



Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene



Band 4



Impressum

Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene

Herausgeber:

© Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)

Provinzialstraße 93, 53127 Bonn

Telefon: +49-(0)22899-550-0

Telefax: +49-(0)22899-550-1620

E-Mail: poststelle@bbk.bund.de

URL: www.bbk.bund.de

ISBN: 3-9349347-24-8

ISBN: 978-3-939347-24-8

Urheberrechte:

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.

Grafische Gestaltung:

Anna Müller, www.designflavour.de, Hennef

Druck:

mpb - media production bonn gmbh

Auflage:

08.2013 / 1000



Christoph Unger
Präsident des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe

Liebe Leserinnen und Leser,

Hochwasser ist für viele Kommunen in Deutschland eine ernst zu nehmende Gefahr. Für den Schutz der Bevölkerung sorgen bauliche Maßnahmen, die Wassermassen bis zu einer bestimmten Menge zurückhalten können. Mobile Schutzanlagen, die je nach Pegelstand aktiviert werden, sorgen für zusätzliche Sicherheit.

Dennoch, extreme Hochwasser können Schutzmaßnahmen überfluten oder gar zerstören. In diesem Fall ist die Bevölkerung in akuter Gefahr. Im Vorfeld solcher Ereignisse können Vorbereitungen getroffen werden, die die Personen- und Sachschäden im Überschwemmungsfall möglichst gering halten. Maßnahmen mit dieser Wirkung werden bereits heute in Kommunen umgesetzt.

Der hier vorliegende Leitfaden ergänzt die bestehenden Bemühungen in Kommunen. Im Mittelpunkt des Leitfadens steht die Ermittlung und Reduzierung der Verwundbarkeit der Bevölkerung, Kritischer Infrastrukturen und der Umwelt im Angesicht von Hochwasser. Dabei umfasst der Begriff der Verwundbarkeit Aspekte wie eine mögliche Betroffenheit oder Anfälligkeit. Die Ermittlung der Verwundbarkeit weist auf besonders hohe Schadenspotenziale hin und liefert hierdurch auch wertvolle Hinweise zur Analyse von Risiken auf kommunaler Ebene. Die Erkenntnisse aus der Ermittlung der Verwundbarkeit und der Risiken können beispielsweise in die Optimierung von Evakuierungsplanungen oder den vorbeugenden Schutz von Infrastrukturen und der Umwelt einfließen.

Ein Projekt dieser Art kann nur in Zusammenarbeit vieler kompetenter Partner realisiert werden. Wichtig

war es, Wissenschaftler mit den zukünftigen Anwendern des Leitfadens, den Vertretern aus den Kommunen, zusammen zu bringen. Dies ist aus meiner Sicht sehr gut gelungen. Ich bin froh, dass das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) durch die finanzielle Förderung das Projekt ermöglichen und durch die fachliche Begleitung auch mitgestalten konnte. Mit dem Leitfaden liegen nun ein Instrument zur Ermittlung der Verwundbarkeit und ein Baustein zur Umsetzung einer Risikoanalyse auf kommunaler Ebene vor.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Beteiligten am Projekt bedanken. Erst Ihr Engagement hat die Erstellung dieses Leitfadens ermöglicht. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Birkmann, United Nations University - Institute for Environment and Human Security, der das Projekt kompetent und erfolgreich geleitet hat. Ferner möchte ich mich insbesondere bei allen Projektbeteiligten aus den Städten Köln und Dresden bedanken. Sie haben mit Ihrer Expertise dafür gesorgt, dass der Leitfaden ein gelungenes Werkzeug für die Praxis geworden ist.

Christoph Unger
Präsident
Bundesamt für Bevölkerungsschutz und
Katastrophenhilfe



Prof. Dr. Jakob Rhyner
Direktor
UNITED NATIONS UNIVERSITY
Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS)

Die deutlichen Signale des globalen Klimawandels werden nicht nur zu einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur führen, sondern auch mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit sog. Extremwetterereignisse zur Folge haben. Für Europa und damit auch für Deutschland sind u.a. zunehmende Herausforderungen im Bereich der Hochwasser, Starkniederschläge und Hitzewellen zu erwarten. Die internationale Gemeinschaft sowie zahlreiche Länder und Kommunen erkennen mehr und mehr an, dass eine Fokussierung allein auf die Naturgefahr zu kurz greift.

Sowohl für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz als auch für Vorsorgestrategien in der Stadt- und Regionalentwicklung zeigt sich immer deutlicher, dass integrierte und holistische Risikoreduktionsstrategien notwendig sind. In diesem Kontext ist die Erfassung der Verwundbarkeit bzw. Vulnerabilität ein wesentlicher Schlüssel für die Entwicklung angemessener Handlungsstrategien.

Die UNITED NATIONS UNIVERSITY – Institute for Environment and Human Security, die das Forschungsprojekt leitete, kommt in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsvorhaben zum Thema Risiken und Katastrophen zu dem Schluss, dass der zentrale Ansatzpunkt für die Minderung von Katastrophenrisiken in der Reduzierung der Vulnerabilität liegt. Demzufolge ist ein differenziertes Wissen über die Möglichkeiten der Erfassung und Abschätzung der verschiedenen Facetten der Vulnerabilität dringend erforderlich.

Der vorliegende Leitfaden „Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene“ zeigt anschaulich und daher nachvollziehbar, wie der abstrakte Begriff der Verwundbarkeit gegenüber Hochwassergefahren in kon-

krete Indikatoren und Kriterien sowie entsprechende Assessmentverfahren überführt werden kann. Der Leitfaden richtet sich zwar in erster Linie an PraktikereInnen in den Bereichen Bevölkerungsschutz, kommunale Verwaltung sowie Raum- und Umweltplanung, er kann jedoch auch für die Forschung sowie für interessierte BürgerInnen, die sich mit Fragen der Erfassung, Messung und Bewertung von Risiken und Verwundbarkeiten gegenüber Hochwassergefahren befassen, wichtige Anhaltspunkte geben.

Der Leitfaden veranschaulicht an praktischen Beispielen die Umsetzbarkeit des Konzepts der Verwundbarkeit gegenüber Hochwassergefahren. Es werden unterschiedliche Handlungsbereiche thematisiert: Bevölkerung, Umwelt und Kritische Infrastrukturen. Des Weiteren werden die Möglichkeiten der Fernerkundung zur Vulnerabilitätsabschätzung dargelegt. Den unterschiedlichen Ansätzen ist dabei gemeinsam, dass sie zentrale Faktoren der Verwundbarkeit für ihren Themenbereich operationalisieren und systematisch anwenden:

a) Exposition gegenüber der Naturgefahr, b) Anfälligkeit und c) Bewältigungskapazität der exponierten Elemente.

Insgesamt ist der Leitfaden eine zentrale Hilfestellung und ein weiterführendes Dokument für alle, die holistische und integrierte Risikominderungsstrategien gegenüber Hochwasserereignissen und Hochwassergefahren anstreben. Ihre Praxisrelevanz verdankt die Studie u.a. den zahlreichen Projektpartnern und Praxispartnern, die an der Entwicklung und Diskussion der Studie und des vorliegenden Leitfadens beteiligt waren. Besonderen Dank darf ich an dieser Stelle bereits an die Mitglieder des Autorenteam und den Projektleiter richten sowie an das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, welches diese Studie durch die Finanzierung ermöglicht und

mit entsprechendem Know-How aus der Praxis des Bevölkerungsschutzes begleitet hat.

Der Leitfaden kann nur ein Baustein in der weiteren Diskussion um Risikomanagement und Anpassungsstrategien gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels sein. In dieser Hinsicht sind die Leser aufgerufen, durch Anmerkungen, Ergänzungen und durch praktische Umsetzungen des Leitfadens in ihren Kommunen die Diskussion fortzuführen. Der vorliegende Leitfaden bietet hierzu eine sehr gute Grundlage und praxisorientierte Handlungsanleitung.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Rhyner'.

Prof. Dr. Jakob Rhyner
Direktor
UNITED NATIONS UNIVERSITY
Institute for Environment and Human Security

Danksagung

Ohne den Einsatz zahlreicher Mitstreiter wären die Studie sowie der praxisorientierte Leitfaden in seiner jetzigen Form nicht erstellbar gewesen. Daher möchten wir von Seiten des Autorenteam an dieser Stelle wichtigen Akteuren danken, die die Diskussion über die Erfassung, Messung und Bewertung der Vulnerabilität gegenüber Hochwassergefahren an den konkreten Beispielen der Stadt Köln und Dresden wesentlich gefördert haben.

Besonderer Dank gilt dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe für die Förderung des Vorhabens sowie die Begleitung mit entsprechendem Know-How aus der Praxis des Bevölkerungsschutzes. Des Weiteren ist insbesondere den Praxispartnern aus der Stadt Köln und der Landeshauptstadt Dresden zu danken – namentlich Herrn Vogt und Frau Mertsch (Hochwasserschutzzentrale, StEB Köln) sowie Frau Dr. Wöllecke (BTU Cottbus, für UNU-EHS tätig bei der Hochwasserschutzzentrale, StEB Köln), der Berufsfeuerwehr Köln, dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik Köln, dem Umwelt- und Verbraucherschutzamt Köln, dem Amt für Informationsverarbeitung Köln, Herrn Deistler (Internationale Angelegenheiten Köln), Herrn Dr. Korndörfer und Herrn Dr. Ullrich (Umweltamt Dresden), dem Geschäftsbereich Ordnung und Sicherheit Dresden, dem Amt für Stadtökologie Dresden sowie der Statistikstelle Dresden. Darüber hinaus gilt unser Dank der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V., der Hochwassernotgemeinschaft Rhein e.V., dem Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung, der Bezirksregierung Köln, dem Stadtplanungsamt Andernach und der Leitstelle Radebeul.

Für ihre Bereitschaft, unsere Arbeit in vielfältiger Weise zu unterstützen, danken wir den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der RheinEnergie AG, der

DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH, der Stadtwerke Andernach GmbH, der RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH, Regionalzentrum Rauschermühle, der Wasserversorgung und Stadtentwässerung Radebeul GmbH, des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden, des ehemaligen Staatlichen Umweltfachamtes Radebeul, des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, des Umweltforschungszentrums Halle-Leipzig, des Umwelt- und Verbraucherschutzamtes Köln, der Bezirksregierung Köln, des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, der Außenstelle des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Großenhain, des Sächsischen Landesbauernverbandes, des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und des Landwirtschaftskreisverbandes Köln / Rhein-Erft-Kreis.

Ein besonderer Dank geht an die Mitglieder der Bürgerinitiative Hochwasser Altgemeinde Rodenkirchen e.V., die uns die Betrachtung des Themas Hochwasser aus der Perspektive der Betroffenen ermöglichten sowie allen Kölner und Dresdner BürgerInnen, die bereit waren, an der Haushaltsbefragung teilzunehmen. Darüber hinaus gilt unser Dank zahlreichen Kollegen aus der Wissenschaft, die den Ansatz auf verschiedenen Fachkonferenzen und Workshops kritisch kommentiert und damit eine gezielte Weiterentwicklung auf den Weg gebracht haben. Auch den studentischen Mitarbeitern, die an diesem Projekt mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Für das Autorenteam
Jörn Birkmann
(UNU-EHS, Projektleiter)

Das Autorenteam

PD Dr.-Ing. Jörn Birkmann (UNU-EHS, Projektleiter)

Prof. Dr. Stefan Dech (DLR)

Dr. Monika Gäbler (DLR)

Susanne Krings (UNU-EHS)

Prof. Dr. Wilfried Kühling (MLU)

Kathleen Meisel (MLU)

Achim Roth (DLR)

Antje Schieritz (für UNU-EHS tätig beim Umweltamt Dresden)

Dr. Hannes Taubenböck (DLR)

Maike Vollmer (UNU-EHS)

Dr. Torsten Welle (UNU-EHS, Kartographie)

Jan Wolfertz (UNU-EHS)

Michael Wurm (DLR)

Hendrik Zwenzner (DLR)

Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene

Inhalt

1	Vorwort
1	<i>Christoph Unger</i>
2	<i>Prof. Dr. Jakob Rhyner</i>
4	Danksagung
5	Das Autorenteam
I. Kapitel	Zusammenfassung
II. Kapitel	Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene <i>(Autor: Jörn Birkmann)</i>
17	2.1 Methodisches Vorgehen und zentrale Konzepte
18	2.1.1 Verwundbarkeitskonzept
19	2.1.2 Anwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS)
19	2.1.3 Szenarienbasiertes Vorgehen
21	2.2 Nutzergruppen und Anwendungsbereiche des Leitfadens
23	2.3 Anmerkungen zur Anwendung des Leitfadens
III. Kapitel	Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen <i>(Autorin: Susanne Krings)</i>
26	3.1 Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung
26	3.1.1 Betrachtungsebenen
27	3.1.2 Verwundbarkeitskriterien
28	3.1.3 Abhängigkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung
29	3.2 Erste Assessment-Phase: Abschätzung der Verwundbarkeit von Teilprozessen / Komponenten
29	3.2.1 Ablaufschema
30	3.2.2 Verwundbarkeitsklassen
31	3.2.3 Überprüfung der Datenlage
32	3.2.4 Gliederung der einzelnen Schritte
32	3.2.5 Form der Assessment-Ergebnisse
32	3.2.6 Durchführung der ersten Assessment-Phase Schritt für Schritt
41	3.2.7 Berücksichtigung der Stromabhängigkeit der Trinkwasserversorgung
42	3.2.8 Zwischenergebnis: Verwundbarkeit der Teilprozesse / Komponenten – Ableitung von Handlungsoptionen

44	3.3 Zweite Assessment-Phase: Abschätzung der Verwundbarkeit der Infrastruktur
45	3.3.1 Zusammenwirken der Teilprozesse der Stromversorgung
46	3.3.2 Zusammenwirken der Teilprozesse der Trinkwasser- versorgung
47	3.3.3 Alternatives Vorgehen bei Betrachtung mehrerer Hochwas- serszenarien
48	3.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen
48	3.4.1 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage
49	3.4.2 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen
IV. Kapitel	Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasse- rereignissen <i>(Autoren: Jörn Birkmann, Maike Vollmer, Jan Wolfertz Kartographie: Torsten Welle)</i>
54	4.1 Verwundbarkeit der Bevölkerung
54	4.1.1 Datengrundlage
55	4.1.2 Methodisches Vorgehen
56	4.1.3 Verwundbarkeitsindikatoren: Kernindikatoren und kommunalspezifische Indikatoren
57	4.1.4 Überblick über die Kernindikatoren
71	4.1.5 Überblick über die kommunalspezifischen Indikatoren
78	4.1.6 Betrachtungsebenen
79	4.2 Erstellung eines Kernsets von Indikatoren
79	4.2.1 Festlegen eines Hochwasserszenarios
79	4.2.2 Bestimmung des Expositionsgrades
80	4.2.3 Berechnung von Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung
88	4.2.4 Berechnung von Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung
93	4.3 Erstellung eines Sets von kommunalspezifischen Verwundbarkeitsindi- katoren
93	4.3.1 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung
94	4.3.2 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung
96	4.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen
V. Kapitel	Verwundbarkeitsassessment der Umwelt gegenüber Hochwasserereignis- sen auf kommunaler Ebene <i>(Autorin: Kathleen Meisel)</i>
99	5.1 Verwundbarkeit der Umwelt
99	5.1.1 Umweltdefinition
100	5.1.2 Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall
100	5.1.3 Verwundbarkeitskriterien

103	5.2 Abschätzung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen
103	5.2.1 Ablaufschema
104	5.2.2 Verwundbarkeitsklassen
104	5.2.3 Gliederung der einzelnen Schritte
105	5.2.4 Durchführung des Assessments Schritt für Schritt
120	5.3 Betrachtung der Verwundbarkeit einzelner Umweltbereiche
121	5.3.1 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und des Grundwassers gegenüber der Kontamination durch Altlasten
126	5.3.2 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und der Biotope gegenüber Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen
132	5.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen
132	5.4.1 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen
132	5.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage
VI. Kapitel	Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen mittels Fernerkundung <i>(Autoren: Michael Wurm, Hannes Taubenböck, Hendrik Zwenzner, Monika Gäbler, Achim Roth, Stefan Dech)</i>
135	6.1 Grundlegende Begriffe und Definitionen
136	6.1.1 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Assessment von Exposition und physischer Vulnerabilität bei Hochwasserereignissen
137	6.1.2 Fernerkundungsdatengrundlagen aus passiven Aufnahmesystemen
141	6.1.3 Fernerkundungsdatengrundlagen aus aktiven Aufnahmesystemen
144	6.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung zum Verwundbarkeitsassessment
144	6.2.1 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung vor einem Hochwasserereignis
151	6.2.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung während und nach einem Hochwasserereignis
153	6.3 Zusammenfassung
VII. Kapitel	Anhang
155	7.1 Check-Liste 1: Notstromversorgung im Hochwasserfall
167	7.2 Check-Liste 2: Organisatorische Bedingungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung
172	7.3 Beispiele zum Verwundbarkeitsassessment von Strom- und Trinkwasserversorgung

178	7.4 Ergebnisse aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung
178	7.4 A Evakuierungsfähigkeit nach Haushaltstyp
180	7.4 B Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit einer logistischen Regression
182	7.4 C Mediane der Evakuierungszeit nach Haushaltstyp
183	7.4 D Schätzung des Versicherungsschutzes mit Einkommensdaten
185	7.4 E Schätzung des Versicherungsschutzes mit Daten zum Eigentümer-Mieter-Verhältnis
186	7.5 Exkurs: Das Verfahren der logischen Verknüpfung im Bereich der „Umwelt-Verwundbarkeit“
189	Abkürzungsverzeichnis
192	Bildnachweis
196	Tabellenverzeichnis

I. Kapitel

Zusammenfassung

Verwundbarkeitsanalysen gewinnen für das Risikomanagement und den vorsorgenden Bevölkerungsschutz stetig an Bedeutung. Dies unterstreicht beispielsweise der neue Spezialbericht des IPCC "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)". Verwundbarkeit und Exposition werden hier als zentrale Einflussgrößen des Katastrophenrisikos beschrieben, die abgeschätzt und verändert werden können. Insbesondere durch Verwundbarkeitsanalysen erhalten der Bevölkerungsschutz oder die kommunale Planung wichtige Informationen, um das Katastrophenrisiko zu minimieren. Erfahrungen aus den vergangenen Hochwasserereignissen (z.B. England 2007 oder Australien 2011) haben zudem deutlich gemacht, dass auch im Hochwasserschutz ein umfassender Ansatz des Risikomanagements angewendet werden muss, um besser auf die Herausforderungen prognostizierter Veränderungen von Hochwasserereignissen im Zuge des Klimawandels vorbereitet zu sein.

Der vorliegende Leitfaden baut auf diesem Verständnis auf und bietet eine systematische Anleitung zur Abschätzung der Verwundbarkeit von städtischen Räumen gegenüber Hochwassergefahren. Die angewandten Methoden werden am Beispiel der Kernbereiche „Kritische Infrastrukturen“ (mit besonderem Fokus auf die Strom- und Trinkwasserversorgung), „Bevölkerung/Soziales“ und „Umwelt“ vorgestellt. Der Leitfaden geht nicht nur auf die europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007/60/EC über die Bewertung und das Management von Hochwassern in Europa, die bis 2015 eine schrittweise Entwicklung nationaler Hochwasserrisikomanagementpläne fordert, ein. Er greift vielmehr mit dem Assessment der Kernbereiche gewichtige Punkte einer Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz¹, die in den verschiedenen Regionen Europas Anwendung findet, auf. Damit wird der Leitfaden zu einem star-

ken Planungsinstrument für Mitarbeiter kommunaler Verwaltungseinrichtungen, wie Umweltämter, Stadtplanungsämter oder Statistikstellen, ebenso wie für Verantwortliche des Bevölkerungsschutzes, wie Feuerwehren und Rettungsdienste – in Europa und darüber hinaus.

Denn um die Umsetzung der Richtlinie und der Risikoanalysen des Bevölkerungsschutzes sowie einen effektiven Katastrophenschutz zu gewährleisten, ist die Einbeziehung der kommunalen Ebene von enormer Bedeutung. Entsprechend richten sich die im Zuge dieses Leitfadens angewandten Methoden zur Abschätzung ökonomischer, ökologischer und gesellschaftlicher Vulnerabilität an die kommunale Ebene. Diese Methoden, Kriterien und Indikatoren können zur Identifikation von Schwachstellen genutzt werden, die dann zur Entwicklung spezifischer Handlungsansätze, wie bspw. der Verbesserung der Bewältigungskapazitäten dienen können. Dies ermöglicht eine gezielte Umsetzung lokaler Maßnahmen zur Behebung etwaiger Unzulänglichkeiten im Hochwasserschutz bzw. zur Reduzierung der Verwundbarkeit im Hochwasserfall. Gleichzeitig können die Daten als Grundlage für zukünftige Entscheidungen in der räumlichen Planung und für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz verwendet werden. Eine derart umfangreiche Abschätzung auf kommunaler Ebene ist beispielsweise für den lokalen Katastrophenschutz von enormer Bedeutung, um im Fall einer Katastrophe den potentiellen Ausfall wichtiger Infrastrukturkomponenten angemessen und effektiv bewältigen zu können. Besonders in den Bereichen Raumplanung und Bevölkerungsschutz spielt der Einsatz von Geographischen Informationssystemen (GIS) zur Verknüpfung und Visualisierung von Daten eine grundlegende Bedeutung. Hierfür werden die Möglichkeiten der Fernerkundung zur Verwundbarkeitsabschätzung im städtischen Raum vorgestellt.

¹ Methoden für Risikoanalysen im Bevölkerungsschutz liegen in unterschiedlichen Ländern vor. Für Deutschland zum Beispiel: Deutscher Bundestag: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2011: Unterrichtung durch die Bundesregierung, BT-Drs. 17/8250 vom 12.12.2011. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/082/1708250.pdf> Dabei tauschen Deutschland und die anderen Mitgliedsstaaten der EU Informationen und Methoden sowie bewährte Verfahrensweisen aus. In diesem Kontext wird eng mit der Europäischen Kommission zusammengearbeitet. So entwickelt die EU Kommission gemeinsam mit den Mitgliedsstaaten Empfehlungen zu Methoden der Kartierung, Abschätzung und Analyse von Risiken. Rat der Europäischen Union (Hrsg.): Entwurf von Schlussfolgerungen des Rates zu einem Gemeinschaftsrahmen für die Katastrophenverhütung in der EU – Annahme. Brüssel 2009. <http://register.consilium.europa.eu/pdf/de/09/st15/st15394.de09.pdf>

Innerhalb der Kommune richten sich die Ausführungen hinsichtlich der verwendeten Daten, der benötigten technischen Infrastrukturen, des vom Anwender verlangten Hintergrundwissens und der erzeugten Informationen an unterschiedliche Adressaten. Der Bereich Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung ist sowohl für lokal tätige Versorgungsunternehmen als auch für den Bevölkerungsschutz, für die Betreiber weiterer Infrastrukturen und die Wirtschaft von besonderem Interesse. Das Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung kann für die betroffenen Bürger, die Stadtplanungsämter und insbesondere für den Bevölkerungsschutz eine solide Informationsgrundlage bereitstellen. Der Bereich Verwundbarkeitsassessment der Umwelt untersucht die Auswirkungen möglicher Umweltschäden, die durch die Überflutung von Kontaminationsquellen entstehen können, und gibt damit wichtige Hinweise zur Risikoabschätzung bei Planungsprozessen. Im Rahmen des Kapitels zu Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsmethoden sollen Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt werden, die es erlauben, Aussagen zur physischen Verwundbarkeit abzuleiten. Der Leitfaden bietet Verantwortlichen dabei die Möglichkeit diese Erkenntnisse anhand der detailliert beschriebenen Einzelschritte nachzuvollziehen und für die eigene Kommune durchzuführen.

Im Hinblick auf möglichst aussagekräftige Ergebnisse ist es empfehlenswert, die Abschätzung der lokalen Verwundbarkeit durch die parallele Berücksichtigung verschiedener Hochwasserszenarien (HQ-Szenarien)

zu spezifizieren und zu diversifizieren. Gerade weil bauliche Präventivmaßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an ihre Grenzen stoßen, ist es für die vorbereitende Planung von enormer Bedeutung zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses noch mit einer flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen ist. Auch die Fragen, wie viele Menschen ggf. evakuiert werden müssten und mit welchen Umweltgefährdungen zu rechnen wäre, sind zentrale Aspekte, die bei einem auf Vorsorge ausgerichteten Bevölkerungsschutz eine wichtige Rolle spielen. Damit diese lokalspezifischen Besonderheiten in die Entscheidungsfindung möglicher Maßnahmenpakete einbezogen und die Umsetzungen somit optimiert werden, ist die intensive Einbindung aller betroffenen lokalen Akteure anzustreben. Mit Rücksicht auf die europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (2007/60/EC) ist zudem sowohl eine regionale Zusammenarbeit und ein angemessener Informations- und Erfahrungsaustausch mit anderen Kommunen, als auch ein grenzüberschreitender Austausch von Erfahrungen, Analysen und Ergebnissen zielführend und ausdrücklich empfohlen. Besonders eine zuverlässige transnationale Zusammenarbeit – nicht nur auf politischer Ebene – innerhalb eines Überschwemmungsgebietes ermöglicht die gemeinsame Vorbereitung auf ein zukünftiges Hochwasser, sowie eine fortlaufende Optimierung und Weiterentwicklung von Maßnahmen für die Verringerung oder gar Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Bevölkerung, die Umwelt, sowie die Wirtschaftssektoren.

Autor: Jörn Birkmann

II. Kapitel

Verwundbarkeitsassessment gegenüber

Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene

Im Zuge des Klimawandels und je nach Region prognostiziert der vierte Sachstandsbericht des IPCC eine Veränderung der Häufigkeit und Magnitude von Hochwassern in den kommenden Jahren.² Auch schon die Überschwemmungen des Jahres 2002 an der Elbe, sowie 2007 in England und 2011 in Queensland und Victoria (Australien) haben deutlich gemacht, dass Menschen, Wirtschaftssektoren, sowie Infrastrukturen – in Industrie- und Entwicklungsländern – verwundbar gegenüber extremen Hochwasserereignissen sind. So verursachte das Elbe-Hochwasser 2002 beispielsweise einen Schaden von fast 17 Milliarden US \$³. Im Jahr 2007 waren in England 350.000⁴, in Australien im Jahr 2011 mehr als 200.000 Menschen⁵ durch Überschwemmungen betroffen. Weil technische Maßnahmen allein extreme Hochwasserereignisse nicht beherrschen können, rückt neben dem konventionellen, technischen Hochwasserschutz auch der methodische Umgang mit dem Risiko und der Vulnerabilität ins Zentrum der Überlegungen zum Katastrophenschutz und der vorsorgenden Planung.

In Europa erarbeitet die EU-Kommission gemeinsam mit den Mitgliedstaaten Empfehlungen zu Methoden der Kartierung, Abschätzung und Analyse von Risiken. Eine Grundlage für diese Arbeit sind nationale Konzepte und Verfahren zur Risikobewertung.⁶ In

einigen Ländern wie in Deutschland ist die Risikoanalyse gesetzlich verankert und wird nunmehr als Instrument gezielt eingesetzt.⁷ Bei Risikoanalysen zum Bevölkerungsschutz werden, wenn möglich und relevant, auch künftige Auswirkungen des Klimawandels und die notwendige Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt.

Die strukturierte Erfassung und Bewertung, beispielsweise von Extremereignissen wie dem Hochwasser, trägt zur Maßnahmenidentifizierung und Risikominderung bei. Aus diesem Grund veröffentlichte der Weltklimarat der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) den “Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation” (SREX), der verdeutlicht: “exposure and vulnerability are key determinants of disaster risk and of impacts when risk is realized.”⁸ Exposition beschreibt dabei das physische Ausgesetztsein beispielsweise von Siedlungen oder Infrastrukturen gegenüber Naturgefahren. Die Verwundbarkeit dieser Komponenten wird durch Anfälligkeit sowie durch (den Mangel) an Kapazitäten zur Bewältigung von Extremereignissen beschrieben. Sowohl Exposition als auch Verwundbarkeit sind in diesem Kontext beeinflussbare Komponenten. Der Bericht unterstreicht damit die Bedeutung von Verwundbarkeitsanalysen im Sinne

² IPCC (2007): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

³ MunichRE NatCatSERVICE (2011): *Bedeutende Naturkatastrophen weltweit - Die 10 teuersten Überschwemmungen weltweit für die Gesamtwirtschaft*, http://www.munichre.com/app_pages/www/@res/pdf/natcatservice/significant_natural_catastrophes/2011/NatCatSERVICE_significant_floods_eco_june2011_touch_de.pdf, abgerufen am: 05.03.2012.

⁴ Pitt, M. (2007): *Learning lessons from the 2007 floods. An Independent review by Sir Michael Pitt. The Pitt Review*.

⁵ <http://www.unescap.org/idd/events/2011-Pakistan-Flood-Islamabad/Statement-Mr.Xuan-Islamabad-1-March-11.pdf> (abgerufen am 06.03.2012)

⁶ Rat der Europäischen Union (Hrsg.): *Entwurf von Schlussfolgerungen des Rates zu einem Gemeinschaftsrahmen für die Katastrophenverhütung in der EU – Annahme. Brüssel 2009*. <http://register.consilium.europa.eu/pdf/de/09/st15/st15394.de09.pdf>

⁷ Deutscher Bundestag: *Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2011: Unterrichtung durch die Bundesregierung, BT-Drs. 17/8250 vom 12.12.2011*. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/082/1708250.pdf>

⁸ IPCC, 2012: *Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

der Risikoreduktion. Nur durch die Abschätzung der Vulnerabilität verschiedener Sektoren, wie beispielsweise Menschen, Umwelt, oder Kritischen Infrastrukturen können Schwachpunkte identifiziert und Handlungsansätze für ein Risikomanagement abgeleitet werden.

In diesem Zusammenhang stellt die 2007 durch das Europäische Parlament sowie den Rat der Europäischen Union verabschiedete Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007/60/EC einen Ansatzpunkt für die Reduzierung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwassern dar. Demnach sind alle Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, grenzüberschreitende Maßnahmen zur Verringerung oder gar Vermeidung nachteiliger Auswirkungen von Hochwassern auf die Bevölkerung, die Umwelt, sowie die Wirtschaftssektoren innerhalb der jeweiligen potenziellen Überschwemmungsgebiete einzuleiten. Um einen angemessenen Umgang mit Hochwassern zu gewährleisten, fordert die Richtlinie einen dreistufigen Ansatz, der die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, zusammenzuarbeiten und Hochwasserrisikomanagement künftig grenzübergreifend zu betreiben. Dieser beinhaltet (I) die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos aller Mitgliedstaaten, sowie (II) die Erstellung von Hochwassergefahren- und risikokarten bis Ende 2013. Die gewonnenen Daten und Erkenntnisse müssen der EU-Kommission vorgelegt werden und dienen als Grundlage für die Ende 2015 fertigzustellenden (III) nationalen Hochwasserrisikomanagementpläne. Der Schwerpunkt dieser Managementpläne, die im Sechsjahresrhythmus überprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden, liegt auf der Vorsorge gegenüber Hochwasserereignissen.

Zusätzlich spielt die Entwicklung des Schutzes Kritischer Infrastrukturen auf nationaler und europäischer Ebene eine wichtige Rolle im Bezug auf Naturgefahren im Allgemeinen, bzw. den Hochwasserschutz

im Speziellen. Welche Wirkung Naturgefahren auf Infrastrukturen haben können, wurde unter anderem durch das Erdbeben bzw. den darauf folgenden Tsunami, der im März 2011 die japanische Küste sowie das Atomkraftwerk Fukushima traf, sichtbar. Aufgrund hoher Interdependenzen der Netzwerke Kritischer Infrastrukturen kann die Zerstörung bzw. die Beeinträchtigung dieser Systeme weitreichende Folgen haben. Dies gilt zum einen auf räumlicher Ebene durch die starke inter- und transnationale Vernetzung. Zum anderen ist der Ausfall großer Infrastruktursysteme mit hohen Kosten und Ertragsverlusten für die Betreiber verbunden, wie beispielsweise eines der schlimmsten Hochwasserereignisse im Vereinigten Königreich 2007⁹ unter Beweis stellte. In diesem Kontext hat das Europäische Parlament im November 2005 ein europaweites Programm zum Schutz Kritischer Infrastrukturen¹⁰ initiiert. Zusätzlich wurde 2008 die Richtlinie 2008/114/EC über *die Ermittlung und Ausweisung europäischer Kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern* verabschiedet. Auf internationaler Ebene wird die Bedeutung Kritischer Infrastrukturen unterstrichen. So weist die International Strategy for Disaster Reduction der Vereinten Nationen (UN/ISDR)¹¹ auf die Bedeutung von Infrastrukturen im Nachgang einer Katastrophe, bzw. deren Bewältigung hin. Funktionierende Infrastrukturen können die Kosten solcher Ereignisse reduzieren und ihre Bewältigung verbessern. Aus diesen Gründen wird die Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber Hochwasser im vorliegenden Leitfaden besonders intensiv aufgegriffen und eine Methode zur Abschätzung dieser vorgestellt.

Im Kontext der beiden EU-Richtlinien enthält der vorliegende Leitfaden eine systematische und international anwendbare Anleitung zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser. Unter besonderer Berücksichtigung der Kernbereiche *Be-*

⁹ Allein in der Region Gloucestershire waren ca. 350.000 Menschen für mehr als 2 Wochen von der Hauptwasserversorgung abgeschnitten, 42.000 waren von einem 24-stündigen Stromausfall betroffen. (Pitt, 2007)

¹⁰ EPCIP (European Programme for Critical Infrastructure Protection) (2012): Summary. Abrufbar unter: http://europa.eu/legislation_summaries/justice_freedom_security/fight_against_terrorism/I33260_en.htm (abgerufen am 16.02.2012).

¹¹ UN/ISDR [United Nations International Strategy for Disaster Reduction] (2007): Words Into Action: A Guide for Implementing the Hyogo Framework, Geneva, available via: http://www.unisdr.org/files/594_10382.pdf, last accessed: 11.01.2012.

völkerung, Kritische Infrastrukturen (insbesondere die Strom- und Trinkwasserversorgung) und *Umwelt* richtet er sich speziell an Akteure der kommunalen Ebene sowie Verantwortliche des Bevölkerungsschutzes, um Antworten auf wichtige Fragen zur Versorgungssicherheit von Infrastrukturleistungen, zur vorsorgenden Planung, zum Risiko- und Krisenmanagement, sowie zu Umweltfragen im Hochwasser-

fall zu geben. Neben der Abschätzung lokaler Vulnerabilitäten identifiziert der Leitfaden gleichzeitig Schwachstellen und Hotspots und ermöglicht das Ableiten von Handlungsansätzen für den Katastrophenschutz. Er kann somit dazu beitragen das Hochwasserrisikomanagement sowie den Schutz Kritischer Infrastrukturen auf kommunaler Ebene, europaweit und international zu verbessern.

2.1 Methodisches Vorgehen und zentrale Konzepte

Die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit von derart unterschiedlichen Bereichen wie der Bevölkerung, der Versorgung mit zentralen Infrastrukturleistungen (im konkreten Fall die Strom- und Trinkwasserversorgung) sowie der Umwelt erfordert die Auswertung unterschiedlichster Datengrundlagen und die Nutzung einer Vielzahl von Informationsquellen sowie die Anwendung spezifischer Methoden. Entsprechend unterschiedlich ist das Vorgehen der in diesem Leitfaden vorgeschlagenen Wege zum Verwundbarkeitsassessment auf kommunaler Ebene. Während die Untersuchung der Verwundbarkeit der Strom- und Trinkwasserversorgung in erster Linie auf der strukturierten Zusammenführung von qualitativen Informationen von Betreibern und kommunaler Verwaltung beruht, werden im Bereich der sozialen Verwundbarkeit (Bevölkerung) quantitative Auswertungen auf der Basis der kom-

munalen Statistik vorgenommen. Im Bereich Umwelt wird die Verknüpfung verwundbarkeitsrelevanter und räumlicher Informationen zur Grundlage des Assessment-Verfahrens gemacht. Im eher methodisch ausgerichteten Kapitel zu Möglichkeiten der Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden im Rahmen eines Verwundbarkeitsassessments soll es schließlich darum gehen, die Chancen und Grenzen dieser Techniken auszuloten und in das Ensemble der unterschiedlichen hier vorgestellten Vorgehensweisen zu integrieren.

