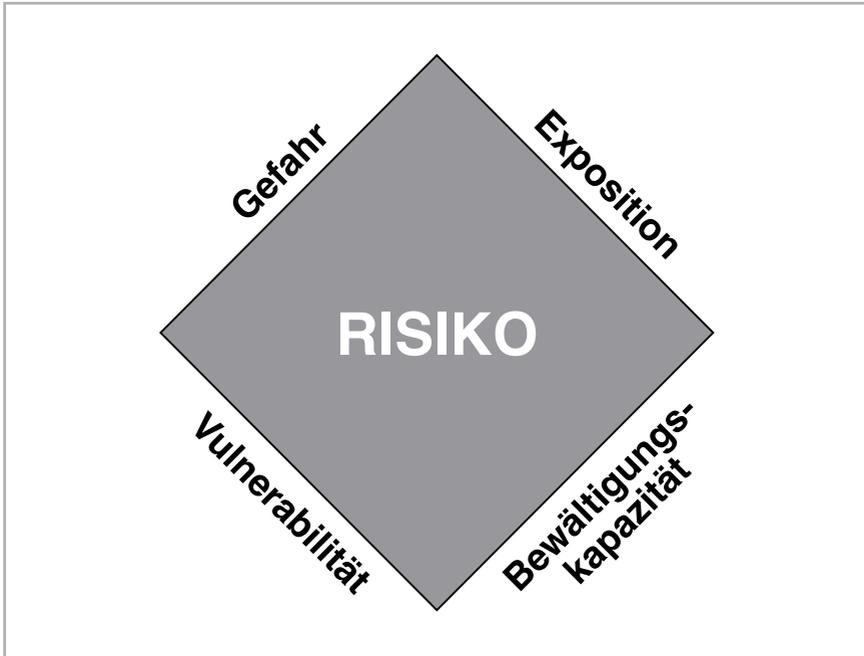


Abb. 10: Komponenten des Risikos unter Berücksichtigung von Bewältigungskapazität

Während Vulnerabilität entscheidend dafür ist, ob ein Ereignis zum Ausfall einer Kritischen Infrastruktur führt, ist die Bewältigungskapazität ausschlaggebend dafür, wie schnell ihre Funktionsfähigkeit wiederhergestellt werden kann. Sie umfasst alle Maßnahmen und Ressourcen, die vor, während und nach Eintritt eines Ereignisses ergriffen werden können, um negative Auswirkungen zu begrenzen und den Normalzustand wiederherzustellen. Das Risiko eines längerfristigen Ausfalls von Kritischen Infrastrukturen kann also neben einer Verringerung der Vulnerabilität durch geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Bewältigungskapazität in Bezug auf den Umgang mit extremen Ereignissen reduziert werden.

Soll darüber hinaus analysiert werden, ob der Ausfall einer Kritischen Infrastruktur gravierende Konsequenzen für die Bevölkerung hätte, ist als weitere

Zusatzkomponente die Kritikalität dieser Infrastruktur in die Risikogleichung aufzunehmen (s. Abbildung 11). *Kritikalität* kann definiert werden als *relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Kritischen Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat.*¹⁹



Abb. 11: Komponenten des Risikos unter Berücksichtigung von Bewältigungskapazität und Kritikalität

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Ziel der Risikoanalyse bestimmend dafür ist, welche Risiko-Komponenten einzubeziehen sind. Je nachdem, welches Risiko untersucht werden soll, sind die Basiskomponenten

¹⁹ Vgl. Kapitel 2.1.

Gefahr, Exposition und Vulnerabilität entsprechend durch weitere Zusatzkomponenten zu ergänzen. Bei der Analyse von Risiken in Bezug auf Kritische Infrastrukturen sind dies, wie in Abbildung 12 dargestellt, beispielsweise die Komponenten Bewältigungskapazität und Kritikalität.

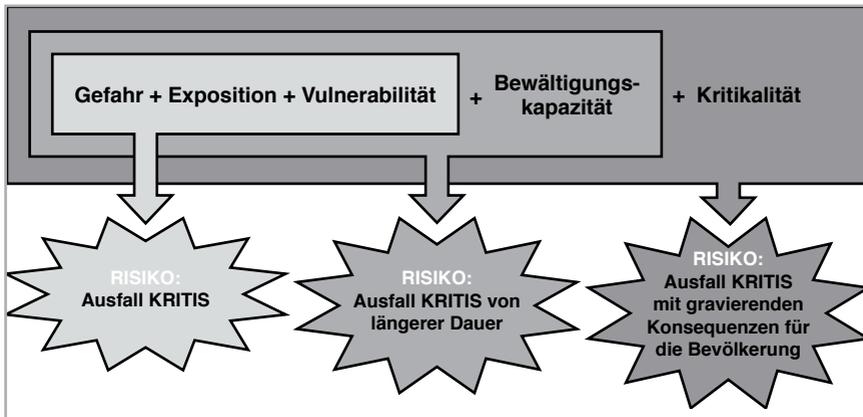


Abb. 12: KRITIS-bezogene Risiken und erforderliche Risiko-Komponenten

Der Vulnerabilität und der Bewältigungskapazität kommt von daher eine entscheidende Rolle zu, als sie diejenigen Risiko-Komponenten sind, die am ehesten modifiziert werden können, um das Risiko zu reduzieren. Aus diesem Grunde wurden Indikatoren für ihre Analyse entwickelt, die im nachfolgenden Kapitel vorgestellt werden.

4

Indikatoren

4.1 Notwendigkeit und methodischer Ansatz

Da Vulnerabilität als abstraktes Phänomen nicht direkt beobachtbar ist, gilt es geeignete Hilfsmittel zu finden, um sie messbar zu machen. Eine solche Operationalisierung kann durch die Verwendung von Vulnerabilitätsindikatoren erfolgen. Hierfür sind mehrere aufeinander aufbauende Operationalisierungsschritte erforderlich, die von der Identifizierung relevanter Einflussfaktoren der Vulnerabilität zur Entwicklung quantifizierbarer Detailindikatoren und auf diese Weise vom allgemeinen Konzept hin zu konkret erhebbaren Indikatoren führen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Indikatoren das Wesentliche des zu messenden Phänomens (Indikandum) tatsächlich erfassen, dabei jedoch weder zu komplex noch zu stark vereinfacht sind.

Wenn alle Operationalisierungsschritte erfolgt sind und ein Satz brauchbarer Indikatoren vorliegt, können diese zum einen eingesetzt werden, um den aktuellen Grad der Vulnerabilität unterschiedlicher Risikoelemente zu bestimmen und diese in Bezug auf ihre Verletzbarkeit miteinander zu vergleichen. Dies wird in Abbildung 13 dargestellt, wobei die unterschiedlichen Schriftgrößen den jeweiligen Grad der Vulnerabilität der drei Risikoelemente symbolisieren.

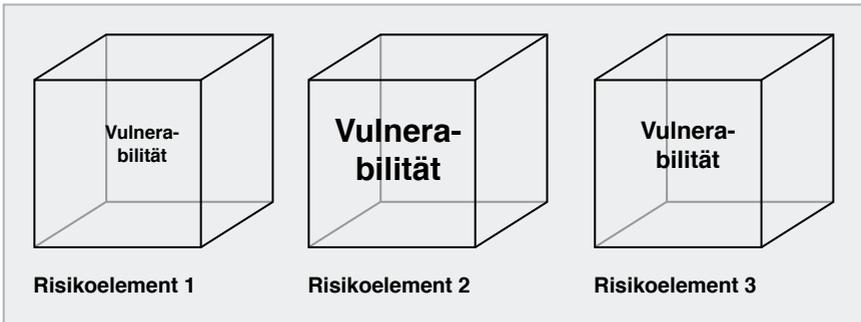


Abb. 13: Vergleich der Vulnerabilität unterschiedlicher Risikoelemente

Zum anderen können die Indikatoren verwendet werden, um Veränderungen der Vulnerabilität eines Risikoelements im Verlauf der Zeit zu beobachten, wie Abbildung 14 zeigt.

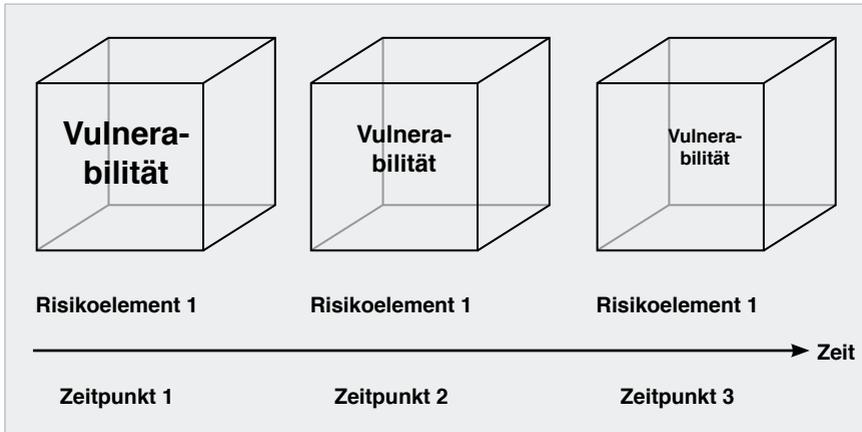


Abb. 14: Veränderung der Vulnerabilität eines Risikoelements in einer Zeit

Zwar finden sich in der internationalen Fachliteratur zahlreiche unterschiedliche Ansätze zur Entwicklung von Vulnerabilitätsindikatoren, doch beziehen sich diese größtenteils auf die Vulnerabilität von sozialen Gruppen, Gesellschaften oder Nationen und nicht auf die physische Vulnerabilität von Objekten und sind nicht sinnvoll auf Kritische Infrastrukturen übertragbar. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projekts der erste Schritt zur Operationalisierung der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen mit Hilfe von geeigneten Indikatoren unternommen.