Trotz aller den individuell unterschiedlichen Untersuchungsgegenständen geschuldeten Herangehensweisen, liegen dem hier vorgestellten Leitfaden dennoch methodische und konzeptionelle Gemeinsamkeiten zugrunde. Diesen soll im Folgenden besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

2.1.1 Verwundbarkeitskonzept

Die Verwundbarkeit gegenüber einem Hochwasser beschreibt nach der hier getroffenen Definition die Summe aller Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der prinzipiell möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses bestimmen. Diese Faktoren und Prozesse können unterschiedliche Formen, von der Beschädigung von Objekten über schlechte Management- und Governance-Strukturen, annehmen. Das Verwundbarkeitskonzept beruht auf der Annahme, dass Wechselwirkungen zwischen **Exposition**, **Anfälligkeit** und **Bewältigungskapazität** das Maß der Verwundbarkeit bestimmen¹². Da in der Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen für die im weiteren Verlauf zentralen Begriffe verwendet wird, wurden diese für die Anwendung im Rahmen des vorliegenden Leitfadens wie folgt definiert:

Die **Exposition** bezeichnet den Umstand, dass ein bestimmtes Gut (Bevölkerung, Bebauung, Infrastrukturkomponenten, Umweltbereiche) den Auswirkungen eines Hochwassers ausgesetzt ist. In den hier vorgestellten Verfahren zur Verwundbarkeitsabschätzung (vgl. Kapitel 3, 4 und 5) wird die Exposition gegenüber Hochwassergefahren im Bereich Bevölkerung über die Lage des Wohnstandortes und im Bereich der Strom- und Wasserversorgung über die Standorte der Komponenten ermittelt. Im Bereich Umwelt wurde der Parameter Lage im Überschwemmungsgebiet um den Faktor Nähe zu Kontaminationsquellen ergänzt. Die Fernerkundung stellt Verfahren zur Bestimmung der Exposition mittels Satellitendaten zur Verfügung. Wie in Kapitel 2.1.3 näher beschrieben, wird die Exposition über die Festlegung von Hochwasserszenarien bestimmt.

Mit dem Begriff der **Anfälligkeit** wird beschrieben, inwiefern mögliche Schäden oder funktionale Beeinträchtigungen in Folge eines Hochwasserereignisses unter der Bedingung der Exposition auftreten können. Zur Ermittlung der Anfälligkeit im Bereich Bevölkerung wurden die Kriterien Evakuierungsfähigkeit und Evakuierungsgeschwindigkeit sowie Sensibilität und Informationslage bezüglich Hochwassergefahren ausgewählt. Beim Assessment der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung wird die Funktionsanfälligkeit als ein Teilaspekt der Anfälligkeit ins Zentrum der Betrachtungen gerückt. Im Bereich der Umweltverwundbarkeit spielen die verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften (Schutzwürdigkeit der Böden, Grundwassergeschütztetheit und Biotopwert) eine zentrale Rolle.

Über die Einbeziehung der **Bewältigungskapazität** werden die aktuell zur Verfügung stehenden Maßnahmen, Ressourcen und Prozesse abgebildet, welche dazu beitragen, die negativen Folgen des Hochwasserereignisses zu begrenzen. Im Bereich Bevölkerung werden der Versicherungsschutz, die Verfügbarkeit von Erfahrungswissen und der Grad, zu dem in Eigenvorsorge Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, als zentrale Aspekte der Bewältigungskapazität verstanden. Im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit der Infrastrukturleistungen kann vor allem die Ersetzbarkeit ausfallender Leistung durch technische Vorkehrungen und organisatorische Maßnahmen zur Bewältigungskapazität beitragen.

¹² siehe auch Birkmann, J. (2006): *Measuring Vulnerability to promote disaster resilient societies: Conceptual frameworks and definitions*. In: Birkmann, J. (Hrsg.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo.

2.1.2 Anwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS)

Allen hier vorgestellten Verfahren zum Verwundbarkeitsassessment ist die Anwendung räumlicher Auswertungs-, Verknüpfungs- und Visualisierungsmethoden in Form eines Geographischen Informationssystems (GIS) gemeinsam. Mit Ausnahme des Verfahrens zur Bestimmung der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung können die hier vorgeschlagenen Assessment-Methoden nicht in vollem Umfang ohne die Anwendung eines solchen Systems durchgeführt werden (auch beim Verwundbarkeitsassessment der Versorgungsinfrastrukturen fällt die Verwaltung der Information und die Visualisierung der Ergebnisse mit Hilfe eines GIS wesentlich leichter).

Es gilt demnach, am Besten schon vor Beginn des Assessments zu klären, ob alle benötigten Informationen in digitalen Datenformaten vorliegen und eine

Software zur Verarbeitung der räumlichen Informationen und die entsprechenden personellen und technischen Voraussetzungen zur Nutzung eines GIS zur Verfügung stehen. Die im Leitfaden beschriebenen Funktionen und die Erstellung der Karten wurden mit Hilfe des Programms ArcGIS in den Versionen 9.1 und 9.2 durchgeführt. Die Daten lagen in den entsprechenden Datenformaten vor oder wurden in diese überführt. Weitere Informationen zur Anwendung sind den einzelnen Kapiteln zu entnehmen. Es ist anzumerken, dass das beschriebene Programm nur eine Möglichkeit darstellt – selbstverständlich können auch andere GIS-Programme mit einem vergleichbaren Funktionsumfang verwendet werden. Selbst einige Open-Source basierte, d. h. online frei verfügbare, Software-Pakete könnten ggf. eine Alternative darstellen.

2.1.3 Szenarienbasiertes Vorgehen

Unter einem Hochwasserszenario wird im Folgenden die Annahme eines Hochwasserereignisses mit einem bestimmten Überschwemmungsgebiet verstanden. Es bestimmt die Randbedingungen, unter denen das Assessment durchgeführt wird. Am deutlichsten tritt dieser Umstand im Zusammenhang mit dem Verwundbarkeitsaspekt ‚Exposition‘ zu Tage, welche als die Lage eines Guts im Überschwemmungsgebiet definiert ist. Alle die Verwundbarkeit von Bevölkerung, Infrastrukturversorgung und Umwelt betreffenden Aussagen, die mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens getroffen werden, gelten stets mit der Einschränkung ‚unter Annahme des festgelegten Hochwasserszenarios‘. Oder mit anderen Worten: Mit der Festlegung des Szenarios wird der Geltungsbereich der Verwundbarkeitsaussage definiert.

Die Festlegung eines solchen Szenarios muss allen weiteren Schritten vorausgehen. Um den Assessment-Aufwand nicht weiter zu erhöhen, arbeiten die innerhalb des Projekts entwickelten Methoden zunächst nur mit der überfluteten Fläche als Parameter. Gemäß der Richtlinie 2007/60/EC des Europäischen Parlaments können optional auch weitere Einflussfaktoren, wie etwa die Überflutungshöhe oder die Fließgeschwindigkeit, hinzugezogen werden. Darauf wurde jedoch zunächst bewusst verzichtet, da nicht davon auszugehen ist, dass diese Informationen flächendeckend vorliegen.

In der Regel werden Szenarien als HQ-Szenarien angegeben. Diese beschreiben ein Hochwasserereignis mit einem bestimmten statistischen Wiederkehrinter-

vall. Mit Bezug auf die Richtlinie 2007/60/EC sind Hochwasser mit

- a) niedriger Wahrscheinlichkeit (Extremereignisse),
- b) mittlerer Wahrscheinlichkeit (HQ-100 Szenario entspricht einem statistischen Hochwasser-Wiederkehrintervall ≥ 100 Jahre) und
- c) hoher Wahrscheinlichkeit

in die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten einzubeziehen. Entscheidend ist allerdings, dass das Szenario kartographisch, am besten in Form eines GIS, dargestellt werden kann und dass sich alle während des Verwundbarkeitsassessments ausgeführten Schritte konsequent auf dasselbe Szenario beziehen. Anderenfalls büßt das Assessment-Ergebnis an Aus-

sagekraft ein. Es ist daher sehr wichtig, das jeweilige Szenario in der Kommunikation mit den Beteiligten zur Grundlage zu machen.

Den Hochwasserszenarien entsprechend sollte das Assessment parallel für die unterschiedlichen Hochwasserstände durchgeführt werden. Selbst wenn die Umsetzung von präventiven Maßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an Grenzen stoßen sollte (maximales Schutzniveau), so kann es dennoch eine Hilfe für die vorbereitende Planung sein, zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses noch mit einer flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen ist, wie viele Menschen ggf. evakuiert werden müssten und mit welchen Umweltgefährdungen zu rechnen wäre.

2.2 Nutzergruppen und Anwendungsbereiche des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden kann mit der Betrachtung unterschiedlicher Schlüsselbereiche (Bevölkerung, Kritische Infrastrukturen, Umwelt) und der ganzheitlichen Betrachtung der Auswirkungen der Naturgefahr Hochwasser im städtischen Raum (Betrachtung des Zusammenwirkens von Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) wichtige Informationen für unterschiedliche Anwender zur Verfügung stellen. Die Verwundbarkeitsabschätzungen können sowohl zur Erhebung des aktuellen Status angewendet werden als auch im nächsten Schritt zur Identifikation von Handlungsbedarf, zur Erstellung von Einsatzplänen, zur Priorisierung von Maßnahmen, zum Vergleich mehrerer Planungsalternativen und zur fortlaufenden Kontrolle dienen.

Zum Adressatenkreis gehören demnach alle Einrichtungen, die sich auf kommunaler Ebene mit Hochwasserereignissen auseinandersetzen – da das Wasser nicht vor bestimmten Objekten oder administrativen Grenzen halt macht, bietet es sich an, die Durchführung des Assessments arbeitsteilig im Rahmen einer interdisziplinär ausgerichteten Arbeitsgruppe vorzunehmen. Zur Bearbeitung des Themenbereichs Verwundbarkeit der Bevölkerung werden Expertise, Infrastruktur und Datengrundlage einer kommunalen Statistikstelle ebenso gebraucht wie die Mitarbeit der vor Ort mit der Stadtplanung befassten Stellen, welche über die räumlichen Informationen und die personellen und technischen Möglichkeiten zum Aufbau eines GIS verfügen. Über die Integration weiterer Erkenntnisse aus dem Verwundbarkeitsassessment von Strom- und Trinkwasserversorgung (Einbindung von Infrastrukturbetreibern) und Umwelt (Zusammenarbeit mit dem Umweltamt bzw. der zuständigen Genehmigungsbehörde) entsteht systematisch eine umfassende Datenbasis.

Die so entstandene Informationsplattform kommt zunächst dem Bevölkerungsschutz zu Gute. Für die Planung von Einsätzen im Hochwasserfall ist es ent-

scheidend nicht nur zu wissen, wo Menschen dem Hochwasser ausgesetzt sind, auch die Einschätzung, wie viele Betroffene es geben würde, wie viele Menschen sich möglicherweise nicht selbst helfen könnten, ob ggf. nicht evakuierbare Einrichtungen im Überschwemmungsgebiet liegen und auf welche Bedürfnisse bei der Einrichtung von Notunterkünften zu achten wäre, liefern wichtige Informationen. Angaben dazu, in welchen Bereichen Bevölkerung und Einsatzkräfte sich im Hochwasserfall nicht auf eine funktionierende Stromversorgung (inklusive aller damit in Verbindung stehenden Folgen) verlassen können, tragen zusätzlich zu einer differenzierteren Einschätzung der Situation bei. Über die Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden können bei Eintritt eines Hochwassers schnell Informationen zur Lage vor Ort bereitgestellt werden.

Die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung, als wichtige Vorbedingung, um Eigenvorsorge anstoßen und Selbsthilfepotenziale steigern zu können, ist ein wichtiger Schritt, um die negativen Folgen eines Hochwassers so gering wie möglich zu halten. Ein hoher Informations- und Vorsorgegrad der Bevölkerung in den betroffenen Gebieten kann sich in mehrfacher Hinsicht positiv auswirken: Nicht nur wird der materielle Schaden minimiert und die Arbeit der Einsatzkräfte unterstützt, auch ist das Auftreten negativer gesundheitlicher und seelischer Folgen eines Hochwassers bei gut vorbereiteten Menschen in deutlich geringerem Maße zu erwarten. Im Rahmen einer umfassenden Information der Bevölkerung sollte auch die Gefahr von Versorgungsausfällen (z. B. im Bereich der Stromversorgung) thematisiert werden. Das im vorliegenden Leitfaden vorgeschlagene Verwundbarkeitsassessment stellt jedoch nicht nur eine Vielzahl von Informationen für die Bevölkerung bereit, auch kann deren anschauliche Visualisierung in Form von Karten die Kommunikation der Ergebnisse für eine breitere Öffentlichkeit erleichtern.

Zudem kann die lokal ansässige Wirtschaft inklusive der Betreiber von Infrastruktureinrichtungen von der Durchführung einer Verwundbarkeitsabschätzung nach dem Muster des vorliegenden Leitfadens profitieren. Fragen der eigenen Exposition, der Zugänglichkeit des Geländes, der Betroffenheit von Gebäuden und Anlagen, der Sicherheit der Mitarbeiter, der Versorgung mit Infrastrukturleistungen und Gütern sowie möglicher Umweltgefährdungen im Fall eines Hochwassers stellen sich in diesem Fall. Die Erstellung von Plänen, die Vorbereitung des Personals und die Durchführung gezielter Objektschutzmaßnahmen können nicht nur einen Beitrag zur Minimierung von Schäden, zur Verkürzung von Ausfallzeiten und zur Erhöhung der Arbeitssicherheit leisten, sondern auch im Sinne vertrauensbildender Maßnahmen ein wichtiges Signal nach außen geben.

Des Weiteren sei auf die Bedeutung der Verwundbarkeitsabschätzung im Kontext unterschiedlichster Planungsprozesse hingewiesen. So kann beispielsweise das Verwundbarkeitsassessment der Umwelt wichtige Hinweise zur Anlage von neuen Gewerbe- und Industrieflächen, zur Festlegung von Objekt und Flächenschutzmaßnahmen im Interesse einer Vermeidung von Kontamination oder zur Priorisierung von Maßnahmen zur Altlastensanierung geben. Die Planung von neuen oder der gezielte Rückbau vorhandener Infrastruktureinrichtungen und die hoch-

wasserangepasste Auslegung von Gebäuden, Anlagen und Infrastrukturkomponenten (z. B. Integration von Verkehrswegen in Hochwasserschutzanlagen) können dabei helfen, die Auswirkungen eines Hochwassers vor Ort bestmöglich zu bewältigen und auch in Zukunft die negativen Folgen möglichst klein zu halten.

Abgesehen von den lokalen/kommunalen Profiteuren einer Verwundbarkeitsabschätzung, sind Ergebnisse auch von internationaler Bedeutung. Das Europäische Parlament „kommt zu dem Schluss, dass konzentrierte, koordinierte Maßnahmen auf der Ebene der Gemeinschaft einen beträchtlichen Mehrwert erbringen und das Niveau des Hochwasserschutzes insgesamt verbessern.“ (RL-2007/60/EC) Dabei ist ein transnationaler Wissens- und Datenaustausch, der als Basis für internationale Zusammenarbeit und die Ausarbeitung von grenzüberschreitenden Strategien zum Schutz vor Hochwasser dient, von enormer Bedeutung. Die Anwendung eines international einsetzbaren Leitfadens zur Abschätzung von Verwundbarkeit auf kommunaler Ebene kann hierbei einen entscheidenden Beitrag zu internationaler Zusammenarbeit leisten. Der Austausch gewonnener Daten kann auf kommunaler sowie nationaler Ebene der Verbesserung des Hochwassermanagements dienen und Grundlage für Handlungsempfehlungen von Resilienz-Strategien sein.

2.3 Anmerkungen zur Anwendung des Leitfadens

Der Leitfaden ist eingeteilt in unterschiedliche Verfahren zur Verwundbarkeitsabschätzung der Versorgung mit Strom und Trinkwasser, der Bevölkerung und der Umwelt sowie in ein methodisches Kapitel zu Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung. Es wird empfohlen, zunächst alle vorgeschlagenen Themenbereiche zu untersuchen, um zu einer möglichst umfassenden Betrachtung zu kommen. Anschließend kann darüber nachgedacht werden, ob die Investition in Fernerkundungsdaten und deren Bearbeitung in Ihrer Kommune sinnvoll erscheint und machbar ist. Sollten Sie jedoch besonderes Interesse an einem Assessment der Verwundbarkeit einzelner Teilbereiche haben, so sind die Methoden auch unabhängig von einander anwendbar.

Die Kapitel zur Verwundbarkeitsabschätzung der genannten Infrastrukturen, der Bevölkerung und der Umwelt enthalten die zur Durchführung des Assessments notwendigen Informationen und erklären die Vorgehensweise. Die Form des Leitfadens erlaubt je-

doch keine umfangreichen Erläuterungen und kann der Beschreibung der konzeptionellen Annahmen nur begrenzt Raum geben. Es werden daher an einigen Stellen im Text Verweise auf den Anhang des Leitfadens gemacht (vgl. Kapitel 7). Dieser Anhang enthält sowohl Check-Listen und Berechnungsformeln, die das Vorgehen weiter strukturieren, als auch Zusatzinformationen und Beispiele zur Veranschaulichung der Anwendung. Des Weiteren sei an dieser Stelle noch einmal auf die Publikation der vollständigen Ergebnisse des Projektes ‚Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘ in der Schriftenreihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ verwiesen. Die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen sind zwar zur Durchführung des Assessments keine Voraussetzung, legen jedoch die hier aufgrund der Kürze des Formats nicht enthaltenen Hintergründe zur Projektarbeit und den konzeptionellen Überlegungen der Methodenentwicklung offen.

Hintergrundinformation zum Leitfaden

Der Leitfaden ist ein Ergebnis des Forschungsprojektes *‚Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘*, welches von der UNITED NATIONS UNIVERSITY - Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in enger Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern, den Städten Köln und Dresden, bearbeitet wurde. Neben dem vorliegenden Leitfaden ist aus diesem Projekt ein Abschlussbericht zu

den wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen hervorgegangen, welcher die konzeptionellen und empirischen Ergebnisse der Arbeiten detailliert darlegt und in der Schriftenreihe *‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘* erscheint (**‚Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen - am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen‘**). Die Anwendung des Leitfadens ist ohne die Zuhilfenahme dieser Veröffentlichung möglich, bei Interesse kann diese jedoch selbstverständlich zur Ergänzung herangezogen werden.

Autorin: Susanne Krings

III. Kapitel

Verwundbarkeitsassessment der Strom- und
Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen

Zielsetzung

Der vorliegende Leitfaden verfolgt das Ziel, eine Anleitung zu einzelnen Schritten auf dem Weg zu einem Verwundbarkeitsassessment der Versorgungssicherheit von Strom- und Trinkwasserversorgung im Hochwasserfall zu geben. Das Verfahren konzentriert sich auf den Zeitraum des Hochwassers, möchte Anhaltspunkte zur Einschätzung der Situation während des Ereignisses geben und einen Baustein für eine umfassende Planungsgrundlage für das Risiko- und

Krisenmanagement hinsichtlich der Infrastrukturversorgung liefern. Darüber hinaus kann der vorliegende Leitfaden aufgrund der Ableitung von Handlungsoptionen, der Bereitstellung zusätzlicher Check-Listen, dem Hinweis auf Informationsangebote und der Möglichkeit zur direkten Überprüfung der Verwundbarkeitsrelevanz von Planungsalternativen auch als evaluierendes Instrument verstanden werden.

Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Infrastrukturbetreibern

Die Versorgung mit Strom und Wasser ist für die Bevölkerung, für die Wirtschaft und auch für viele weitere Infrastrukturen von zentraler Bedeutung. Diese und weitere Infrastrukturen werden daher vom Bundesministerium des Inneren (BMI) unter dem Sammelbegriff der *Kritischen Infrastrukturen* zusammengefasst und als „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“¹³ betrachtet. Da sich öffentliche und private Akteure den Besitz und Betrieb dieser Infrastrukturen teilen, ist auch die Reduzierung der Verwundbarkeit von Kritischen Infrastrukturen und der Verwundbarkeit gesellschaftlicher Schlüsselbereiche vor deren Ausfall als eine gemeinsame Aufgabe von privater und öffentlicher Hand zu verstehen.

Diesem Umstand versucht der vorliegende Leitfaden in besonderem Maße Rechnung zu tragen, denn sowohl während der Durchführung des Assessments als auch im Umgang mit den Ergebnissen im Nachgang kommt den Versorgungsunternehmen und Netzbetreibern eine wichtige Rolle zu. Die Unternehmen halten nicht nur wichtige Datenbestände vor, sondern auch die Expertise zu Prozessen und Komponenten, die hinsichtlich der Beantwortung einzelner Fragen gebraucht wird. Schließlich sollten die Versorger in die Überlegungen zum Umgang mit den Assessment-

Ergebnissen einbezogen werden.

Von kommunaler Seite besteht ein Interesse an der Bestimmung der Verwundbarkeit, um im Hochwasserfall angemessen reagieren zu können. Gleichzeitig liegen die zur Durchführung dieser Analyse erforderlichen Daten nicht gänzlich bei der Kommune, sondern ggf. bei den Infrastrukturbetreibern. Andererseits verfügen die Betreiber zwar über den vollen Datenumfang, doch besteht aus bestimmten Gründen ein Interesse daran, gewisse Daten vertraulich zu behandeln. Der Umfang, in welchem die Informationen innerhalb der Kommunen zur Verfügung stehen, ist daher von Fall zu Fall verschieden. Der im vorliegenden Assessment-Leitfaden gewählte Ansatz versucht diesen unterschiedlichen Interessen gerecht zu werden. Die Fragen, die in den einzelnen Assessment-Schritten zu beantworten sind, werden so formuliert, dass sie zuverlässig die erforderlichen Informationen einholen, jedoch ohne von den Unternehmen die Herausgabe detaillierter Daten zu verlangen. Dieses Vorgehen hat gleichzeitig den Vorteil, dass das Assessment von Kommune Seite nicht von einem ausgewiesenen Experten durchgeführt werden muss. Die Informationen werden in einer allgemein verständlichen Form erfragt und systematisch zusammengeführt. Sollten Sie bei der Durchführung des Assessments dennoch mit Datenlücken umgehen müssen, so finden Sie am Ende der Ausführungen zu jedem einzelnen Assessment-Schritt Vorschläge.

¹³ Bundesministerium des Inneren (BMI) (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Berlin.

Auch nach der Durchführung des Assessments, wenn sich die Frage nach der Umsetzung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsreduktion stellen sollte, ist die Zusammenarbeit zwischen Kommune und Versorgungsunternehmen von besonderer Bedeutung. So können die Kommunen zwar unabhängig von den Versorgern und Netzbetreibern Pläne zum Umgang mit dem Infrastrukturausfall während eines Hochwasserereignisses erstellen oder Schutzmaßnahmen an eigenen Objekten durchführen. Sollen jedoch Maßnahmen in Betracht gezogen werden, welche die Veränderung von einzelnen Komponenten oder der Netzstruktur der Versorgungsinfrastrukturen erforderlich machen, so müssen die Versorger auch in dieser Phase eingebunden werden. In diesem Fall gilt es

zu bedenken, dass die Kommune ggf. ein Anliegen zur Durchführung von Maßnahmen hat, die direkten Kosten für diese Maßnahmen jedoch auf Betreiberseite entstehen würden. Schritte, die beispielsweise auf die Erhöhung von Redundanz abzielen, gehen zwangsläufig mit Investitions- und Instandhaltungskosten einher – die Absenkung der Verwundbarkeit ist also ggf. an einen Abwägungsprozess zwischen dem technisch Machbaren und dem wirtschaftlich Umsetzbaren gekoppelt. Seitens der Kommune besteht die Möglichkeit, über bestimmte Anreize, wie beispielsweise die Bereitstellung von Flächen, den Unternehmen im Interesse der Verbesserung der Versorgungssicherheit entgegenzukommen.

3.1 Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung

26

Zur erfolgreichen Verwundbarkeitsabschätzung muss das angewendete Assessment-Verfahren den charakteristischen Eigenschaften des zu untersuchenden Gegenstandes, hier den *Kritischen Infrastrukturen* Strom- und Trinkwasserversorgung, angepasst sein. Die folgenden Unterkapitel geben daher Einblick

in die unterschiedlichen Betrachtungsebenen, die bei der Strom- und Wasserversorgung zum Tragen kommen, in die zur Verwundbarkeitsabschätzung verwendeten Kriterien und in die gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse verschiedener Infrastruktursysteme.

3.1.1 Betrachtungsebenen

Der Prozessablauf, welcher zur Versorgung von Kommunen mit Strom und Wasser von der Bereitstellung bis zum Nutzer durchlaufen werden muss, kann als das Zusammenwirken unterschiedlicher Teilprozesse verstanden werden. Diese Teilprozesse werden von Komponenten umgesetzt, welche sich möglicherweise auf dem Gebiet der betrachteten Kommune befinden. Auch diese Komponenten haben ggf. einen komplizierten Aufbau – so können in den zu bewältigenden Teilprozessen Personal, Logistik und Kommunikationstechnik ebenso involviert sein wie

Gebäude, Daten, Anlagen oder Betriebsmittel¹⁴. Die einzelnen Teilprozesse und Elemente wirken zusammen und tragen mit ihrer eigenen Verwundbarkeit in einem bestimmten Maß zur Verwundbarkeit der gesamten Infrastruktur gegenüber einem Hochwasserereignis bei.

Um die Betrachtung der Strom- und Wasserversorgung mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens zu ermöglichen, ist es ausreichend, eine Unterteilung zwischen dem Gesamtprozess bzw. der Infrastrukturu-

¹⁴ Bundesministerium des Inneren (BMI) (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.

rebene und den Teilprozessen bzw. der Komponentenebene vorzunehmen. Diese Unterscheidung wird im Aufbau des Leitfadens widerspiegelt: Während sich das Verwundbarkeitsassessment in der ersten Assessment-Phase (Kapitel 3.2) auf die Teilprozesse und Komponenten bezieht, findet in der zweiten Assessment-Phase (Kapitel 3.3) deren Zusammen-

führung auf der Ebene des Gesamtprozesses bzw. der Infrastruktur statt. Die Reihenfolge beider Assessment-Phasen ist bei der Durchführung nicht beliebig. Der zweiten Phase muss in jedem Fall die erste Phase vorausgehen, da die Zwischenergebnisse weiterverwendet werden.

3.1.2 Verwundbarkeitskriterien

In Anbetracht des unter 3.1.1 erläuterten Prozessaufbaus von Strom- und Wasserversorgung sowie der großen Anzahl und der unterschiedlichen Ausführungen der darin involvierten Komponenten ist eine Reihe von Kriterien für ein Verwundbarkeitsassessment gegenüber einem Hochwasserereignis denkbar. Eine Zusammenstellung von Einzelkriterien zur Betrachtung

Kritischer Infrastrukturen kann beispielsweise dem vom BMI herausgegebenen Leitfaden *Kritische Infrastruktur – Risiko- und Krisenmanagement*¹⁵ entnommen werden. Im Folgenden soll die Auswahl der im Verlauf des vorliegenden Assessments verwendeten Verwundbarkeitskriterien vorgestellt und erläutert werden.

Exposition

Als Exposition wird im Kontext des vorliegenden Assessments der Umstand verstanden, dass eine Komponente dem Hochwasserereignis ausgesetzt ist. Entscheidend ist ausschließlich, ob sich eine Komponente im überfluteten Gebiet befindet oder nicht. Natürlich sind auch weitere Aspekte, wie die Strömungs-

geschwindigkeit oder den Verschmutzungsgrad des Wassers bedeutsam, doch die dazu benötigten Daten sind ggf. nicht überall verfügbar. Im Interesse einer flächendeckenden Anwendbarkeit wurde darauf verzichtet, dieses Kriterium weiter zu differenzieren.

Funktionsanfälligkeit (Teilaspekt der Anfälligkeit)

Die vorliegende Assessment-Methode stellt die Versorgungssicherheit im Hochwasserfall ins Zentrum der Betrachtung. Dies ist nicht die einzige denkbare Herangehensweise, doch aus Sicht der Kommune, welche ein Interesse an der Aufrechterhaltung der Versorgung und an einer Planungsgrundlage für das Risiko- und Krisenmanagement hat, sinnvoll. Das Kriterium vereint eine Anzahl weiterer Aspekte, wie beispielsweise die Wirksamkeit bestehender Schutzmaßnahmen oder die Abhängigkeit der Komponenten

von Personal. Diese Aspekte werden keineswegs vernachlässigt, sondern lediglich aufgrund der Auswirkungen auf den Gesamtprozess zusammengefasst. Hinter dieser Maßnahme steht die Annahme, dass es im Hochwasserfall zunächst nicht entscheidend ist, von welchem Faktor der Ausfall einer Komponente herbeigeführt wurde. Der Effekt, nämlich entweder die Aufrechterhaltung der Funktion oder deren Einschränkungen bzw. deren Ausfall, geht in das Assessment ein.

¹⁵ Bundesministerium des Inneren (BMI) (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.

Die Zusammenfassung der Einzelaspekte hat einen zusätzlichen Grund, der in dem Verhältnis von Datenverfügbarkeit und Bearbeitungskapazität von Betreibern und kommunaler Verwaltung zu suchen ist. Durch das Clustern wird die Menge an Einzelinformationen, die vom Betreiber zur Durchführung des Assessments zur Verfügung gestellt werden muss, erheblich reduziert. In gleichem Maß verringern

sich der Zeitaufwand und der Anspruch an den Bearbeitenden auf der Seite der Kommune. Während die Betreiberseite dank der Zusammenfassung keine vertraulichen Detailinformationen preisgeben muss, wird im gleichen Schritt der Arbeitsaufwand für den Bearbeitenden reduziert, ohne dass die wirklich relevante Information über die Versorgungssicherheit der Infrastruktur verloren geht.

Ersetzbarkeit (Teilaspekt der Bewältigungskapazität)

Auch hinter diesem Kriterium verbirgt sich eine Kombination mehrerer Einzelaspekte. Die technischen Voraussetzungen zu Redundanz und Substitution¹⁶ sind ebenso wie die Bereitschaft des Personals zentrale Teilaspekte, welche unter dem Begriff der Ersetzbarkeit zusammengefasst werden konnten. Analog zur Bewertung der Funktionsanfälligkeit würde es zur Bewertung dieser Einzelaspekte einer großen Menge von Detailinformationen bedürfen, die einerseits von Betreiberseite vertraulich behandelt werden und

andererseits eine von Kommune schwer zu bearbeitende Datenfülle in den Assessment-Prozess einbringen würde. Der Ausweg liegt darin, die Information im Hinblick auf ihren primären Beitrag zum Verwundbarkeitsassessment – in diesem Fall den Grad der Ersetzbarkeit von Funktionsausfällen – zu verdichten und die Beantwortung an die Betreiber, als Halter der relevanten Daten und der personellen Kompetenz, zu delegieren.

3.1.3 Abhängigkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung

Der hier vorgestellte Leitfaden enthält eine Assessment-Methode, welche sich zur Verwundbarkeitsabschätzung der Strom- und Wasserversorgung auf kommunaler Ebene anwenden lässt. Es gilt jedoch zu bedenken, dass diese beiden Infrastruktursysteme nicht in gleicher Weise auf Hochwasserereignisse reagieren. Während die Assessment-Methode gegenüber diesen systeminternen Unterschieden sensibel ist, kann sie nur bedingt die zwischen den Infrastrukturen bestehenden Abhängigkeiten und die sich daraus ergebenden Verwundbarkeiten erfassen. Vor allem gegenüber einem Ausfall der Stromversorgung

reagieren viele weitere Infrastrukturen sehr empfindlich. Es sollte daher das Ergebnis aus dem Verwundbarkeitsassessment der Stromversorgung unbedingt in die Betrachtung der Wasserversorgung eingehen. Sollte die Durchführung des Verwundbarkeitsassessments für beide Infrastrukturen angedacht sein, so sollte darauf geachtet werden, zuerst die Verwundbarkeit der Stromversorgung abzuschätzen, bevor im nächsten Schritt die Aufmerksamkeit auf die Wasserversorgung gerichtet werden kann (vgl. auch Kapitel 3.2.4).

¹⁶ Bundesministerium des Inneren (BMI) (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.

3.2 Erste Assessment-Phase: Abschätzung der Verwundbarkeit von Teilprozessen / Komponenten

Im Folgenden soll, nach der Bereitstellung wichtiger Informationen zur Durchführung und zum Ergebnis, anhand mehrerer Einzelschritte die Verwundbarkeit der Teilprozesse der Strom- und Wasserversorgung

auf kommunaler Ebene abgeschätzt werden. Abschließend soll in einem Zwischenfazit das Ergebnis der ersten Assessment-Phase interpretiert und die zweite Assessment-Phase vorbereitet werden.

3.2.1 Ablaufschema

Die hier vorgestellte Assessment-Methode beruht darauf, dass wichtige Informationen in einer bestimmten Reihenfolge eingeholt und zusammengeführt werden. Die Reihenfolge ist von besonderer Bedeutung: Zum einen vermeidet sie das mehrfache Einbringen der gleichen Information, zum anderen dient jeder

Schritt der Minimierung des Aufwandes und erlaubt gleichzeitig, den örtlichen Gegebenheiten individuell Raum zu geben. Die Systematik des Vorgehens im Laufe des Verwundbarkeitsassessments ist im folgenden Schema illustriert (*siehe Abbildung 3.1*).

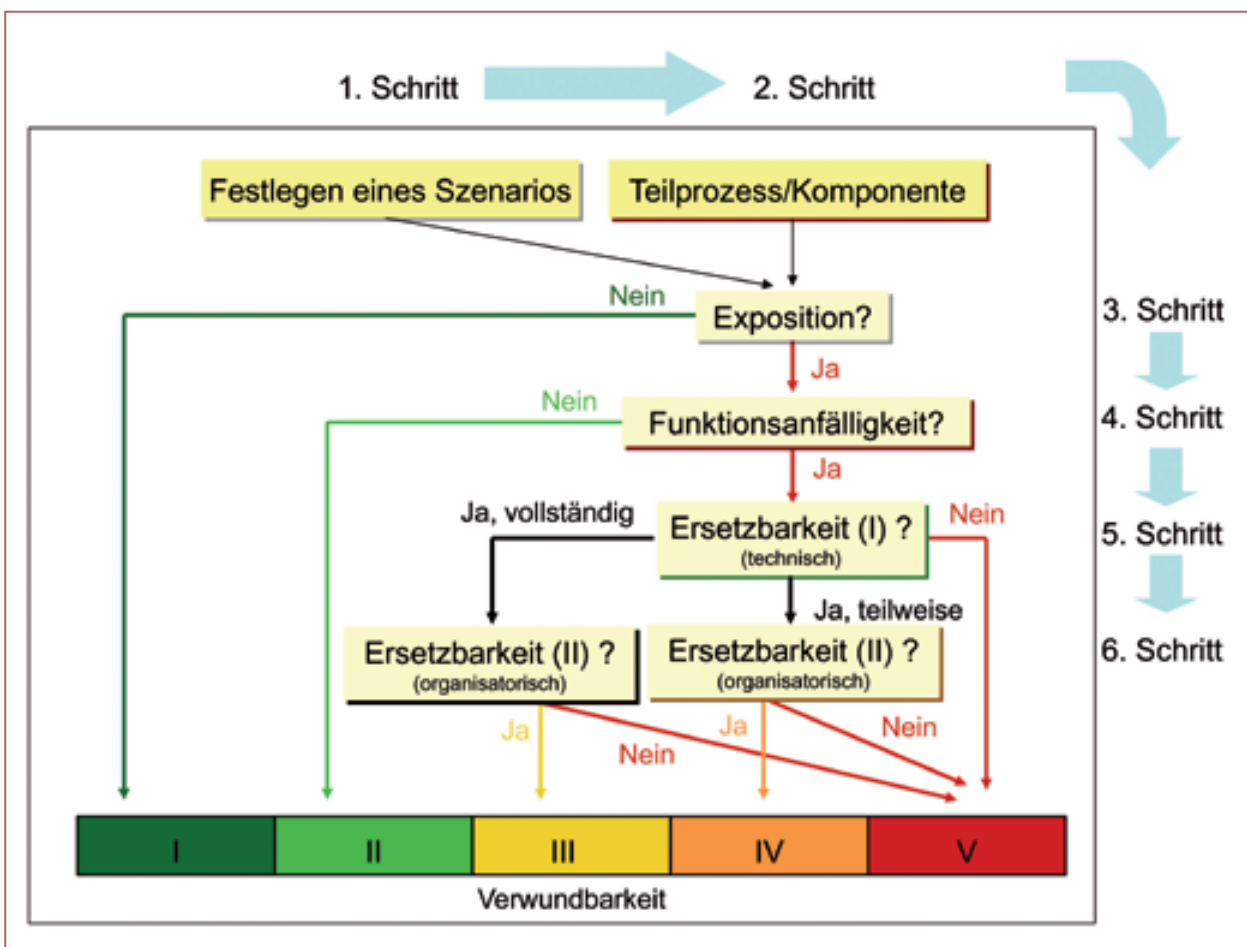


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode

Das Schema in *Abbildung 3.1* ist den Pfeilen folgend von links oben nach rechts unten zu lesen. Nach der Festlegung des betrachteten Hochwasserzenarios wird eine Bestandsaufnahme der in Ihrer Kommune zu findenden Teilprozesse / Komponenten (zur Terminologie siehe 2. Schritt, Kapitel 3.2.6), durchgeführt. Anschließend wird eine Expositionsanalyse vorgenommen und das Assessment unter

Berücksichtigung der Funktionsanfälligkeit und der Ersetzbarkeit zu Ende geführt. Das Durchlaufen der Assessment-Schritte führt je nach erzieltm Ergebnis entweder zur Einordnung des Prozesses in eine Verwundbarkeitsklasse (vgl. Kapitel 3.2.2) oder zum nächsten Assessment-Schritt. Die einzelnen Schritte werden auf den folgenden Seiten erläutert und anhand von Beispielen in Anhang 7.3 veranschaulicht.

3.2.2 Verwundbarkeitsklassen

Ergebnis der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments ist eine Einteilung der einzelnen Teilprozesse in fünf Verwundbarkeitsklassen, welche sich aus den einzelnen Schritten ergeben und Ihnen die Interpretation erleichtern. Die Bedeutung der einzelnen Klassen ist der folgenden Infobox zu entnehmen.

Bitte beachten Sie, dass zunächst nur die einzelnen Komponenten und nicht deren Vernetzung betrachtet wird. Die sich daraus ergebenden Handlungsoptionen können hier nur kurz angerissen werden – ausführlichere Informationen zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen erhalten Sie in Kapitel 3.4.

Klasse I = keine Verwundbarkeit oder sehr geringes Verwundbarkeitsniveau

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) nicht exponiert, d. h. dem Hochwasser nicht ausgesetzt. Damit ist die Verwundbarkeit des betrachteten Teilprozesses / der Komponente(n) als sehr gering bis nicht vorhanden zu betrachten.

Klasse II = geringes Verwundbarkeitsniveau

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, doch seine (ihre) Funktionsfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Es kann dennoch keine Einteilung in Klasse I erfolgen, da ein Hochwasser immer eine potenziell gefährliche Situation mit vielen Eventualitäten bedeutet.

Klasse III = mittleres Verwundbarkeitsniveau

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und vollständig ersetzbar. Das bedeutet, dass die Komponente(n) dem Hochwasser ausgesetzt ist (sind) und dabei einen Funktionsausfall erleidet (erleiden), der von einer oder mehreren anderen Komponente(n) vollständig ersetzt werden kann. Das Personal ist ausreichend vorbereitet, um dies zu realisieren. Auch wenn nicht unbedingt mit einem Versorgungsausfall zu rechnen ist, birgt die Situation doch Unsicherheiten.

Klasse IV = hohes Verwundbarkeitsniveau

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nur teilweise ersetzbar. Im Hochwasserfall ist zumindest mit einem teilweisen Funktionsausfall zu rechnen.

Klasse V = sehr hohes Verwundbarkeitsniveau

Der Teilprozess / die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nicht ersetzbar. Im Hochwasserfall ist mit einem vollständigen Ausfall der Leistung zu rechnen.

Die Verwundbarkeit der einzelnen Teilprozesse / Komponenten trägt nicht in gleichem Maße zur Gesamtverwundbarkeit der Versorgung mit Strom und Wasser im Hochwasserfall bei. Aus diesem Grund müssen die für die einzelnen Teilprozesse / Kom-

ponenten ermittelten Ergebnisse in einer Weise zusammengeführt werden, die deren hohen Informationsgehalt nicht verwischt, sondern die Ergebnisse vielmehr in ein sinnvolles Verhältnis zueinander setzt (zweite Phase des Assessments, Kapitel 3.3).

3.2.3 Überprüfung der Datenlage

Zur Durchführung des Assessments werden Informationen verwendet, die entweder bereits in der Kommune vorhanden sind oder bei dem/n Versorgungsunternehmen erfragt werden müssen. Sollten viele Informationen bereits vorliegen, beispielsweise in einem Geographischen Informationssystem (GIS), so reduziert sich der Bedarf an Informationen, die eingeholt werden müssen. Es gilt zu bedenken, dass die Informationen ggf. in unterschiedlichen Abteilungen der Verwaltung vorhanden sein können. Sollte es Zweifel an Vollständigkeit oder Aktualität der vorhandenen Daten geben, so ist es in jedem Fall ratsam, das Verwundbarkeitsassessment zum Anlass zu nehmen, den / die Versorger um eine Überprüfung der Angaben zu bitten.

Die benötigten Daten ergeben sich aus den für die einzelnen Assessment-Schritte vorgesehenen Fragen. Diese sind im Folgenden farblich hervorgehoben (vgl. Kapitel 3.2.4), sodass sie leicht zur vorherigen Überprüfung der Datenlage genutzt werden können. Bitte überprüfen Sie, schon vorab, ob die benötigten Informationen vorliegen und führen Sie diese in einer einheitlichen Form zusammen; ggf. müssen dazu einzelne Datensätze digitalisiert oder umgekehrt aus dem GIS in eine analoge Karte übertragen werden. Im Zweifelsfall ist der Digitalisierung von Daten im Interesse einer verbesserten Anwendbarkeit der Vorzug zu geben.

3.2.4 Gliederung der einzelnen Schritte

Es wird versucht, eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten. Im Text finden Sie Verweise auf Check-Listen (siehe Anhang 7.1 und 7.2), die Sie nach Bedarf hinzuziehen können. Diese ermöglichen differenzierte Analysen einzelner Aspekte,

welche zur Durchführung des Assessments nicht unbedingt notwendig sind, jedoch das Ergebnis verfeinern können, Ihnen bei der Schwachstellendiagnose behilflich sind, und ggf. der weiteren Planung dienen. Beispiele zu jedem einzelnen Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden.

3.2.5 Form der Assessment-Ergebnisse

Die Ergebnisse gehen in zwei verschiedenen Formen aus den einzelnen Assessment-Schritten hervor. Zum einen werden im GIS bzw. in einer Karte die einzelnen Komponenten verortet und in eine Verwundbarkeitsklasse eingeteilt. Zum anderen werden die Komponenten in einer Liste den einzelnen Teilprozessen zugeordnet. Diese Darstellung hat zum einen den Vorteil der besseren Übersichtlichkeit und erlaubt zum anderen die Betrachtung von ganzen Teilprozessen, welche in der Kartendarstellung schwieriger ist. Die Klasseneinteilung der Teilprozesse ergibt sich aus der Klasseneinteilung der Komponenten, wobei die höchste Verwundbarkeit einer Komponente die

Klasse des Teilprozesses vorgibt. Dieses Vorgehen mag drastisch erscheinen, weil auch Teilprozesse, die nur vom Ausfall einer einzigen Komponente bedroht sind, in eine hohe Verwundbarkeitsklasse eingeteilt werden, doch nur so ist gewährleistet, dass Probleme sicher erkannt und nicht vorschnell unterschätzt werden. Die Interpretation des Assessment-Ergebnisses ist daher von besonderer Bedeutung – während die Einteilung in Klasse V lediglich auf einen wahrscheinlichen Ausfall hinweist, muss die Abschätzung der möglichen Folgen einzelfallbezogen vor Ort geschehen. Hinweise dazu werden in Kapitel 3.4 gegeben.

3.2.6 Durchführung der ersten Assessment-Phase Schritt für Schritt

1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach dem in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehen.

2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse

Da die erste Phase des Verwundbarkeitsassessments auf der Ebene unterschiedlicher Teilprozesse der kommunalen Versorgung abläuft, gilt es zu identifizieren, welche dieser Teilprozesse im konkreten Fall eine Rolle spielen. Nicht in jeder Kommune wird beispielsweise Wasser aufbereitet oder Strom erzeugt. In vielen Kommunen beziehen die Versorger Strom und Wasser von einem weiteren Anbieter außerhalb der

kommunalen Grenzen. Dieser Schritt kann demnach entscheidend dazu beitragen, den Assessment-Aufwand zu reduzieren. Bitte klären Sie daher zunächst mit Ihrem Versorgungsunternehmen, welche Komponenten sich innerhalb der Kommune befinden. Als Orientierung kann zwischen folgenden Teilprozessen und Komponenten unterschieden werden (Abweichungen durch lokale Gegebenheiten möglich).

Trinkwasserversorgung:

Komponente	Teilprozess
Brunnen / Talsperre	Gewinnung von Rohwasser
Wasserwerk	Aufbereitung von Trinkwasser
Pumpwerk	Einspeisung von Trinkwasser
Übernahmestelle	Einspeisung von Trinkwasser (von externem Anbieter)
Druckerhöhungsanlage	Anpassung des Netzdrucks
Speicher / Hochbehälter	Zwischenspeicherung
Netzleitstelle	Überwachung und / oder Steuerung des Netzes

Stromversorgung:

Komponente	Teilprozess
Kraftwerk	Stromerzeugung
Umspannwerk (1)	Umspannen auf Hochspannung (z.B. 380kV auf 110kV)
Umspannwerk (2)	Umspannen auf Mittelspannung (z.B. 110kV auf 20kV)
Netzleitstelle	Überwachung / Steuerung des Netzes
Netzstation	Umspannen auf Niederspannung (z.B. 20kV auf 400V)
Kabelverteilerkasten	Verteilung des Stroms an die einzelnen Abnehmer

Hinweise zur Identifikation der Komponenten:

- *Umspannwerke* können entweder auf Hochspannung (z. B. 220kV oder 110kV), auf Mittelspannung (50kV-10kV) oder auf Niederspannung (Netzstationen, 400V) umspannen. Es gilt diese genau zu unterscheiden.
- *Kraftwerke* können sich zwar auf dem Gebiet der Kommune befinden, jedoch nicht in das kommunale Netz einspeisen. Oft wird direkt in das Hochspannungsnetz eines regionalen oder überregionalen Versorgers eingespeist. In diesem Fall spielt das Kraftwerk keine direkte Rolle für die Versorgung der Kommune. Gleiches kann für Umspannwerke gelten, die auf der Hoch- bzw. der Höchstspannungsebene arbeiten. Auch hier muss geklärt werden, inwiefern diese direkt zur Versorgung der Kommune beitragen.
- Häufig sind die Komponenten, die hier als ‚Netzstationen‘ bezeichnet werden, abweichend benannt. So sind auch die Bezeichnungen ‚Transformatorhäuschen‘, ‚Transformer‘ oder ‚Station‘ üblich. Sollten Sie sich nicht sicher sein, so sollten Sie sich über die Abfrage der Funktion (Umspannen von Mittelspannung auf Niederspannung) Klarheit verschaffen.
- Es ist zu bedenken, dass für nicht mehr genutzte oder anders genutzte Komponenten in vielen Fällen die ursprüngliche Bezeichnung weiterverwendet wird. Häufig werden ausrangierte Wasserwerke oder Elektrizitätswerke umgenutzt, oder teilweise weiterbetrieben. Hierüber sollten Sie Auskunft beim Versorger einholen.

Nicht alle Komponenten, die zur Strom- und Wasserversorgung dienen, erscheinen in der Liste: Die Netze sind nicht aufgeführt. Da die Wasserleitungen und die Niederspannungsleitungen innerhalb der Kommunen in der Regel unterirdisch verlegt sind, sind die Netze allgemein nicht verwundbar gegenüber Hochwasser-gefahren. Eine besondere Situation kann dann entstehen, wenn Leitungen an Stellen angebracht sind, die einer starken Erosion durch besonders hohe Strömung ausgesetzt sind (Gefahr des Freilegens und potenziellen Unterspülens von Leitungen). Die Analyse dieser Gefahr entzieht sich jedoch einer generalisier-ten Betrachtung, wie sie in Form dieses Leitfadens geschehen soll. Generell kann aus der Erfahrung bei den vergangenen Hochwasserereignissen gefolgert werden, dass sich die Anbringung von Leitungen an Brücken, ihre Integration in Uferböschungen sowie die Übergänge zu Komponenten an der Oberfläche als besondere Schwachstellen zeigten. Im Fall eines Leitungsschadens im Stromnetz folgt nach einer Abgabe von Spannung an das umgebende Wasser (Gefahr eines Stromschlags für Menschen in der direkten Umgebung) ein Kurzschluss, der den jeweiligen Netzstrahl und alle davon abhängigen Komponenten und Abnehmer von der Versorgung trennt. Im Fall eines Leitungsschadens in der Wasserversorgung ist ein Druckabfall im Netz zu verzeichnen. Druckgesteuerte Netze reagieren auf eine solche Havarie mit der automatischen Drosselung der eingespeisten Wassermengen. Dieser Mechanismus führt zu Versorgungslücken für die Abnehmer und ggf. zum Eindringen von Verschmutzungen in die Leitungen. In nicht automatisch gesteuerten Netzen kann viel Wasser durch die Öffnung entweichen, bevor die Leckage gefunden wird. Auch in diesem Fall ist mit Verschmutzung der Leitungen zu rechnen.

Frage: Welche Infrastrukturkomponenten befinden sich innerhalb der Kommune und welchen Prozess setzen diese genau um?

Arbeitsschritt: Bitte erstellen Sie eine Liste aller in Ihrer Kommune zu betrachtenden Komponenten angeordnet nach den Teilprozessen (Reihenfolge von links nach rechts). Alle nicht vorhandenen Komponenten und Teilprozesse müssen nicht beachtet werden – sie spielen im weiteren Assessment keine Rolle mehr. Es kann durchaus sein, dass die Zahl von Netzstationen und Kabelverteilerschränken eine vollständige Auflistung unmöglich macht. Geben Sie in diesem Fall die Gesamtanzahl der Komponenten in der Liste an.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden.

3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

Entsprechend dem Ablaufplan wird nun nach der Festlegung des Szenarios und der Inventarisierung der Komponenten / Teilprozesse bestimmt, welche der Anlagen dem Hochwasser ausgesetzt wären. Dazu müssen die Anlagen zunächst genau verortet werden.

Frage: Wo befinden sich die einzelnen Komponenten?

Arbeitsschritt: Von der im 2. Schritt erstellten Liste aller Komponenten ausgehend, gilt es nun, die Komponenten, welche vom Hochwasser betroffen sind, ausfindig zu machen. Sie müssen daher die genaue Lage der Komponenten kennen. Sollten die Daten in einem GIS-fähigen Format vorliegen, so überlagern Sie die schon bestehende GIS-Grundlage mit den Informationen. Es kann sinnvoll sein, Layer mit den Komponenten der einzelnen Teilprozesse anzufertigen (d. h. alle Netzstationen in einem gemeinsamen Layer abzuspeichern). Sollten Sie eine analoge Karte verwenden, so tragen Sie bitte alle Komponenten unter Verwendung geeigneter Symbole in die Karte ein.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 A entnommen werden.

Zum Umgang mit Datenlücken:

Sollten die Versorger Bedenken gegenüber der Weitergabe dieser Informationen haben, so kann es hilfreich sein, eine Absprache hinsichtlich der vertraulichen Verwendung der Daten zu treffen. Andernfalls kann die angeforderte Datenmenge reduziert werden. Dies geschieht, indem den Versorgern das angenommene Szenario vorgelegt wird, mit der Bitte, nur über die Komponenten im Überschwemmungsgebiet Auskunft zu geben. Sollte der Versorger diese Variante wählen, so entfällt im weiteren Assessment der 3. Schritt.

Aus den gerade geleisteten Arbeiten lässt sich leicht ablesen, welche der Komponenten / Teilprozesse unter der Annahme des festgelegten Hochwasserszenarios betroffen sein würden. Nicht exponierte Komponenten / Teilprozesse werden in Verwundbarkeitsklasse I eingeordnet. Sie spielen erst bei der Einbeziehung der Ersetzbarkeit wieder eine Rolle.

Frage: Welche der Komponenten befinden sich im überfluteten Bereich?

Arbeitsschritt: Es muss abgefragt werden, welche der Komponenten sich im Fall des von Ihnen festgelegten Hochwasserszenarios im überfluteten Gebiet befinden. Sollten Sie über ein GIS verfügen, so können (über den ‚Ausschneiden‘-, bzw. ‚Clip‘-Befehl) schnell alle betroffenen Komponenten aus dem Ursprungsthema ausgeschnitten werden. Speichern Sie die nicht exponierten Komponenten in einem separaten Layer mit dem Zusatz ‚KLASSE I‘ ab. Sie sollten diese Komponenten im GIS dunkelgrün einfärben (dunkelgrün steht für Verwundbarkeitsklasse I, vgl. Kapitel 3.2.2). Sollten Sie eine analoge Karte verwenden, so müssen die einzelnen Komponenten auf ihre Exposition hin überprüft werden. Auch in der analogen Karte können nicht exponierte Komponenten dunkelgrün markiert werden.

Es ist zu bedenken, dass die Angabe der Anzahl der exponierten Komponenten für sich betrachtet nur einen begrenzten Aussagewert hinsichtlich der Verwundbarkeit der Versorgungssicherheit hat. Die Komponenten können für sehr unterschiedliche Kapazitäten ausgelegt sein und unterschiedlich hohe Auslastungen aufweisen. Der Aussagewert der Komponentenanzahl liegt in erster Linie darin, zu bewerten, ob der Prozess als vollständig, teilweise oder nicht exponiert zu betrachten ist. Einen höheren Aussagewert hat die Betrachtung der exponierten Gesamtleistung (Anteil der einzelnen Komponenten am betrachteten Teilprozess). Sollten genaue Daten zu deren Bestimmung vorliegen, so kann ein detaillierteres Assessment durchgeführt werden (vgl. Kapitel 3.4.1). Implizit wird jedoch mit den nächsten Schritten auch im Verlauf dieses Assessments die Leistung zur Grundlage der Bewertung gemacht.

Frage: Welche Teilprozesse werden von exponierten Komponenten umgesetzt?

Arbeitsschritt: Streichen Sie alle nicht exponierten Komponenten aus Ihrer Liste. Sollte sich nach diesem Assessment-Schritt zeigen, dass alle zu einem Teilprozess gehörenden Komponenten nicht exponiert sind, so ist dieser Teilprozess in Verwundbar-

keitsklasse I (nicht oder sehr gering verwundbar) einzustufen. Markieren Sie diesen Teilprozess in Ihrer Übersicht dunkelgrün. Sollte eine einzige oder mehrere Komponente(n) exponiert sein, so muss das Assessment fortgesetzt werden und eine Einteilung in Klasse I ist ausgeschlossen. Die Klasseneinteilung des Teilprozesses richtet sich immer nach der verwundbarsten Komponente.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden.

Zum Umgang mit Datenlücken:

Sollten keine Angaben über die genaue Lage der Komponenten vorliegen, so könnte auch an dieser Stelle eine gezielte Nachfrage beim Versorger Abhilfe schaffen. Richten Sie, unter Vorlage des festgelegten Hochwasserszenarios, die Frage danach, welche der Komponenten im überfluteten Bereich liegen, an den / die Versorger. Machen Sie in jedem Fall deutlich, dass es an dieser Stelle nicht um einen zu erwartenden Ausfall gehen soll, sondern schlicht um die räumliche Lage. Sollten Informationen zur Lage der Infrastrukturkomponenten vorliegen, so sollten Sie sich vergewissern, dass die Terminologie einheitlich verwendet wird und die Komponenten eindeutig zur allgemeinen Versorgung dienen.

4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit der exponierten Komponenten

Nachdem im 3. Schritt alle potenziell vom Hochwasser betroffenen Komponenten ermittelt wurden, muss nun geklärt werden, ob die Funktionsfähigkeit der Komponenten im Hochwasserfall gegeben wäre. Die Beantwortung dieser Frage bedarf einer differenzierten Betrachtung etwa zu bereits umgesetzten Schutzmaßnahmen. Wodurch der Funktionsausfall herbeigeführt wurde, ist zur Beantwortung der Frage jedoch zweitrangig. Auch ob zusätzlich Schäden auftreten, ist an dieser Stelle keine relevante Information – Schäden spielen zwar bei der Wiederherstellung der Versorgung nach einem Hochwasser eine entscheidende Rolle, bei der Frage nach der Versorgungssicherheit zum Zeitpunkt des Hochwassers sind sie jedoch nicht primär bedeutsam.

Frage: Welche der Komponenten sind im Hochwasserfall nicht mehr in Funktion?

Arbeitsschritt: Es bietet sich an, diesen Analyseschritt in enger Zusammenarbeit mit den Versorgungsunternehmen durchzuführen. Bestimmen Sie für alle in der Karte als exponiert identifizierten Komponenten, ob diese unter Annahme der von ihnen gewählten Szenarios von einem Funktionsausfall betroffen wären. Alle nicht funktionsanfälligen Komponenten können im GIS mit dem Zusatz ‚KLASSE II‘ in einem separaten Thema / Layer abgespeichert und hellgrün (= Verwundbarkeitsklasse II) eingefärbt werden. Auch bei Verwendung einer analogen Karte können diese hellgrün markiert werden.

Frage: Welche Teilprozesse werden von funktionsanfälligen Komponenten umgesetzt?

Arbeitsschritt: Streichen Sie alle Komponenten von Ihrer Liste, mit deren Ausfall im Hochwasserfall nicht zu rechnen ist. Sollte es sich ergeben, dass in diesem Arbeitsschritt die Komponenten von einem oder mehreren Teilprozessen vollständig aus der Liste gestrichen werden können, so wird dieser bzw. werden diese automatisch in Klasse II (= gering verwundbar) eingeteilt und entsprechend hellgrün markiert.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden.

Zum Umgang mit Datenlücken:

Sollten Ihnen keine genaueren Informationen vorliegen, ist es legitim anzunehmen, dass alle Komponenten, die der Stromversorgung dienen, im Hochwasserfall nicht in Funktion sind. Diese Annahme lässt sich damit begründen, dass einerseits, um die Gefahr von Kurzschlüssen zu minimieren, und andererseits, um die Sicherheit von Bevölkerung und Einsatzkräften nicht zu gefährden, alle unter Spannung stehenden Anlagen im Überschwemmungsgebiet abgeschaltet werden müssen. Es gibt zwar Möglichkeiten, dies zu umgehen, doch um die Durchführbarkeit des Assessments zu gewährleisten, muss vereinfachend von einem vollständigen Ausfall der Komponenten ausgegangen werden.



Abbildung 3.2: Beispiel zur Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit: Zu Hochwasserschutz Zwecken erhöht angebrachter Kabelverteilerkasten. Auch wenn vereinfachend von einem Ausfall der Stromversorgung im Überschwemmungsgebiet ausgegangen werden kann, so gibt es Möglichkeiten den Funktionsausfall durch eine angepasste Bauweise zu verhindern. (Foto: Luttermann (UNU-EHS), 2009)

Ebenso kann vereinfachend angenommen werden, dass alle Komponenten, die abhängig von der Stromversorgung sind, ausfallen werden. Es ist zwar denkbar, dass Einrichtungen über eine Notstromversorgung verfügen, doch funktioniert diese im Hochwasserfall möglicherweise nicht. Es müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein, damit eine Notstromversorgung als hochwassersicher bewertet werden kann

(vgl. *Check-Liste 1 in Anhang 7.1*). Selbst wenn die Notstromversorgung funktioniert, ist zu klären, ob Gefahren ausgeschlossen sind, und über welchen Zeitraum hinweg die Versorgung bestehen bleibt – Dimensionierung und Treibstoffbevorratung der Anlagen können sehr unterschiedlich sein. Sollten keine Informationen des Betreibers vorliegen, so ist grundsätzlich mit einem Ausfall zu rechnen.

Hinweis zur Funktionsanfälligkeit nicht exponierter Komponenten

Es ist zu bedenken, dass zwischen den einzelnen Komponenten einer Infrastruktur Abhängigkeiten bestehen. Daher kann der Ausfall einer Komponente sich auf andere auswirken, und auch nicht direkt vom Hochwasser betroffene Komponenten können indirekt durch den Ausfall betroffener Komponenten beeinflusst werden. Aus diesem Grund können Infrastrukturausfälle nicht nur im überfluteten Bereich, sondern auch darüber hinaus auftreten. Diese Effek-

te, die aus der Vernetzung der Komponenten entstehen, sind für die Verwundbarkeitsabschätzung sehr wichtig und dürfen nicht unbeachtet bleiben! Um ein strukturiertes Vorgehen zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, an dieser Stelle zunächst nur die tatsächlich exponierten Komponenten hinsichtlich ihrer Funktionsanfälligkeit zu betrachten. Die Funktionsanfälligkeit der nicht exponierten Komponenten wird in der zweiten Assessment-Phase betrachtet.

5. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen

Der Funktionsausfall einer Komponente kann möglicherweise von anderen Komponenten abgefangen werden. So können ggf. mehrere umliegende Netzstationen die Leistung einer ausfallenden Netzstation übernehmen oder der Ausfall eines Kraftwerks über die Erhöhung der Abnahme aus dem Hochspannungsnetz ausgeglichen werden. Die Frage nach der Ersetzbarkeit ist jedoch keineswegs einfach zu beantworten. Sie erfordert von Seite der Betreiber zum einen eine Analyse des Netzaufbaus, denn nur entsprechend vernetzte Komponenten und Netze können einander funktional ersetzen, und zum anderen eine genaue Betrachtung von Kapazität und Auslastung der verbleibenden Komponenten. Unter Einbeziehung aller genannten Faktoren können die Betreiber zu dem Ergebnis kommen, dass die Ersetzbarkeit vollständig, teilweise oder auch nicht gegeben ist.

Frage: Inwiefern können andere Komponenten die Leistung der ausfallenden Komponenten übernehmen?

Arbeitsschritt: Sollte eine Komponente nicht ersetzbar sein, so muss automatisch eine Einteilung der Komponente in die höchste Verwundbarkeitsklasse erfolgen (Klasse V). Markieren sie im GIS bzw. in der von Ihnen verwendeten Karte alle nicht ersetzbaren und unmittelbar von einem Ausfall betroffenen Komponenten entsprechend mit rot. Es kann ggf. sinnvoll sein, diese Komponenten in einem separaten Thema / Layer mit dem entsprechenden Zusatz abzuspeichern. Sollte eine vollständige oder teilweise

Ersetzbarkeit gegeben sein, so muss im nächsten Schritt geklärt werden, ob die Vorbereitung der Mitarbeiter und die organisatorischen Rahmenbedingungen ausreichen, um die technische Ersetzbarkeit in vollem Maße umzusetzen.

Es können nach diesem Arbeitsschritt nicht automatisch Teilprozesse ausgestrichen werden, da auch der organisatorische Aspekt der Ersetzbarkeit im nächsten Schritt mit betrachtet werden muss. Sollte eine Komponente technisch nicht ersetzbar sein, so muss eine Einteilung des gesamten Teilprozesses in die höchste Verwundbarkeitsklasse erfolgen (Klasse V), auch muss dieser in der Übersicht rot hervorgehoben werden.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden.

Zum Umgang mit Datenlücken:

Falls Ihnen keine Daten zu technischen Möglichkeiten der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung vorliegen, so müssen Sie vom schlimmsten Fall ausgehen und mit dem vollständigen Ausfall der Leistung rechnen. Sie sollten Ihren Versorger auffordern, nach einer entsprechenden Analyse der Systeme, mit Ihnen an einem Plan für das Krisenmanagement im Hochwasserfall zu arbeiten. Es ist wichtig zu wissen, womit Sie bei Eintritt eines Hochwassers rechnen müssen. Erst nach der Analyse der tatsächlichen Situation können Maßnahmen in sinnvoller Weise geplant und umgesetzt werden.

Hinweis zur Bestimmung der Ersetzbarkeit im Hochwasserfall

Es ist wichtig, dass der Bestimmung der Ersetzbarkeit immer die Umstände des Hochwasserszenarios zugrunde gelegt werden. Würde bei diesem Schritt die Leistung von Komponenten vorausgesetzt, die aufgrund des Hochwassers im konkreten Fall nicht

zur Verfügung stehen, könnten sich Fehleinschätzungen ergeben. Falls Sie sich nicht sicher sein sollten, ob eine Komponente ersetzt werden kann, so ist vom ungünstigsten Fall auszugehen. Auf diesem Weg vermeiden Sie es, Probleme zu unterschätzen.

6. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen

Mit der Abschätzung der technischen Voraussetzungen ist der erste Schritt zur Bestimmung der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall getan. In einem nächsten Schritt gilt es zu klären, ob die notwendigen personellen und organisatorischen Ressourcen zur Umsetzung des technisch Möglichen gegeben sind. Zu diesen Ressourcen gehört nicht nur das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl von Mitarbeitern, sondern auch deren Qualifikation hinsichtlich des Umgangs mit der Ausnahmesituation Hochwasser. Es gilt beim Ausfall von Komponenten bestimmte Maßnahmen zur Umleitung von Wasser und Strom umzusetzen – idealerweise sind die zur Vorbereitung dieser Maßnahmen benötigten Berechnungen bereits vor dem Eintritt des Hochwasserfalls durchgeführt, die Handlungsschritte in Übungen vorbereitet und in Plänen fixiert worden. Auch kann es sehr wichtig sein, die im Hochwasserfall von den Mitarbeitern umzusetzenden Maßnahmen an bestimmte Pegelstände zu knüpfen. Dies ist z. B. dann von besonderer Bedeutung, wenn Zufahrtstraßen zu einer Komponente ab einem bestimmten Wasserstand unpassierbar werden. Maßnahmen, die nicht rechtzeitig ergriffen wurden, können in diesem Fall ggf. nicht mehr umgesetzt werden und es entsteht eine im Sinne der Versorgungssicherheit ungünstige und potenziell gefährliche Situation. Neben der Schaffung der technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung ist damit der Vorbereitungsgrad des Personals ein zweiter entscheidender Aspekt des Krisenmanagements im Hochwasserfall.

Frage: Ist das Personal in der Lage, die technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall zu nutzen?

Arbeitsschritt: Zur Durchführung dieses Assessment-Schrittes bietet sich entweder die Möglichkeit, die Versorger um die Auskunft zu bitten oder die detailliertere *Check-Liste 2 (in Anhang 7.2)* gemeinsam mit den Unternehmen durchzugehen.

Unabhängig davon, auf welchem der vorgeschlagenen Wege Sie zu dem Ergebnis kommen, übertragen Sie bitte die neuen Informationen in die Karte mit den Komponenten und in die nach den Teilprozessen angeordnete Liste. Streichen Sie alle Komponenten, deren Leistung sowohl technisch, als auch personell ersetzt werden kann aus der Liste und färben Sie diese im GIS bzw. in der Karte gelb (= Verwundbarkeitsklasse III). Sollten in diesem Fall Komponenten eines oder mehrerer Teilprozesse vollständig gestrichen worden sein, so werden diese in Verwundbarkeitsklasse III eingeordnet. Sollte sich eine teilweise Ersetzbarkeit ergeben, so muss der Prozess in Verwundbarkeitsklasse IV eingeordnet werden. Falls die technische Ersetzbarkeit gar nicht vom Personal nutzbar sein sollte, so muss die Einordnung in Klasse V (sehr hohe Verwundbarkeit) erfolgen.

Beispiele zu diesem Assessment-Schritt können Anhang 7.3 entnommen werden

3.2.7 Berücksichtigung der Stromabhängigkeit der Trinkwasserversorgung

Der Versorgung mit elektrischem Strom kommt hinsichtlich der Funktionsfähigkeit weiterer Infrastrukturen eine besondere Bedeutung zu. Viele Infrastrukturen stehen in einem engen Abhängigkeitsverhältnis zur Stromversorgung – dies kann unter Umständen und in graduellen Abstufungen auch auf die kommunale Wasserversorgung zutreffen. Während in einigen Fällen, in denen Wasser unter Druck von außerhalb an das Gebiet der Kommune abgegeben wird, eine völlige Autarkie von der Stromversorgung möglich ist, ist die Wasserversorgung anderenorts direkt von ihr abhängig, da Pumpen oder Wasserwerke auf die Versorgung angewiesen sind. Diese möglicherweise bestehende Abhängigkeit sollte unbedingt mit in die Betrachtung eingehen. Dies ist implizit über die Kriterien Funktionsanfälligkeit und Ersetzbarkeit erfolgt, kann jedoch wie im Folgenden ausgeführt wird, auch noch einmal explizit geschehen.

Das nun beschriebene Vorgehen lässt sich nur dann realisieren, wenn entweder das Verwundbarkeitsassessment für die Stromversorgung bereits vollständig durchgeführt wurde oder aus anderen Quellen bekannt ist, welche Bereiche der Kommune unter Annahme des Hochwasserszenarios nicht mehr mit Strom versorgt werden können. Außerdem sollte die erste Phase des Verwundbarkeitsassessments gegenüber dem festgelegten Hochwasserszenario bereits für alle Komponenten der Wasserversorgung durchgeführt worden sein.

Auf der Grundlage dieser Arbeiten ist es nun möglich, die Abhängigkeit der Wasserversorgung von der Stromversorgung noch einmal gesondert zu betrachten. Es gilt zu diesem Zweck die bereits beschriebenen Assessment-Schritte zu wiederholen, allerdings unter Annahme einer neuen Exposition, welche nicht mehr die Überflutungsbereiche, sondern die vom Stromausfall betroffenen Bereiche zur Grund-

lage macht. Sie sollten die bereits erstellte Liste aller Teilprozesse / Komponenten der Wasserversorgung noch einmal zur Hand nehmen und alle Komponenten, die sich in diesem Bereich befinden, einer erneuten Prüfung unterziehen.

Es ist nun zu klären, welche der Komponenten abhängig von der Stromversorgung sind. Dies kann potenziell alle Komponenten der Wasserversorgung betreffen, es ist jedoch zu erwarten, dass die Komponenten zumindest teilweise mit einer Notstromversorgung ausgerüstet sind, die einen Funktionsausfall verhindern würde. Für alle stromabhängigen und nicht notstromversorgten Komponenten ist der Funktionsausfall anzunehmen – das Verwundbarkeitsassessment geht mit dem nächsten Schritt weiter. Für alle notstromversorgten Komponenten sollte der Zusatzfragebogen zur Notstromversorgung im Hochwasserfall durchgeführt werden (*Check-Liste 1 in Anhang 7.1*). Dieser kann dabei helfen, die Dauer und die Zuverlässigkeit der Versorgung abzuschätzen und weist auf mögliche Probleme hin.

Anschließend muss geklärt werden, ob die als funktionsanfällig identifizierten Komponenten in technischer Hinsicht durch nicht betroffene Komponenten ersetzt werden können. Ist dies der Fall, so wird das Assessment fortgesetzt. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Komponenten automatisch in Klasse V eingeordnet werden, da ein Ausfall zu erwarten ist.

Es ist nun entscheidend, neben den technischen auch die organisatorischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit zu betrachten. Je nachdem, ob eine vollständige, teilweise oder gar keine Ersetzbarkeit möglich ist, erfolgt die Einordnung der Teilprozesse und Komponenten in die Klassen III, IV oder V (*zu den organisatorischen Bedingungen der Ersetzbarkeit siehe Check-Liste 2 in Anhang 7.2*).

3.2.8 Zwischenergebnis:

Verwundbarkeit der Teilprozesse / Komponenten – Ableitung von Handlungsoptionen

Das Ergebnis des Assessments bis zu diesem Punkt beruht auf dem Hochwasserszenario, dem Inventar aller innerhalb der Kommune zu findenden Teilprozesse / Komponenten, deren genauem Standort, dem daraus ermittelten Expositionsgrad, der Funktionsanfälligkeit der Teilprozesse / Komponenten sowie deren technischer und personeller Ersetzbarkeit. Diese Informationen liegen zum einen bezogen auf die einzelnen Komponenten in Form einer Karte bzw. eines GIS vor, zum anderen in Form einer Auflistung, welche die Verwundbarkeitsklassen bezogen auf die Teilprozesse abbildet.

Im Folgenden soll es darum gehen, welche Handlungsoptionen aus den bereits erzielten Ergebnissen abgeleitet werden können. Welche Maßnahmen sich zur Absenkung der Verwundbarkeit heranziehen lassen, kann direkt aus den Verwundbarkeitsklassen der ersten Phase des Assessments (vgl. auch Kapitel 3.2.2) abgelesen werden. Die hier vorgeschlagenen Handlungsoptionen sind im Einzelfall gegeneinander abzuwägen – allgemeingültige Aussagen dazu, welche Maßnahme die sinnvollste ist, sind in Unkenntnis der konkreten Situation nicht möglich. Diese Entscheidung kann nur vor Ort getroffen werden.

Klasse I = keine Verwundbarkeit oder sehr geringes Verwundbarkeitsniveau

Handlungsoptionen: Die Verminderung der Exposition ist der effektivste Weg zur Herabsetzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser.

Klasse II = geringes Verwundbarkeitsniveau

Handlungsoptionen: Es bieten sich die Möglichkeiten, die relativ geringe Verwundbarkeit zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder die Verwundbarkeit über die Reduktion der Exposition weiter herabzusetzen.

Klasse III = mittleres Verwundbarkeitsniveau

Handlungsoptionen: Es bleiben die Möglichkeiten, die Verwundbarkeit zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder Maßnahmen zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und Exposition vorzunehmen.

Klasse IV = hohes Verwundbarkeitsniveau

Handlungsoptionen: Es bleibt einerseits die Möglichkeit, die vergleichsweise hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und für den Funktionsausfall bei einem Hochwasserereignis zu planen, oder andererseits Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit sowie zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und / oder Exposition zu ergreifen.

Klasse V = sehr hohes Verwundbarkeitsniveau

Handlungsoptionen: Es bestehen die Optionen, entweder die sehr hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und entsprechende Pläne zum Umgang mit dem Versorgungsausfall zu erstellen, oder Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit bzw. zur Verminderung von Exposition und Funktionsanfälligkeit zu ergreifen.

Alle der in der ersten Assessment-Phase ermittelten Verwundbarkeiten der Teilprozesse und Komponenten tragen in einem gewissen Umfang zur Gesamtverwundbarkeit der Infrastrukturversorgung gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene bei. Die Ergebnisse, die an dieser Stelle ermittelt wurden, geben detailliert Aufschluss über die ein-

zelnen Teilprozesse, ihre Verwundbarkeit sowie die exakten Gründe für diese Verwundbarkeit. Sie geben daher wichtige Hinweise auf Maßnahmen, die zur Verwundbarkeitsreduktion ergriffen werden können. Diese Aussagen sind als Basis für die zweite Phase des Assessments unerlässlich.