Die Auswahl der Indikatoren erfolgte aufgrund folgender Überlegungen: Kritische Infrastrukturen weisen vielfältige Eigenschaften auf, von denen einige beispielhaft in Abbildung 15 dargestellt sind. Aus der Gesamtheit dieser Eigenschaften wurden im Rahmen der Operationalisierung diejenigen ausgewählt, die als relevante Einflussfaktoren auf die Vulnerabilität von Kritischen Infrastrukturen angesehen werden und somit als allgemeine Vulnerabilitäts-

indikatoren verwendet werden können. Es handelt sich um die Eigenschaften: Robustheit, Pufferkapazität, Abhängigkeiten, Anpassungsfähigkeit, Qualitätsniveau und Schutzniveau. Sie werden im folgenden Kapitel 4.2 im Einzelnen vorgestellt und näher erläutert.

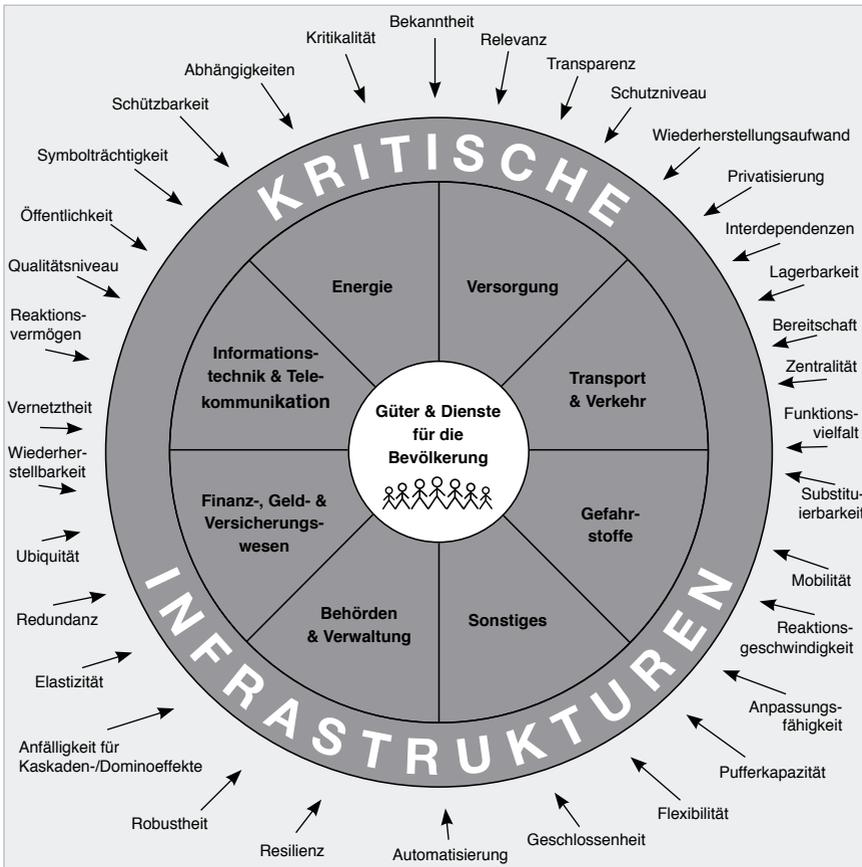


Abb. 15: Eigenschaften Kritischer Infrastrukturen

Soll über die reine Anfälligkeit für Beeinträchtigung oder Funktionsausfall auch die zeitliche Komponente eines solchen Ausfalls berücksichtigt werden, ist neben der Vulnerabilität auch die Bewältigungskapazität von maßgeblicher Bedeutung.²⁰ Denn für den Schutz Kritischer Infrastrukturen ist nicht nur von Interesse, ob ein Ereignis zum Ausfall einer Infrastruktur führt, sondern auch, ob dieser zeitnah bewältigt werden kann. Aus diesem Grund wurden, ausgehend von der Überlegung, wodurch die Bewältigung von möglichen Infrastrukturausfällen bestimmt wird, zusätzlich solche Einflussfaktoren identifiziert, die als qualitative Indikatoren für die Bewältigungskapazität dienen können. Dies sind Bereitschaft, Redundanz, Substituierbarkeit, Transparenz und Wiederherstellungsaufwand. Sie werden in Kapitel 4.3 vorgestellt.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass auch die hier nicht ausgewählten Eigenschaften wichtige Einflussfaktoren für den Betrieb und die Funktionsfähigkeit von Kritischen Infrastrukturen sein können. Gleichwohl wurden sie an dieser Stelle nicht berücksichtigt, da sie keinen direkten Hinweis auf Vulnerabilität und Bewältigungskapazität geben.

²⁰ Vgl. Kapitel 3.3.

4.2 Indikatoren für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

Robustheit

Eine KRITIS²¹ mit unzureichender Robustheit gegenüber einem Gefahrenereignis ist durch das potentielle Eintreten eines solchen Ereignisses verletzbar. Daher ist die Robustheit einer KRITIS ein wichtiger Faktor dafür, ob sie durch die Einwirkung eines extremen Ereignisses beschädigt wird. Der Indikator Robustheit wird definiert als *relatives Maß für die Fähigkeit einer KRITIS, der physischen Einwirkung eines Ereignisses widerstehen zu können und somit durch dieses nicht beschädigt oder in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden*. Der Grad der Robustheit kann allerdings nicht per se, sondern immer nur in Bezug auf ein Gefahrenereignis spezifischer Art und Stärke ermittelt werden. Dies soll mit Hilfe der schematischen Darstellung in Abbildung 16 erläutert werden:

21 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in den folgenden Erläuterungen die Abkürzung KRITIS stellvertretend und synonym für die Begriffe Infrastruktur bzw. Infrastrukturkomponente verwendet.

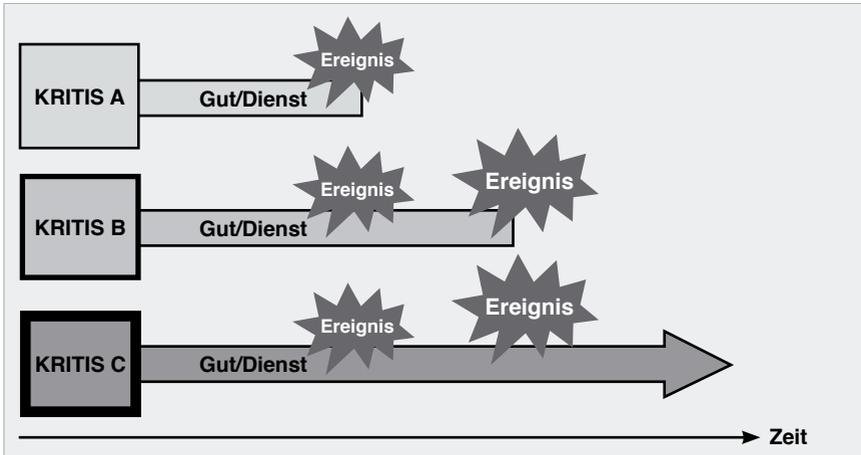


Abb. 16: Robustheit

Die Abbildung zeigt KRITIS mit unterschiedlich hoher Robustheit, welche hier durch die Stärke der jeweiligen Umrandungslinien dargestellt ist. KRITIS A, B und C sind der Einwirkung der gleichen extremen Ereignisse unterschiedlicher Intensität ausgesetzt. KRITIS A hat die geringste Robustheit, so dass bereits ein Ereignis mit verhältnismäßig geringer Intensität zu ihrem Ausfall führt. KRITIS B hat eine höhere Robustheit, so dass dasselbe Ereignis ihre Funktionsfähigkeit nicht beeinflusst, ein intensiveres Ereignis jedoch auch hier zu einem Ausfall führt. KRITIS C schließlich hat die höchste Robustheit, so dass keines der beiden Ereignisse ihren Ausfall zur Folge hat. Diese vereinfachte Darstellung deutet bereits darauf hin, dass der Robustheit Grenzen gesetzt sind. Wenn die durch Art, Dauer und Magnitude bestimmte Intensität des Ereignisses einen gewissen Schwellenwert überschreitet, wird die KRITIS beschädigt bzw. fällt aus. Es gilt deshalb, für jede KRITIS spezifische, gefahrenbezogene Schwellenwerte zu identifizieren und Standards im Hinblick darauf zu setzen, welcher Intensität eines Extremereignisses eine Infrastruktur und ihre Komponenten widerstehen können müssen. Entsprechend ist dann ihre Robustheit zu erhöhen. Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit von KRITIS tragen somit zur Verringerung ihrer Vulnerabilität bei.

Pufferkapazität

Ist eine KRITIS der Einwirkung eines extremen Ereignisses (z. B. Erdbeben, Sturm) ausgesetzt, dann ist ein entscheidender Faktor dafür, ob es zu Schäden bzw. zu einem Ausfall kommt, wie lange die Infrastruktur die Einwirkung abpuffern kann, ohne in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden. Der Indikator Pufferkapazität kann definiert werden als *relatives Maß für die Dauer, die eine KRITIS die Einwirkung eines Ereignisses verkraften kann, ohne in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt zu werden*. Robustheit und Pufferkapazität sind eng miteinander verbunden, und durch Erhöhung der Pufferkapazität kann auch die Robustheit einer Infrastruktur erhöht werden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Indikatoren besteht darin, dass Robustheit sich darauf bezieht, ob die KRITIS dem Ereignis standhält, während Pufferkapazität sich darauf bezieht, wie lange sie hierzu in der Lage ist. Der Indikator Pufferkapazität enthält somit eine zeitliche Komponente. Maßnahmen zur Erhöhung der Pufferkapazität einer KRITIS tragen ebenfalls zur Verringerung ihrer Vulnerabilität bei.

Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen

Der potentielle Ausfall von anderen Infrastrukturen macht eine KRITIS verletzlich, wenn sie für die Erbringung ihrer Leistung auf die Leistungen dieser anderen Infrastrukturen angewiesen ist.²² Der Indikator Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen wird daher definiert als *relatives Maß für den Grad, in dem eine KRITIS für die Erbringung ihrer Leistung auf die Leistungen und damit das Funktionieren anderer Infrastrukturen angewiesen ist*. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Abhängigkeit sowohl direkter als auch indirekter Art sein kann. Dies soll durch Abbildung 17 veranschaulicht werden.

22 Vgl. Kapitel 2.1.

Die Abbildung zeigt drei unterschiedliche KRITIS, die jeweils ein bestimmtes Gut bzw. einen bestimmten Dienst bereitstellen. KRITIS B ist direkt abhängig von einem durch KRITIS A bereitgestellten Gut/Dienst und damit vom Funktionieren von KRITIS A. KRITIS C und KRITIS D sind jeweils direkt abhängig von einem durch KRITIS B bereitgestellten Gut/Dienst und somit indirekt abhängig von KRITIS A. Zwischen KRITIS C und KRITIS D besteht keine Abhängigkeit.

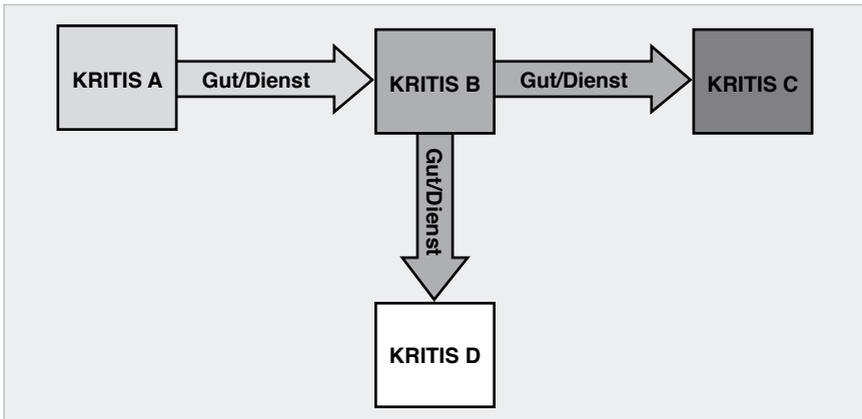


Abb. 17: Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen

Das Gegenteil von Abhängigkeit ist Autarkie. Eine autarke KRITIS stellt alle Voraussetzungen für ihre Funktionsfähigkeit selbst bereit und ist damit unabhängig von anderen Infrastrukturen. Theoretisch kann die Vulnerabilität einer KRITIS durch Reduzierung der Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen bzw. durch Erhöhung ihrer Autarkie verringert werden. In der Realität ist dies allerdings nur bedingt möglich bzw. mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die sektorübergreifend starke Abhängigkeit nahezu aller KRITIS von den Leistungen der Sektoren Energie und Informationstechnologie.

Abhängigkeit von Spezialpersonal

Der Betrieb von KRITIS erfordert den Einsatz von geeignetem Personal. Beispiele hierfür sind Leitzentralen im Bahnverkehr und im Kraftwerksbetrieb. Wenn eine KRITIS für die Erbringung ihrer Leistung auf besonders spezialisiertes Personal angewiesen ist, macht sie die potentielle Nicht-Verfügbarkeit dieses Spezialpersonals verletzlich. Folglich wird der Indikator Abhängigkeit von Spezialpersonal definiert als *relatives Maß für den Grad, in dem eine KRITIS für die Erbringung ihrer Leistung auf die Verfügbarkeit spezialisierten Personals angewiesen ist*. Theoretisch kann die Vulnerabilität einer KRITIS zwar durch die Reduzierung der Abhängigkeit von Spezialpersonal verringert werden, da sich diese Abhängigkeit in der Realität jedoch kaum reduzieren lässt, empfiehlt es sich, redundante Strukturen²³ aufzubauen und entsprechend einsatzbereites Ersatzpersonal vorzuhalten.

Abhängigkeit von spezifischen Umweltbedingungen

Eine KRITIS erbringt ihre Leistung unter den am jeweiligen Standort vorherrschenden Umweltbedingungen, z. B. in Bezug auf die klimatische Situation. Ist eine KRITIS hierfür auf sehr spezifische Umweltbedingungen angewiesen, dann ist sie durch potentielle Abweichungen in diesen Bedingungen verletzlich. Ein Beispiel hierfür sind Kraftwerke, die auf die Verfügbarkeit von Kühlwasser angewiesen sind. Durch Trockenheit bedingter Wassermangel in extrem heißen Sommern kann beispielsweise dazu führen, dass Kraftwerke ihren Betrieb einstellen müssen, weil die Versorgung mit Kühlwasser unzureichend ist. Der Indikator Abhängigkeit von spezifischen Umweltbedingungen wird definiert als *relatives Maß für den Grad, in dem eine KRITIS für die Erbringung ihrer Leistung auf spezifische Umweltbedingungen angewiesen ist*. Da sich die Abhängigkeit von spezifischen Umweltbedingungen in der Regel nicht verringern lässt, empfiehlt es sich, die Vulnerabilität hier durch Maßnahmen der Anpassung an potentielle Veränderungen der Umweltbedingungen zu reduzieren. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf mittel- und langfristig zu erwartende Veränderungen, die mit dem Klimawandel einhergehen.

23 Der Indikator Redundanz wird in Kapitel 4.3 näher erläutert.

Anpassungsfähigkeit

Der Betrieb von KRITIS unterliegt vielfältigen Rahmenbedingungen geographischer, ökonomischer, politischer und anderer Art. Wenn sich diese Rahmenbedingungen verändern, ist die Anpassungsfähigkeit der KRITIS mitentscheidend dafür, ob diese ihre Funktionsfähigkeit aufrechterhalten kann. Eine KRITIS ist verletzbar, wenn sie sich verändernden Rahmenbedingungen nicht oder nur schwer anpassen kann. Beispielsweise können sich geographische Rahmenbedingungen durch extremer werdende Naturereignisse verändern, die eine Anpassung erforderlich machen (z. B. hochwasserresistente Bauwerke, sturmfeste Dächer). Dies ist auch im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels von großer Relevanz.²⁴ Hier sind Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung zu ermitteln, um entsprechende Schutzstrategien zu entwickeln. Der Indikator Anpassungsfähigkeit wird definiert als *relatives Maß für die Fähigkeit einer KRITIS, sich verändernden Rahmenbedingungen so anzupassen, dass sie durch diese Änderungen nicht in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird und damit ihre Leistung kontinuierlich erbringen kann*. Maßnahmen zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Rahmenbedingungen tragen zur Verringerung der Vulnerabilität bei.

Qualitätsniveau

KRITIS unterliegen im Laufe der Zeit gewissen Abnutzungs- und Alterungsprozessen. Der qualitative Zustand einer KRITIS ist mitentscheidend dafür, ob ein Ereignis zu ihrer Beschädigung oder zum Ausfall ihrer Leistung führt. Ein unzureichender qualitativer Zustand macht eine KRITIS also verletzbar. Um die dauerhafte Funktionsfähigkeit gewährleisten zu können, müssen KRITIS daher kontinuierlich gepflegt, gewartet und erneuert werden. Der Indikator Qualitätsniveau wird definiert als *relatives Maß für die Qualität des aktuellen Zustands einer KRITIS*. Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen Qualitätsniveaus von KRITIS tragen zur Verringerung ihrer Vulnerabilität bei.

Schutzniveau

Eine KRITIS, die nicht ausreichend gegenüber einer Gefahr geschützt ist, ist durch den potentiellen Eintritt dieser Gefahr verletzbar. Der Indikator Schutz-

²⁴ Vgl. z. B. Lemmen & Warren (2004); European Environment Agency (2006); Mayer (2007).

niveau ist definiert als *relatives Maß für den aktuellen Schutzstatus einer KRITIS in Bezug auf eine spezifische Gefahr*. Maßnahmen zur Erhöhung des Schutzniveaus einer KRITIS tragen insoweit zur Verringerung ihrer Vulnerabilität bei. Ein mitbestimmender Faktor für das Schutzniveau einer KRITIS ist die Frage nach ihrer generellen Schützbarkeit gegenüber unterschiedlichen Gefahren.

Abbildung 18 zeigt die vorgestellten Vulnerabilitätsindikatoren. Die Darstellung der Indikatoren als Teile eines Puzzles wurde bewusst gewählt, um zu verdeutlichen, dass ein einzelner Indikator noch keine verlässliche Aussage über die Vulnerabilität einer KRITIS liefert. Erst die Gesamtheit der Indikatoren vermittelt ein umfassendes Bild der Verletzbarkeit. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass zwischen den einzelnen Indikatoren vielfältige Verbindungen und Wechselwirkungen bestehen, die es im weiteren Verlauf der Operationalisierung zu berücksichtigen gilt. Das hier aufgezeigte Bild ist möglicherweise noch nicht vollständig, ermöglicht jedoch zumindest eine erste Annäherung an das Phänomen der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen.