3.3 Zweite Assessment-Phase

Abschätzung der Verwundbarkeit der Infrastruktur

Ziel der ersten Assessment-Phase war die detaillierte Betrachtung der Komponenten und Teilprozesse mit Blick auf die Auswirkungen des Hochwassers. Die Effekte, die sich aus deren Zusammenwirken ergeben, sollten zunächst ausgeklammert werden – auch wenn sie sich in Form der ‚Ersetzbarkeit‘ in den Schritten 5 und 6 doch bereits ‚eingeschlichen‘

haben. Da gerade das Zusammenwirken aus den einzelnen Komponenten ein funktionierendes Infrastruktursystem ausmacht, ist eine widerspruchsfreie Trennung in der Analyse ausgesprochen schwierig. In der zweiten Assessment-Phase soll es nun darum gehen, das Zusammenwirken der Komponenten und Teilprozesse explizit in den Blick zu nehmen.

Indirekte Betroffenheit

So wie im Normalfall das Funktionieren aller Komponenten die Funktionsfähigkeit der gesamten Infrastruktur sicherstellt, kann sich im Fall eines Hochwassers das Nicht-Funktionieren einzelner Komponenten auch auf andere auswirken. So ist es z.B. denkbar, dass eine Netzstation zwar im Trockenen steht, jedoch nicht mehr versorgt werden kann, weil ein vorgelagertes Umspannwerk nicht mehr am Netz ist. Die Betroffenheit der Netzstation besteht dann nicht direkt durch das Hochwasser, sondern ergibt sich indirekt über die Betroffenheit einer anderen Komponente. Um sich ein Bild von der Verwundbarkeit

der gesamten Infrastruktur machen zu können, ist es daher wichtig, auch möglichst genau zu wissen, wie diese zusätzliche, indirekte Betroffenheit aussehen wird. Gleichzeitig ist sie leider besonders schwer abzuschätzen und eine klare Aussage ist oft problematisch. Zur Abschätzung der indirekten Betroffenheit benötigt man sehr detaillierte Hintergrundinformationen, z.B. zur Struktur der Netze. Da diese Informationen nur den Betreibern vorliegen, ist es mehr denn je von Bedeutung diese in Ihre Bemühungen zur Abschätzung der Verwundbarkeit einzubeziehen.

Vorgehensweise

Um die bereits vorliegenden Ergebnisse für diesen Schritt nutzbar zu machen, müssen alle im Rahmen der ersten Assessment-Phase identifizierten Komponenten noch einmal mit Blick auf diesen zusätzlichen Problemzusammenhang betrachtet werden. Gehen Sie die Liste Schritt für Schritt zusammen mit den Betreibern durch und schätzen Sie gemeinsam die Bedeutung der bereits ermittelten Ergebnisse mit Blick auf weitere Komponenten so gut wie möglich ein. Kernfragen lauten in diesem Zusammenhang: Welche weiteren Komponenten sind von Ausfall oder Beeinträchtigung dieser Komponente betroffen und was wären die Konsequenzen? Ist es möglich, die dadurch betroffenen Gebiete räumlich abzuschätzen? Falls Ja, wie groß sind diese und wo liegen sie? Dies kann ggf. eine Neubewertung einzelner Komponenten zu Folge haben, die selbstverständlich im GIS und auch in der Auflistung dokumentiert werden muss. Sollten Sie sich nicht sicher sein, ist es geboten, vom ungünstigsten Fall (z.B. einem Ausfall) auszugehen

und auf dieser Grundlage zu planen.

Um die Reihenfolge des Vorgehens zu optimieren können Sie sich an dem in Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 überblicksartig dargestellten Zusammenwirken der Teilprozesse der Stromversorgung und Trinkwasserversorgung orientieren. Die hier vorgeschlagene Reihenfolge ist an eine Prozesskette angelehnt und versucht, Ihr Augenmerk zuerst auf die Teilprozesse zu lenken, deren Ausfall oder Beeinträchtigung erwartungsgemäß besonders schwerwiegende Auswirkungen haben können. Selbstverständlich kann der Vorschlag, wie bereits in der ersten Assessment-Phase, bei Bedarf und in Absprache mit den Betreibern an die konkreten Gegebenheiten vor Ort angepasst werden. In den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.2 finden Sie zusätzliche Erläuterungen zu den einzelnen Teilprozessen, die Ihnen bei der Durchführung der Abschätzung behilflich sein können.

Ergebnisse

Die auf diesem Weg entstehenden Informationen sollen Ihnen einen Eindruck davon vermitteln, wie schwerwiegend die in der ersten Assessment-Phase ermittelten Ergebnisse für die Funktionsfähigkeit der

gesamten Infrastruktur sind. Sie sollen als Grundlage für Ihr Risiko- und Krisenmanagement dienen und Ihnen Anhaltspunkte für prioritäre Maßnahmen zur Verminderung der Verwundbarkeit liefern.

3.3.1 Zusammenwirken der Teilprozesse der Stromversorgung

Die einzelnen Teilprozesse sind im Bereich der Stromversorgung hierarchisch angeordnet. Der Strom muss zunächst zur Verfügung gestellt werden. Dies geschieht bei größeren Kommunen durch eine Kombination von Kraftwerken und der Einspeisung aus dem Höchst- oder Hochspannungsnetz eines (über-) regionalen Anbieters. In anderen Fällen wird nur Strom aus dem Hochspannungsnetz oder, im Fall von kleineren Kommunen, direkt aus dem Mittelspannungsnetz eines Regionalversorgers bezogen. Wenn diese Komponenten ausfallen, so können auch alle folgenden Teilprozesse nicht mehr umgesetzt werden. Darunter ist die Steuerung des Netzes angesiedelt. Während in größeren Kommunen die Netzstationen mit großem Abstand folgen, können diese in kleinen Kommunen, die Strom direkt aus dem Mittelspannungsnetz übernehmen, eine deutlich höhere Stellung einnehmen. Dort setzen sie zwar den gleichen Prozess um, doch befindet sich häufig keine Komponente mit einer höheren Relevanz vor Ort. Schließlich folgen die Kabelverteilerschränke, über welche der Strom zu den Hausanschlüssen geleitet wird. Die Hierarchieebenen können erheblichen Einfluss auf die Priorisierung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsreduktion haben.

Im Fall der Stromversorgung wird den Komponenten, die dafür Sorge tragen, dass elektrischer Strom im Netz der Kommune bereitgestellt wird, die höchste Priorität gewährt. Sollten Probleme in diesem Teilprozess abzusehen sein, so ist es wichtig, nach den direkten Auswirkungen des Ausfalls zu fragen. Sollte etwa nur noch ein Teil der Gesamtleistung zur Verfügung stehen (Verwundbarkeitsklasse IV), so muss der Versorger ggf. mit dem Abschalten der Versorgung für einzelne Abnehmer oder ganze Ge-

biete reagieren. Die Kommune sollte darauf vorbereitet sein, welche Bereiche des Netzes abgetrennt werden; ggf. ergibt sich die Möglichkeit, Einfluss auf die Planung zu nehmen (auch bei der Wiederherstellung der Versorgung). Sollte dieser Teilprozess ganz ausfallen (Verwundbarkeitsklasse V), so muss unter den Bedingungen des angenommenen Szenarios ein vollständiger Stromausfall angenommen werden. Die Priorität dieses Teilprozesses muss bei der Planung von Maßnahmen zur Verwundbarkeitsabsenkung in jedem Fall Berücksichtigung finden, denn Anstrengungen, die hinsichtlich weiterer Teilprozesse unternommen werden, können im Hochwasserfall ihre Wirkung nicht entfalten, sollte dieser Teilprozess nicht mehr in Funktion sein. Welche Maßnahmen im konkreten Fall sinnvoll sind, hängt direkt vom Ergebnis des Teilprozesses in der ersten Assessment-Phase ab (vgl. Kapitel 3.2.6).

Im nächsten Schritt muss der Strom ggf. noch auf die mittlere Spannungsebene herunter gespannt werden. Auch hier stellt sich, sollte sich dieser Teilprozess als verwundbar herausstellen, die Frage, welche Folgen ein Ausfall hätte. Die Folgen können je nachdem, ob die Komponenten auf der Mittelspannungsebene vermascht oder in mehrere Teilnetze untergliedert sind, sehr unterschiedlich aussehen. Diese Frage kann nur im Dialog mit dem Versorger beantwortet werden. Es ist zu bedenken, dass in vielen Kommunen diese Ebene die oberste Priorität haben muss, da der Strom direkt aus dem Hochspannungsnetz übernommen wird. Es gilt auch in diesem Fall die Ergebnisse aus der ersten Phase des Assessments bei der Planung von Maßnahmen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.2.6).

An der nächsten Stelle wird die Netzleitstelle angeführt. Ihr Ausfall hätte zwar nicht unbedingt sofort einsetzende Stromausfälle zur Folge, würde aber in jedem Fall zu Problemen führen, da das Netz von nun an ‚blind‘ laufen müsste. Dieser Zustand ist ausgesprochen heikel und kann ggf. mit zeitlicher Verzögerung dennoch Stromausfälle unbekanntem Ausmaßes nach sich ziehen. Mögliche Maßnahmen ergeben sich aus dem Ergebnis der ersten Phase des Assessments und werden in Kapitel 3.2.6 genannt.

Im Anschluss wird die Umspannung von Mittelspannung auf Niederspannung in den Netzstationen betrachtet. Bei diesem Schritt ist zu bedenken, dass die Netzstationen, die diesen Teilprozess umsetzen, eine relativ geringe räumliche Reichweite besitzen und daher ein deutlicher qualitativer Unterschied zwischen dem Ausfall eines Umspannwerks und dem Ausfall einer Netzstation besteht. Auch können der Umsetzung von Maßnahmen zur Verminderung der Exposition aufgrund der notwendigen Nähe zum Abnehmer Grenzen gesetzt sein. Unter Kapitel 3.2.6 finden sich Anmerkungen zur Umsetzung der Assessment-Ergebnisse der ersten Phase in konkrete Handlungen zur Herabsetzung der Verwundbarkeit.

Die Verteilung des Stroms über die Kabelverteilerschränke ist auf der darunter liegenden Ebene anzusiedeln. Auch hier ist wiederum eine deutliche Abstufung zu den Netzstationen zu sehen, da die Kabelverteiler ggf. überbrückbar sind und ihr Ausfall nicht unbedingt Auswirkungen auf die Versorgung haben muss. An letzter Stelle sind die Hausanschlüsse zu betrachten.

Abschließend ist zu bedenken, dass sowohl die Netzstationen als auch die Kabelverteiler aufgrund ihres räumlich eingeschränkten Wirkungsbereichs von einem Hochwasser ebenso betroffen sein werden, wie die Abnehmer, die im Normalfall von ihnen versorgt werden. Da im Hochwasserfall in der Regel die Anschlüsse der Versorger unbrauchbar werden, ist zwar zumeist nicht von großflächigen Ausfällen durch die Überflutung dieser Komponenten auszugehen, kleinräumige Ausfälle für Abnehmer, die vielleicht selbst nicht von der Überflutung betroffen sind, können jedoch sehr wohl von diesen Komponenten verursacht werden.

3.3.2 Zusammenwirken der Teilprozesse der Trinkwasserversorgung

Ebenso wie im Bereich der Stromversorgung kann für die Wasserversorgung ein hierarchisch organisierter Systemaufbau angenommen werden, an dessen Struktur man sich zur Interpretation der Teilergebnisse aus der ersten Assessment-Phase und zur Schwerpunktsetzung bei der Planung von Maßnahmen orientieren kann. Wie im Folgenden ausgeführt, kann die tatsächliche Bewertung der Teilergebnisse je nachdem, welcher Infrastrukturaufbau in der Kommune vorliegt, variieren.

Analog zur Stromversorgung sollte der Bereitstellung von Trinkwasser oberste Priorität gegeben werden. Das bedeutet, dass, je nach Systemaufbau vor Ort,

die Kombination aus Wasserwerken und Brunnen bzw. Talsperren oder die Einspeisungspunkte bzw. Übergabestellen eines Vorversorgers zuerst angeschaut werden müssen. Ein Ausfall der Trinkwasserbereitstellung hätte, je nach Kapazität und Füllstand der Zwischenspeicher früher oder später, eine Absenkung des Druckniveaus und anschließend einen flächenhaften Versorgungsausfall zur Folge.

An zweiter Stelle werden im Fall der Wasserversorgung die Pumpen zur Druckregulation betrachtet. Diese Pumpen halten den Leitungsdruck stabil und befüllen ggf. die Zwischenspeicher. Ein Ausfall würde mit einer Absenkung des Wasserdrucks, bei-

spielsweise in höher gelegenen Gebieten, und ggf. mit dem Aussetzen der Befüllung von Zwischenspeichern einhergehen. Sollten Pumpen von einem herannahenden Hochwasser betroffen sein, so sollte bei ausreichend langer Vorwarnzeit auf eine vollständige Befüllung der Zwischenspeicher Wert gelegt werden.

Da die Zwischenspeicherung in druckwasserdichten Behältern und häufig höher gelegen, z. B. in Hochbehältern oder Wassertürmen erfolgt, kann eine Betrachtung dieser Komponenten im Zusammenhang mit einem Hochwasserereignis mit unterster Priorität erfolgen. Dies bedeutet keineswegs, dass diese Komponenten nicht wichtig für die Versorgung sind, ganz im Gegenteil ist davon auszugehen, dass auch im Fall der Wasserversorgung das Zusammenwirken aller Komponenten die Funktionsfähigkeit des Systems garantiert und gerade die Zwischenspeicher

eine wichtige Pufferfunktion bei einem zeitweisen Ausfall von Komponenten bedeuten. Es ist allerdings aufgrund ihrer Lage und ihrer (druck-)wasserdichten Konstruktion von einer relativ geringen Verwundbarkeit der Zwischenspeicher gegenüber Hochwasserereignissen auszugehen.

Anders als im Fall der Stromversorgung kann die Bedeutung der Netzleitstelle zur Wasserversorgung oft als niedrig eingestuft werden. Wasserwerke, Pumpen und Speicher kommunizieren häufig automatisiert miteinander, d. h. Steuerungsmechanismen greifen, ohne dass die Netzleitstelle diese einleiten muss. Der Leitstelle kommt dann in erster Linie eine Überwachungsfunktion zu. Sollte die Leitstelle in der betrachteten Kommune eine Steuerungsfunktion wahrnehmen, ist sie deutlich höher im Ranking anzusiedeln.

3.3.3 Alternatives Vorgehen bei Betrachtung mehrerer Hochwasserszenarien

Das in den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.2 beschriebene Vorgehen lässt sich auch dann anwenden, wenn lediglich ein Hochwasserszenario betrachtet wurde. Sollten Sie sich dafür entscheiden, mehrere Szenarien in das Verwundbarkeits-Assessment einzubeziehen, so können Sie alternativ oder ergänzend die unterschiedlich hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten in Ihre Entscheidung über die Umsetzung von Maßnahmen einfließen lassen. Für ein Hochwasser mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. relativ niedrigem Pegelstand kann es ggf. sinnvoll sein, Maßnahmen schnell und flächendeckend zu ergreifen (z. B. über die Herabsetzung der Exposition). Unter Annahme eines mittleren Szenarios könnte sich u. U. eine objektbezogene Planung anbieten (Verminderung der Verwundbarkeit z. B. über die Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit mit Hilfe von Objektschutzmaßnahmen), während bei der Betrachtung eines Hochwasserszenarios mit

besonders großem statistischen Wiederkehrintervall und sehr hohen Pegelständen die Erstellung eines Krisenmanagementplans für den Umgang mit einem möglicherweise flächendeckenden Infrastrukturausfall mehr und mehr ins Zentrum rückt. Es ist darauf hinzuweisen, dass sich dieses Vorgehen an statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten orientieren würde. Aussagen darüber, wann und wie oft diese Hochwasserereignisse tatsächlich eintreten werden, sind damit nicht möglich.

Sollten Sie sich für dieses Vorgehen entscheiden, so bietet es sich an, Schutzziele, welche an die Hochwasserszenarien angelehnt sind, zu definieren und einen Plan zur Umsetzung von Maßnahmen in diesem Rahmen zu erstellen. Bei der Umsetzung von Maßnahmen können Sie sich an den in den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.2 gegebenen Vorschlägen orientieren.

3.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen

Die in Kapitel 3.2.6 vorgestellte Methode zur Ableitung von Handlungsempfehlungen direkt aus den Ergebnissen der ersten Assessment-Phase ist letztlich für alle Teilprozesse / Komponenten anwendbar. Es gilt jedoch im konkreten Fall zu entscheiden, welche Maßnahme in Frage kommt. Während ein Kraftwerk aufgrund des großen Aufwands und der Angewiesenheit auf Kühlwasser nur schwerlich vom Flusslauf entfernt zu verlegen sein wird, könnte diese Maßnahme für ein Umspannwerk eine sinnvolle Überlegung sein. Es ist also im Einzelfall unter Einbeziehung des finanziellen, technischen und organisatorischen Aufwands, des notwendigen Schutzniveaus und sonstigen lokalen Gegebenheiten zu entscheiden, ob eine Akzeptanz der Verwundbarkeit (Planung für den

Ausfall), eine Verminderung der Verwundbarkeit (Erhöhung der Ersetzbarkeit oder Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit) oder die völlige Vermeidung der Exposition hinsichtlich der jeweiligen Teilprozesse in Betracht gezogen werden. Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Verwundbarkeit können in jedem Fall anhand der hier vorgestellten Methode schon im Vorfeld überprüft und in den Abwägungsprozess miteinbezogen werden. Über die Auswirkungen auf die jeweilige Verwundbarkeit hinaus sollten weitere Aspekte in die Planung miteinbezogen werden. Diese sollen in den folgenden Unterkapiteln erläutert und anhand der Beispiele in Anhang 7.3 B und C veranschaulicht werden.

3.4.1 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage

48

Nachdem die Assessment-Ergebnisse vorliegen, muss innerhalb der Kommunen und in enger Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern darüber entschieden werden, wie mit diesen Ergebnissen umgegangen werden kann. Sie sind demnach als wichtige Bausteine zur vorsorgenden Planung sowie zur Er-

arbeitung oder Anpassung des Risiko- und Krisenmanagements zu verstehen. Im Folgenden sollen Hinweise darauf gegeben werden, welche Aspekte zusätzlich als Planungsgrundlage herangezogen werden sollten.

Betroffene Gebiete

Sollte sich im Rahmen des Assessments herausstellen, dass in einem oder mehreren Teilprozessen mit völligen oder partiellen Ausfällen der Infrastrukturversorgung zu rechnen ist, so ist es in jedem Fall ratsam, sich über die betroffenen Bereiche zu informieren. Diese sind hinsichtlich der Stromversorgung in den vom Hochwasser betroffenen Gebieten zu erwarten, ggf. sogar darüber hinaus. Im Bereich der Wasserver-

sorgung könnte es in höher gelegenen Gebieten, die nicht vom Hochwasser betroffen sind, zu Problemen kommen. Diese Fragen können nur in Absprache mit den Versorgungsunternehmen geklärt werden. Möglicherweise lassen sich diese Bereiche in dem für das Assessment angelegten GIS bzw. in der im Rahmen des Assessments erstellten Karte als eine zusätzliche Expositionsfläche darstellen und analysieren.

Betroffene Objekte

Über die rein flächenmäßige Abschätzung der Versorgungssituation hinaus sollte geklärt werden, welche Objekte sich in diesen Gebieten befinden. Bestimmte Objekte sind in hohem Maß von der Wasser- und / oder Stromversorgung abhängig und erfüllen gleichzeitig auch oder gerade im Hochwasserfall eine zentrale Funktion. Als solche sind beispielsweise Krankenhäuser oder Einrichtungen zur Wasserentsorgung zu zählen. Das Management dieser Einrichtungen sollte umgehend vom drohenden Ausfall der Infrastrukturversorgung in Kenntnis gesetzt werden. Auch die Evakuierbarkeit der unversorgten Objekte spielt eine wichtige Rolle – im Fall von Krankenhäusern oder Altersheimen ist es beispielsweise besonders schwierig zu evakuieren. In

diesem Fall muss über alternative Versorgungsmöglichkeiten nachgedacht bzw. eine Priorisierung von Maßnahmen in Bezug auf diese Objekte vorgenommen werden. In diese Überlegungen muss mit einbezogen werden, dass Stromversorgungsunternehmen auf einen Engpass in der Bereitstellung von Strom mit der gezielten Abschaltung von Teilen des Netzes reagieren müssen. Sollte die Möglichkeit bestehen, auf diesen Prozess Einfluss zu nehmen, z. B. indem bestimmte Objekte definiert werden die unbedingt versorgt bleiben müssen, so sollte diese wahrgenommen werden. Es sollte in diesem Zusammenhang die Wasserversorgung berücksichtigt und in die Planung miteinbezogen werden.

3.4.2 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen

Im vorliegenden Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Wasserversorgung wurde eine praktische Entscheidung zur Abgrenzung des untersuchten Raums notwendig: Betrachtet wird die einzelne Kommune. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Kommunengrenze keineswegs der Grenze eines Versorgungsgebietes entsprechen muss. Häufig überschreiten Infrastrukturen administrative Grenzen, so dass Versorgungsprobleme im Hochwasserfall ihre Ursache außerhalb der Kommune haben können. Dies wäre etwa dann der Fall, wenn kein Wasser oder kein Strom mehr bis an die Grenzen der Kommune gelangen würde. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass die Verwundbarkeit der Versorgung in Ihrer Kommune potenziell negative Auswirkungen auf die Nachbarkommune haben kann. Sollte die Versorgung Ihrer Nachbarn vom Funktionieren einer Komponente auf dem Gebiet Ihrer Kommune abhängig sein und sollten Sie zum Ergebnis einer hohen Verwundbarkeit in diesem Bereich kommen, so liegt es in Ihrer Verantwortung, die

Nachbarkommune von diesem Ergebnis in Kenntnis zu setzen.

Es ist also ratsam, Probleme der Versorgungssicherheit mit den Versorgern und ggf. auch mit den Nachbarkommunen zu diskutieren. Auf diesem Weg können nicht nur versorgungsrelevante Schwachpunkte außerhalb der Kommune erkannt werden, sondern es kann auch gemeinsam an Lösungsansätzen gearbeitet werden. Als solche könnten beispielsweise die Einrichtung neuer Anschlussstellen an die Hoch- oder Mittelspannungsnetze, die Verlagerung von Komponenten oder die Schaffung von Verbindungen zur Nachbarkommune gelten. Es sollte im Einzelfall, nach der sorgfältigen Prüfung des Bedarfs und unter Einbeziehung aller Akteure, über die sinnvollsten Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit entschieden werden – ggf. kann dieses Vorgehen kostengünstiger und effizienter zu realisieren sein, als ein Alleingang einer Kommune.



Abbildung 3.3 und 3.4: Ein Hochwasserereignis geht mit dem Abfließen des Wassers nicht spurlos vorüber - am Beispiel des Betriebs hofs des Kraftwerks Nossener Brücke in Dresden wird deutlich, was das Wasser zurücklässt. (Bildquelle: Maschinen- und Stahlbau Dresden, August 2002)

Autoren: Jörn Birkmann, Maike Vollmer,
Jan Wolfertz
Kartographie: Torsten Welle

IV. Kapitel

Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung
gegenüber Hochwasserereignissen

Zielsetzung

Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren ist ein zentraler Baustein für die systematische Entwicklung von Handlungsstrategien und Schutzkonzepten im Bevölkerungsschutz sowie in der Stadt- und Regionalplanung. Dabei ist zu beachten, dass die Abschätzung der Verwundbarkeit mehrere Kriterien umfassen sollte. Als solche zu nennen sind die Exposition der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren, die Anfälligkeit der exponierten Bevölkerungsgruppen, und die Bewältigungskapazitäten, über die diese Gruppen verfügen, um mit den Auswirkungen der Hochwasserereignisse umzugehen.

Ziel dieses Kapitels ist es, Verfahren aufzuzeigen, wie Daten der kommunalen Statistik sowie die Ergebnisse kommunaler Bürgerumfragen (z. B. kommunaler Mikrozensus) genutzt werden können, um Aussagen über die Verwundbarkeit der Bevölkerung mit einer möglichst hohen räumlichen Auflösung zu treffen. Ein wesentliches Ziel ist es dabei, Indikatoren zur

Abschätzung der Verwundbarkeit abzuleiten. Der Leitfaden zeigt Schritt für Schritt die entsprechenden Erhebungs- und Berechnungsmöglichkeiten zentraler Indikatoren auf. Dabei wird zwischen einem Kernset an Indikatoren und einem kommunalspezifischen Set an Indikatoren differenziert. Das Kernset kann in der Regel mittels der Daten aus der herkömmlichen kommunalen Statistik bzw. aus kommunalen Mikrozensususerhebungen berechnet werden, wohingegen die kommunalspezifischen Indikatoren meist eigene weitergehende Erhebungen der Städte und Gemeinden erfordern. Der Leitfaden zeigt zudem anhand von Beispielen auf, wie die vorgeschlagenen Indikatoren in Form von Karten visualisiert werden können, um räumliche Schwerpunkte (Hotspots) der Verwundbarkeit in einer Stadt sichtbar zu machen. Die Ergebnisse können als ein Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren genutzt werden und sind von hoher Relevanz sowohl für die vorsorgende Planung als auch für die Einsatzplanung.

Voraussetzungen

Zur Berechnung der Indikatoren muss zum einen der Zugang zu den verwendeten Daten gewährleistet sein und zum anderen müssen die benötigten Computerprogramme zur Verfügung stehen. Die Berechnungen zentraler Indikatoren wurden beispielsweise mittels der Software SPSS 17.0 durchgeführt. Es kann jedoch selbstverständlich auch ein anderes Pro-

gramm mit geeignetem Funktionsumfang verwendet werden. Die Visualisierung in Karten wurde mit dem Programm ArcGIS 9.1 vorgenommen. Auch hier gilt, dass auf alternative Software, welche über die entsprechenden Funktionen verfügt, zurückgegriffen werden kann.

4.1 Verwundbarkeit der Bevölkerung

Der Entwicklung von Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit und Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren liegt ein systemisches und prozesshaftes Verständnis von Verwundbarkeit zugrunde. Neben der Frage, ob überhaupt Bewohner einer Stadt Hochwassergefahren ausgesetzt sind (**Exposition**), wird auch danach gefragt, welche Gruppen im Falle des Hochwasserereignisses besonders große Schwierigkeiten hätten (**Anfälligkeit**). Die Fokussierung auf Fragen der Evakuierungsfähigkeit und der Evakuierungsgeschwindigkeit im Ereignisfall dient als wichtige Ori-

entierung, um unterschiedliche Anfälligkeitsniveaus innerhalb der Gruppe der exponierten Personen bzw. Haushalte zu ermitteln. Im Sinne eines umfassenden Verwundbarkeitsverständnisses reicht es allerdings nicht aus, *Exposition* und *Anfälligkeit* zu betrachten, vielmehr haben zahlreiche Bewohner entlang großer Flüsse auch Erfahrungen und Ressourcen (**Bewältigungskapazitäten**), die sie im Ereignisfall nutzen, um das Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Folglich wird nach der Abschätzung der *Exposition* und der *Anfälligkeit* auch die *Bewältigungskapazität* in das Assessment einbezogen.

4.1.1 Datengrundlage

In Bezug auf die genutzten Daten sind insbesondere zwei Datenquellen zu unterscheiden. Erstens die kommunale Statistik oder andere kommunale Quellen, die in der Regel über die für die Erstellung eines Kernsets an Indikatoren benötigten Daten verfügen, und zweitens eigene Erhebungen, z.B. Haushaltsbefragungen, mit denen zusätzliche Parameter zur Ermittlung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser im Sinne einer kommunalspezifischen Analyse erfasst werden können (→ erweitertes „kommunalspezifisches“ Indikatorenset). Die von UNU-EHS durchgeführte Haushaltsbefragung (im Folgenden als UNU-EHS Haushaltsbefragung bezeichnet), deren Ergebnisse im Rahmen des vorliegenden Leitfadens zur Gewichtung bei der Indikatorenberechnung angeboten werden, ist als solche zu nennen.

Planen Sie die Durchführung einer repräsentativen Befragung, so sollten Sie darauf achten, dass die folgenden Fragen - die Aspekte der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität umfassen - darin enthalten sind:

- **Tatsächliche Exposition des befragten Haushaltes**

Sollten Sie mehrere Szenarien gleichzeitig betrachten (z. B. HQ-100 und EHQ¹⁷), so sollte schon bei der Stichprobenziehung darauf geachtet werden, dass eine eindeutige Zuordnung der Haushalte zu den Expositionsgebieten gewährleistet ist (HQ-100 exponierte Haushalte sind immer gleichzeitig auch EHQ exponiert!).

- **Alter jedes Haushaltsmitgliedes**

Das Alter ist für einige der Indikatoren bzgl. der Klassifizierung der Haushalte eine wichtige Berechnungsgrundlage (Evakuierungsfähigkeit und Evakuierungszeit).

- **Höhe des Haushaltseinkommens**

Die Höhe des Haushaltseinkommens sollte in Klassen erhoben werden. Die Klassifizierung ist nicht nur für die Berechnungen der finanziellen Bewältigungskapazität sinnvoll, auch kann sie dabei helfen, ggf. bestehende Bedenken seitens der Befragten zu überwinden, die genaue Höhe des Einkommens preiszugeben.

¹⁷ HQ-100-Gebiete sind solche, die statistisch gesehen alle 100 Jahre von einem Hochwasser betroffen sind. EHQ-Gebiete werden unterschiedlich definiert: In Köln gelten HQ-500 Hochwasser als Extremhochwasser (EHQ). In Dresden gilt ein Hochwasser dann als EHQ, wenn der Pegelstand 10 m überschreitet. Die statistische Wiederkehrwahrscheinlichkeit dieses Pegelstandes liegt bei 200-300 Jahren.

- **Wohneigentum oder Wohnen zur Miete**
Diese Daten können helfen, den Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserereignissen abzuschätzen.
- **Wohndauer am Wohnstandort**
Die Angabe lässt Rückschlüsse auf die Hochwassererfahrung der Befragten an ihrem Wohnstandort zu.
- **Evakuierungsfähigkeit**
Beispiel: „Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?“
- **Eingeschränkte Lauffähigkeit**
Beispiel: „Leben Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)?“ Sollten bereits Daten zur Anzahl gehbehinderter Personen auf kommunaler Ebene vorliegen, so ist es sinnvoll, die Fragestellung analog zum bestehenden Datensatz zu wählen.
- **Evakuierungszeit**
Beispiel: „Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?“ (Die Vergabe von Zeitklassen ist sinnvoll.)
- **Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden (Elementarschaden-Versicherung)**
Beispiel: „Welche der nachfolgend genannten Versicherungen haben Sie?“ In der anschließenden Aufzählung sollte neben einer Anzahl gängiger Versicherungen (Hausratversicherung, Wohngebäudeversicherung, etc.) insbesondere die Elementarschadenversicherung, die Hochwasserschäden abdeckt, genannt werden.
- **Hochwassersensibilität**
Beispiel: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Verwenden Sie zur Erfassung z. B. eine Skala von 1 bis 8, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.
- **Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte**
Beispiel: „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt? Wenn ja, welche?“ Formulieren Sie die Frage offen und ermöglichen Sie die Nennung mehrerer Maßnahmen.
- **Informationslage beim Einzug**
Beispiel: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen erhalten oder eingeholt?“ Es sollten die Antwortkategorien ‚Ja, unaufgefordert erhalten‘, ‚Ja, aktiv eingeholt‘ und ‚Nein, weder erhalten noch eingeholt‘ vorgegeben werden.

4.1.2 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen gliedert sich in mehrere Schritte, wobei in diesem Leitfaden insbesondere die Erhebungs- und Berechnungsmethoden der letztlich ausgewählten Indikatoren dargelegt werden. Zuvor sind bestimmte Merkmale und Ziele zu definieren, anhand derer sich Aspekte der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität operationalisieren lassen.

Dabei ist vielfach eine iterative Vorgehensweise notwendig, bei der erste Indikatorenvorschläge gemacht

und dann z. B. anhand der Verfügbarkeit von kommunalen Daten geprüft und z. T. wieder verworfen werden. Diese Verfahrensschritte werden hier nicht näher erläutert, vielmehr werden in dem vorliegenden Leitfaden nur die ausgewählten Indikatoren insbesondere hinsichtlich ihrer Erhebung, Berechnung und Gewichtung dargelegt. Eine Übersicht über die ausgewählten – insbesondere für den Bevölkerungsschutz relevanten – Indikatoren findet sich in Abbildung 4.1.

4.1.3 Verwundbarkeitsindikatoren: Kernindikatoren und kommunalspezifische Indikatoren

Wie bereits dargestellt, können mit Hilfe dieses Leitfadens zwei unterschiedliche Indikatorensets erstellt werden. Während das Kernset mit Hilfe von Daten berechnet werden kann, die in den meisten Kommunen bereits in der kommunalen Statistik vorliegen, kann bei der Durchführung einer gezielten Befragung zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung zusätzlich ein kommunalspezifisches Indikatorenset entwickelt werden. Dieses Vorgehen ist

als Zusatz konzipiert, d. h. die kommunalspezifischen Indikatoren ersetzen die Kernindikatoren nicht, sondern ergänzen diese. Die Kernindikatoren können dabei oftmals in einer höheren Auflösung realisiert werden, weil die kommunalspezifischen Indikatoren meist auf eigens dafür durchgeführten Befragungen mit entsprechend kleineren Stichprobenumfang beruhen. Abbildung 4.1 zeigt die Struktur des Kern- und des kommunalspezifischen Indikatorensets auf.

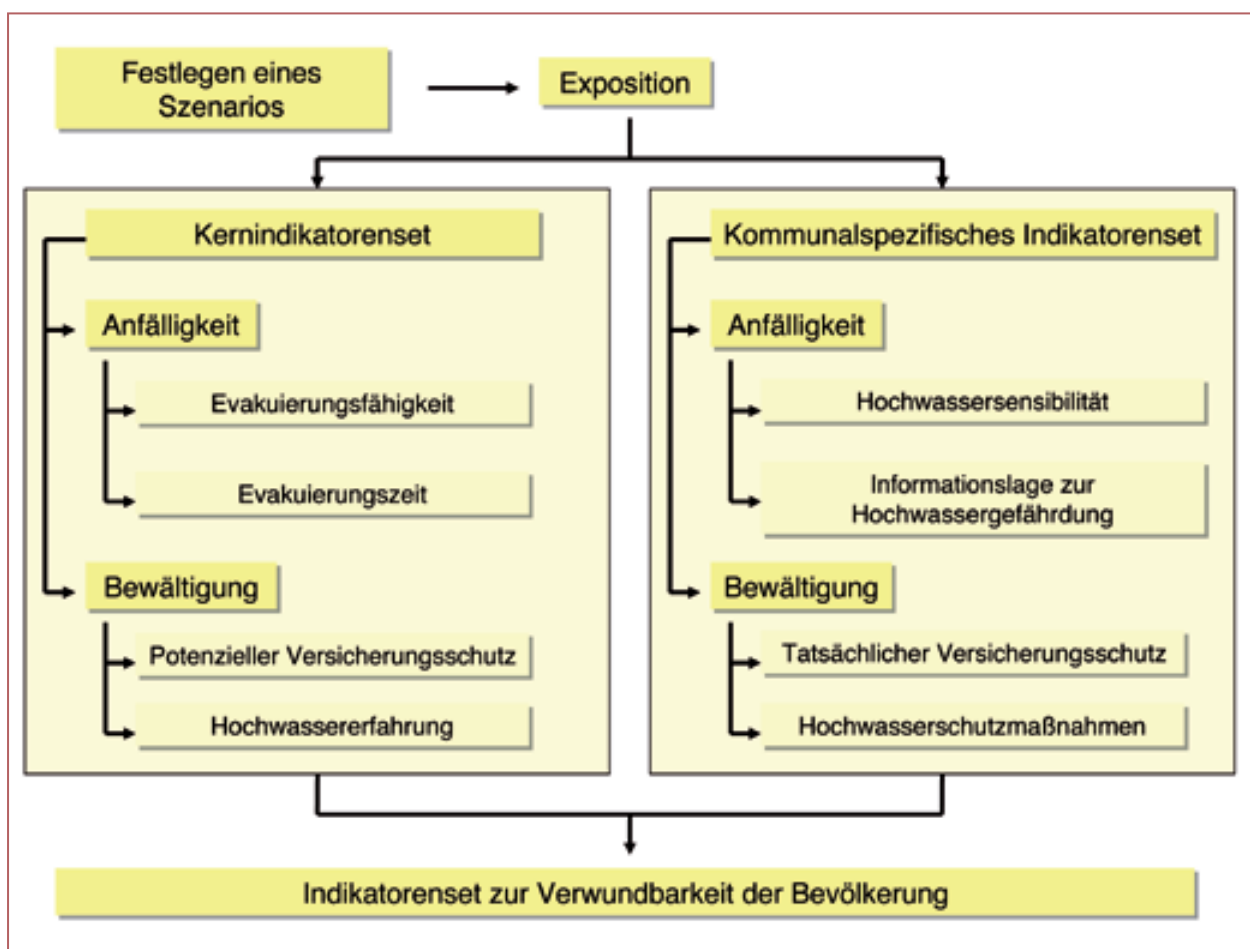


Abbildung 4.1: Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen bezogen auf den Nutzer Bevölkerungsschutz

Zur Berechnung der Kernindikatoren ohne Durchführung einer Befragung der anwendenden Kommune können die mittels der UNU-EHS Haushaltsbefragung ermittelten Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter unter der Annahme ihrer Verallgemeinerbarkeit übernommen werden. Es wurden zu ihrer Berechnung die Stichproben aus Köln und Dresden für das Expositionsgebiet HQ-100 zusammengeführt. Mit diesem Schritt wurde nicht nur der Stichprobenumfang vergrößert, auch verlieren so die lokalen Besonderheiten an Bedeutung.