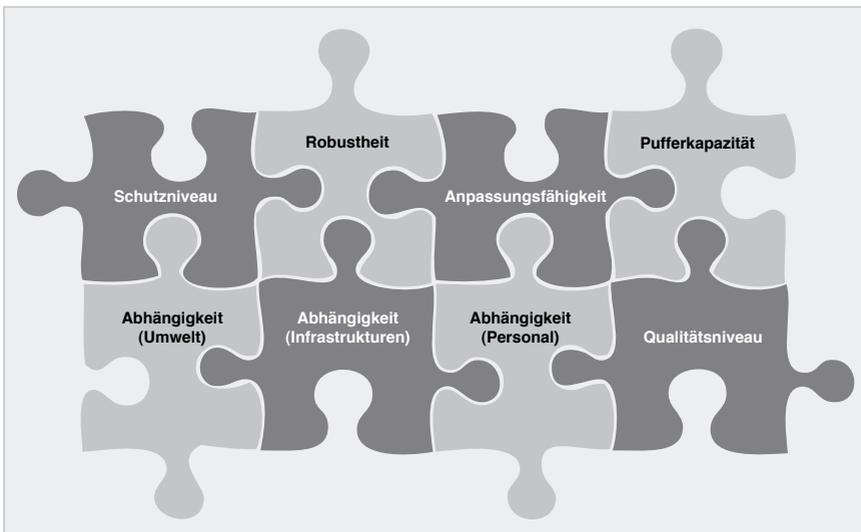


Abb. 18: Indikatoren für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen

4.3 Indikatoren für die Bewältigungskapazität

Bereitschaft

Der Ausfall einer KRITIS ist leichter zu bewältigen, wenn ausreichende Vorbereitungen für die schnelle Behebung einer Störung bzw. Beschädigung getroffen sind. Folglich wird der Indikator Bereitschaft definiert als *relatives Maß für den Grad, in dem Vorbereitungen für den Umgang mit und die Bewältigung von Störungen bzw. Schäden im Hinblick auf die Aufrechterhaltung bzw. schnelle Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit einer KRITIS getroffen sind*. Maßnahmen zur Erhöhung der Bereitschaft stärken die Bewältigungskapazität. Hierzu zählen beispielsweise Krisen- und Notfallpläne, Schulungen des Personals und vorbereitende Notfallübungen sowie das Vorhalten von funktionierenden Backup-Systemen.

Redundanz

Darüber hinaus ist der Ausfall einer KRITIS besser zu bewältigen, wenn mehrfache Strukturen vorhanden sind, um dieselbe Leistung zu erbringen. Der Indikator Redundanz wird daher definiert als *relatives Maß für das mehrfache Vorhandensein von Strukturen zur Erbringung derselben Leistung*. Mit Hilfe von redundanten Strukturen kann die Funktionsfähigkeit auch dann aufrecht erhalten werden, wenn einzelne Komponenten ausfallen. Abbildung 19 stellt dies in schematischer Form dar:

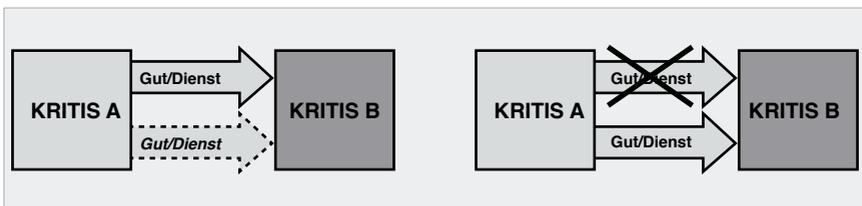


Abb. 19: Redundanz

Ein Beispiel für Redundanz sind die parallel verlaufenden Bahnstrecken auf beiden Seiten des mittleren Rheintals. Generell wird der Personenfernverkehr auf der linksrheinischen Strecke geführt, während der Transport von Gütern auf der rechten Rheinseite erfolgt. Wird eine der beiden Strecken beschädigt (z. B. durch eine Hangrutschung), kann der jeweilige Zugverkehr (mit gewissen kapazitiven Einschränkungen) auf die andere Strecke umgeleitet werden. Eine spezielle Form von Redundanz sind so genannte „Backups“. Hierbei handelt es sich um technische Einrichtungen oder Maßnahmen, auf die im Notfall zurückgegriffen werden kann. Im Gegensatz zu Strukturen, die auch im alltäglichen Betrieb genutzt werden, kommen Backups erst im Ereignisfall zum Einsatz. Ein Beispiel hierfür sind Notstromaggregate, die eingesetzt werden, wenn die herkömmliche Stromversorgung ausfällt. Maßnahmen zur Schaffung von Redundanz tragen ebenfalls zur Erhöhung der Bewältigungskapazität bei.

Substituierbarkeit

Der Ausfall einer KRITIS ist eher zu bewältigen, wenn ihre Leistung durch die Leistung einer anderen Infrastruktur ersetzt werden kann. Der Indikator Substituierbarkeit wird definiert als *relatives Maß für die Ersetzbarkeit der Leistung einer KRITIS durch die Leistung einer anderen Infrastruktur*. Abbildung 20 stellt dies in schematischer Form dar. Im Falle des Ausfalls von KRITIS A kann KRITIS C ihre Funktion übernehmen und somit das von KRITIS B benötigte Gut bzw. den benötigten Dienst bereitstellen.

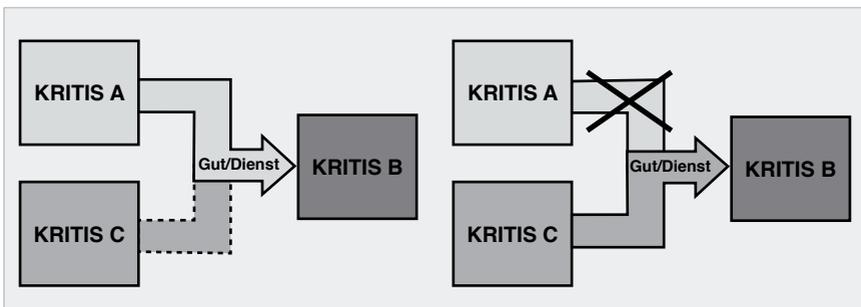


Abb. 20: Substituierbarkeit

Transparenz

Der Ausfall einer KRITIS ist eher zu bewältigen, wenn ihre Zusammensetzung und Funktionsweise leicht nachvollziehbar sind. Der Indikator Transparenz wird definiert als *relatives Maß für die Nachvollziehbarkeit der Zusammensetzung und Funktionsweise einer Kritischen Infrastruktur*. Generell lässt sich eine Zunahme der Komplexität der Kritischen Infrastrukturen beobachten, was die Nachvollziehbarkeit ihrer Funktionsweise und aller daran beteiligten Komponenten zunehmend erschwert.

Wiederherstellungsaufwand

Der Ausfall einer KRITIS ist besser zu bewältigen, wenn sie sich nach Beschädigung / Zerstörung schnell und wirtschaftlich wiederherstellen lässt. Der Indikator Wiederherstellungsaufwand wird definiert als *relatives Maß für den zeitlichen und finanziellen Aufwand, der mit einer Wiederherstellung der KRITIS und ihrer Funktionsfähigkeit nach Beschädigung oder Zerstörung verbunden wäre*. Maßnahmen zur Reduzierung des Wiederherstellungsaufwands für eine KRITIS tragen somit zur Erhöhung der Bewältigungskapazität bei. Es gilt deshalb bereits im Vorfeld zu überlegen, ob und wie sich die Infrastruktur im Falle einer Beschädigung oder Zerstörung gegebenenfalls möglichst kosten- und zeiteffizient wiederherstellen ließe.

Die vorgestellten Indikatoren für die Bewältigungskapazität sind in Abbildung 21 dargestellt.

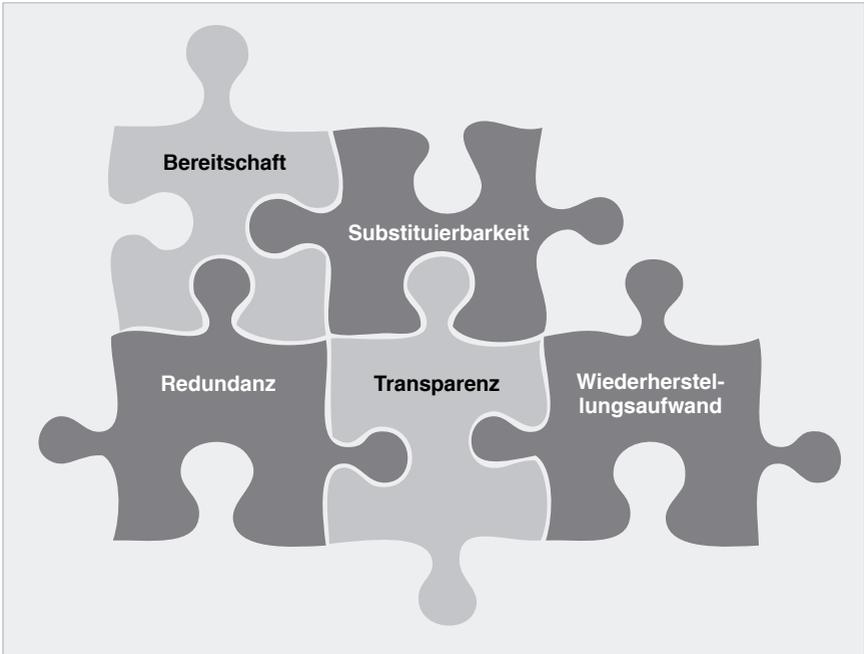


Abb. 21: Indikatoren für die Bewältigungskapazität von Infrastrukturausfällen

5

Ausblick

Die Vulnerabilität einer Kritischen Infrastruktur ist von entscheidender Bedeutung dafür, ob diese ihre Funktionsfähigkeit auch unter widrigen Bedingungen aufrechterhalten kann. Mit zielgerichteten und effizienten Maßnahmen zur Reduzierung der Vulnerabilität kann das Ausfallrisiko von Kritischen Infrastrukturen deutlich verringert werden.

Im Rahmen des Projekts „Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen und Vulnerabilitätsindikatoren“ des BBK wurden die erforderlichen konzeptionellen Grundlagen hierfür geschaffen und der erste Schritt für eine Operationalisierung der Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen durchgeführt, indem allgemeine qualitative Indikatoren für ihre Erfassung entwickelt wurden.

Ausgehend von der Überlegung, wodurch die Verletzbarkeit von Kritischen Infrastrukturen bestimmt wird, wurden Einflussfaktoren identifiziert, die als Vulnerabilitätsindikatoren verwendet werden können. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um die Robustheit, die Pufferkapazität, die Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen, von Spezialpersonal und von spezifischen Umweltbedingungen, die Anpassungsfähigkeit, das Qualitätsniveau sowie das Schutzniveau von Kritischen Infrastrukturen. Da neben der Vulnerabilität auch die Bewältigungskapazität von maßgeblicher Bedeutung für das Risiko eines längerfristigen Ausfalls von Kritischen Infrastrukturen ist, wurden ausgehend von der Überlegung, wodurch die Bewältigung von möglichen Infrastrukturausfällen bestimmt wird, zusätzlich Einflussfaktoren identifiziert, die als qualitative Indikatoren für die Bewältigungskapazität genutzt werden können. Hierzu zählen Bereitschaft, Redundanz, Substituierbarkeit, Transparenz und Wiederherstellungsaufwand.

Hierauf aufbauend besteht nun weiterer Handlungsbedarf im Hinblick auf die Entwicklung einer ganzheitlichen Methode zur systematischen und umfassenden Analyse Kritischer Infrastrukturen und ihres Ausfallrisikos sowie der möglichen Konsequenzen von Ausfällen und der damit verbundenen Ver-

sorgungsunterbrechung. Hierzu zählt zum einen die detaillierte Analyse des KRITIS-Systems, seiner Elemente und der vielfältigen direkten und indirekten Wechselwirkungen, welche dieses System charakterisieren.²⁵ Es gilt die kritischen Funktionen der einzelnen Infrastrukturen jedes Sektors zu identifizieren und dahingehend Priorisierungen vorzunehmen, welche dieser Funktionen besonders wichtig und welche im Notfall eher vernachlässigbar sind. Neuralgische Punkte und 'schwächste Glieder' im KRITIS-System sind zu lokalisieren und vorrangig zu sichern.

Zum anderen sind detaillierte und aufeinander abgestimmte Analysen der Kritikalität, der Gefährdung, der Vulnerabilität und der Bewältigungskapazität von Kritischen Infrastrukturen erforderlich. Denn diese ergeben erst in ihrer Gesamtheit ein klares Bild davon, welche Bereiche eines besonderen Schutzes bedürfen. Hierfür sind wissenschaftlich fundierte und praktikable Methoden zu entwickeln und in einem schlüssigen *Gesamtkonzept für eine holistische Risikoanalyse* miteinander zu verbinden.

Für die zielgerichtete Planung und Durchführung von adäquaten Maßnahmen zum Schutz Kritischer Infrastrukturen ist die Durchführung einer solchen umfassenden Analyse, die alle relevanten Risiko-Komponenten berücksichtigt, unverzichtbar. Der Bedarf hierfür lässt sich, wie in Abbildung 22 dargestellt, aus dem übergeordneten Ziel des Schutzes der Bevölkerung und damit aus der primären Aufgabe des BBK ableiten. Denn zum Schutz der Bevölkerung zählt unter anderem die Absicherung ihrer Versorgung mit essentiellen Gütern und Diensten. Zu dieser Absicherung trägt der Schutz Kritischer Infrastrukturen bei, welche diese Güter und Dienste bereitstellen. Und zum Schutz Kritischer Infrastrukturen tragen wiederum alle Maßnahmen bei, die zur Reduzierung ihres Ausfallrisikos führen.

²⁵ Vgl. Kapitel 2.2.

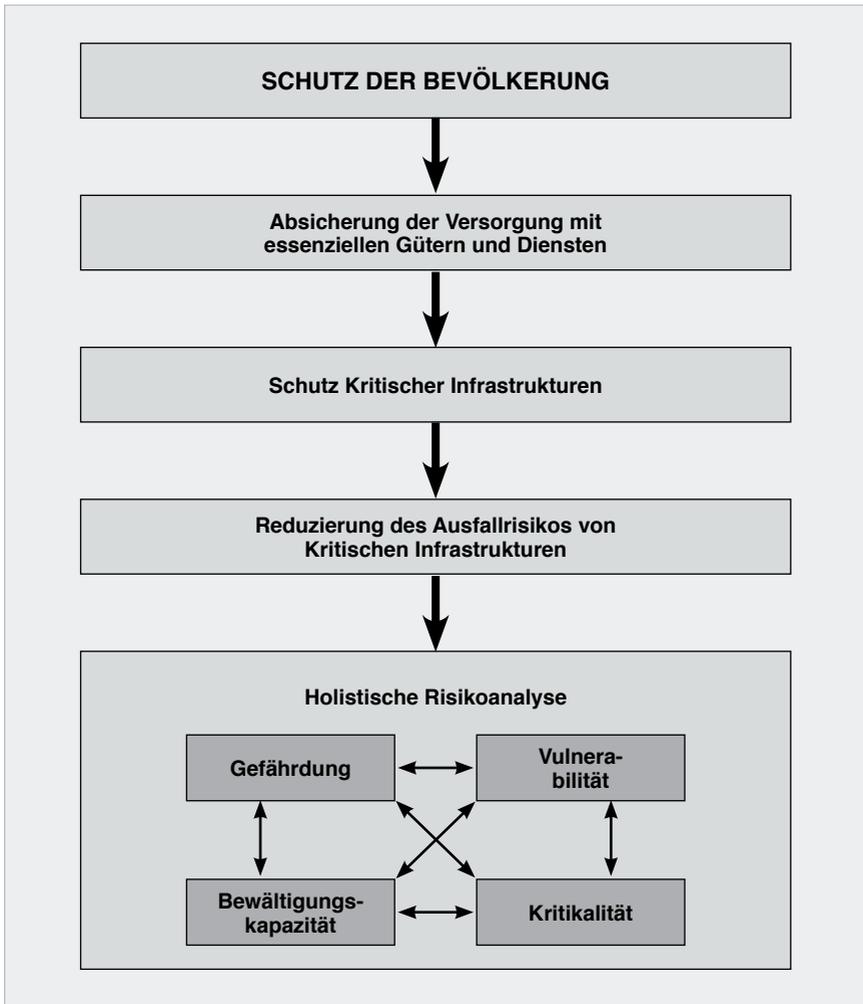


Abb. 22: Holistische Risikoanalyse als Beitrag zum Schutz der Bevölkerung

Der erste Schritt in Richtung einer solchen holistischen Risikoanalyse wäre die Fortsetzung der Operationalisierung der im Rahmen des Projektes erarbeiteten allgemeinen Indikatoren für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. Hier gilt es, aus diesen übergeordneten Indikatoren spezifischere Detailindikatoren für alle Ebenen des KRITIS-Systems zu entwickeln. Das Endprodukt einer konsequenten Fortsetzung der Operationalisierung wäre ein überschaubarer Satz an relativ einfach zu bestimmenden Indikatoren, mit deren Hilfe die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen auf allen hierarchischen Ebenen des KRITIS-Systems analysiert und bestimmt werden könnte. Die für die Analysen zu entwickelnden Indikatoren sollten allerdings messbar, relevant, umfassend, zuverlässig, valide und nachvollziehbar sein. Darüber hinaus sollten die Analysemethoden durch Experten verifiziert und in Bezug auf die beobachtbare Realität validiert werden, z. B. in Form von Fallstudien für ausgewählte Kritische Infrastrukturen.

Nach erfolgreicher Verifizierung und Validierung sollten für alle hierarchischen Ebenen des KRITIS-Systems indikatorbasierte Vulnerabilitätsanalysen durchgeführt werden, um den aktuellen Grad der Vulnerabilität von unterschiedlichen Infrastrukturelementen zu bestimmen und diese in Bezug auf ihre Verletzbarkeit miteinander zu vergleichen sowie um Veränderungen der Vulnerabilität im Verlauf der Zeit zu beobachten. Die Ergebnisse einer solchen systematischen Vulnerabilitätsanalyse könnten in einem nächsten Schritt als Grundlage für die Planung geeigneter Maßnahmen zur Reduzierung der Vulnerabilität auf allen Ebenen dienen.

Die systematisierte Durchführung dieser Analysen könnte mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) durchgeführt werden. Mit einem GIS lassen sich raumbezogene Risiko-Analysen für unterschiedliche Bereiche automatisiert durchführen, und die Ergebnisse können in Form von Karten anschaulich visualisiert werden. Die Praktikabilität eines solchen methodischen Vorgehens wurde bereits in einem früheren Projekt des BBK exemplarisch für die Bahninfrastruktur des Mittleren Rheintals nachgewiesen.²⁶

Da die Gesellschaft in hohem Maße auf Güter und Dienste angewiesen ist, die durch Kritische Infrastrukturen bereitgestellt werden, sollte darüber hinaus im Rahmen des präventiven Bevölkerungsschutzes neben der Verletzbarkeit

²⁶ Vgl. Lenz (2005).

der Kritischen Infrastrukturen auch die Vulnerabilität der Gesellschaft selbst hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von diesen Infrastrukturen untersucht werden. Hierfür bedarf es allerdings der Entwicklung spezifischer Indikatoren, weil die Verletzbarkeit der Gesellschaft von anderen Faktoren bestimmt wird als die der Kritischen Infrastrukturen.