Sollten Sie planen, eine eigene Befragung durchzuführen, so können Sie diese Faktoren und Gewichtungsfaktoren selbst erheben bzw. berechnen. Hinweise zur Errechnung der Kernindikatoren unter Verwendung eigener Befragungsergebnisse werden unter der Überschrift **Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse** im Zusammenhang mit den Ausführungen zu den Einzelindikatoren in Kapitel 4.2 gegeben.

4.1.4 Überblick über die Kernindikatoren

Im Folgenden werden die Indikatoren des Kernsets vorgestellt und ihre Bedeutung für das Verwundbarkeitsassessment sowie ihre Datenbasis und Validität erläutert. Nach diesen kurzen und prägnanten Erläuterungen,

werden in den Kapiteln 4.2 und 4.3 die genauen Berechnungsmethoden v.a. in tabellarischer Form für jeden Indikator erläutert und veranschaulicht.

Exposition

Exposition bedeutet spezifiziert für den Bereich soziale Verwundbarkeit, dass Personen einem möglichen Hochwasser an ihrem Wohnstandort ausgesetzt sind. Die Expositionsbestimmung im Rahmen einer Verwundbarkeitsanalyse erfolgt nach der Festlegung eines Hochwasserszenarios zunächst hinsichtlich der betroffenen Räume, aus denen sich dann die potenziell betroffenen Haushalte und Personen – absolute und relative Zahlen – einer Gemeinde bzw. Stadt ableiten lassen.

Die Exposition gegenüber Hochwassergefahren ist

eine grundlegende Information für die Abschätzung der Verwundbarkeit. Wenn keine Exposition gegenüber Hochwassergefahren vorliegt, ist auch die Entwicklung von Strategien zum Umgang mit Hochwassergefahren zu vernachlässigen. Für die Erstellung von Notfallplänen und Evakuierungsstrategien sowie für die vorsorgende Stadtplanung ist es deshalb wichtig, Informationen über exponierte Gebiete und die darin lebende Bevölkerung bereitzustellen, so dass Einsatzkräfte und Mittel für den Bevölkerungsschutz sinnvoll koordiniert und konzentriert werden können¹⁸.

¹⁸ vgl. u. a. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29. Bonn.

Indikator: *Exposition*

Aussage: Gibt die absolute Zahl und den relativen Anteil aller innerhalb einer räumlichen Bezugseinheit (z. B. Stadtteil oder Stadtviertel) exponierten Personen oder Haushalte unter Annahme eines Hochwasserszenarios (z. B. HQ-100 oder EHQ) an. Es wird empfohlen, mehrere Hochwasserszenarien zu betrachten.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtteil oder Stadtviertel).
- c) Daten zum Wohnstandort von Personen oder Haushalten aus der kommunalen Statistik (Einwohnermelderegister).

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Die Exposition, angegeben als Anzahl und Anteil exponierter Haushalte und Personen innerhalb einer Raumeinheit, ist ein wichtiger Teilaspekt der Verwundbarkeit. Die Ausweisung der Exposition gegenüber Hochwasserereignissen ist grundlegend für jegliche Schutzmaßnahmen, da sie Auskunft darüber gibt, in welchen Gebieten Maßnahmen erforderlich sind. Durch die Verwendung von Szenarien werden häufiger bzw. seltener betroffene Gebiete erkennbar. Während die Anzahl der exponierten Personen wichtige Informationen für den Bevölkerungsschutz (Evakuierungsplanung, Abschätzung des Bedarfs an Helfern und ggf. Hilfsgütern) und die räumliche Planung (Priorisierung von Maßnahmen) bietet, kann auch der relative Anteil der betroffenen Personen oder Haushalte an der Gesamtbevölkerung pro Raumeinheit ein wichtiger Anhaltspunkt für die Verwundbarkeitsermittlung sein: Wer im Hochwasserfall nicht selbst betroffen ist, kann Anderen besser Hilfe anbieten. Wenn also innerhalb einer Raumeinheit fast alle Menschen selbst betroffen sind, kann dort von einem erhöhten Bedarf an externer Hilfe ausgegangen werden.

Validität: Es ergeben sich Unsicherheiten aus der Berechnung der Szenarien auf der Basis von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. In Folge des Klimawandels wird sich z. B. die Fläche der HQ-100 Gebiete verändern. Die HQ-100 Berechnungen sind nicht als absolute Grenzlinien anzusehen – ein Hochwasser birgt immer ein gewisses Maß an Unsicherheit, was seinen Verlauf angeht. Die Bestimmung der Exposition wird hier auf die Wohnbevölkerung bezogen, da keine verlässlichen und aktuellen Daten zu den Arbeitsplätzen je Raumeinheit vorliegen. Dennoch wäre es sinnvoll, neben der Wohnbevölkerung (*Nachtbevölkerung*) auch die Menschen mit exponiertem Arbeitsplatz (*Tagbevölkerung*) zu erheben und in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen.

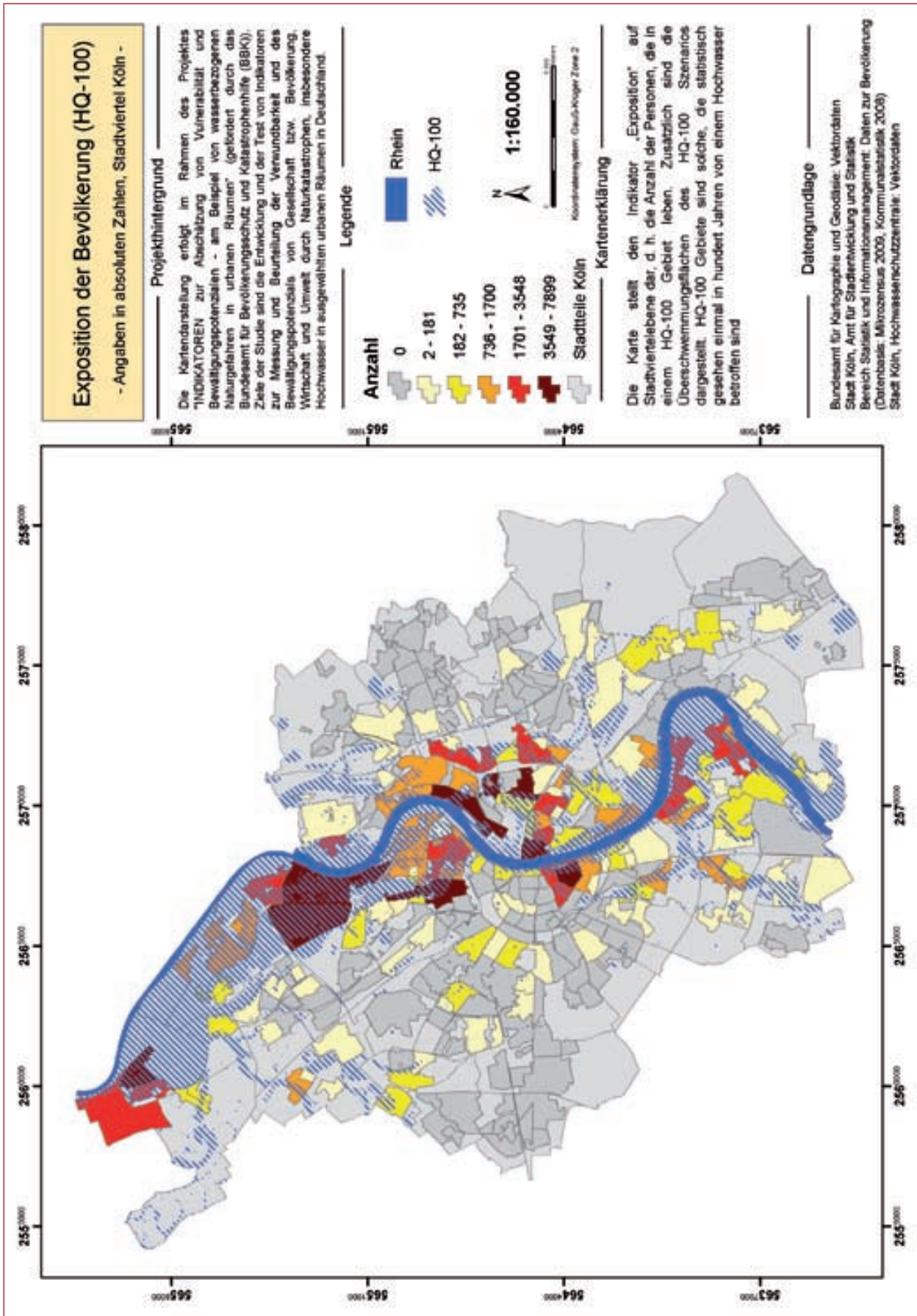


Abbildung 4.2: Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde

Anfälligkeit

Vergangene Hochwasserereignisse zeigen, dass innerhalb der tatsächlich betroffenen Haushalte erhebliche Unterschiede im Hinblick auf die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität bestehen. Während die flächenhafte Exposition gegenüber Hochwassergefahren und die Anzahl der potenziell betroffenen Personen eine erste Orientierung bieten, müssen Verwundbarkeitsanalysen im nächsten Schritt die Anfälligkeit der potenziell Betroffenen beleuchten. Neben der Exposition sind daher weitere Informationen und Indikatoren notwendig, um eine Orientierungshilfe für Vorsorgestrategien und Notfallplanungen zu bieten.

Zur Abschätzung der Anfälligkeit werden im Rahmen dieses Leitfadens in erster Linie Fragen der Evakuierungsfähigkeit sowie der Evakuierungsgeschwindigkeit der betroffenen Bevölkerung betrachtet. Diese Fokussierung trägt insbesondere dem Endnutzer Bevölkerungsschutz Rechnung. Gerade vor dem Hintergrund einer in Deutschland zunehmend älter werdenden Gesellschaft ist es besonders wichtig, zu

prüfen, wie sich die Anfälligkeit bezogen auf den Selbstschutz und die Fähigkeit zur eigenständigen Evakuierung vor Ort darstellt.

Unterschiedliche soziale Gruppen werden bei der Betrachtung der Anfälligkeit anhand charakteristischer Merkmale zusammengefasst. Diese Merkmale sind so ausgewählt, dass sie eine Abschätzung darüber erlauben, wie viele Personen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses besonderer Hilfe bedürfen, sich also nicht selbstständig in Sicherheit bringen könnten (*Evakuierungsfähigkeit*) oder im Falle eines selbstständigen Verlassens der Wohnung trotzdem Unterstützung benötigen würden (*Evakuierungszeit*). Obwohl für die großen Flüsse in Deutschland Vorwarnzeiten von mehreren Tagen für Hochwassergefahren bestehen, ist die Frage der Evakuierungsgeschwindigkeit potenziell betroffener Gruppen relevant, da auch das Risiko des Versagens oder der Überspülung von Hochwasserschutzanlagen¹⁹ als unerwartete und sehr schnell auftretende Ereignisse berücksichtigt werden sollten.

¹⁹ vgl. Hochwasserschutzzentrale Köln (2009): Risikomanagement. Abrufbar unter: <http://www.steb-koeln.de/risikomanagement.html> (abgerufen am 29.06.09).

Indikator: *Evakuierungsfähigkeit*

Aussage: Gibt den Anteil der Haushalte an, die im Hochwasserfall nicht in der Lage wären, sich selbst und alle anderen Haushaltsangehörigen eigenständig in Sicherheit zu bringen.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Haushaltstypen: Erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 4.2.3) auf der Basis von Einwohnermeldedaten.
(Variante 2 zusätzlich:
- d) Gehbehinderung: Kommunale Statistik oder kommunaler Mikrozensus.

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Je mehr Haushalte innerhalb einer Raumeinheit auf fremde Hilfe angewiesen sind, desto anfälliger ist die Bevölkerung dort einzuschätzen. Es besteht eine Verantwortlichkeit der Behörden, die Evakuierung im Ereignisfall auch für hilfsbedürftige Personen zu organisieren²⁰. Die räumliche Darstellung des Indikators *Evakuierungsfähigkeit* kann Auskunft darüber geben, wo im Fall einer Evakuierung mit erhöhtem Bedarf an Helfern zu rechnen ist.

In der UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte sich darüber hinaus, dass ältere Personen, die im Rahmen der Ermittlung der Evakuierungsfähigkeit als besonders vulnerable Gruppe identifiziert wurden, auch hinsichtlich der Zufluchtsorte bei einer Evakuierung weniger auf soziale Netzwerke zurückgreifen können. Dies bedeutet, dass viele der nicht eigenständig Evakuierungsfähigen auch auf die Unterbringung in Notunterkünften angewiesen sein werden.

Validität: Die Altersstruktur eines Haushalts hat bedeutenden Einfluss auf die *Evakuierungsfähigkeit*. Für den Zusammenhang der Haushaltstypen mit der *Evakuierungsfähigkeit* ergab sich in der UNU-EHS Haushaltsbefragung ein Cramers-V von 0,35 bei einem p-Wert von unter 0,001. Bei der logistischen Regression, die auch Informationen zur Gehbehinderung einschließt, fällt der Likelihood-Quotienten-Test signifikant aus. Das Pseudo-R² liegt bei 0,31, der Wald-Test ist für jede unabhängige Variable signifikant, und es werden 90,3 % der Fälle in der Befragung richtig vorhergesagt (vgl. Anhang 7.4 B). Diese Werte sprechen für die Anwendbarkeit des logistischen Regressionsmodells zur Schätzung des Indikators. Zur Ableitung der Haushaltstypen aus dem Einwohnermelderegister siehe Kapitel 4.2.3.

²⁰ De Bruin, Karin; Klijn, Frans; Ölfert, Alfred; Penning-Powell, Edmund; Simm, Jonathan & Michael Wallis (2009): Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project).

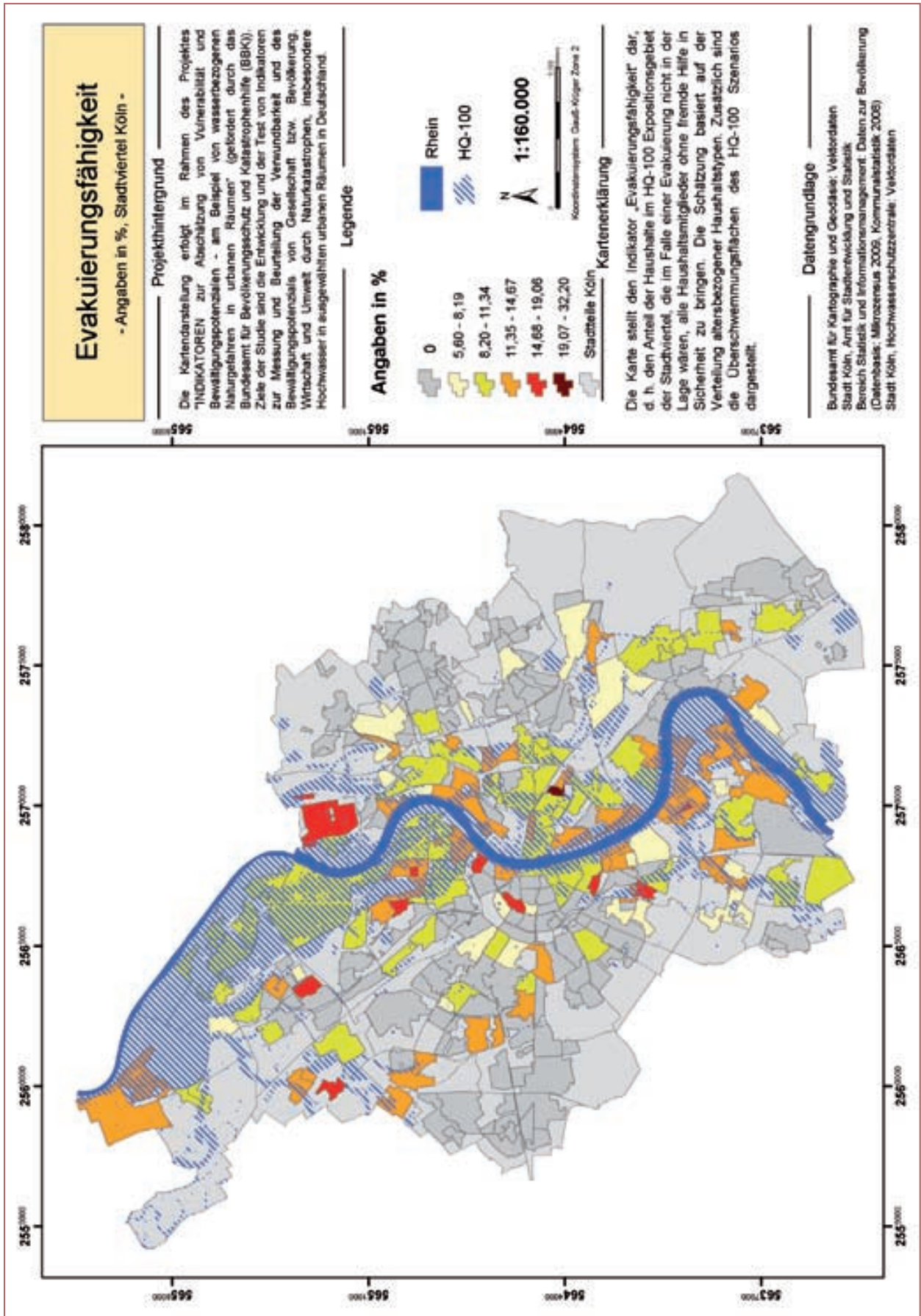


Abbildung 4.3: Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln

Indikator: *Evakuierungszeit*

Aussage: Gibt an, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte einer Raumeinheit sich selbst sowie Haustiere und wichtige Dokumente in Sicherheit gebracht hat. Die Evakuierungszeit ist demnach ein Maß für die Geschwindigkeit, in der sich die Bewohner in Sicherheit bringen können (relatives Maß – Vergleich unterschiedlicher sozialer Gruppen oder Raumeinheiten).

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Haushaltstypen: Erstellt mit Hilfe des Programms HHGen auf der Basis von Einwohnermelde-daten.

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Bei einer sehr kurzen Vorwarnzeit ist für die Planung von Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen eine Einschätzung darüber erforderlich, wie viele Haushalte und Personen sich in welcher Zeit in Sicherheit bringen können. Insbesondere wenn Schutzvorrichtungen (z. B. Deiche, mobile Schutzwände) versagen oder überspült werden oder Stadtgebiete durch aus der Kanalisation eindringendes Wasser überflutet werden, ist die Frage, welche Stadtteile besondere Schwierigkeiten bei der schnellen Evakuierung aufweisen, zentral. Die *Evakuierungszeit* kann dabei als ein Maß angesehen werden, um Stadtteile zu vergleichen und relative Anfälligkeiten zu veranschaulichen.

Validität: Der Indikator unterliegt der Einschränkung, dass eine eigene Einschätzung der benötigten Zeit, um sich selbst in Sicherheit zu bringen, mit gewissen Unsicherheiten verbunden ist. Durch die Verwendung des Medians als stabilem Mittelwert konnte der Einfluss von Ausreißern minimiert werden und zudem die Schätzwerte der Evakuierung in eine Zeitspanne einsortiert werden, die realistisch erscheint. Die Varianzanalyse bestätigt die Bedeutung der unterschiedlichen Haushaltstypen als Unterscheidungsmerkmal für die Feststellung der Evakuierungsgeschwindigkeiten (vgl. Anhang 7.4 C), so dass der Indikator *Evakuierungszeit* als valide gelten kann.

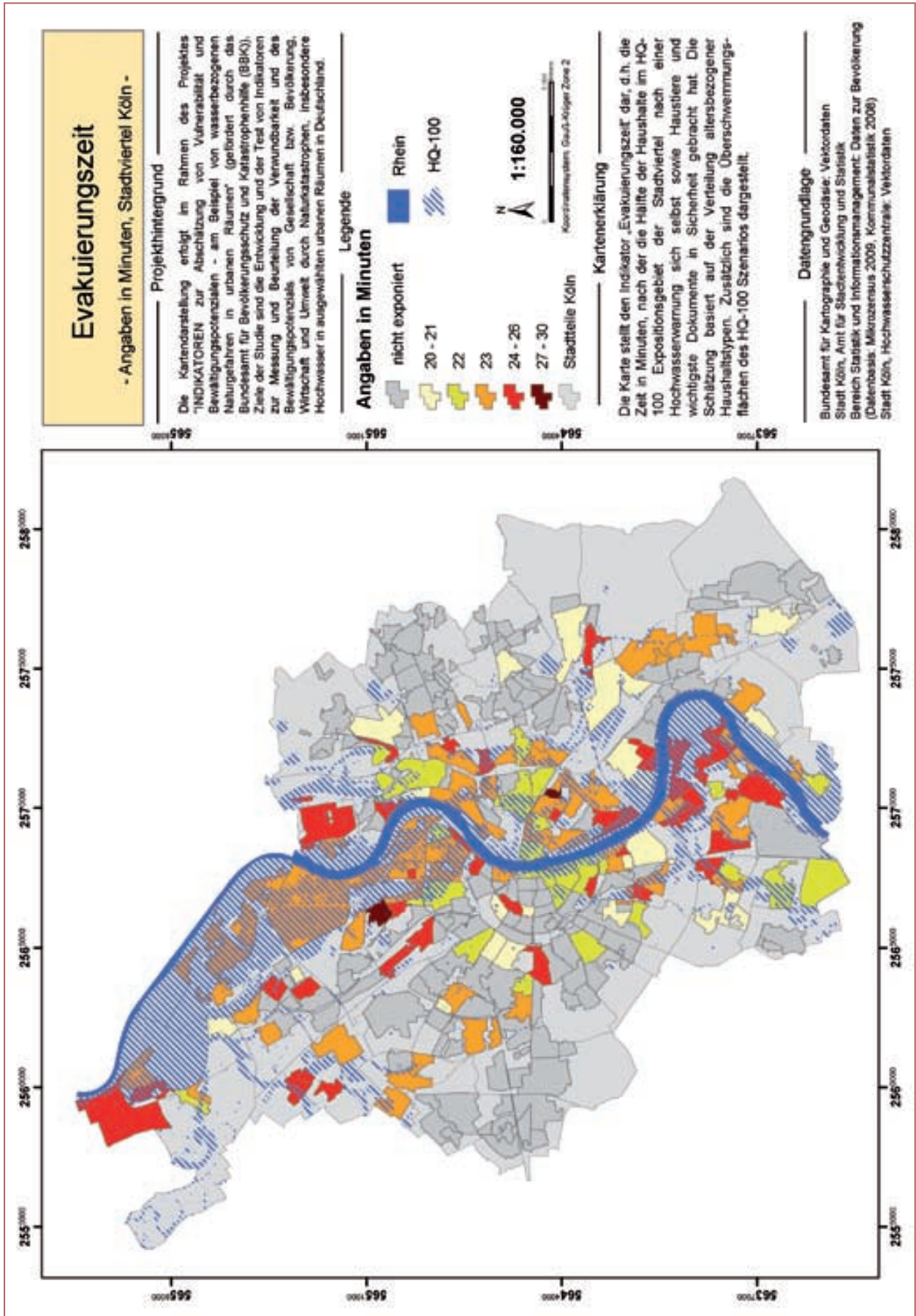


Abbildung 4.4: Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln

Bewältigungskapazität

Exponierte und anfällige Bevölkerungsgruppen besitzen vielfach Ressourcen und Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, Extremereignisse zu bewältigen. Beispielsweise haben ältere Personen zwar möglicherweise größere Schwierigkeiten bei einer Evakuierung, gleichzeitig können jedoch gerade ältere Menschen über wichtiges Erfahrungswissen verfügen, welches ihnen erlaubt, sich im Fall eines Hochwassers richtig zu verhalten. Diese positiven Aspekte

– wie z. B. das beschriebene Erfahrungswissen – sollten bei einem Verwundbarkeitsassessment als Bewältigungskapazitäten Berücksichtigung finden. Für die Abschätzung der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen wurden insbesondere zwei Indikatoren ausgewählt, *der potenzielle Versicherungsschutz* gegenüber Hochwasserschäden und die *Hochwassererfahrung*.

Indikator: *Potenzieller*²¹ Versicherungsschutz

Aussage: Gibt den Anteil der Haushalte an, die über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen; geschätzt auf Basis der Einkommensverteilung.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Haushaltseinkommen: z. B. Mikrozensus
(Variante 2 alternativ:
- d) Eigentümer-Mieter-Verhältnis: z. B. Kommunale Statistik).

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Für die finanzielle Bewältigung eines Hochwasserereignisses ist es von wesentlicher Bedeutung, ob Hochwasserschäden von einer Versicherung übernommen werden. In einer einfachen Wohngebäude- oder Hausratversicherung sind Hochwasserschäden nicht abgedeckt, notwendig ist eine zusätzliche Elementarschaden-Versicherung²². Durch Anreize, die aus Versicherungsbedingungen (z. B. Selbstbeteiligung oder Auflagen zur Eigenvorsorge) entstehen, können die Versicherungsnehmer zur Eigeninitiative animiert werden, um das Schadenspotenzial insgesamt zu verringern²³. Die Visualisierung von Gebieten, in denen die Bevölkerung über einen hohen bzw. niedrigen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserereignissen verfügt, kann auch zur Sensibilisierung der exponierten Bevölkerung im Sinne einer Erhöhung der finanziellen Bewältigungskapazität beitragen.

Validität: Die beiden in Kapitel 4.2.4 erläuterten Methoden zur Berechnung des Indikators behalten insofern Unsicherheiten, dass unterschiedliche Versicherungsbedingungen und -preise je nach Expositionslage, auch innerhalb der HQ-100 Gebiete, betrachtet werden. Es muss beachtet werden, dass der Versicherungsschutz der jeweiligen Bewohner geschätzt wird. Ob der Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden innerhalb der Wohngebäudeversicherung versichert ist, bleibt unbeachtet. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression mit den Einkommensdaten beträgt im Fall der UNU-EHS Haushaltsbefragung 0,68. Für den Zusammenhang zwischen Eigentumsverhältnis (Mieter / Eigentümer) und dem Versicherungsschutz ergab sich in der UNU-EHS Haushaltsbefragung ein signifikanter Cramers-V-Wert von 0,44 (vgl. Anhang 7.4 D). Diese Werte sprechen für die Anwendbarkeit der Verfahren zur Schätzung des Indikators.

²¹ Bezeichnung „*potenzieller*“ Versicherungsschutz als Abgrenzung zum Indikator „*tatsächlicher*“ Versicherungsschutz, s. Kapitel 4.1.5

²² Verbraucherzentrale Sachsen (2007): Pressemitteilung der Verbraucherzentrale Sachsen 22.06.2007. Starkregen, Sturmböen, Blitz und Donner – welche Schäden sind versichert? Abrufbar unter: <http://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/UNIQ124757022823134/link329282A> (abgerufen am 14.07.09).

²³ Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (2002): Hochwasservorsorge. Maßnahmen und ihre Wirksamkeit. Koblenz.

Versicherungsschutz

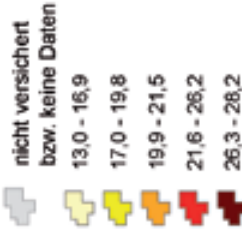
- Angaben in %, Stadtteile Köln -

Projekthintergrund

Die Kartendarstellung erfolgt im Rahmen des Projektes "INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen - am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen" (gefördert durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBKH)). Ziele der Studie sind die Entwicklung und der Test von Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Versundbarkeit und des Bewältigungspotenzials von Gesellschaft bzw. Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt durch Naturkatastrophen, insbesondere Hochwasser in ausgewählten urbanen Räumen in Deutschland.

Legende

Angaben in %



Koordinatensystem: Gauß-Krüger Zone 2

Kartenerklärung

Die Karte stellt den Indikator „Potenzieller Versicherungsschutz“ dar, d. h. den Anteil der Haushalte im EHQ Expositionsgebiet der Stadtteile, die über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen. Die Schätzung basiert auf der Einkommensverteilung, die im Rahmen des kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln erhoben wurde. Für die Schätzung wurde ein Stichprobenumfang von mindestens 30 Fällen im Expositionsgebiet pro Stadtteil vorausgesetzt. Zusätzlich sind die Überschwemmungsflächen des EHQ Szenarios dargestellt.

Datengrundlage

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: Vektordaten
 Stadt Köln, Amt für Stadtentwicklung und Statistik
 Bereich Statistik und Informationsmanagement: Daten zur Bevölkerung (Datenbasis: Mikrozensus 2009, Kommunalstatistik 2008)
 Stadt Köln, Hochwasserschutzzentrale: Vektordaten

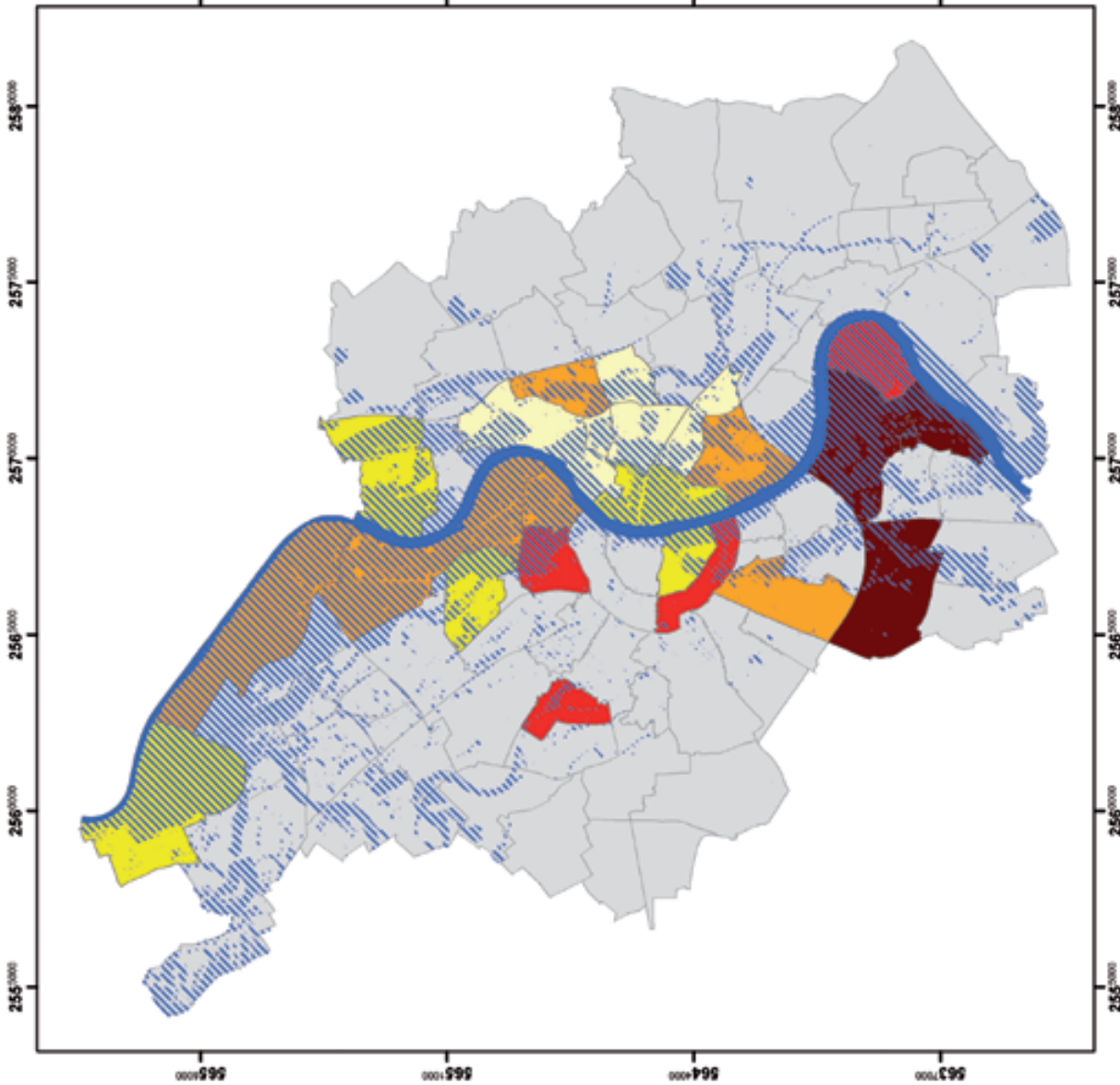


Abbildung 4.5: Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Zusatzinformationen zur Elementarschaden-Versicherung

Während Eigentümer, die im eigenen Haus wohnen, sowohl ihr Gebäude als auch ihren Hausrat gegen Elementarschäden versichern können, ist für Mieter nur eine Versicherung des Hausrats relevant. Bei Haushalten, die Eigentümer ihrer Wohnung sind, verfügt erwartungsgemäß tendenziell ein höherer Anteil über eine Elementarschaden-Versicherung als bei Haushalten, die zur Miete wohnen. Dies wurde durch die UNU-EHS Haushaltsbefragungen bestätigt: In Köln sind 49 % der befragten Eigentümer gegen Elementarschäden versichert, aber nur 8 % der Mieter. In Dresden stehen 66 % der versicherten Eigentümer einem Anteil von 30 % der versicherten Mieter gegenüber.

Aufgrund des erhöhten Risikos liegt die Vermutung

nahe, dass in den häufiger betroffenen Gebieten tendenziell ein höherer Anteil an Haushalten einen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden aufweist. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass in den besonders exponierten Räumen der Zugang zu einer entsprechenden Versicherung erschwert und die Prämien erhöht sind. Die Gebiete werden von Versicherern in vier Gefährdungsklassen mit entsprechend unterschiedlich teuren Policen eingeteilt. In der höchsten Gefährdungsklasse haben Hausbesitzer nur sehr geringe Chancen, eine Elementarschaden-Versicherung zu bekommen²⁴. Seit dem Elbehochwasser 2002 setzen sich unter anderem die Verbraucherzentralen für die Einführung einer Elementarschaden-Versicherung als Pflichtversicherung für Wohngebäude ein.

²⁴ Stiftung Warentest (2008): Versicherungsschutz bei Unwetter. Der Himmel spielt verrückt. Abrufbar unter: <http://www.test.de/themen/versicherung-vorsorge/test/-Versicherungsschutz-bei-Unwetter/1714242/1714242/1722906/> (abgerufen am 14.7.09).

Indikator: *Hochwassererfahrung*

Aussage: Gibt an, wie viele Personen / Haushalte innerhalb einer Raumeinheit bereits Erfahrung mit Hochwasserereignissen am eigenen Wohnort haben. Geschätzt auf Basis der Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und dem Grad der Exposition.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Anzahl der Haushalte nach Wohndauerklassen: Kommunale Statistik (Einwohnermelderegister).

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Der Grad der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwasserereignissen hängt nachweislich von der *Hochwassererfahrung* ab. So zeigten sich deutliche Unterschiede im Grad der in Eigeninitiative getroffenen Hochwasservorsorge, hinsichtlich des Wissens über das richtige Verhalten im Hochwasserfall sowie im Zusammenhang mit körperlichen und seelischen Folgeproblemen nach einem Hochwasser zwischen der Gruppe der Personen, die bereits ein Hochwasserereignis am Wohnort erlebt haben, und denjenigen, die diese Erfahrung nicht hatten. Der Indikator erlaubt eine Abschätzung darüber, in welchen Wohngebieten die Bevölkerung potenziell über wenig Hochwassererfahrung verfügt und demzufolge verstärkt Aufklärungsarbeit und Sensibilisierung gegenüber Hochwassergefahren geleistet werden muss.

Validität: Die Schätzung des Indikators *Hochwassererfahrung* basiert auf der Wohndauer des Haushaltes am aktuellen Wohnort sowie der Exposition des konkreten Wohnstandortes gegenüber Hochwassergefahren (HQ-100, EHQ, etc.). Demzufolge wird ein Maß der Hochwassererfahrung berechnet, welches umso höher liegt, je länger der Haushalt an dem Wohnstandort bereits lebt und je größer der Expositionsgrad ist. Die so ermittelten Zusammenhänge zwischen der Wohndauer und der Hochwassererfahrung sollten allerdings nur auf lokalen Befragungsergebnissen beruhen, deshalb werden für diesen Indikator keine konkreten Parameter vorgeschlagen. Sie sind stark ortsabhängig, weil die Angaben zur Hochwassererfahrung durch vergangene Hochwasser in der jeweiligen Stadt bzw. Kommune bestimmt sind. Für den Fall, dass keine eigene Befragung durchgeführt wird, werden in Kapitel 4.2.4 Alternativen vorgeschlagen.