Um ein nachhaltiges Gesamtkonzept für die Reduzierung und das Management von Risiken im Rahmen des präventiven Bevölkerungsschutzes entwickeln zu können, müssen Gefährdungen identifiziert, die Vulnerabilität der Bevölkerung reduziert und ihre Bewältigungskapazität erhöht werden – und zwar auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene. Als Grundlage hierfür sind GIS-gestützte Risikoanalysen das optimale Instrument, um die relevanten Risiko-Komponenten einzeln und in ihrem Zusammenwirken zu untersuchen und in ihrem Raumbezug graphisch darzustellen.²⁷

Darüber hinaus wird Handlungsbedarf im Bereich der Information und Kommunikation gesehen. Es ist wichtig und notwendig, sich auf einheitliche Begriffe und Konzepte zu einigen und diese den beteiligten Akteuren (z. B. politische Entscheidungsträger, Behörden, Betreiber Kritischer Infrastrukturen) in verständlicher Form darzulegen. Zudem ist es wichtig, eben diesen Akteuren die zentrale Bedeutung der Vulnerabilität für das Ausfallrisiko von Kritischen Infrastrukturen und damit für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft zu vermitteln. Als Grundlage hierfür können die im Rahmen des Projekts gewonnenen und hier vorgestellten Erkenntnisse verwendet werden.

27 Vgl. Lenz & Lauwe (2006); Lenz (2006): 16.

Anhang

Literatur

**Tabellen und
Abbildungen**

Bisherige Publikationen

Literatur

AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (Hrsg.) (2005): Handwörterbuch der Raumordnung. 4. Aufl., neu bearb. Hannover.

BIRKMANN, J. (Hrsg.) (2006): Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. Tokyo.

BOUCHON, S. (2006): The Vulnerability of interdependent Critical Infrastructures Systems: Epistemological and Conceptual State-of-the-Art. European Commission. Directorate-General Joint Research Centre. Institute for the Protection and Security of the Citizen. Ispra.

BROWN, G., CARLYLE, M., SALMERON, J., WOOD, K. (2004): Defending Critical Infrastructure. Operations Research Department. Naval Postgraduate School. Monterey.

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ (BABS) (Hrsg.) (2007): Erster Bericht an den Bundesrat zum Schutz Kritischer Infrastrukturen. Bern.

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) (Hrsg.) (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept: Empfehlungen für Unternehmen. Berlin.

DIKAU, R., WEICHSELGARTNER, J. (2005): Der unruhige Planet. Der Mensch und die Naturgewalten. Darmstadt.

EGAN, M.J. (2007): Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. In: Journal of Contingencies and Crisis Management. Volume 15 , 1, S. 4 – 17.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY (Hrsg.) (2006): Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. EEA Technical report. Nr. 7/2005. Copenhagen.

GHEORGHE, A.V., SCHLÄPFER M. (2004): Critical Infrastructures. Ubiquity of Digitalization and Risks of Interdependent Critical Infrastructures. Intergovernmental Risk Governance Council. ETH Zürich. Zürich.

GREIVING, S. (2002): Räumliche Planung und Risiko. München.

HELLSTRÖM, T. (2007): Critical infrastructure and systemic vulnerability: Towards a planning framework. In: Safety Science, Volume 45, S. 415 – 430.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (ISDR) (Hrsg.) (o.J.): Terminology: Basic terms of disaster risk reduction. <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm> (25.05.2009).

JOCHIMSEN, R. (1966): Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Tübingen.

LEMMEN, D.S., WARREN, F.J. (Hrsg.) (2004): Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective. Ottawa.

LENZ, S. (2005): Criticality assessment of railway infrastructure assets: Conceptual approach and exemplary GIS-based application to the Middle Rhine Valley. Masterarbeit (unveröffentlicht). Universität Köln.

LENZ, S. (2006): Geographische Informationssysteme. In: Notfallvorsorge. Heft 4, S. 15 – 16.

LENZ, S., LAUWE, P. (2006): Gefahren und Verletzlichkeit bestimmen das Risiko für Kritische Infrastrukturen. In: Notfallvorsorge. Heft 3, S. 8 – 10.

MAYER, J. (2007): Klimawandel – Mögliche Anforderungen an den Bevölkerungsschutz. Grundlagen. Praktikumsbericht. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn. http://www.bbk.bund.de/cln_007/nn_1261628/SharedDocs/Publikationen/Publikationen_20Kritis/Bericht_20Klimawandel.html (25.05.2009).

METZGER, J. (2004): Das Konzept „Schutz Kritischer Infrastrukturen“ hinterfragt. In: Bulletin zur schweizerischen Sicherheitspolitik 2004. Vol. 11, 1, Zürich, S. 73 – 85.

MINISTRY OF JUSTICE AND THE POLICE (Hrsg.) (2006): Protection of critical infrastructures and critical societal functions in Norway. Report NOU 6, 2006. English Summary 1st of July 2006.

MOTEFF, J. (2004): Risk Management and Critical Infrastructure Protection: Assessing, Integrating, and Managing Threats, Vulnerabilities, and Consequences. CRS Report for Congress. O.O.

PUBLIC SAFETY AND EMERGENCY PREPAREDNESS CANADA (Hrsg.) (2004): Government of Canada Position Paper on a National Strategy for Critical Infrastructure Protection. O.O. http://www.acpa-ports.net/advocacy/pdfs/nscip_e.pdf (25.05.2009).

RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., KELLY, T.K. (2001): Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. O.O. <http://www.ce.cmu.edu/~hsm/im2004/readings/CII-Rinaldi.pdf> (25.05.2009).

ROBERT, B. (2004): A method for the study of cascading effects within life-line networks. In: International Journal of Critical Infrastructures, Volume 1, 1, S. 86 – 99.

ROTHERY, M. (2005): Critical infrastructure protection and the role of emergency services. In: The Australian Journal of Emergency Management, 20, 2, S. 45 – 50.

THYWISSEN, K. (2006): Components of Risk. A comparative Glossary. Studies Of the University: Research, Counsel, Education (Source). Publication Series of UNU-EHS 2, Bonn.

USA Patriot Act. <http://www.epic.org/privacy/terrorism/hr3162.pdf> (25.05.2009).

VILLAGRÁN DE LEÓN, J.C. (2006): Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review. Studies of the University: Research, Counsel, Education (Source). Publication Series of UNU-EHS. 4, Bonn.

WEICHSELGARTNER, J. (2001): Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. In: Disaster Prevention and Management, Vol. 10, 2, S. 85 – 94.

Wikipedia: Infrastruktur. <http://de.wikipedia.org/wiki/Infrastruktur> (25.05.2009).

Tabellen und Abbildungen

Tab. 1

Exemplarische Definitionen für „Kritische Infrastrukturen“ / „Critical Infrastructures“ **18**

Abb. 1

Versorgung der Bevölkerung durch Kritische Infrastrukturen **19**

Abb. 2

Das System der Kritischen Infrastrukturen (KRITIS-System) **22**

Abb. 3

KRITIS-System exemplarisch für den Sektor Transport und Verkehr **23**

Abb. 4

Risikoelement (Würfel) mit endogener Vulnerabilität **31**

Abb. 5

Mehrdimensionalität der Vulnerabilität **33**

Abb. 6

Dynamik der Vulnerabilität **34**

Abb. 7

Vulnerabilität auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen und räumlichen Skalen **35**

Abb. 8

Basiskomponenten des Ausfallrisikos für Kritische Infrastrukturen **38**

Abb. 9

Basiskomponenten des Risikos **39**

Abb. 10

Komponenten des Risikos unter Berücksichtigung von Bewältigungskapazität **41**

Abb. 11

Komponenten des Risikos unter Berücksichtigung von Bewältigungskapazität und Kritikalität **42**

Abb. 12

KRITIS-bezogene Risiken und erforderliche Risiko-Komponenten **43**

Abb. 13

Vergleich der Vulnerabilität unterschiedlicher Risikoelemente **47**

Abb. 14

Veränderung der Vulnerabilität eines Risikoelements über die Zeit **48**

Abb. 15

Charakteristische Eigenschaften Kritischer Infrastrukturen **49**

Abb. 16

Robustheit **52**

Abb. 17

Abhängigkeit von anderen Infrastrukturen **54**

Abb. 18

Indikatoren für die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen **57**

Abb. 19

Redundanz **58**

Abb. 20

Substituierbarkeit **59**

Abb. 21

Indikatoren für die Bewältigungskapazität von Infrastrukturausfällen **61**

Abb. 22

Holistische Risikoanalyse als Beitrag zum Schutz der Bevölkerung **67**

Bisherige Publikationen

Auf den folgenden Seiten finden Sie eine komplette Liste aller bisher erschienenen und teilweise bereits vergriffenen Bände der Veröffentlichungen, die vom Bundesamt für Zivilschutz, dem Bundesverwaltungsamt und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, als jeweils zuständige Behörde für den Zivil- und Bevölkerungsschutz, herausgegeben wurden.

In der Liste „*Zivilschutz-Forschung, Alte Folge*“ wurden Forschungsergebnisse und andere Beiträge zum Zivilschutz bis 1988 veröffentlicht. Die Liste „*Zivilschutz-Forschung, Neue Folge*“ enthält die Veröffentlichungen zwischen 1990 und 2006. Ab 2007 werden Forschungsergebnisse des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe in der Schriftenreihe „*Forschung im Bevölkerungsschutz*“ veröffentlicht.