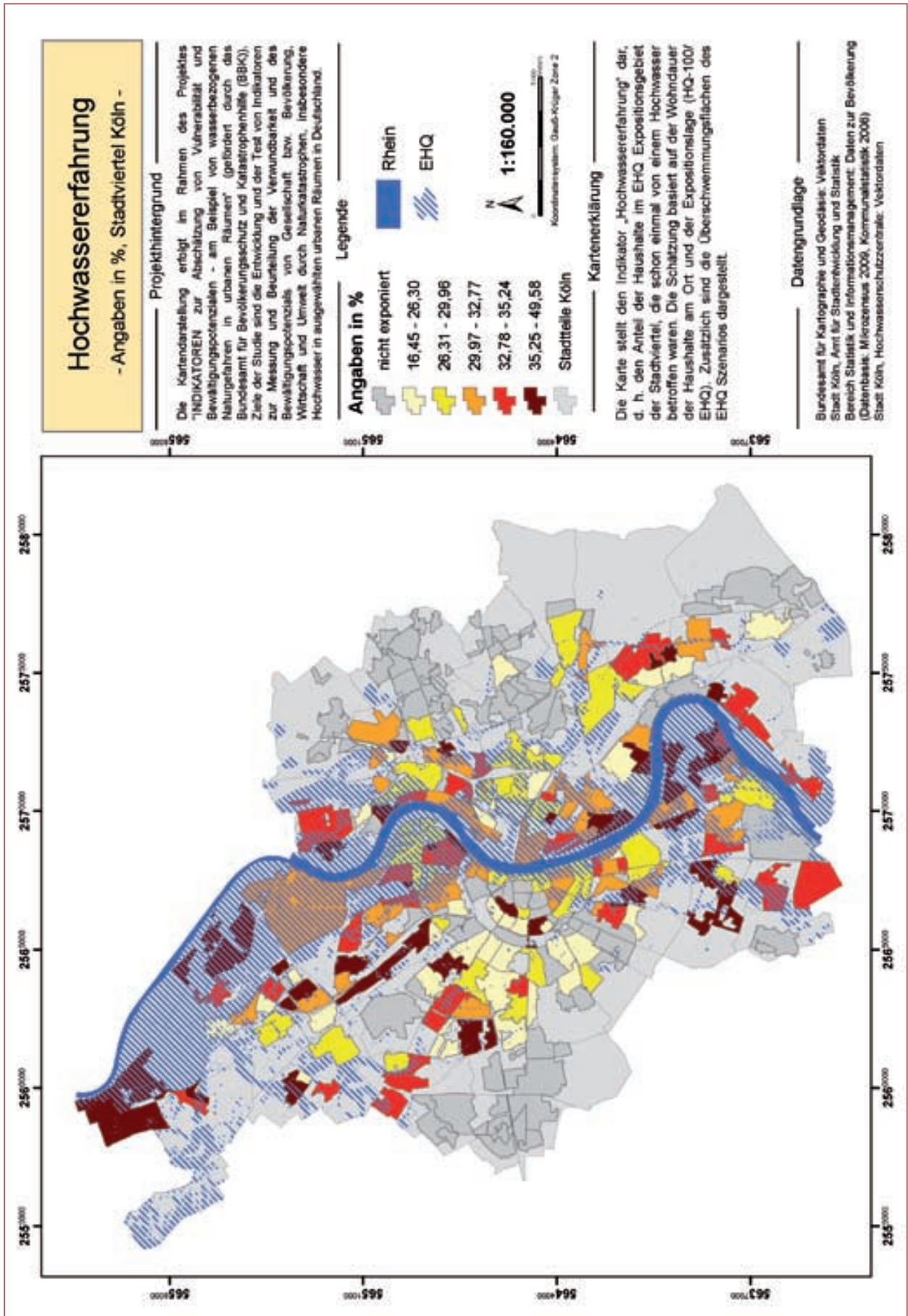


Abbildung 4.6: Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Zusatzinformationen zur Hochwassererfahrung:

Da es in der Kommunalstatistik keine direkten Daten zum Anteil der Haushalte bzw. Personen gibt, die bereits Hochwasserereignisse am Wohnort erlebt bzw. bewältigt haben, wird als Ersatzindikator ein Maß der *Hochwassererfahrung* berechnet, welches die Wohndauer des jeweiligen Haushalts am Wohnort und den Grad der Exposition als erste Orientierung zur Beurteilung der Hochwassererfahrung am Wohnort nutzt. Eine grundlegende These lautet, dass die Haushalte, die erst kürzlich, d. h. innerhalb der letzten Jahre, in die hochwasserexponierten Wohnstandorte gezogen sind, über weniger Wissen zur Bewältigung von Hochwasserereignissen verfügen, als solche, die schon seit längerem an dem entsprechenden Wohnstandort wohnen.

Die UNU-EHS Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden belegen, dass Haushalte mit Hochwassererfahrung am Wohnort in Bezug auf das Wissen über Hochwasserschutzmaßnahmen sowie bezüglich der verfügbaren Gegenstände, die eine Bewältigung des Hochwasserereignisses erleichtern (z. B. Gummistiefel, Strom unabhängige Energiequellen für Licht und Heizung im Haushalt), deutlich besser abschneiden, als Haushalte ohne entsprechende Hochwassererfahrung. Zudem fielen bei den befragten Personen psychische Probleme (Ängste, Depressionen, etc.) als Folge eines Hochwasserereignisses tendenziell geringer aus. Das gehäufte Auftreten negativer gesundheitlicher und seelischer Folgen nach dem Elbehochwasser 2002 ist ein deutlicher Hinweis auf diesen Zusammenhang.

4.1.5 Überblick über die kommunalspezifischen Indikatoren

Neben dem Set standardisierter Kernindikatoren (siehe Kapitel 4.1.4) zur Abschätzung der Verwundbarkeit werden zusätzlich kommunalspezifische Indikatoren vorgeschlagen, die auf eigenen Erhebungen, z. B. als Bestandteil eines kommunalen Mikrozensus, aufbauen. Die vorgeschlagenen kommunalspezifischen Indikatoren

- a) Hochwassersensibilität,
 - b) Informationslage zur Hochwassergefährdung,
 - c) tatsächlicher Versicherungsschutz und
 - d) Hochwasserschutzmaßnahmen
- werden im Folgenden erläutert.

Dem Indikator *Hochwassersensibilität* liegt die An-

nahme zugrunde, dass sich Personen, welche sich der eigenen Hochwassergefährdung bewusst sind, eher über richtiges Verhalten im Hochwasserfall informieren werden und besser vorbereitet sind als solche, die es für sehr unwahrscheinlich halten, dass ihr Wohnstandort von einem Hochwasser betroffen sein könnte. Die Berechnung des Indikators basiert auf der Auswertung der Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 konnten in der UNU-EHS Haushaltsbefragung Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.

Indikator: *Hochwassersensibilität*

Aussage: Gibt die subjektive Selbsteinschätzung der Hochwassereexposition von Haushalten bezogen auf den Wohnstandort an.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Die Visualisierung der Hochwassersensibilität kann Gebiete aufzeigen, die zwar potenziell hochwassereponiert sind, deren Bevölkerung jedoch nur eine geringe Sensibilisierung bezüglich dieser Problematik aufweist. Tendenziell zeigt die UNU-EHS Haushaltsbefragung, dass Haushalte, die hochwassersensibilisiert sind, auch über einen höheren Grad an Vorsorge verfügen. Umgekehrt ist in Gebieten, in denen nur eine geringe Sensibilisierung der Bevölkerung zu verzeichnen ist, mit einer schlechteren Vorbereitung zu rechnen. Die Auswertung des Indikators kann dazu dienen, Gebiete zu identifizieren, in denen verstärkt Aufklärungsarbeit zu leisten ist.

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Im vorliegenden Beispiel (Köln, EHQ Gebiet) liegen für die Frage der Hochwassersensibilität teilweise auch geringere Fallzahlen vor – es werden nur die Stadtteile dargestellt, in denen die Zahl der gültigen Antworten bei mindestens 20 liegt.

Hochwassersensibilität

- Stadtteile Köln -

Projekthintergrund

Die Kartendarstellung erfolgt im Rahmen des Projektes "INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bevölkerungspotenzialen - am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen" (gefördert durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)). Ziele der Studie sind die Entwicklung und der Test von Indikatoren zur Messung und Beurteilung der Verwundbarkeit und des Bevölkerungspotenzials von Gesellschaft bzw. Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt durch Naturkatastrophen, insbesondere Hochwasser in ausgewählten urbanen Räumen in Deutschland.

Legende

Hochwassersensibilität

- keine Exposition bzw. keine Daten
- unwahrscheinlich
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- sehr wahrscheinlich

Rhein

EHQ

N
1:160.000

Koordinatensystem: Gauß-Krüger Zone 2

Kartenerklärung

Die Karte stellt den Indikator „Hochwassersensibilität“ dar, d.h. eine mittlere Einschätzung der Personen im EHQ Expositionsgebiet der Stadtteile zur Wahrscheinlichkeit, dass das Haus in dem sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird. Die Bewertung erfolgte anhand einer Skala von 1 „unwahrscheinlich“ bis 8 „sehr wahrscheinlich“, die Karte enthält die jeweiligen Mittelwerte. Die Angaben beruhen auf einer direkten Erhebung (kommunaler Mikrozensus der Stadt Köln). Zusätzlich sind die Überschwemmungsflächen des EHQ Szenarios dargestellt.

Datengrundlage

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Vektordaten
 Stadt Köln, Amt für Stadtentwicklung und Statistik
 Bereich Statistik und Informationsmanagement; Daten zur Bevölkerung (Datenbasis: Mikrozensus 2009, Kommunalstatistik 2009)
 Stadt Köln, Hochwasserschutzzentrale; Vektordaten

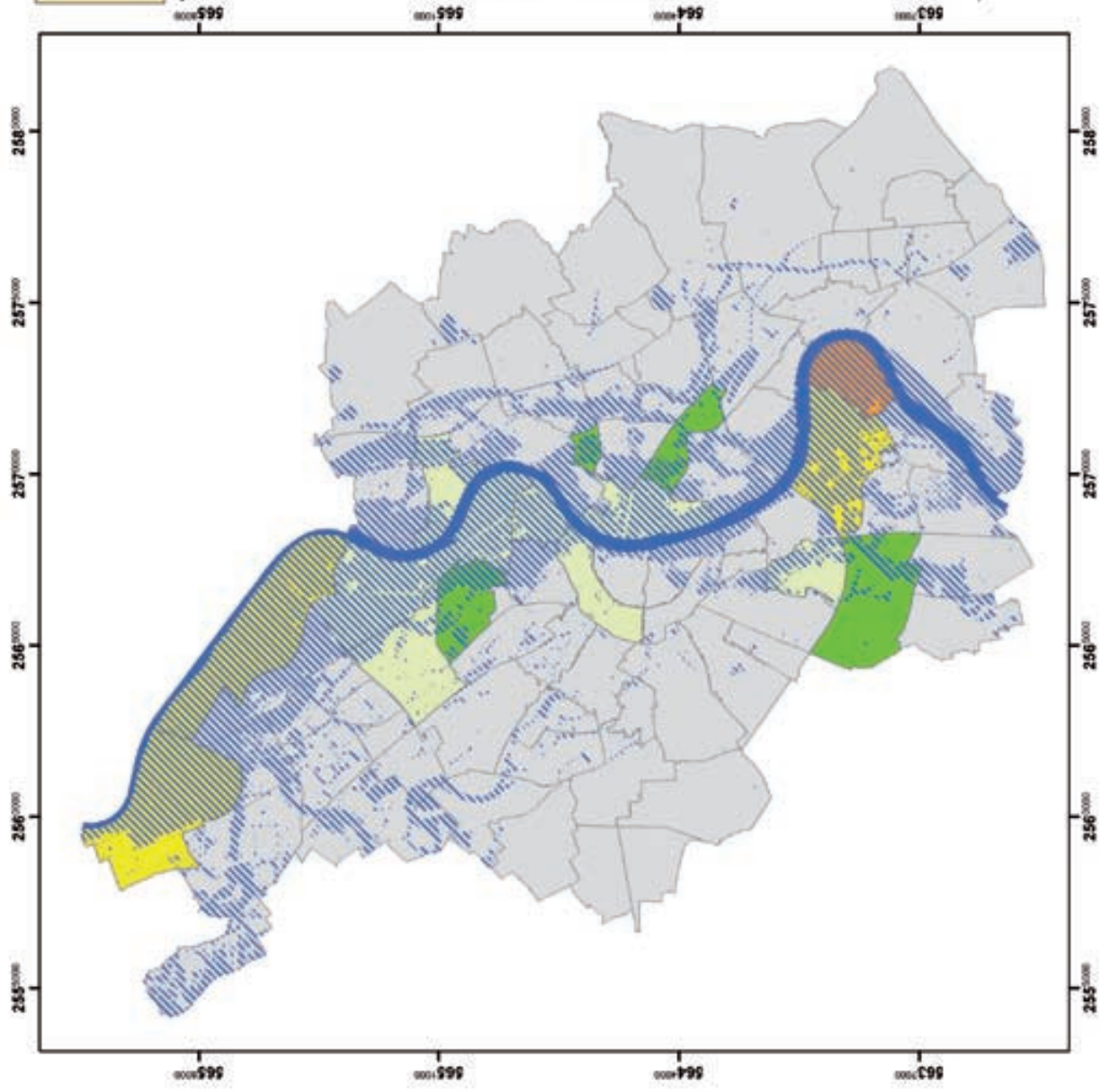


Abbildung 4.7: Hochwassersensibilität im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Die Analyse der *Informationslage* über Hochwassergefahren knüpft an die Betrachtung der *Hochwassersensibilität* an, jedoch liegt der Schwerpunkt auf der Feststellung, wie viele Haushalte bei der Auswahl ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen unaufgefordert

erhalten oder aktiv eingeholt haben. Der Indikator baut auf der Annahme auf, dass Personen, die bei Bezug ihres Hauses oder ihrer Wohnung über die Gefahr informiert waren, eher Vorsorgemaßnahmen treffen werden.

Indikator: Informationslage zur Hochwassergefährdung

Aussage: Gibt an, wie viele Haushalte beim Bezug ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über die Hochwassergefährdung unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Herabsetzung der Verwundbarkeit besteht darin, den Informationsstand der Haushalte, die in Hochwassergefahren exponierten Gebieten leben, auf ein hohes Niveau zu bringen bzw. ein hohes Informationsniveau zu halten. Dies ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg, die Eigenvorsorge der exponierten Haushalte zu erhöhen. Insbesondere bei der baulichen Vorsorge ist die Informationslage bei der Wohnstandortwahl entscheidend, da spätere Umbauten an Haus oder Wohnung oftmals kostenintensiver oder z. T. nicht mehr möglich sind.

Es ist demnach davon auszugehen, dass in den Gebieten, in denen ein hohes Informationsniveau schon bei der Entscheidung für einen Wohnstandort vorherrschte, bessere Vorbereitungen getroffen wurden und Vorsorgemaßnahmen greifen können. Die Verwundbarkeit der Bevölkerung in diesen Gebieten reduziert sich. Im Gegenzug spricht ein geringes Informationsniveau bezüglich der potenziellen Hochwassergefährdung für eine erhöhte Verwundbarkeit.

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Im vorliegenden Beispiel (Köln, EHQ Gebiet) liegen für die Frage der Informationslage zur Hochwassergefährdung teilweise auch geringere Fallzahlen vor – es werden nur die Stadtteile dargestellt, in denen die Zahl der gültigen Antworten bei mindestens 20 liegt.

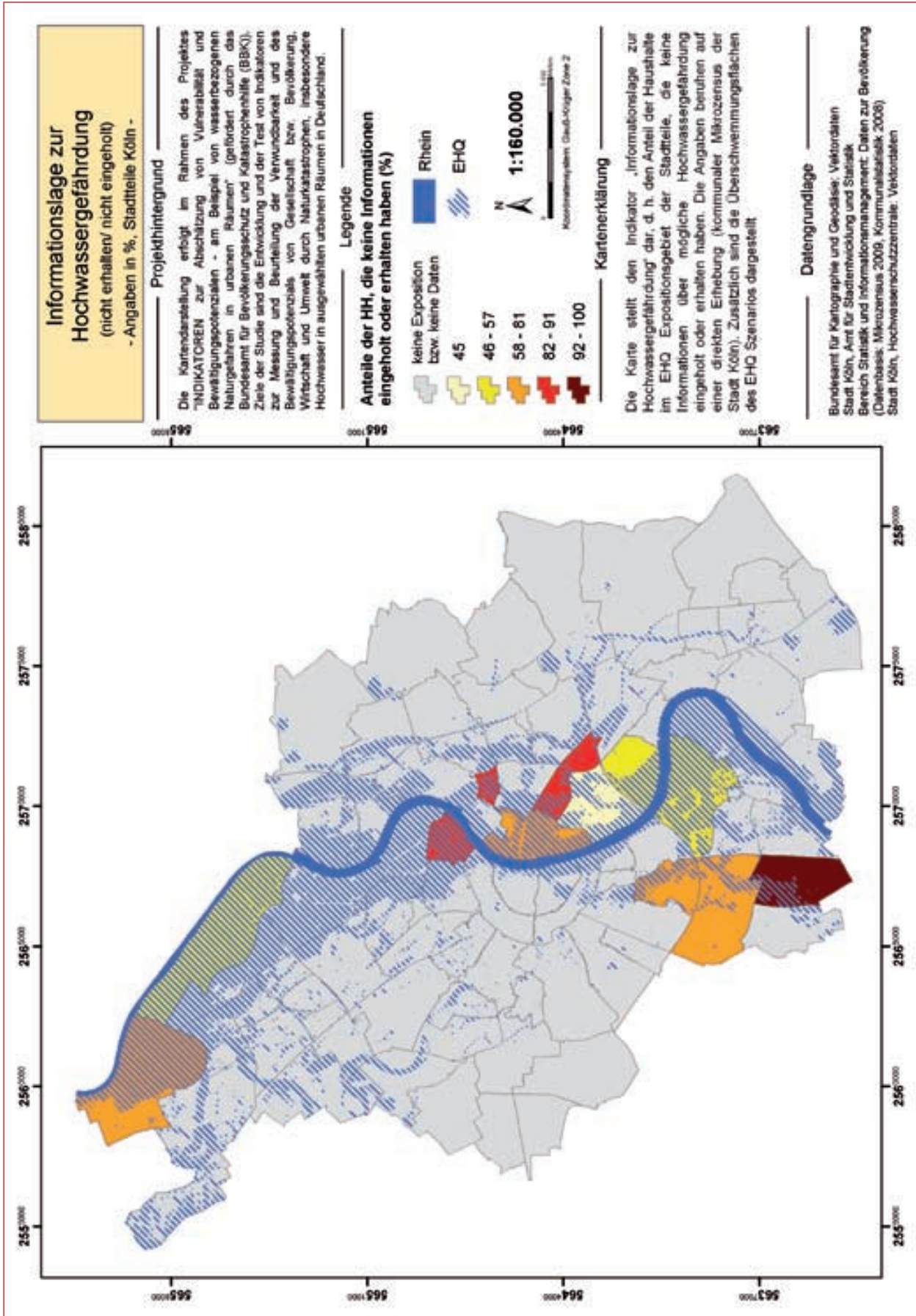


Abbildung 4.8: Informationslage (keine Informationen erhalten / eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln

Im Vergleich zu der Schätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* im Kernindikatorenset lassen sich im Rahmen eigener Befragungen die aktuellen Werte des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* der Haus-

halte gegenüber Hochwasserschäden (Elementarschaden-Versicherung) ermitteln, wenn die Umfrage eine entsprechende Repräsentativität und Größe der Stichprobe aufweist.

Indikator: *Tatsächlicher Versicherungsschutz*

Aussage: Der Indikator ermöglicht eine Aussage über die tatsächliche Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung der Bevölkerung innerhalb einer Raumeinheit.

Datenbasis / Quelle:

- a) Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen.
- b) Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- c) Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie für Ihre Wohnung oder ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?“

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Die Aussage dieses Indikators trägt ebenfalls zur Abschätzung der finanziellen Bewältigungskapazität von Haushalten bei (siehe auch Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz*, vgl. Kapitel 4.1.4). Der Mehrwert zu dem mittels Einkommensdaten hochgerechneten Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* besteht darin, dass der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* auf einer direkten Erhebung der Information vor Ort beruht. Dadurch kann ein weiter verbessertes Abbild der tatsächlichen Situation entstehen.

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Im vorliegenden Beispiel (Köln, EHQ Gebiet) liegen für die Frage der Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung oftmals zu geringe Fallzahlen vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet und auf die Darstellung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz* verwiesen.

Der abschließende kommunalspezifische Indikator erfasst die Anzahl und Art der getroffenen *Hochwasserschutzmaßnahmen im privaten Bereich*. Obschon die öffentliche Hand und insbesondere die Kommunen für entsprechende Schutzmaßnahmen im baulichen und nicht-baulichen Bereich eine wichtige Verantwortung tragen (Deiche, mobile Schutzwände etc.), sind auch Vorsorgemaßnahmen privater Haus-

halte eine wichtige Aufgabe und Voraussetzung für effektiven Bevölkerungsschutz. Insgesamt zeigt der Indikator die Unterschiede auf, die hinsichtlich des eigenverantwortlich durchgeführten Hochwasserschutzes zwischen unterschiedlichen Stadtteilen bestehen. Darüber hinaus lässt sich die Art der getroffenen Maßnahmen auswerten.

Indikator: Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte

Aussage: Der Indikator lässt eine Aussage darüber zu, wie viele Haushalte innerhalb einer Raumeinheit in Eigeninitiative Hochwasserschutzmaßnahmen ergriffen haben. Zudem lassen sich auch Aussagen zur Art der getroffenen Hochwasservorsorgemaßnahmen treffen.

Datenbasis / Quelle:

- Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format; erhältlich z. B. von Umweltämtern, Stadtentwässerungsbetrieben, Hochwasserschutzzentralen
- Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden (z. B. Stadtviertel oder Stadtteile).
- Eigene Umfrage oder kommunaler Mikrozensus; Auswertung der Frage: „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt?“

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung:

Die Verbesserung des baulichen und nicht-baulichen Hochwasserschutzes im privaten Bereich kann generell die Bewältigungskapazität von exponierten Haushalten erhöhen und dazu beitragen, im Ereignisfall die Ressourcen auf besondere Problembereiche einzugrenzen. Auch für die Bewältigung der Folgen eines Hochwassers sind entsprechende Maßnahmen von erheblicher Bedeutung, da sie das Schadenspotenzial der Haushalte deutlich mindern.

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Im vorliegenden Beispiel (Köln, EHQ Gebiet) liegen für die Frage der Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte insgesamt zu geringe Fallzahlen pro Stadtteil vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet. Gesamtergebnisse werden in Form eines Diagramms dargestellt (siehe Abbildung 4.9).

Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte - Köln

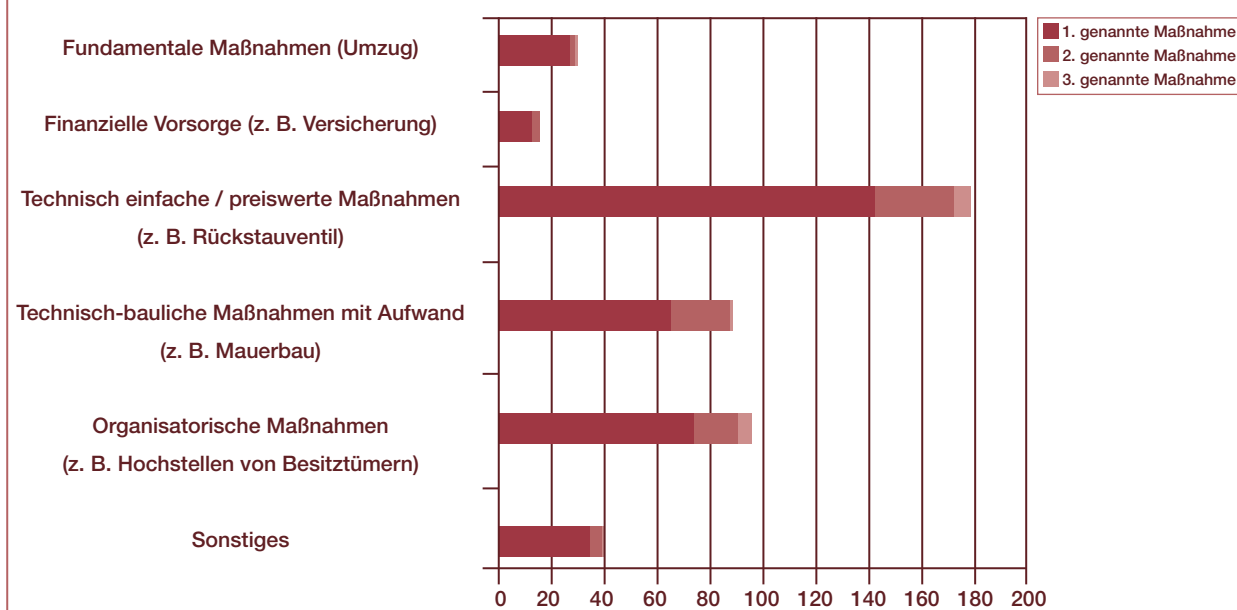


Abbildung 4.9: Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008 / 2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien (insgesamt gaben 3,2 % der befragten Haushalte in Köln mindestens eine Maßnahme an)

4.1.6 Betrachtungsebenen

In den folgenden Ausführungen gilt es zwischen verschiedenen räumlichen Betrachtungsebenen sowie zwischen zwei unterschiedlichen Untersuchungsebenen bei der Datenerhebung und statistischen Auswertung zu unterscheiden.

Die räumlichen Betrachtungsebenen können je nach Beschaffenheit der verwendeten Daten variieren, z. B. zwischen der Stadtteil- und der Stadtviertelebene. Die Stadtviertelebene repräsentiert eine höhere räumliche Auflösung (d. h. kleinere Einheiten), die Stadtteilebene fasst in der Regel mehrere Stadtviertel zusammen. Grundsätzlich ist es ratsam, mit der höchst möglichen räumlichen Auflösung zu arbeiten. Weil viele Daten aber nur für eine höhere Ebene verfügbar sind, muss oftmals eine geringere Auflösung in Kauf genommen werden. Gleiches gilt, wenn durch die Verwendung der kleinsten Betrachtungsebene Probleme bezüglich der Repräsentativität (zu kleiner Stichprobenumfang) oder bezüglich des Datenschutzes (Anonymität der Befragten nicht gewährleistet)

aufzutreten würden. Es ist wichtig zu beachten, dass die Daten der kommunalen Statistik und die räumliche Information im GIS immer nur auf der gleichen Ebene zusammengeführt werden dürfen (d. h. es ist beispielsweise darauf zu achten, dass die Darstellung in GIS sich auf die Stadtteilebene bezieht, wenn die statistischen Berechnungen zuvor auf der Stadtteilebene durchgeführt wurden).

Bei den statistischen Erhebungen und Berechnungen wird zwischen Personen und Haushalten unterschieden. Bei der Erhebung von Daten wird in einer Haushaltsbefragung, z. B. in der UNU-EHS Haushaltsbefragung, in der Regel eine Person befragt, jedoch werden darüber hinaus auch Merkmale des gesamten Haushalts erfasst. Dadurch kann bei einigen Fragestellungen anstelle der Haushalts- die Personenebene zugrunde gelegt werden. Gleichzeitig spielt die Haushaltsebene bei einigen Indikatoren, z. B. bei der Evakuierungsfähigkeit, auch in der Auswertung eine entscheidende Rolle.

4.2 Erstellung eines Kernsets von Indikatoren

Wie bereits skizziert, werden bei der Erstellung der Kernindikatoren primär Daten aus der kommunalen Statistik verwendet. Im Folgenden soll beschrieben werden, welche Daten mit Hilfe welcher statistischen

und GIS-gestützten Methoden ausgewertet werden können, um Aussagen zur Verwundbarkeit der Bevölkerung im Hochwasserfall treffen zu können.

4.2.1 Festlegen eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach dem in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehen. Entscheidend ist, dass Sie bei der Auswahl des Szenarios bzw. der Szenarien beachten,

dass die Exposition in Form eines GIS-Shapefiles vorliegen sollte, um die Verschneidung mit statistischen Daten zu ermöglichen.

4.2.2 Bestimmung des Expositionsgrades

Als Exposition wird die Anzahl bzw. der Anteil der potenziell betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel) unter der Annahme eines Hochwasserszenarios bezeichnet. Mit dem Anteil pro Raumeinheit lassen sich räumliche Unterschiede im Expositionsgrad ausmachen, während die Angabe der absoluten Anzahl insbesondere für die Notfall- und Evakuierungsplanung von Bedeutung ist.

Frage: Wie viele Personen bzw. Haushalte sind unter der Annahme des Hochwasserszenarios exponiert?

Benötigte Daten:

- Räumliche Informationen zu exponierten Flächen unter Annahme des Hochwasserszenarios (z. B. HQ-100) in einem GIS-kompatiblen Format
- Anzahl der exponierten Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel)
- und / oder räumliche Informationen zu Siedlungsflächen, z. B. Geschosshöhen der Gebäude.

Arbeitsschritte:

Bestimmen Sie die absolute Anzahl und den prozentualen Anteil der exponierten Personen bzw.

Haushalte pro Raumeinheit (Stadtteil, Stadtviertel). Im Idealfall können dazu die Adressdaten mit den Überflutungsflächen verschneidet werden. Wenn diese Möglichkeit nicht gegeben ist, kann die Anzahl der exponierten Personen bzw. Haushalte geschätzt werden. Unter Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Bevölkerung innerhalb der betrachteten Raumeinheit kann dies z. B. über die im GIS anteilmäßig bestimmten exponierten Flächen pro Raumeinheit geschehen. Eine Möglichkeit zur Verfeinerung dieses Verfahrens besteht dann, wenn Ihnen zusätzliche Informationen zur Lage und zur Geschosshöhe des (Wohn-) Gebäudebestands pro Raumeinheit vorliegen. Alternativ kann auch auf ein in Kapitel 6.2.1 beschriebenes Verfahren mittels Fernerkundungsmethoden zurückgegriffen werden.

Verschneiden Sie die absoluten und relativen Informationen zur exponierten Bevölkerung über die Attribut-Tabelle des GIS-Themas mit den entsprechenden Raumeinheiten. Stellen Sie die potenziell von einem Hochwasser betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit in einer Karte dar (siehe Beispiel Abbildung 4.2).

Sie erhalten Expositionskarten, welche die absolute Anzahl und den relativen Anteil der – unter Annahme des von Ihnen gewählten Szenarios – potenziell vom Hochwasser betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit erkennen lassen. Mit Hilfe der Klassifizierung werden räumliche Unterschiede im Expositionsgrad sichtbar, z. B. Hotspots, an denen besonders viele Personen gegenüber einem potenziellen Hochwasser exponiert sind.

Es ist anzumerken, dass die Exposition hier zunächst nur über die Lage im Überschwemmungsbereich definiert ist. Sollten weitere Informationen, z. B. zur Höhe der Überflutung, vorliegen, so kann die Expo-

sitionskarte selbstverständlich mit Hilfe dieser Daten verfeinert werden. Im Interesse einer möglichst generellen Anwendbarkeit wurde in diesem Leitfaden zunächst auf die Darstellung von Verfahren, die nicht in jeder Kommune eingesetzt werden können, verzichtet.

Sollte die Exposition der Bevölkerung pro Raumeinheit geschätzt worden sein (und nicht durch Verschneidung mit Adressdaten eindeutig bestimmt), so muss im Folgenden davon ausgegangen werden, dass die Merkmale der Bevölkerung, z. B. Haushaltstypen oder Altersstruktur, innerhalb der Bevölkerung einer Raumeinheit gleichmäßig verteilt sind.

4.2.3 Berechnung von Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung

Die Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* repräsentieren, wie in Kapitel 4.1.4 beschrieben, die Anfälligkeit der Bevölkerung. Sie werden mit Hilfe von statistischen Daten zu Haushaltstypen berechnet. Vom Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) wurde in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR, heute Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, BBR) ein Haushaltegenerierungsverfahren (HHGen) entwickelt, das seit 1993 allen Gemeinden zur Verfügung steht. Mit diesem Verfahren können Haushalte anhand von Daten aus den Einwohnermelderegistern gruppiert werden²⁵. Unter anderem können damit

Haushaltstypen nach Lebensphasen abgefragt werden, die dann – unter bestimmten Annahmen – den vier unten aufgeführten Haushaltstypklassen zugeordnet werden können (siehe unten „Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens“).

Hauptkriterium zur Bildung von Haushaltstypen ist das Alter der Haushaltsmitglieder. Sie stellen eine gute Ausgangsbasis zur Indikatorenberechnung dar, weil das Alter als stärkster Einflussfaktor auf die Mobilität und Bewegungsgeschwindigkeit angesehen wird. Zusätzlich wird für Haushalte mit älteren Mitgliedern zwischen Ein- und Mehrpersonen-Haus-

²⁵ Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) (2009): Städtestatistik im Internet. Abrufbar unter: <https://www.staedtestatistik.de> (abgerufen am 14.07.09).

halten unterschieden, da für Einpersonen-Haushalte keine Möglichkeit der gegenseitigen Hilfestellung besteht. Die UNU-EHS Haushaltsbefragung zeigte, dass Haushalte mit Kindern und älteren Personen gemessen an den Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* anfälliger sind als andere Haushalte. Hinsichtlich der *Evakuierungsfähigkeit* konnte die Gruppe der älteren alleinlebenden Personen als besonders verwundbar identifiziert werden.

Um eine möglichst flächendeckende Anwendbarkeit zu gewährleisten, wurden folgende Haushaltstypen klassifiziert:

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (bei einer Haushaltsgröße von mind. 2 Personen)
- 4) Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren.

Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens

Das HHGen-Verfahren ermittelt zunächst elf Haushaltstypklassen (siehe Tabelle 4.1), aus denen die zur Errechnung der Indikatoren benötigten vier Haushaltstypen abgeleitet wurden. Für die Klassen „Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre“ sowie „Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre“ wird angenommen, dass auch der ältere Partner jünger als 60 Jahre alt ist. Ähnliches gilt für die Klasse „Schrumpungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner“, hier wurde für alle Haushaltsmitglieder ein Alter von unter 60 Jahren angenommen.

In der Klasse „Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind“ wird nicht nach Kindern über oder unter 6 Jahren unterschieden, aber der ersten Klasse

zugeordnet. Somit ist hier eine leichte Verzerrung durch Haushalte mit älteren Kindern zu erwarten. Sie kann hingenommen werden, weil diese Klasse auch insgesamt nur einen geringen Anteil einnimmt, für Köln unter 5 %. Die Klasse „Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder“ wird der zweiten Klasse zugeordnet, so dass innerhalb dieser Gruppe Haushalte mit Personen über 60 Jahre falsch zugeordnet werden. Der Gesamtanteil dieser Klasse ist aber ebenfalls gering (für Köln unter 7 %), so dass hier der Anteil falsch zugeordneter Haushalte relativ klein sein wird. Die Gruppe „Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahre“ nimmt in Köln beispielsweise knapp 14 % ein, die größte Gruppe bilden die „Einpersonen-Haushalte 30-<60 Jahre“ mit über 25 %.

HHGen-Klassen	Annahmen für neue Klassen	Neue Klasse / Haushaltstyp zur Indikatorenentwicklung
Einpersonen-Haushalt < 30 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt 30 - < 60 Jahre	-	2)
Einpersonen-Haushalt ab 60 Jahre	-	4)
Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre	Beide Partner < 60 Jahre	2)
Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre - < 60 Jahre	Beide Partner < 60 Jahre	2)
Seniorenhaushalt: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner ab 60 Jahre	-	3)
Expansionsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person < 6 Jahre	-	1)
Konsolidierungsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person 6 - < 18 Jahre	-	2)
Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner	Alle Mitglieder < 60 Jahre	2)
Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind	Mindestens 1 Kind < 6 Jahre	1)
Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder	Alle Mitglieder < 60 Jahre	2)

Tabelle 4.1: Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung

Für die Schätzung der *Evakuierungsfähigkeit* und der *Evakuierungszeit* wird ein Verfahren vorgestellt, das auf den herkömmlichen kommunalstatistischen Daten zu den Haushaltstypen beruht (*Variante 1*). Des Weiteren wird für die Evakuierungsfähigkeit ein Ver-

fahren vorgestellt (*Variante 2*), das dann angewendet werden kann, wenn zusätzlich Informationen zu Gehbehinderungen in der Bevölkerung vorliegen (z. B. aus Mikrozensushebungen).

Berechnung des Indikators Evakuierungsfähigkeit

Unter *Evakuierungsfähigkeit* wird die Fähigkeit verstanden, im Falle einer Evakuierung sich selbst sowie alle anderen Haushaltsmitglieder ohne fremde Hilfe in Sicherheit zu bringen.

Frage: Wie viele Haushalte sind in der Lage, sich ohne fremde Hilfe in Sicherheit zu bringen?

Benötigte Daten:

für Variante 1:

Altersbezogene Haushaltsstrukturmerkmale pro Raumeinheit, klassifizierbar in

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)
- 4) Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren.

für Variante 2:

Zusätzlich wird der Anteil der Haushalte mit Personen, die keine weitere Strecke laufen können (z. B. kommunalstatistische Daten zur Gehbehinderung oder Ergebnisse aus Befragungen im Rahmen eines kommunalen Mikrozensus), verwendet.

Arbeitsschritte:

Variante 1:

Schätzen Sie die Anzahl der selbstständig evakuierungsfähigen Haushalte pro Raumeinheit mit Hilfe Ihrer Daten zu den Haushaltstypen aus der kommunalen Statistik und den prozentualen Angaben zur Evakuierungsfähigkeit pro Haushaltstyp aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Haushaltsbefragung (vgl. Tabelle 7.1 in Anhang 7.4 A und Formel 1).

Variante 2:

Geben Sie die Anteile der Haushaltstypen 1 bis 3 (der vierte Haushaltstyp ist damit redundant) sowie die Anteile der Haushalte mit Personen, die keine weitere Strecke laufen können, in das Regressionsmodell (Formel 2) ein. Die zugehörigen Regressionsparameter aus der UNU-EHS Befragung finden Sie in Anhang 7.4 B.

Verknüpfen Sie die berechneten Werte über die Attribut-Tabelle des GIS-Shapefiles mit den räumlichen Informationen und stellen Sie diese in einer Karte dar (siehe Beispiel Abbildung 4.3).

Berechnung des Indikators nach Variante 1:

Für die Schätzung wird der Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte pro Haushaltstyp (HHtyp) aus der Umfrage auf die Zahlen der HHtypen aus der Kom-

munalstatistik übertragen. Die Zahl der evakuierungsfähigen Haushalte (HH) im Expositionsgebiet einer Raumeinheit wäre dann:

Formel 1:

Anzahl evakuierungsfähige HH =
(Anzahl HHtyp 1 * Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 1) +
(Anzahl HHtyp 2 * Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 2) +
(Anzahl HHtyp 3 * Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 3) +
(Anzahl HHtyp 4 * Anteil Evakuierungsfähigkeit HHtyp 4).

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (z. B. HQ-100 oder EQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Anteilswert der Evakuierungsfähigkeit der Bevölkerung im Expositionsgebiet erhält.

Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse

1. Ordnen Sie die Haushalte aus Ihrer Befragung den vier HHtypen zu.
2. Erstellen Sie Kreuztabellen mit den HHtypen und der Frage nach der Evakuierungsfähigkeit. Bestimmen Sie die prozentualen Anteile der Evakuierungsfähigkeit pro HHtyp. Darüber hinaus können Sie die Zusammenhänge validieren, indem Sie ggf. Cramers-V bestimmen (siehe Tabelle 7.1 in Anhang 7.4 A).

Anschließend bestimmen Sie für die Kartendarstellung am besten die Anteilswerte, und zwar der Haushalte, die sich NICHT selbstständig in Sicherheit

bringen können (ziehen Sie dazu jeweils die evakuierungsfähigen Haushalte von der Gesamtzahl der Haushalte ab).

Berechnung des Indikators nach Variante 2:

Diese Variante kommt zur Anwendung, sofern Daten zur Lauffähigkeit vorliegen; dies war z. B. in der aktuellen Studie von UNU-EHS in der Stadt Dresden der Fall. Ein Vorteil dieser Daten ist, dass die Schätzung der Evakuierungsfähigkeit damit deutlich genauer erfolgen kann. Die Informationen sollten möglichst gut übereinstimmen mit der Frage „Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)?“, da die Berechnungen auf eben dieser Frage beruhen. Wenn eine eigene Umfrage durchgeführt wird, könnte natürlich eine Frage an die entsprechende Datenlage angepasst werden. Bei der Substitution der Konkretisierung der Variable zur Lauffähigkeit „Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten“ durch „Gehbehinderung“ muss beachtet werden, dass die Grundgesamtheit hier nicht identisch ist. Haushalte mit Kleinkindern oder älteren Personen, die sich beispielsweise nicht in der Lage sehen, eine

Strecke von über 2 km selbstständig zu bewältigen, werden in der Statistik der „Gehbehinderten“ nicht aufgeführt. Folglich weisen die Indikatoren kein vollkommen gleiches Indikandum auf. Falls Sie also statistische Daten zur Gehbehinderung in Kombination mit den Werten der UNU-EHS Befragung verwenden, müssen Sie diese Unterschiede beachten. Insbesondere für mehr als eine unabhängige Variable bietet sich die Anwendung einer logistischen Regression an, um eine abhängige nominale Variable zu schätzen. Mit einer Regression kann die Beziehung einer abhängigen Variablen zu einer oder mehreren unabhängigen Variablen bestimmt werden. Die logistische Regression kommt dann zum Einsatz, wenn die abhängige Variable, wie in diesem Fall, nominal ist (evakuierungsfähig ja / nein).

Von Vorteil ist auch, dass mit einer Regression Daten, die aus verschiedenen Quellen stammen (und damit nicht verschneidbar sind), für die Schätzung verwendet werden können.

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier evakuierungsfähig ja / nein) und vier unabhängige Variablen (hier: drei HHtypen – der vierte ist damit redundant –, sowie eine Variable zur Lauffähigkeit), lautet²⁶ :

Formel 2:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit $z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$.

$P(Y=1)$ ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Zustand 1 (hier der Evakuierungsfähigkeit), sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an.

x_i , $i = 1,2,3,4$ sind die unabhängigen Variablen, in diesem Fall sind

x_1 , x_2 und x_3 die Variablen HHtyp 1, HHtyp 2 und HHtyp 3 und

x_4 ist die Variable „Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten“.

b_i , $i = 0,1,2,3,4$ sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden (s. Tabelle 7.2 in Anhang 7.4 B). Sie bestimmen die Richtung und die Stärke des Einflusses der jeweiligen unabhängigen Variablen²⁷.

Die Schätzung des Regressionsmodells erfolgt mit Daten auf Haushaltsebene, während die Anwendung des Modells zur Darstellung des Indikators auf der Ebene ganzer Raumeinheiten geschieht. Dafür wird genau genommen von einem imaginären durchschnittlichen Haushalt pro Raumeinheit ausgegangen. Für die unabhängigen Variablen werden dabei die Anteilswerte der Raumeinheit (z. B. 20 % der Haushalte sind HHtyp 1 zuzuordnen) eingesetzt. $P(Y=1)$, also die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit, wird dann als Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte in der Raumeinheit interpretiert.

Wenn Sie nun die Anteilswerte pro Raumeinheit berechnen möchten, setzen Sie also die Anteilswerte (zwischen 0 und 1) der HHtypen und der z. B. gehbehinderten Personen in Formel 2 ein. Dabei verwenden Sie die geschätzten Regressionskoeffizienten, die Werte der UNU-EHS Haushaltsbefragung finden Sie in Anhang 7.4 B.

Mit $1 - P(Y=1)$ erhalten Sie die Anteilswerte der Haushalte, die sich NICHT selbstständig in Sicherheit bringen können.

²⁶ Vgl. z. B. Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin. Heidelberg.

²⁷ Vgl. dazu auch die Interpretation von EXP(b) von Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin. Heidelberg.

Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse

1. Ordnen Sie die Haushalte den altersbezogenen HHtypen zu.
2. Erstellen Sie ein logistisches Regressionsmodell mit der Evakuierungsfähigkeit als abhängige Variable. Die unabhängigen Variablen sind die HHtypen und eine Variable zur Lauffähigkeit (z. B. Gehbehinderung). Verwenden Sie die Regressionskoeffizienten aus diesem Modell in der Formel 2.

Eine entsprechende Kartendarstellung (siehe Beispiel Abbildung 4.3) zeigt die *Evakuierungsfähigkeit* je Raumeinheit, also den Anteil der Haushalte, die sich NICHT selbstständig in Sicherheit bringen können. Über die Visualisierung in der Karte werden räumliche Schwerpunkte (Hotspots) sichtbar, an denen bei Eintritt eines Hochwassers besonders viele Personen Hilfe bei einer Evakuierung benötigen. Es kann zur weiteren Interpretation der Ergebnisse sinnvoll sein,

die Lage von Seniorenheimen (unter Einbeziehung der Belegzahlen) mit den Ergebnissen zur *Evakuierungsfähigkeit* zu vergleichen (kann ebenfalls im GIS geschehen). Besonders hohe Werte könnten sich über diesen Zusammenhang erklären. Auch ist dies eine wichtige Zusatzinformation für Einsatzkräfte: je präziser die Hilfsbedürftigen lokalisiert werden können, desto wertvoller ist die Information für die Planung.

Berechnung des Indikators Evakuierungszeit

86

Für den Indikator *Evakuierungszeit* wird berechnet, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels / Stadtteils sich selbst sowie wichtige Dokumente in Sicherheit gebracht hat. Der Indikator ist ein relatives Maß zum Vergleich der Anfälligkeit der Bevölkerung einzelner Stadtviertel / Stadtteile.

Zur Abschätzung der *Evakuierungszeit* wird wieder auf die unterschiedlichen HHtypen als Strukturmerkmale zurückgegriffen, allerdings werden die HHtypen mit Personen ab 60 Jahren gemeinsam betrachtet, d. h. die HHtypen 3 und 4 werden zusammengelegt. Während es bei der *Evakuierungsfähigkeit* eine Rolle spielt, ob sich mehrere Haushaltsmitglieder möglicherweise gegenseitig helfen können, ist dies für die *Evakuierungsgeschwindigkeit* keine entscheidende Information. Die Zeit, in der die Hälfte der in einem Stadtviertel oder Stadtteil lebenden Haushalte evakuiert sind, ist der Median der einzelnen Evakuierungszeiten in Minuten. Ausreißer, die insbesondere durch Fehleinschätzungen des eigenen Zeitbedarfs zustande kommen, beeinflussen den Median kaum.

Frage: Nach wie vielen Minuten hat es die Hälfte der Haushalte im Falle einer Evakuierung geschafft, sich selbst sowie wichtige Dokumente in Sicherheit zu bringen?

Benötigte Daten:

Altersbezogene Haushaltsstrukturmerkmale pro Raumeinheit, klassifizierbar nach

- 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
- 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
- 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren.

Arbeitsschritte:

Schätzen Sie die Minutenzahl, innerhalb derer sich die Hälfte der Bevölkerung einer Raumeinheit in Sicherheit gebracht hat, mit Hilfe Ihrer Daten zu den HHtypen und den Medianen pro HHtyp aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Umfrage (siehe Anhang 7.4 C) mit Formel 3. Verknüpfen Sie die so errechneten Informationen über die Attributtabelle des GIS-Shapefiles mit der jeweiligen Raumeinheit. Stellen Sie das Ergebnis in einer Karte dar (siehe Beispiel Abbildung 4.4).

Ähnlich wie bei der ersten Schätzvariante der Evakuierungsfähigkeit wird die Zeitspanne, nach der die Hälfte der Haushalte evakuiert ist, folgendermaßen abgeschätzt:

Formel 3:

Median Zeit =

**(Anteil HHtyp 1 * Median HHtyp 1) + (Anteil HHtyp 2 * Median HHtyp 2) +
(Anteil HHtyp 3 * Median HHtyp 3).**

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich wieder jeweils auf das Expositionsgebiet (z. B. HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man für jede Raumeinheit eine Minutenzahl für die Bevölkerung im Expositionsgebiet erhält.

Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse

1. Ordnen Sie die Haushalte diesen altersbezogenen HHtypen zu:
 - 1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren
 - 2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren
 - 3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren
2. Bestimmen Sie den Median der Evakuierungszeit für jeden HHtyp. Überprüfen Sie ggf. die Trennbarkeit durch HHtypen mit einer Varianzanalyse. Verwenden Sie diese Mediane in der Formel 3.

Eine entsprechende Kartendarstellung (siehe Beispiel Abbildung 4.4) zeigt die Evakuierungszeit je Raumeinheit. Die Visualisierung in der Karte lässt räumli-

che Schwerpunkte (Hotspots) erkennen, an denen die Bevölkerung besonders viel Zeit benötigen würde, um sich in Sicherheit zu bringen.

4.2.4 Berechnung von Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung

Nach der Betrachtung der Anfälligkeit soll es im Folgenden darum gehen, abzuschätzen, wie hoch die Bewältigungskapazität der Bevölkerung in den exponierten Gebieten ist, um ein Hochwasserereignis

möglichst schadlos zu überstehen. Dieses Kriterium wird stellvertretend über die Indikatoren *potenzieller Versicherungsschutz* und *Hochwassererfahrung* erfasst.

Berechnung des Indikators potenzieller Versicherungsschutz

Als ein Indikator zur Abschätzung der Bewältigungskapazität wird der Anteil der Haushalte geschätzt, der über eine Elementarschaden-Versicherung verfügt und damit im Fall eines Hochwasserschadens finanziell gegenüber Schäden abgesichert ist. Da der *Versicherungsschutz* nicht direkt in der kommunalen Statistik enthalten ist, wird der Indikator im Kernindikatorenset über die Einkommensverteilung abgeleitet. Dabei gilt die Annahme, dass Personen in höheren Gehaltsklassen tendenziell über einen besseren Versicherungsschutz verfügen. Ersatzweise kann dieser Indikator auch über den Anteil von Mietern bzw. Eigentümern der bewohnten Wohnung (oder des bewohnten Hauses) bestimmt werden, wobei die Beobachtung, dass Eigentümer eher eine Elementarschaden-Versicherung abgeschlossen haben, zugrunde gelegt wird. (Hinweise zur Erhebung des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* im kommunalspezifischen Indikatorenset finden Sie in Kapitel 4.3).

Frage: Wie viele Haushalte sind gegen finanzielle Schäden eines Hochwassers versichert?

Benötigte Daten:

Variante 1:

Daten zur Einkommensverteilung, möglichst kleinräumig und differenziert (z. B. aus einer kommunalen Mikrozensus-Erhebung)

Variante 2:

Anteile der Wohnungen, die zur Miete bzw. als Eigentum bewohnt werden (z. B. aus der kommunalen Statistik)

Arbeitsschritte:

Wenn Sie *Variante 1* anwenden, schätzen Sie den Anteil der versicherten Haushalte pro Einkommens-

klasse, indem Sie jeweils den Mittelwert einer Einkommensklasse in das lineare Regressionsmodell (vgl. Formel 4a) eingeben. Das mit den Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung erzeugte Regressionsmodell finden Sie in Anhang 7.4 D. Der Gesamtanteil pro Raumeinheit kann anschließend mit Formel 4b bestimmt werden.

Falls keine Einkommensdaten vorliegen, können in erster Näherung auch die Anteilswerte des Eigentümer-Mieter-Verhältnisses je Raumeinheit zur Bestimmung des *Versicherungsschutzes* gegenüber Hochwasser verwendet werden (*Variante 2*). Schätzen Sie dann die Anzahl der versicherten Haushalte mit Hilfe des Versichertenanteils der Mieter und der Eigentümer aus Ihrer Umfrage bzw. der UNU-EHS Haushaltsbefragung (vgl. Tabelle 7.3 in Anhang 7.4 E und Formel 5).

Verknüpfen Sie die so gewonnenen Informationen über die Attribut-Tabelle mit den räumlichen Informationen im GIS. Stellen Sie diese in einer Karte dar (siehe Beispiel Abbildung 4.5).

Anmerkung: In der UNU-EHS Haushaltsbefragung konnte nur der Versicherungsschutz gegenüber Elementarschäden der Haushalte selbst abgefragt werden. Deshalb wird auch nur der Versicherungsschutz der Bewohner abgeschätzt, d. h. ob Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden am Wohngebäude versichert sind, bleibt unbeachtet. Unbeschadet dessen ist es für die Bewältigungskapazität des jeweiligen Haushaltes – hier des Haushaltes zur Miete – jedoch entscheidend, ob dieser Haushalt gegenüber Hochwasserschäden versichert ist, in diesem Fall wäre das Inventar gegenüber Hochwassergefahren zu schützen.

Berechnung des Indikators nach Variante 1:

Stehen Daten zum Haushaltseinkommen zur Verfügung, kann der prozentuale Anteil des Versicherungsschutzes mit Hilfe einer linearen Regression abgeschätzt werden.

Die zugehörige Formel der linearen Regression mit einer unabhängigen Variablen lautet:

Formel 4a:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1.$$

\hat{y} ist hier der für verschiedene Werte von x_1 durch die Regression geschätzte Anteil der Haushalte, die gegenüber Elementarschäden versichert sind,
 x_1 ist das Haushaltseinkommen (netto) und
 $b_i, i = 0,1$ sind die zu schätzenden Regressionskoeffizienten.

Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse

1. Bestimmen Sie die Anteile der Versicherten pro Einkommensklasse.
2. Erstellen Sie eine lineare Regression mit den Mittelwerten der Einkommensklassen als unabhängige und den Anteilswerten der Versicherten als abhängige Variable. Dafür bestimmen Sie zunächst die jeweiligen Mittelwerte der Einkommensklasse (z. B. 1500 Euro für die Klasse 1000 bis 2000 Euro, für eine offene

obere Klasse muss ein Schätzwert festgelegt werden). Dann bestimmen Sie die Anteile der Haushalte (HH) mit einer Elementarschaden-Versicherung für jede Einkommensklasse, die in der Regel mit der Höhe des Einkommens zunehmen. Anschließend führen Sie eine lineare Regression zwischen den Mittelwerten der jeweiligen Einkommensklasse und den Anteilswerten des Versicherungsschutzes durch.

Mit dem linearen Regressionsmodell kann jeder Einkommenshöhe ein Anteilswert des Versicherungsschutzes zugeordnet werden.

Den gesamten Anteilswert (pro Raumeinheit) erhalten Sie dann durch folgende Berechnung:

Formel 4b:

Anteil Versicherte =

(Anteil HH Einkommensklasse 1 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 1) +
(Anteil HH Einkommensklasse 2 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 2) +
(Anteil HH Einkommensklasse 3 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 3) +
... (plus weitere Einkommensklassen und ihr Anteil an versicherten Haushalten).

Die Anteile der HH in den Einkommensklassen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (z. B. HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Wert für die Bevölkerung im Expositionsgebiet erhält.

Berechnung des Indikators nach Variante 2:

Ersatzweise, im Falle der Nicht-Verfügbarkeit von Einkommensdaten, können auch Daten zur Anzahl der Eigentümer und Mieter in einer Raumeinheit als erste Orientierung zur Abschätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* herangezogen werden. Dieses Vorgehen ist damit zu begründen, dass in der UNU-EHS Haushaltsbefragung die Gruppe der Eigentümer nachweislich zu einem höheren Anteil gegenüber Hochwasserrisiken versichert ist als dies innerhalb der Gruppe der Mieter der Fall ist. Bei den Eigentümer-Haushalten entsteht vielfach auch der größere finanzielle Schaden, da neben dem Inventar häufig auch das Haus deutlichen Schaden nimmt. Eigentü-

mer, die in ihrem eigenen Haus wohnen, verfügen also möglicherweise nicht nur im Rahmen der Hausratversicherung über eine Zusatzversicherung gegen Elementarschäden, sondern auch im Rahmen der Wohngebäudeversicherung. Für die Mieter ist meist nur eine Versicherung des Hausrats gegenüber Elementarschäden relevant.

Analog zur Anwendung der Kreuztabelle bei der Berechnung der Evakuierungsfähigkeit lautet die Formel zur Berechnung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz*:

Formel 5:

Anteil versicherte Haushalte =
(Anteil Mietwohnungen * Anteil versicherte Mieter) +
(Anteil Wohnungen bewohnt vom Eigentümer * Anteil versicherte Eigentümer).

Die Anteile der Mietwohnungen bzw. Wohnungen bewohnt von Eigentümer beziehen sich wieder auf das Expositionsgebiet einer Raumeinheit.

Hinweise zur Integration eigener Befragungsergebnisse

Erstellen Sie Kreuztabellen mit Eigentümer / Mieter und der Elementarschaden-Versicherung. Bestimmen Sie die prozentualen Anteile der Elemen-

tarschaden-Versicherten und ggf. Cramers-V zur Validierung des Zusammenhangs. Verwenden Sie diese Werte in Formel 5.

Die Visualisierung der berechneten Werte in einer Karte (siehe Beispiel Abbildung 4.5) macht räumliche Unterschiede im *potenziellen Versicherungsschutz* der Haushalte in den einzelnen Raumeinheiten sichtbar. Die Karte lässt z. B. solche Bereiche erkennen,

in denen die finanzielle Bewältigungskapazität der Haushalte aufgrund eines nicht vorhandenen *Versicherungsschutzes* gegenüber Hochwasserschäden besonders gering sein dürfte.

Berechnung des Indikators *Hochwassererfahrung*

Für die Schätzung des Indikators *Hochwassererfahrung* wird zunächst ein Verfahren erläutert, das nur unter Verwendung eigener Befragungsergebnisse durchgeführt werden sollte. Anschließend werden Alternativen vorgeschlagen für den Fall, dass keine eigene Befragung erfolgt.

Frage: Wie viele Haushalte haben bereits ein Hochwasser am Wohnort erlebt?

Benötigte Daten:

- Wohndauer am Wohnstandort (Einwohnermelderegister)

Arbeitsschritte:

Erstellen Sie mit Hilfe Ihrer Befragungsdaten ein logistisches Regressionsmodell. Die unabhängige Variable ist dabei die Wohndauer, die abhängige Variable wird durch die Hochwassererfahrung (ja / nein) gebildet. Falls Sie mehrere Expositionsgebiete gleichzeitig betrachten, sollten Sie die Regression für jedes Expositionsgebiet getrennt durchführen.

Die Angaben der Wohndauer der Haushalte aus der Kommunalstatistik liegen wahrscheinlich klassiert vor (z. B. 0 bis 2, 3 bis 5 Jahre usw.), bestimmen Sie in diesem Fall jeweils den Mittelwert. Setzen Sie diese Mittelwerte in die Regressionsmodelle ein. Auf diese Weise erhalten Sie für jede Wohndauerklasse und Expositionslage einen Anteil der Hochwassererfahrung. Diese Werte gewichten Sie anschließend mit den jeweiligen Anteilswerten der Wohndauerklassen und ggf. Haushalten pro Expositionslage.

Vor der Verwendung der Regressionsmodelle sollten Sie diese natürlich auf ihre Validität hin überprüfen (vgl. z. B. Anmerkung in Anhang 7.4 B).

Verknüpfen Sie die so gewonnenen Informationen über die Attribut-Tabelle mit den räumlichen Informationen im GIS. Stellen Sie diese in einer Karte dar (siehe Beispiel Abbildung 4.6).

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier Hochwassererfahrung / keine Hochwassererfahrung) und einer unabhängigen Variablen (hier: Wohndauer), lautet²⁸:

Formel 6b:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

mit $z = b_0 + b_1 x_1$.

$P(Y=1)$ ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Zustand 1 (hier „keine Hochwassererfahrung“), sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an.

x_1 ist die unabhängige Variable, hier die Wohndauer.

b_i , $i = 0,1$ sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden (vgl. auch Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit *Variante 2*).

²⁸ Vgl. z. B. Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff & Rolf Weiber (2005): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin. Heidelberg.

Die Regressionen werden getrennt nach Expositionsgebiet (z. B. HQ-100 und EHQ ohne HQ-100) geschätzt, weil natürlich von unterschiedlichen Zusammenhängen zwischen Wohndauer und Hochwassererfahrung auszugehen ist.

$P(Y=1)$, also die Wahrscheinlichkeit für „keine Hochwassererfahrung“, kann hier als Anteil der Haushalte in der Raumeinheit interpretiert werden, die noch kein Hochwasser am Wohnstandort erlebt haben.

Eine Übertragung konkreter Regressionsergebnisse mit Daten der UNU-EHS Haushaltsbefragung zur Abschätzung des Indikators *Hochwassererfahrung* in anderen Kommunen kann nicht vertreten werden. Grund ist, dass die Angaben zur Hochwassererfahrung stark ortsabhängig sind, weil diese durch konkrete Hochwasser der Vergangenheit in der jeweiligen Stadt bestimmt sind. Dadurch werden auch die ermittelten Zusammenhänge zwischen Wohndauer und Hochwassererfahrung in Gebieten, in denen Hochwasserereignisse in anderen Jahren und in anderer Intensität aufgetreten sind, ganz anders aussehen. Die Zusammenhänge müssen also mit eigenen Befragungsergebnissen ermittelt werden.

Eine Alternative und Möglichkeit einer ersten einfachen Abschätzung wird darin gesehen, die mittlere Wohndauer pro Raumeinheit bzw. pro Expositionsgebiet und Raumeinheit darzustellen. Damit erhält man zwar keine direkten Werte der Hochwassererfahrung, hat aber bereits die Möglichkeit eines Vergleichs der Raumeinheiten.

Im Idealfall können die räumlichen Informationen zur Wohndauer mit kartographischen Darstellungen

vergänger Hochwasserereignisse verschnitten werden. So könnte ziemlich genau ermittelt werden, wie viele Haushalte jeweils zum Zeitpunkt eines bestimmten Hochwassers bereits am Wohnstandort gelebt haben. Daraus könnte dann die Hochwassererfahrung pro Raumeinheit bestimmt werden. Im Rahmen der aktuellen Studie von UNU-EHS standen diese Informationen nicht zur Verfügung, so dass diese Möglichkeit nicht erprobt werden konnte. Eine Schwierigkeit wird zudem darin liegen, dass die Informationen auf Luft- oder Satellitenbildern beruhen und folglich der Zeitpunkt des Überflugs maßgeblichen Einfluss auf die Ausdehnung der hochwasserbetroffenen Fläche hat.

Sie müssten für Ihre Kommune selbst entscheiden, welche Hochwasserereignisse in die Untersuchung einbezogen werden sollen, und entsprechend sicherstellen, dass die räumlichen Informationen zu jedem dieser Ereignisse vorliegen.

Der Indikator *Hochwassererfahrung* kann folglich – je nach Datenverfügbarkeit und Möglichkeit der Implementierung eigener Befragungsergebnisse – auf verschiedene Weise geschätzt werden.

Durch die Visualisierung des Indikators in einer Karte (Abbildung 4.6 zeigt die mit dem Verfahren der logistischen Regression bestimmten Werte der Hochwassererfahrung in Köln) werden räumliche Schwerpunkte deutlich, in denen ein besonders geringer Bevölkerungsanteil über Erfahrungswerte verfügt. Hier wurden möglicherweise weniger Vorsorgemaßnahmen getroffen, und es liegt weniger Wissen zum richtigen Verhalten vor.

4.3 Erstellung eines Sets von kommunalspezifischen Verwundbarkeitsindikatoren

Neben dem Set von standardisierten Kernindikatoren (siehe Kapitel 4.2) zur Abschätzung der Verwundbarkeit werden weitere kommunalspezifische Indikatoren vorgeschlagen, die sich direkt aus Daten eigener

kommunaler Erhebungen speisen, d. h. nur mit Hilfe zusätzlicher Befragungen oder als Bestandteil von kommunalen Umfragen erfassbar sind.

4.3.1 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung

Neben den in Kapitel 4.2.3 vorgeschlagenen Kernindikatoren zur Erfassung der Anfälligkeit können bei Durchführung eigener Befragungen auch weitere kommunalspezifische Indikatoren angewendet

werden. Im Folgenden sollen die beiden Indikatoren *Hochwassersensibilität* und *Informationslage zur Hochwassergefährdung* als solche beschrieben werden.

Berechnung des Indikators Hochwassersensibilität

Die *Hochwassersensibilität* basiert auf der Auswertung dieser Frage: „Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“ Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 können entsprechende Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht. Die Einschätzungen der eigenen Hochwasserexposition werden anschließend mit der tatsächlichen Exposition unter Annahme des von Ihnen gewählten Szenarios überschritten.

Insgesamt ist der Indikator *Hochwassersensibilität* als die gemittelte Bewertung (die Durchschnittswerte der Klassenwerte von Klasse 1 ‚sehr unwahrscheinlich‘ bis Klasse 8 ‚sehr wahrscheinlich‘) zu verstehen und stellt damit ein direktes Maß der von den befragten Haushalten subjektiv eingeschätzten Hochwassergefahr dar. Die Visualisierung in der Karte (siehe Beispiel Abbildung 4.7) gibt die subjektive Einschätzung der Hochwassergefahr der befragten Haushalte im Vergleich zu deren tatsächlicher *Exposition* wieder. Anhand dieser Darstellung lassen sich dann Stadtviertel oder Stadtteile erkennen, in denen die *Hochwassersensibilität* sehr gering (oder sehr hoch) ist, obschon eine *Hochwasserexposition* gegeben ist.

Berechnung des Indikators Informationslage zur Hochwassergefährdung

Die Erfassung der Informationslage der Haushalte gegenüber Hochwassergefahren am Wohnort kann durch folgende Frage erhoben werden: „Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“ Als Antwortkategorien bieten sich folgende an:

- A) JA, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten.
- B) JA, ich habe selbst Informationen eingeholt.
- C) NEIN, ich habe keine Informationen erhalten oder eingeholt.

Die Auswertung dieser Frage zeigt auf, wie hoch der Informationsgrad der Bevölkerung hinsichtlich der Hochwassergefahr zum Zeitpunkt des Bezugs der Wohnung bzw. des Hauses war. Die Beantwortung erfolgt unabhängig vom Zeitpunkt des Einzugs, so dass sowohl Befragte, die schon länger am Wohnort leben, erfasst werden, als auch Befragte, die gerade erst in die Wohngegend gezogen sind. Des Weiteren lässt die Auswertung der Antwortmöglichkeiten eine

Differenzierung zwischen den Haushalten, die Informationen zur Hochwassergefährdung selbstständig eingeholt haben, und den Haushalten, die diese Informationen durch die Stadt oder Dritte erhalten haben, zu. Demzufolge können auch Stadtteile ermittelt werden, in denen die Kommune bzw. Bezirksvertretungen recht aktiv (oder eben nur in geringem Maße) entsprechende Informationen bereitgestellt haben.

Unabhängig davon, ob sich die Befragten mittlerweile informiert haben oder durch den Eintritt eines Hochwasserereignisses auf die Gefährdung aufmerksam wurden, kann man davon ausgehen, dass die Haushalte, die in einer exponierten Lage leben und die bei der Auswahl ihres Wohnstandortes keine Informationen über Hochwassergefahren bei der Entscheidung oder der Auswahl ihres Wohnstandortes in exponierter Lage hatten, verwundbarer gegenüber Hochwasserereignissen sind als informierte (vgl. Beispiel Abbildung 4.8).

4.3.2 Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung

An dieser Stelle werden die Indikatoren *tatsächlicher Versicherungsschutz* und *Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte* als zusätzliche, kommu-

nalspezifische Indikatoren im Bereich Bewältigungskapazität beschrieben.

Berechnung des Indikators tatsächlicher Versicherungsschutz

Neben der bereits durch den Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* abgedeckten Frage, welche Haushalte potenziell über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen (im Kernindikatorensatz ausgehend von den Befragungen und dem Einkommensniveau bzw. dem Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeschätzt) wird mit dem kommunalspezifischen Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* diese Information durch eine direkte Erhebung ermittelt. Die Frage, mit deren Hilfe bei der Durchführung einer

Befragung die notwendigen Informationen eingeholt werden, lautet: „Haben Sie für Ihre Wohnung oder Ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?“ Außer der Elementarschaden-Versicherung, welche als einzige die genannten Hochwasserschäden abdeckt, können die Antwortkategorien für weitere Untersuchungen mehrere Versicherungen umfassen, z. B. Wohngebäudeversicherung, Haftpflichtversicherung, Hausratversicherung, sowie die Kategorien ‚Sonstiges‘ und ‚Weiß nicht‘.

Der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* erlaubt wichtige Rückschlüsse über die finanzielle Bewältigungskapazität von Haushalten gegenüber Hochwasserschäden. Anders als der über das Haushaltseinkommen bzw. ersatzweise über das Eigen-

tümer-Mieter-Verhältnis abgeleitete Versicherungsschutz im Kernindikatorenset vermag der tatsächliche Versicherungsschutz lokalen Besonderheiten Raum zu geben.

Berechnung des Indikators Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte

Um einen gewissen Einblick in die tatsächlichen Hochwasservorsorgemaßnahmen privater Akteure zu erhalten, sollten Sie die Frage „Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt? Wenn ja, welche?“ in die Befragung mit aufnehmen. Während der erste Teil der Frage eine generelle Einschätzung erlaubt, ermöglicht der zweite Teil eine weitere Klassifizierung nach der Art der getroffenen Maßnahmen. Die-

se können anschließend z. B. in folgende Kategorien untergliedert werden: A Fundamentale Maßnahmen (z. B. Umzug), B finanzielle Vorsorge (z. B. Versicherung), C technisch-bauliche Maßnahmen mit geringem Aufwand (z. B. Rückstauventil), D technisch-bauliche Maßnahmen mit hohem Aufwand (z. B. Mauerbau), E organisatorische Maßnahmen (z. B. Plan zum Hochstellen von Besitztümern) (vgl. Beispiel Abbildung 4.9).

4.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen

Nach der Durchführung des Assessments, der Anwendung der Kernindikatoren und ggf. auch der Ermittlung des kommunalspezifischen Indikatorensets liegt Ihnen eine breite Datenbasis zur Ausprägung und räumlichen Verteilung bestimmter Verwundbarkeitskriterien auf kommunaler Ebene vor. Es gilt nun, die Ergebnisse des Verwundbarkeitsassessments zu nutzen, um nach Möglichkeit eine Verbesserung der Situation zu bewirken. Auch wenn die Ergebnisse innerhalb Ihrer Kommune erfreulich ausfallen

sollten, so ist die Vorbereitung auf ein zukünftiges Hochwasser, die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung, die fortlaufende Optimierung von Einsatzplänen und die Weiterentwicklung von Schutzmaßnahmen ein nicht endender Prozess. Die Aussagekraft der Einzelindikatoren und die daraus ableitbaren Handlungsoptionen für Ihre Kommune ergeben sich dabei direkt aus den in Kapitel 4.1.4 und 4.1.5 genannten Beiträgen zur Verwundbarkeitsabschätzung.

Autorin: Kathleen Meisel

V. Kapitel

Verwundbarkeitsassessment der Umwelt
gegenüber Hochwasserereignissen

Zielsetzung

Mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens soll es ermöglicht werden, eine kleinräumige Betrachtung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen durchzuführen und die Ergebnisse in sinnvoller Weise zu bewerten. Die auf diesem Weg ge-

schaffene Informationsgrundlage kann nicht nur der Einschätzung der aktuellen Verwundbarkeit dienen, sondern stellt gleichzeitig die Grundlage zur Ableitung von Handlungsoptionen dar und bietet die Möglichkeit zur Abwägung von Planungsalternativen.

Voraussetzungen

Eine Voraussetzung zur Durchführung des hier vorgestellten Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt ist die Verfügbarkeit von relevanten Umweltdaten in digitaler Form sowie die Anwendung eines Geographischen Informationssystems (GIS). Die konkreten Arbeitsschritte werden hier anhand der Software ArcGIS 9.2 beschrieben, es kann jedoch selbstverständlich auf eine alternative Software mit entsprechendem Funk-

tionsumfang zurückgegriffen werden.

Sollten Ihnen keine digitalen Informationen zur Verfügung stehen, so ist das im Folgenden beschriebene Vorgehen nicht in vollem Umfang durchführbar. Es bietet sich ggf. an, das Verwundbarkeitsassessment zum Anlass zu nehmen, Datenbestände in ein GIS-kompatibles, digitales Datenformat zu bringen.

5.1 Verwundbarkeit der Umwelt

Um die im folgenden Assessment-Verfahren vorgestellten Schritte nachvollziehen und umsetzen zu können, bedarf es der Klärung bestimmter Begriffe und eines Einblicks in grundsätzliche Festlegungen,

die hinsichtlich der Verwundbarkeitsabschätzung im Bereich Umwelt getroffen werden mussten. Diese sollen im Folgenden in knapper Form dargelegt werden.

5.1.1 Umweltdefinition

Der Begriff Umwelt wird in diesem Leitfaden über die Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen definiert²⁹. Als solche gelten die Bodenbildung, der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und damit Bereitstellung von Nahrungsmitteln und von sauberem Grundwasser für die Trinkwasserversorgung, die Sicherung des Genpools, die Sauerstoffproduktion, Beiträge zum klimatischen Ausgleich und andere Funktionen, die der Sicherung der menschlichen Lebens-

grundlage dienen. Die Umwelt gilt gegenüber einem Hochwasserereignis dann als verwundbar, wenn die aufgeführten Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen infolge dessen eingeschränkt werden könnten. Mit der Beeinträchtigung der Funktionen und Dienstleistungen wäre direkt oder indirekt eine Einschränkung der Bereitstellung der Grundlagen menschlichen Lebens verbunden.

²⁹ Für detailliertere Informationen zu diesem Bereich sei auf die in Kapitel 1 beschriebene Publikation in der Reihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ verwiesen, in welcher die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erstellung des vorliegenden Leitfadens im Detail dargelegt werden.