Je nach Art und Umfang der Forschungsergebnisse findet lediglich eine *Internetveröffentlichung* statt. Zu speziellen, besonders interessanten Themen des Bevölkerungsschutzes werden gesonderte Publikationen herausgegeben, die Sie in der Liste *Sonderveröffentlichungen* finden können. Unter **www.bbk.bund.de/Publikationen** finden Sie, zusätzlich zu den Internetveröffentlichungen, die meisten Bände als PDF zum Download und Hinweise zur Verfügbarkeit der Printversion. Die Printversion können Sie im Internet oder über die Adresse

**Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe,
Postfach 18 67, 53008 Bonn,**

bestellen.

Forschung im Bevölkerungsschutz

-
- 1 **Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 1: Entwicklung | Datenbank | Task-Force | Finanzierung**
I. Beerlage, T. Hering, S. Springer, D. Arndt, L. Nörenberg / 2008
ISBN-13: 978-3-939347-02-6
-
- 2 **Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 2: Qualität in Aus- und Fortbildung**
I. Beerlage, S. Springer, T. Hering, L. Nörenberg, D. Arndt / 2008
ISBN-13: 978-3-939347-03-3
-
- 3 **Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 3: Belastungen und Belastungsfolgen in der Bundespolizei**
I. Beerlage, D. Arndt, T. Hering, L. Nörenberg, S. Springer / 2009
ISBN-13: 978-3-939347-04-0
-
- 4 **Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen**
S. Lenz (Dipl.-Geogr., M.Sc.) / 2009
ISBN-13: 978-3-939347-11-8

Zivilschutzforschung, Neue Folge

ISSN 0343-5164

-
- 59 **3. Gefahrenbericht**
Schutzkommission beim Bundesminister des Innern/2006
-
- 58 **Infrarot-Fernerkundungssystem für die chemische Gefahrenabwehr**
R. Harig, G. Matz, P. Rusch / 2006
-
- 57 **Entwicklung von Standards und Empfehlungen für ein Netzwerk zur bundes-
weiten Strukturierung und Organisation psychosozialer Notfallversorgung**
I. Beerlage, T. Hering, L. Nörenberg et al. / 2006
-
- 56 **Aufbau und Ablauf der Dekontamination und Notfallversorgung Verletzter
bei Zwischenfällen mit chemischen Gefahrstoffen**
B. Domres, A. Manger, S. Brockmann, R. Wenke / 2005 / Druckversion vergriffen

- 55 **51. und 52. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern**
Vorträge / 2005
-
- 54 **Untersuchung zur Einbindung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes in die katastrophenmedizinische Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland**
E. Pfenninger, S. Himmelseher, S. König / 2005 / Druckversion vergriffen
- 53 **Schwachstellenanalyse aus Anlass der Havarie der PALLAS**
L. Clausen / 2003 / Druckversion vergriffen
-
- 52 **49. u. 50. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 2003
- 51 **Erstellung eines Schutzdatenatlases**
W.R. Dombrowsky, J. Horenczuk, W. Streitz / 2003 / Druckversion vergriffen
-
- 50 **Entgiftung von Organophosphaten durch Phosphorylphosphatasen und Ethanolamin**
R. Zech / 2001
-
- 49 **Task-Force für Schnellanalytik bei großen Chemieunfällen und Bränden**
G. Matz, A. Schillings, P. Rechenbach / 2003 / Druckversion vergriffen
-
- 48 **2. Gefahrenbericht**
Schutzkommission beim Bundesminister des Innern / 2001
-
- 47 **Organisation der Ernährungsnotfallvorsorge (ENV)**
J. Rasche, A. Schmidt, S. Schneider, S. Waldtmann / 2001 / Druckversion vergriffen
-
- 46 **Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden**
F. Gehbauer, S. Hirschberger, M. Markus / 2001 / Druckversion vergriffen
-
- 45 **Technologische Möglichkeiten einer möglichst frühzeitigen Warnung der Bevölkerung – Kurzfassung**
Technological Options for an Early Alert of the Population – Short Version
V. Held / 2001 / Druckversion vergriffen
-
- 44 **Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung**
E. Pfenninger, D. Hauber / 2001 / Druckversion vergriffen

-
- 43 **Empirisch-psychologische Analyse des menschlichen Fehlverhaltens in Gefahrensituationen und seine verursachenden und modifizierenden Bedingungen sowie von Möglichkeiten zur Reduktion des Fehlverhaltens**
D. Ungerer, U. Morgenroth / 2001
-
- 42 **45., 46. und 48. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 2000 / Druckversion vergriffen
-
- 41 **Einfluß von Zytokinen und Lipidmediatoren auf die Kontrolle und Regulation spezifischer Infektabwehr bei Brandverletzung**
W. König, A. Drynda, B. König, R. Arnold, P. Wachtler, M. Köller / 2001
-
- 40 **Entwicklung von Dekontaminationsmitteln und -verfahren bei Austritt von Industriechemikalien**
F. Schuppe / 2001 / Druckversion vergriffen
-
- 39 **Optimierung des Schutzes vor luftgetragenen Schadstoffen in Wohngebäuden**
TÜV Energie und Umwelt GmbH / 2001 / Druckversion vergriffen
-
- 38 **Rechnergestütztes Beratungssystem für das Krisenmanagement bei chemischen Unfällen (DISMA®)**
W. Kaiser, M. Schindler / 1999 / Druckversion vergriffen
-
- 36 **Biologische Indikatoren für die Beurteilung multifaktorieller Beanspruchung**
Experimentelle, klinische und systemtechnische Untersuchung
M. Weiss, B. Fischer, U. Plappert, T.M. Fliedner / 1998
-
- 35 **Praxisanforderung an Atem- und Körperschutzausstattung zur Bekämpfung von Chemieunfällen**
K. Amman, A.-N. Kausch, A. Pasternack, J. Schlobohm, G. Bresser, P. Eulenburg / 2003 / Druckversion vergriffen
-
- 34 **Untersuchung der Wirksamkeit von Selbstschutzausstattung bei Chemieunfällen**
S. Bulheller, W. Heudorfer / 2003 / Druckversion vergriffen
-
- 33 **Laserspektrometrischer Nachweis von Strontiumnukliden im Niederschlag**
J. Bernhardt, J. Haus, G. Hermann, G. Lasnitschka, G. Mahr, A. Scharmann / 1998

- 32 **Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen**
G. Müller / 1998 / Druckversion vergriffen
-
- 31 **Beiträge zur Isolierung und Identifizierung von Clostridium sp. und Bacillus sp. sowie zum Nachweis deren Toxine**
G. Schallehn, H. Brandis / 1998 / Druckversion vergriffen
-
- 30 **Untersuchung der Praxisanforderungen an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle**
G. Matz / 1998 / Druckversion vergriffen
-
- 29 **Erfahrungen aus Abwehrmaßnahmen bei chemischen Unfällen**
D. Hesel, H. Kopp, U. Roller / 1997
-
- 28 **Wirkungen von Organophosphaten**
R. Zech / 1997
-
- 27 **Staatliche Risikokommunikation bei Katastrophen**
Informationspolitik und Akzeptanz
G. Ruhrmann, M. Kohring / 1996
-
- 26 **43. und 44. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 1997 / Druckversion vergriffen
-
- 25 **Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden**
Literaturstudie Teilbereich Toxikologie
K. Buff, H. Greim / 1997 / Druckversion vergriffen
-
- 24 **42. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 23 **Das Verhalten von Umweltchemikalien in Boden und Grundwasser**
K. Haberer, U. Böttcher / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 22 **Inkorporationsverminderung für radioaktive Stoffe im Katastrophenfall**
B. Gloebel, Ch. Graf / 1996 / Druckversion vergriffen

- 21 **Arbeiten aus dem Fachausschuß III: Strahlenwirkungen – Diagnostik und Therapie**
I. Ganzkörpermessungen reiner β -Strahler
II. Untersuchungen zur therapeutischen Beeinflussung des Strahlenschadens durch Biological Response Modifier
III. Prophylaxe und Therapie von Strahlenschäden im Katastrophenfall
IV. Interstitielle Pneumonie nach Ganzkörperbestrahlung
V. Modellversuch zur Therapie von Strahlen- und Kombinationsschäden
I. R.E. Grillmaier, M. Thieme
II. P.G. Munder, M. Modolell, F. Link, R. Escher
III. W. Pohlitz, Bhavanath Jha, M. Jülch
IV. K. Quabeck, D.W. Beelen, R. Ehrlich, U.W. Schaefer, F. Wendt
V. O. Messerschmidt, A. Bitter, F. Eitel / 1996
-
- 20 **Arbeiten aus dem Fachausschuß V:**
I. Langzeitwirkungen phosphor-organischer Verbindungen
II. Die zellvermittelte typübergreifende Immunantwort nach Infektion mit dem Influenzavirus
III. Die Bedeutung vasculärer Reaktionen beim akuten Nierenversagen nach großen Weichteilverletzungen (Crush-Niere)
I. D. Henschler
II. H. Becht
III. F. Hoffmann, F. Vetterlein, G. Schmidt / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 19 **Radioaktive Strahlungen**
I. Nuklidspezifische Kontaminationserfassung
II. Datenaufbereitung für den Notfallschutz
I. B. Kromer unter Mitarbeit von K.O. Münnich, W. Weiss u. M. Zähringer
II. G. Hehn / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 18 **Deutsche Regelsysteme:**
Vernetzungen und Integrationsdefizite bei der Erstellung des öffentlichen Gutes Zivil- und Katastrophenschutz in Europa
L. Clausen, W.R. Dombrowsky, R.L.F. Strangmeier / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 17 **41. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 1996 / Druckversion vergriffen
-
- 16 **Einfluß von Lipidmediatoren auf die Pathophysiologie der Verbrennungs-krankheit**
F.E. Müller, W. König, M. Köller / 1993

-
- 15 **Beiträge zur dezentralen Trinkwasserversorgung in Notfällen. Teil II**
1. Einfache organische Analysemethoden
2. Einfache Aufbereitungsverfahren
K. Haberer, M. Drews / 1993 / Druckversion vergriffen
-
- 14 **Beiträge zu Strahlenschäden und Strahlenkrankheiten**
I. Strahleninduzierte Veränderungen an Säugetierzellen als Basis für die somatischen Strahlenschäden
II. Hämoepoieseschaden, Therapieeffekte und Erholung
III. Präklinische Untersuchung zur Beschleunigung der Erholungsvorgänge in der Blutzellenbildung nach Strahleneinwirkung durch Beeinflussung von Regulationsmechanismen
IV. Radionuklid Transfer
I. H. Schüßler
II. K.H. von Wangenheim, H.-P. Peterson, L.E. Feinendegen
III. T.M. Fliedner, W. Nothdurft
IV. G.B. Gerber / 1993 / Druckversion vergriffen
-
- 13 **Modifikation der Strahlenwirkung und ihre Folgen für die Leber**
H. Mönig, W. Oehlert, M. Oehlert, G. Konermann / 1993
-
- 12 **Biologische Dosimetrie**
I. Einleitung: Dosisabschätzung mit Hilfe der Biologischen Dosimetrie
II. Ermittlung der Strahlenexposition aus Messungen an Retikulozyten
III. Strahlenbedingte Änderung der Chemielumineszenz von Granulozyten als biologischer Dosisindikator
IV. Zellmembranänderungen als biologische Dosisindikatoren. Strahleninduzierte Membranänderung im subletalen Bereich, Immunbindungsreaktionen an Lymphozyten
I. H. Mönig, W. Pohlitz, E.L. Sattler
II. H.J. Egner et al.
III. H. Mönig, G. Konermann
IV. P. Bidon et al. / 1993 / Druckversion vergriffen
-
- 11 **Beiträge zur Katastrophenmedizin**
H. Finger, K. Schmidt, H.W. Jaroni, R. Prinzing, L. Schweiberer, C. Waydhas, D. Nast-Kolb, M. Jochum, K.-H. Duswald, H. Fritz, M. Siebeck, H. Weis / 1993 / Druckversion vergriffen
-
- 10 **Bürgerkonzeptionierter Zivil- und Katastrophenschutz – Das Konzept einer Planungszelle Zivil- und Katastrophenschutz**
W. R. Dombrowsky / 1992 / Druckversion vergriffen

- 9 **39. und 40. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge / 1993 / Druckversion vergriffen
-
- 8 **Beiträge zur dezentralen Trinkwasserversorgung in Notfällen, Teil I
Einfach anorganische und radiologische Methoden zur Wasseruntersuchung an Ort und Stelle**
K. Haberer, U. Stürzer / 1991 / Druckversion vergriffen
-
- 7 **Das Schädel-Hirn-Trauma
Klinische und tierexperimentelle Untersuchungen zur Pathogenese und neuen
Behandlungsansätzen im Rahmen der Katastrophenmedizin**
E. Pfenninger, F. W. Ahnefeld / 1991 / Druckversion vergriffen
-
- 6 **Neutronenschäden
Untersuchungen zur Pathophysiologie, Diagnostik, Prophylaxe und Therapie**
O. Messerschmidt, A. Bitter / 1991 / Druckversion vergriffen
-
- 5 **Strahlenexposition durch Ingestion von radioaktiv kontaminiertem Trinkwasser**
R. E. Grillmaier, F. Kettenbaum / 1991 / Druckversion vergriffen
-
- 4 **Computereinsatz im Zivil- und Katastrophenschutz – Möglichkeiten und Grenzen**
W. R. Dombrowsky / 1991 / Druckversion vergriffen
-
- 3 **Der Nachweis schneller Neutronen in der Katastrophendosimetrie mit Hilfe von
Ausweisen aus Plastikmaterial**
B. Lommler, E. Pitt, A. Scharmann, R. Simmer / 1990 / Druckversion vergriffen
-
- 2 **Gammastrahlung aus radioaktivem Niederschlag / Berechnung von Schutzfaktoren**
G. Hehn / 1990 / Druckversion vergriffen
-
- 1 **Zur Akzeptanz staatlicher Informationspolitik bei technischen Großunfällen und
Katastrophen**
L. Clausen, W. R. Dombrowsky / 1990 / Druckversion vergriffen

Zivilschutzforschung, Alte Folge

-
- 22 **Organophosphate Biochemie-Toxikologie-Therapie**
G. Schmidt, R. Zech et al. / 1988 / Druckversion vergriffen
-
- 21 **Arbeiten aus dem Fachausschuss II: Radioaktive Niederschläge**
1988 / Druckversion vergriffen
-
- 20 **Beiträge zur Katastrophenmedizin**
1988 / Druckversion vergriffen
-
- 19 **Beiträge zur Wirkung von Kernwaffen**
A. Sittkus, G. Hehn, H. Mönig / 1989 / Druckversion vergriffen
-
- 18 **Forschungen für den Zivil- und Katastrophenschutz 1975 – 1985, Festschrift für Paul Wilhelm Kolb**
1986 / ISBN 3-7894-0097-1 / Druckversion vergriffen
-
- 17 **Chemischer Strahlenschutz**
H. Mönig, O. Messerschmidt, C. Streffer / 1984 / ISBN 3-7894-0096-3 / Druckversion vergriffen
-
- 16 **Streß und Individuum**
M. Ackenheil, M. Albus, R.R. Engel, H. Hippus / 1984 / ISBN 3-7894-0092-0 / Druckversion vergriffen
-
- 15 **Ulmer Vorträge, Festschrift für Franz Gross**
1983 / ISBN 3-7894-0091-2 / Druckversion vergriffen
-
- 14 **Einführung in die Soziologie der Katastrophen**
L. Clausen, W. R. Dombrowsky / 1983 / ISBN 3-7894-0090-4 / Druckversion vergriffen
-
- 13 **30 Jahre Schutzkommission – Ausgewählte Vorträge**
1981 / ISBN 3-7894-0084-1 / Druckversion vergriffen
-
- 12 **Untersuchungen zum Strahlenrisiko**
H. Schüssler, H. Pauly, B. Glöbel, H. Glöbel, H. Muth, E. Oberhausen / 1981 / ISBN 3-7894-0083-2 / Druckversion vergriffen

-
- 11 **Brandgefährdung von Wohngebieten durch Flächenbrände**
O. Carlowitz, T. Krone, R. Jeschar / 1980 / ISBN 3-7894-0079-3 / Druckversion vergriffen
-
- 10 **Wirkungen des Luftstoßes von nuklearen und konventionellen Explosionen**
G. Weigel / 1980 / ISBN 3-7894-0078-5 / Druckversion vergriffen
-
- 9 **Veränderung von Befinden und Leistung bei einem Bunkerbelegungsversuch**
J. F. Dirr, J. Kugler, M. C. Laub, K. Schröder / 1979 / ISBN 3-7894-0062-9 / Druckversion vergriffen
- 8 **Beiträge zur Neutronenwaffe**
A. Sittkus, H. Mönig / 1978 / ISBN 3-7894-0061-0 / Druckversion vergriffen
-
- 7 **Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesbeton aus dem Wassereindringverhalten**
J. Steinert / 1977 / ISBN 3-7894-0056-4 / Druckversion vergriffen
-
- 6 **Literaturübersicht zur Frage der Erholung nach Ganzkörperbestrahlung**
A. Kindt, E.-L. Sattler / 1977 / ISBN 3-7894-0058-0 / Druckversion vergriffen
-
- 5 **Kombinationsschäden als Folge nuklearer Explosionen**
O. Messerschmidt / 1977 / ISBN 3-7894-0055-6 / Druckversion vergriffen
-
- 4 **Untersuchungen zu Therapie und Prognose des Kreislaufschocks beim Menschen**
H. Schönborn / 1976 / ISBN 3-7894-0048-3 / Druckversion vergriffen
-
- 3 **Strahlenempfindlichkeit und die akute und chronische Strahlenschädigung der Leber**
R. Lesch / 1976 / ISBN 3-7894-0048-3 / Druckversion vergriffen
-
- 2 **Beiträge zur Frage der Erholung von Strahlenschäden**
H. Muth, H. Pauly / 1975 / ISBN 3-7894-0039-4 / Druckversion vergriffen
-
- 1 **Schutzkommission beim Bundesminister des Innern
25 Jahre Forschung für den Zivil- und Katastrophenschutz**
1975 / ISBN 3-7894-0038-6 / Druckversion vergriffen

Sonderveröffentlichungen

**Katastrophenmedizin – Leitfaden für die ärztliche Versorgung
im Katastrophenfall**

2006/ISBN 3-939347-01-9 bzw. 978-3-939347-01-9

Biologische Gefahren – Beiträge zum Bevölkerungsschutz, 2. Auflage

2005 /ISBN 3-00-016733-1 / Druckversion vergriffen

**Biologische Gefahren I – Handbuch zum Bevölkerungsschutz, 3. vollständig
überarbeitete Auflage**

2007/ISBN 3-939347-06-X bzw. 978-3-939347-06-4

**Biologische Gefahren II – Entscheidungshilfen zur medizinisch angemessenen
Vorgehensweisen in der B-Gefahrenlage**

2007/ISBN 3-939347-07-8 bzw. 978-3-939347-07-1

Internetveröffentlichungen

www.bbk.bund.de/Publikationen

**Entwicklung von Therapieschemata für die Behandlung des akuten
Nierenversagens (Crush-Niere)**

F. Vetterlein, G. Hellige / 2005