5.1.2 Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall

Hochwasser ist grundsätzlich als ein natürliches Phänomen in Auenlandschaften zu bezeichnen. Folgerichtig besteht für die Umwelt keine Verwundbarkeit gegenüber den natürlichen Prozessen des Hochwassers – Überschwemmungen sind vielmehr notwendige Voraussetzung für die Entstehung und ein wichtiger Beitrag zum Erhalt des Lebensraums der Aue. Zwar ändert sich nach einem Hochwasserereignis die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften, der Boden kann abgetragen und mitgeführtes Material sedimentiert werden, doch diese Prozesse gehören zur natürlichen Auendynamik. Die Umweltfunktionen werden dadurch nicht nachhaltig beeinträchtigt. Eine Einschränkung der Umweltfunktionen und damit die Verwundbarkeit der Umwelt besteht dann, wenn die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte potenzielle Kontaminationsquellen trifft und dort zu einer Freisetzung von Schadstoffen führen kann. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen die Anlagen nach §19g Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach der 12. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) (Störfallbetriebe), im Folgenden nur als Anlagen / Betriebsbereiche bezeichnet³⁰, sowie Altlasten³¹. Es verbleiben darüber hinaus weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten

Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch landwirtschaftliche Nutzflächen oder Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden können, als potenziell gefährlich betrachtet werden. Diese sollen aber zunächst unberücksichtigt bleiben – zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt zu vereinfachen, zum anderen, weil die Erfahrungen aus den vergangenen Hochwasserereignissen eine besonders hohe Gefährdung durch die bereits genannten Anlagen und Flächen gezeigt hat. Diese Operationalisierung hat zudem den Vorteil, dass die zu ihrer Anwendung benötigten Informationen in den Kommunen vorliegen sollten.

Es sind somit nur die Ausschnitte der Umwelt verwundbar, die innerhalb des Einflussbereiches der potenziellen Kontaminationsquellen liegen. Die Höhe der Verwundbarkeit dieser Umweltausschnitte ergibt sich zum einen aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt (vgl. Kapitel 5.1.3) und zum anderen aus dem Grad der schädlichen Auswirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen. Damit wird das Verwundbarkeitsassessment nicht auf die direkten Einwirkungen des Naturereignisses Hochwasser, sondern auf die dadurch in Gang gesetzten Ereignisketten (Kontaminationsproblematik) bezogen.

5.1.3 Verwundbarkeitskriterien

Wie in Kapitel 5.1.2 ausgeführt, spielt die Exposition der Umwelt gegenüber Kontaminationen eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt. Neben der räumlichen Nähe zu den hier angeführten Kontaminationsquellen gibt es jedoch auch verwundbarkeitsrelevante Umwelteigenschaften, die diese gegenüber den Einwirkungen von Schadstoff-

fen besonders anfällig machen bzw. die die Fähigkeit der Umwelt zur Bewältigung der Hochwassersituation negativ beeinflussen. Diese sollen zusammen mit den möglichen Kontaminationsquellen als Verwundbarkeitskriterien betrachtet und im Folgenden genauer beschrieben werden.

³⁰ Warm, H.-J. & K.-E. Köppke (2007): Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen). Berlin.

³¹ Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“,

z. B. Marre, D., Walther, W. & K. Ullrich (2005): Einfluss des Hochwassers 2002 auf die Grundwasser - Beschaffenheit in Dresden, in: Grundwasser, Vol. 10, Nr. 3, S. 146-156.

Exposition (gegenüber Kontaminationsquellen)

Dieses Verwundbarkeitskriterium bezieht sich, wie bereits angedeutet, nicht auf das gesamte Überschwemmungsgebiet, da die Umwelt gegenüber den im Zusammenhang mit einem Hochwasser natürlich auftretenden Prozessen als nicht verwundbar eingeschätzt wird. Vielmehr werden Ausschnitte aus dem Überschwemmungsgebiet, in denen aufgrund ihrer Nähe zu möglichen Kontaminationsquellen mit Belastungen zu rechnen ist, betrachtet.

Hinsichtlich der Schadstoffe aus Altlasten kann festgehalten werden, dass diese über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall remobilisiert werden können und den Boden und anschließend, bei sinkendem Grundwasserspiegel, möglicherweise auch das Grundwasser kontaminieren. Es ist darüber hinaus denkbar, dass infolge erhöhter Niederschläge, die ggf. zu dem Hochwasser führten, verstärkt Versickerungsprozesse einsetzen, die eine Auswaschung der Schadstoffe in den Boden und das Grundwasser zur Folge haben. Über den Bodenpfad und die Nährstoff- bzw. Nahrungsaufnahme können weiterhin pflanzliche und tierische Lebensgemeinschaften durch die freigesetzten Schadstoffe bedroht werden. Über den Zwischenabfluss im Boden und den Grundwasserpfad können zudem Fließgewässer oder weitere Oberflächengewässer kontaminiert werden, wobei die Gefahr besteht, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden. Da im Fließgewässer rasch Verdünnungseffekte einsetzen und für Fließgewässer gegenüber Kontaminationen innerhalb eines vergleichsweise kleinen Betrachtungsraumes, wie einer Kommune, keine spezifischen Verwundbarkeitsunterschiede festzumachen sind³², bleiben Aussagen

zur Betroffenheit der Fließgewässer bei der Verwundbarkeitsermittlung der Umwelt in dem vorliegenden Leitfaden unberücksichtigt. Die Ausbreitung von Schadstoffen aus Altlasten im Boden verläuft im Hochwasserfall nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal. Im Fall der Verlagerung der Schadstoffe aus dem Boden in das Grundwasser erfolgt über Jahrzehnte eine horizontale Ausbreitung in Fließrichtung des Grundwassers. Diese soll aber zur Vereinfachung des Verwundbarkeitsassessments nicht berücksichtigt werden. Zusätzlich zu den Altlasten stehen häufig auch Daten zu sog. Altlastenverdachtsflächen zur Verfügung. Es ist ratsam auch diese in das Verwundbarkeitsassessment aufzunehmen. Eine Anleitung dazu, wie mit diesen Flächen umgegangen werden kann, wird in Kapitel 5.2 bei Erläuterung des 1. Assessment-Schritts gegeben.

Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen / Betriebsbereiche, kann es zum Stoffaustrag (Kontamination des Wassers) kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und den Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe, kommt es in Fließrichtung des Hochwassers zu Ablagerungen. Daraus können sich direkte Belastungen für den Boden oder Vegetation ergeben. Über den Bodenpfad besteht die Möglichkeit, dass die Belastungen über Versickerung an das Grundwasser, über den Zwischenabfluss an Fließgewässer oder über Nährstoffaufnahme an die Pflanzen und Tiere weitergegeben werden. Mit zunehmender Entfernung von der Kontaminationsquelle setzen Verdünnungseffekte im Oberflächenwasser ein, so dass sich die potenziell schädliche Auswirkung abschwächt.

³² Betrachtet man einen größeren Untersuchungsraum, z. B. eine Region oder ganz Deutschland, könnte als Kriterium der Verwundbarkeit von Fließgewässern eventuell die Gewässergüte gewählt werden. Vor allem die Betrachtung von Fließgewässern mit besonders hoher Gewässergüte scheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, denn diese erfüllen die Umweltfunktionen / Ökosystemdienstleistungen wie Bereitstellung eines intakten aquatischen Lebensraumes oder auch Bereitstellung von sauberem Wasser als Grundlage für die Trinkwasserversorgung noch gut bis sehr gut und tragen daher eine besondere Bedeutung. Innerhalb von Kommunen können allerdings eindeutige Unterschiede in der Gewässerqualität kaum ausgemacht werden.

Verwundbarkeitsrelevante Umwelteigenschaften

Zur Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften wurden die nachfolgend beschriebenen Kriterien ausgewählt. Sie ergeben sich aus den in Kapitel 5.1.1 und 5.1.2 erläuterten Überlegungen, dass sich die Verwundbarkeit der Umwelt in der Beeinträchtigung der Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen ausdrückt:

- **Schutzwürdigkeit der Böden**
- **Grundwassergeschüttheit**
- **Biotopwert**

Die in den Kommunen vorhandenen Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden werden verwendet, um die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust der Funktionsfähigkeit von Böden bei Eintritt einer Kontamination darzustellen. Ein sehr schutzwürdiger Boden steht für eine hohe Verwundbarkeit, da im Fall einer Kontamination die Gefahr besteht, dass aktuell noch relativ intakte Bodenfunktionen im Anschluss nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr erfüllt werden können. Die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust von Grundwasserfunktionen wird über die Größe der natürlichen Grundwassergeschüttheit

dargestellt. Eine geringe Grundwassergeschüttheit ist mit einer hohen Verwundbarkeit gleichzusetzen, da im Fall einer Kontamination die Schadstoffe relativ ungehindert zum Grundwasser vordringen können. Der Biotopwert macht Aussagen darüber, wie wertvoll die Lebensräume von Lebensgemeinschaften sind, und damit wie gut die Arten- und Biotop-schutzfunktion erfüllt wird. Es ist davon auszugehen, dass wertvolle Biotope auch Lebensgemeinschaften beherbergen, die die Funktionen der Sicherung des Genpools, der Sauerstoffproduktion, der CO₂-Aufnahme, der Bestäubung, der Bodenbildung etc. sehr gut erfüllen. Wertvolle Biotope stehen demnach für eine hohe Verwundbarkeit, da in diesen Fällen ein sehr hoher Funktionsverlust zu erwarten wäre.

Die Kriterien „Schutzwürdigkeit der Böden“, „Grundwassergeschüttheit“ und „Biotopwert“ liegen in den meisten Kommunen bereits über die Erstellung eines Landschaftsplanes, eines Umweltbereiches oder eines Umweltatlases vor. Diese Kriterien können zwar auch getrennt voneinander betrachtet werden (vgl. Kapitel 5.3), bilden jedoch vor allem in Kombination die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt ab.

5.2 Abschätzung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen

Nach der Bereitstellung wichtiger Vorinformationen zur Durchführung, soll in diesem Kapitel aufgeteilt in Einzelschritte das Assessment-Verfahren vorgestellt

und eine Anleitung zur Interpretation der Ergebnisse gegeben werden.

5.2.1 Ablaufschema

Die hier vorgestellte Methode hat das Ziel, die zuvor beschriebenen Daten zu systematisieren und zu Verwundbarkeitsaussagen zusammenzuführen. Das

Ablaufschema in Abbildung 5.1 illustriert das Vorgehen.

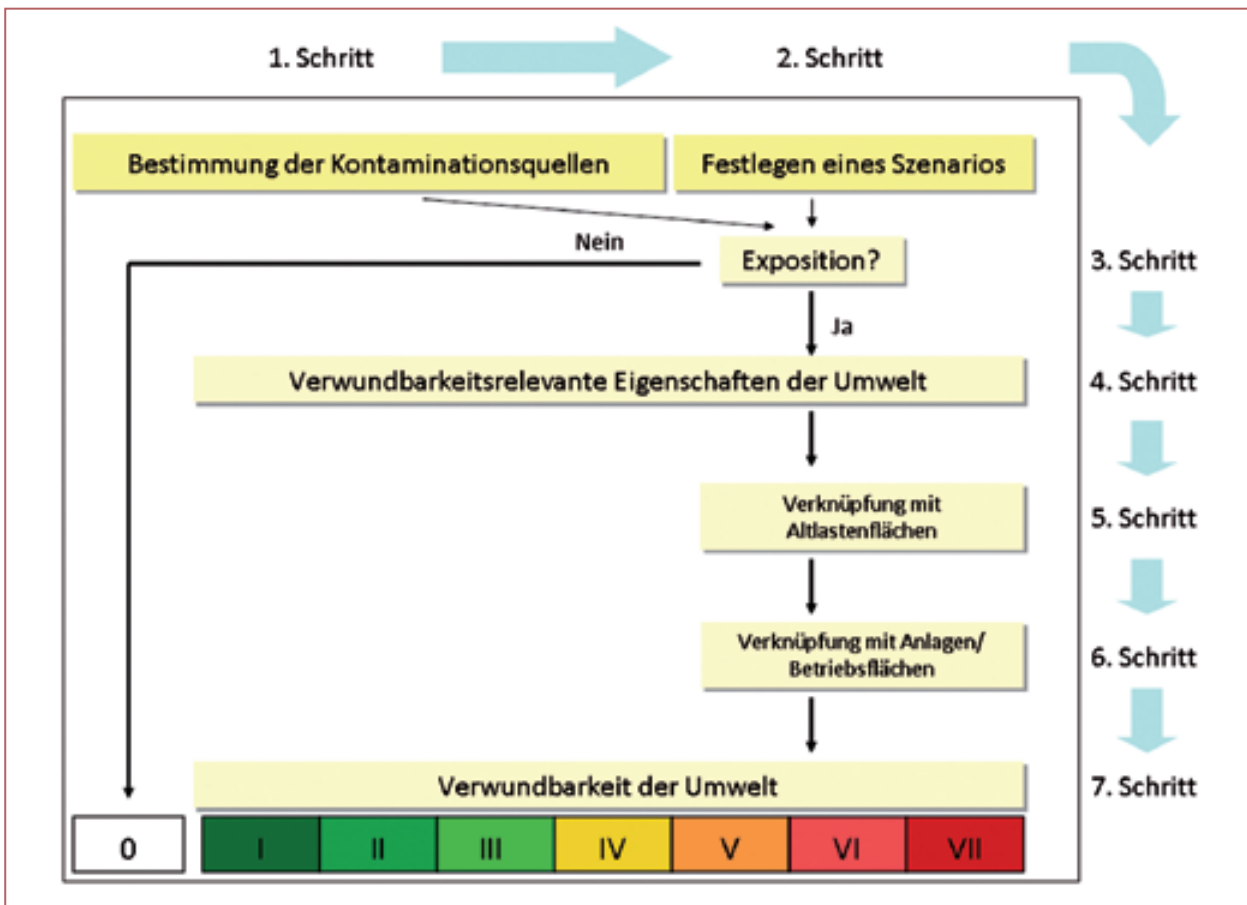


Abbildung 5.1: Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode (Eigene Darstellung; Kathleen Meisel, MLU)

Nach einer Überprüfung des Vorhandenseins möglicher Kontaminationsquellen in der Kommune, ist zunächst die Festlegung eines Hochwasserszenarios vorzunehmen. Dieser Schritt bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen – alle folgenden Schritte und die am Ende ermittelten Assessment-Ergebnisse beziehen sich stets auf das ausgewählte Szenario. Im nächsten Schritt ist eine Expositionsanalyse der potenziellen Kontaminationsquellen gegenüber dem Überschwemmungsgebiet des Szenarios durchzuführen. Nur wenn eine Exposition der unter dieser Kategorie zusammengefassten Anlagen und Flächen abzusehen ist, muss das Assessment weitergeführt werden. Sollte dies der Fall sein, so müssen im Anschluss die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt betrachtet werden. Aus den an diesem Punkt im Assessment-Prozess gewonnenen Informationen, der Exposition der Kontaminationsquellen und den Eigenschaften der Umwelt, kann im Anschluss in

einem zweistufigen Verknüpfungsverfahren die Verwundbarkeit der Umwelt bestimmt werden. Neben der Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit kann es sinnvoll sein, Einzelbetrachtungen vorzunehmen. So könnte betrachtet werden, inwieweit schutzwürdige Böden oder wertvolle Biotopie infolge eines Hochwassers von den potenziell schädlichen Auswirkungen der Anlagen / Betriebsbereichen betroffen wären. Weiterhin empfiehlt es sich zu untersuchen, an welchen Stellen speziell das Grundwasser oder schutzwürdige Böden von einem möglichen Schadstoffaustrag aus Altlasten bedroht sein könnten. Es könnte weiterhin untersucht werden, ob von Altlasten bedrohtes Grundwasser im Einflussbereich von Trinkwasserschutzgebieten liegt. Zu diesen Einzelbetrachtungen werden im vorliegenden Leitfaden in Kapitel 5.3 einzelne Beispiele aufgeführt.

5.2.2 Verwundbarkeitsklassen

Es erfolgt im Laufe des Assessments eine Einteilung von Flächen bzw. Umweltausschnitten zunächst in eine 5-stufige, später in eine 7-stufige Verwundbar-

keitsskala. Die Klasseneinteilung ergibt sich dabei aus den einzelnen Assessment-Schritten und gibt eine graduelle Verwundbarkeitsabstufung wieder.

5.2.3 Gliederung der einzelnen Schritte

Im Folgenden wird Schritt für Schritt eine Anleitung zur Durchführung des Verwundbarkeitsassessments der Umwelt auf kommunaler Ebene gegeben. Bei der Beschreibung der einzelnen Assessment-Schritte wird

versucht, eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Beispiel(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten.

5.2.4 Durchführung des Assessments Schritt für Schritt

1. Schritt: Bestimmung und Verortung der Kontaminationsquellen

Zu Beginn des Verwundbarkeitsassessments sollte zunächst überprüft werden, ob sich mögliche Kontaminationsquellen (vgl. Kapitel 5.1.2) innerhalb der betrachteten Kommune befinden.

Frage: Gibt es in Ihrer Kommune Anlagen nach §19g WHG, Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und / oder Altlastenflächen? Wenn ja, sind die Standorte dieser möglichen Kontaminationsquellen bekannt?

Arbeitsschritt:

Überprüfen Sie, ob sich in Ihrer Kommune eine oder mehrere der genannten Kontaminationsquellen befinden. Sollte es keine Kontaminationsquellen auf dem Gebiet ihrer Kommune geben, so erübrigen sich alle weiteren Assessment-Schritte und das Assessment endet mit dem besten möglichen Ergebnis. Sollten jedoch Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune existieren, so beginnen Sie mit dem Aufbau eines GIS, indem Sie einen neuen View öffnen. Als Kartengrundlage sollten neben den administrativen Grenzen einige Informationen, welche die Orientierung erleichtern (beispielsweise Gebäudegrundrisse und Verkehrswege), verwendet werden. Fügen Sie die Standorte bzw. Flächen aller potenziellen Kontaminationsquellen als ein neues Thema in das GIS ein.

Zum Umgang mit Datenlücken:

Liegen Ihnen keine Informationen über Anlagen / Betriebsbereiche in der Kommune vor, so sollten Sie sich an die genehmigende Behörde (z. B. Bezirksregierungen) wenden. Besitzt die Kommune kein Altlastenkataster, so kann sie in der Regel auf das der Regierungsbezirke oder des Landes zurückgreifen. Sollten die Daten zu den Anlagen / Betriebsbereichen nicht in getrennten Datensätzen vorliegen, so können diese auch zusammengenommen als Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ abgespeichert und weiterverwendet werden. Sollten zusätzlich Informationen zu Altlastenverdachtsflächen vorliegen, so bietet sich entweder die Möglichkeit, diese als eine zusätzliche Kontaminationsquelle zu behandeln und analog zu den Altlastenflächen zu verfahren, oder die beiden Themen zu einem gemeinsamen Thema ‚Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen‘ zusammenzuführen. Im Zweifelsfall sollten diese Flächen wie Altlasten behandelt werden, damit möglicherweise vorhandene Gefahren nicht unberücksichtigt bleiben. Dieser Schritt wird im GIS über den ‚Union‘-Befehl ausgeführt.

2. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach der in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Vorgehensweise.

3. Schritt: Bestimmung der Exposition von Kontaminationsquellen gegenüber Hochwasser

Mit diesem Schritt entscheidet sich, ob die weitere Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt für Ihre Kommune erforderlich ist. Wenn sich ergibt, dass tatsächlich potenzielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des im 2. Schritt definierten Hochwasserszenarios bzw. der -szenarien liegen, so sollte das Assessment unbedingt weitergeführt werden. Sollte dies nicht der Fall sein, besteht keine Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber dem angenommenen Hochwasserereignis. Dies bedeutet, dass das Verwundbarkeitsassessment für die Kommune an dieser Stelle mit dem besten möglichen Ergebnis beendet ist.

Frage: Liegen potenzielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des von Ihnen definierten Hochwasserszenarios?

Arbeitsschritt:

Öffnen Sie ein View, in dem die Überschwemmungsgebiete des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios dargestellt werden. Fügen Sie die potenziellen Kontaminationsquellen als Themen hinzu. Überprüfen Sie, ob eine oder mehrere potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet des Hochwasserszenarios liegen.

Überlagern Sie dazu das Thema ‚Administrative Grenzen‘ mit den Themen ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3,...)‘, ‚Altlasten‘ sowie ‚Anlagen / Betriebsbereiche‘. Um einen Überblick zu bekommen, können Sie zunächst einfach im View schauen, ob potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet liegen. Reicht Ihnen diese Abschätzung nicht aus, können Sie unter Nutzung der GIS-Funktion ‚Clip‘ wie folgt vorgehen:

Verwenden Sie ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3,...)‘ als Schablone für die Clip-Funktion und schneiden sie auf diesem Weg alle exponierten Kontaminationsquellen aus den anderen Themen aus. Die so entstandenen Themen können als ‚exponierte Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘, ‚exponierte Anlagen Szenario 1 (2,3,...)‘ und ‚exponierte Betriebsbereiche Szenario 1 (2,3,...)‘ bezeichnet werden. Die Attributtabelle der neuen Themen enthalten die Informationen zu den exponierten Kontaminationsquellen. Ist die Attributtabelle leer, so liegen keine Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet.

Sollten Sie keine getrennten Themen erhalten, sondern mit dem Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ gearbeitet haben, so verfahren Sie mit diesem genauso und erzeugen Sie so das Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche Szenario 1 (2,3,...)‘.

Sollte sich im Überschwemmungsgebiet vom einem oder mehreren Szenarien keine Kontaminationsquelle befinden, so kann für dieses Szenario die Verwundbarkeitsabschätzung der Umwelt mit dem Ergebnis einer nicht vorhandenen Verwundbarkeit beendet werden. Für dieses Szenario liegt keine Verwundbarkeit vor. Für alle weiteren Fälle muss das Assessment fortgesetzt werden.

Beispiel:

Dargestellt wird der Schritt anhand der Stadt Köln für ein festgelegtes Extremhochwasserszenario von HQ-500 (siehe Abbildung 5.2). Da potenzielle Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet liegen, besteht eine hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt und das Assessment wird fortgesetzt.

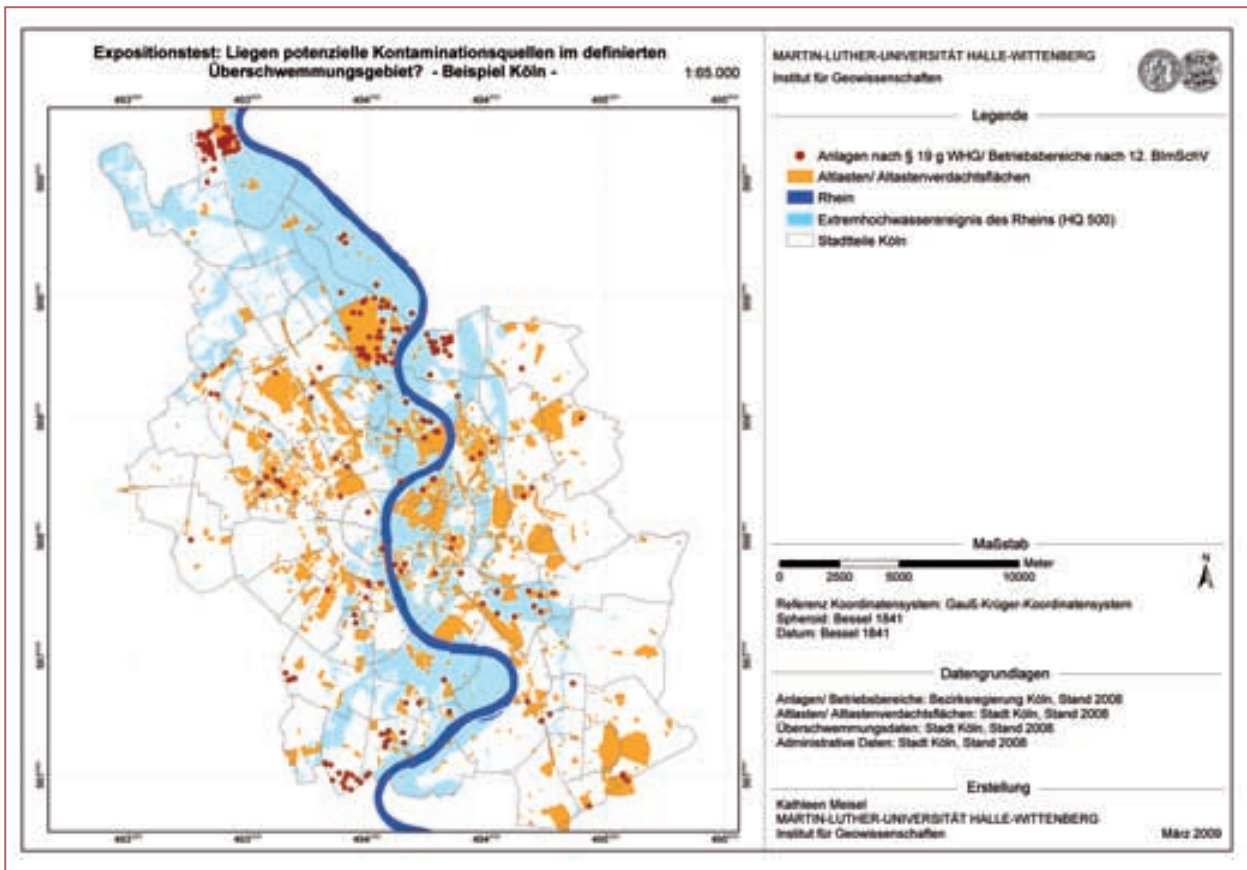


Abbildung 5.2: Expositionstest – Überprüfung der Exposition von Kontaminationsquellen

Zum Umgang mit Datenlücken:

Es wurden keine neuen Informationen einbezogen, sondern bereits vorhandene miteinander in Verbindung gebracht. Sollten bis zu diesem Schritt keine

Datenlücken aufgetreten sein, so ist auch dieser Schritt problemlos durchführbar.

4. Schritt: Bestimmung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

Sollte sich bei der Durchführung des 3. Assessment-Schrittes gezeigt haben, dass sich potenzielle Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebiets des (oder der) von Ihnen betrachteten Szenarios (Szenarien) befinden, so gilt es in einem nächsten Schritt, die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation zu bestimmen. Diese ergibt sich aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt (vgl. Kapitel 5.1.3). Die drei Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ sollten in den entsprechenden Themen

bereits klassifiziert (= rangskaliert) vorliegen (z. B. sehr geringe, geringe, mittlere, hohe und sehr hohe Grundwassergeschüttheit). Diese Kriterien können, sofern es die Datenlage zulässt, für die gesamte Gemeindefläche in einem GIS räumlich dargestellt werden. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Überschwemmungsgebiet gewählt werden, können die Flächen, für die Daten zu verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften vorliegen, jederzeit damit verschnitten werden.

Über eine logische Verknüpfung der Daten, bei der jedes Kriterium gleich stark gewichtet wird, werden in diesem Assessment-Schritt Aussagen zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation erzeugt. Das Verfahren der logischen Verknüpfung unter Nutzung von funktionalen Zusammenhängen und Präferenzmatrizen (=Verknüpfungsmatrizen) lässt sich, wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, in der Regel in jedem GIS umsetzen.

Um die nachfolgenden Verknüpfungsschritte besser nachvollziehen zu können, sollten sie die detaillierte Erläuterung bei der Vorgehensweise der logischen Verknüpfung im Anhang des Leitfadens nachlesen (vgl. Anhang 7.5).

Arbeitsschritt:

Laden Sie die umweltrelevanten Eigenschaften ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ als Themen in einen neuen View des GIS ein. Die Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚sehr gering‘, ‚gering‘ usw. räumlich dargestellt werden. Für die nächsten Arbeitsschritte benötigen Sie die von Ihnen erarbeiteten Präferenzmatrizen (zum Vorgehen siehe Anhang 7.5). Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung in Ihrem GIS bedienen Sie sich des ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehls des Werkzeugkastens und wählen dort die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und die ‚Grundwassergeschüttheit‘ aus. Mit Ausführen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches Sie beispielsweise ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ nennen. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. Erzeugen Sie in dieser Tabelle eine neue Spalte. Nun nutzen Sie in der Attributtabelle das Abfragefenster. Dort müssen Sie nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen beider

Kriterien abfragen, z. B. Schutzwürdigkeit = I AND Grundwassergeschüttheit = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun können Sie sich das neue Thema ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. Für die Verknüpfung dieses Zwischenergebnisses mit dem dritten verwundbarkeitsrelevanten Kriterium ‚Biotopwert‘ gehen sie analog vor, d. h. Sie nutzen den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl, wählen die beiden Themen ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ und ‚Biotopwert‘ aus, legen in der Attributtabelle des neuen Themas, welches als ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ bezeichnet wird, eine neue Spalte an. Fragen Sie nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen der beiden Themen ab und tragen Sie die entsprechenden Ergebnisse aus der Präferenzmatrix in die Felder der neuen Spalte ein. Sind alle Ergebnisse eingetragen, können Sie sich im View das neue Thema ‚Umweltinformation‘ klassifiziert nach der neuen Spalte anzeigen lassen. Sie sehen die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation.

Beispiel:

Zunächst werden die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften ‚Grundwassergeschüttheit‘, ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und der ‚Biotopwert‘ als Themen im GIS am Beispiel Köln dargestellt (siehe Abbildung 5.3). In Köln weist die Grundwassergeschüttheit fünf Ausprägungen (I-V), die Schutzwürdigkeit der Böden vier Ausprägungen (I-IV) und der Biotopwert drei Ausprägungen (I-III) auf.

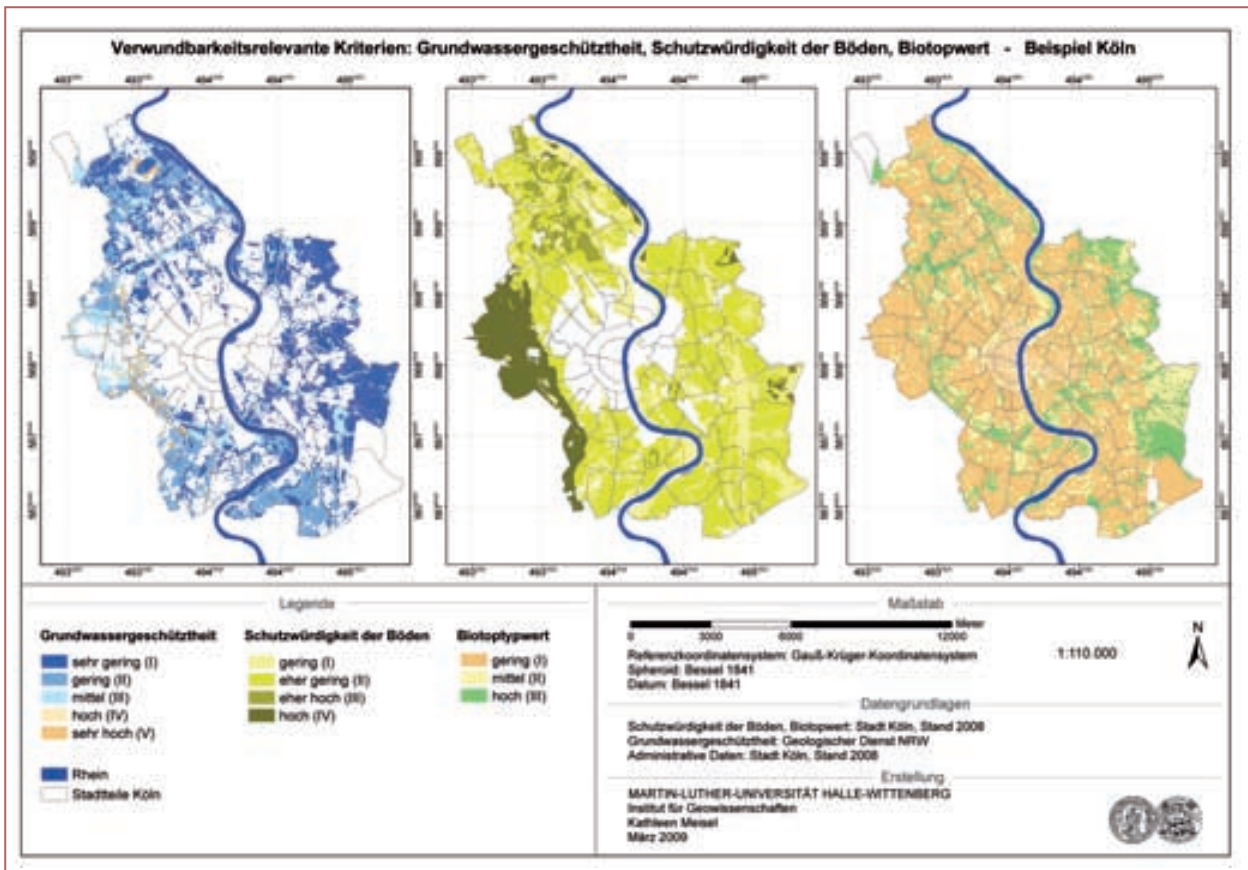


Abbildung 5.3: Verwundbarkeitsrelevante Kriterien: Grundwassergeschüttheit, Schutzwürdigkeit der Böden, Biotopwert

Nachfolgend werden für das Beispiel Köln die Funktionen, die die Bedeutung der verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften für die Verwundbarkeit verdeutlichen, sowie die Verknüpfungsmatrizen dargestellt. Da die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Grundwassergeschüttheit‘ in Köln in der gleichen Anzahl an Ausprägungen wie in den dargestellten Beispiel-funktionen vorliegen, müssen die Funktionsverläufe weder gestreckt noch gestaucht werden. Sie können

so wie sie sind zum Ablesen der Verwundbarkeitswerte übernommen werden (siehe Abbildungen 5.4, 5.5) (detaillierte Erläuterung dazu im Anhang 7.5). Für das Beispiel Köln wurde bereits die logische Verknüpfung beider Größen zum Zwischenergebnis ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ vorgenommen, so dass sich die in Abbildung 5.6 dargestellte Präferenzmatrix als Vorlage für die Arbeitsschritte im GIS ergibt.

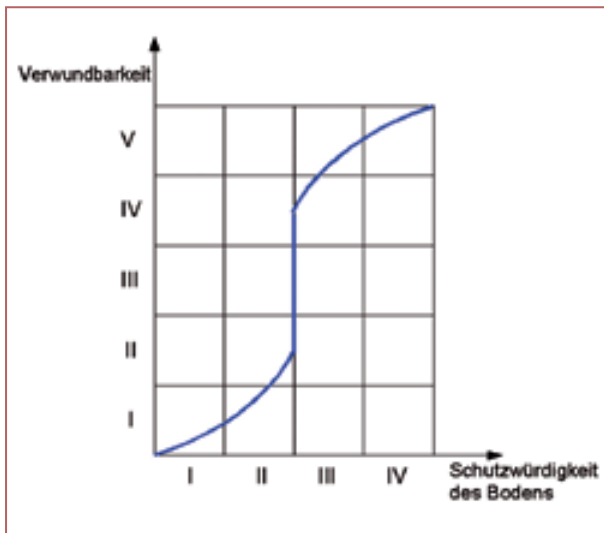


Abbildung 5.4: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit

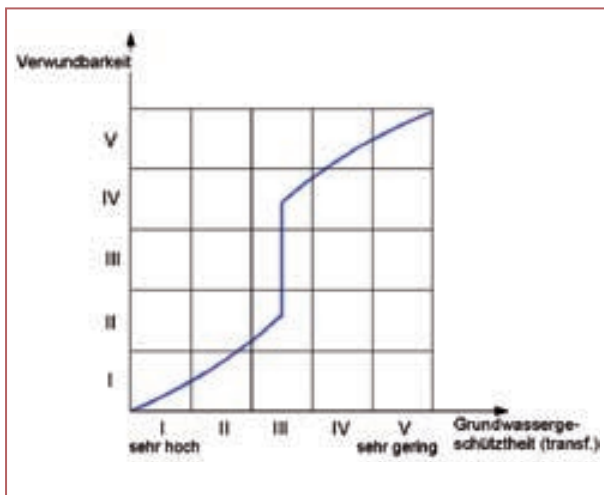


Abbildung 5.5: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit

		Schutzwürdigkeit des Bodens			
		I	II	III	IV
Grundwassergeschüttheit (transf.)	I	I	I	III	III
	II	I	I	III	III
	III	II	II	IV	IV
	IV	III	III	V	V
	V	III	III	V	V

Abbildung 5.6: Präferenzmatrix aus der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschüttheit

Da in Köln der Biotopwert nur 3 Ausprägungen aufweist, muss der Verlauf, wie in Abbildung 5.7 dargestellt, gestaucht werden. Die Verknüpfung aus den beiden Größen ‚Umweltinformation_Zwischenergeb-

nis‘ und dem ‚Biotopwert‘ wurde ebenfalls für das Beispiel Köln bereits vorgenommen (siehe Abbildung 5.9).

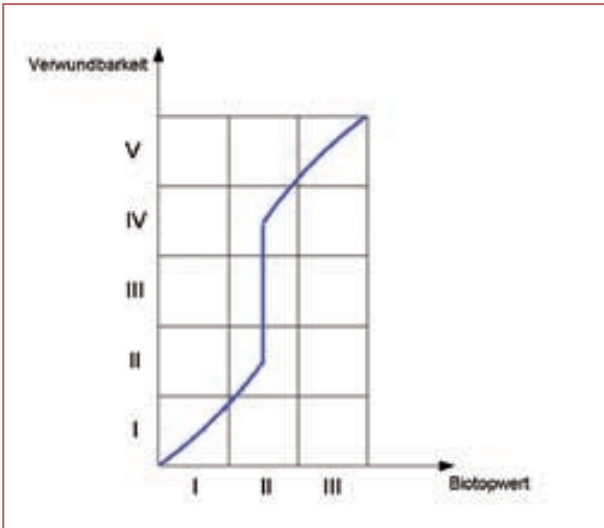


Abbildung 5.7: Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit

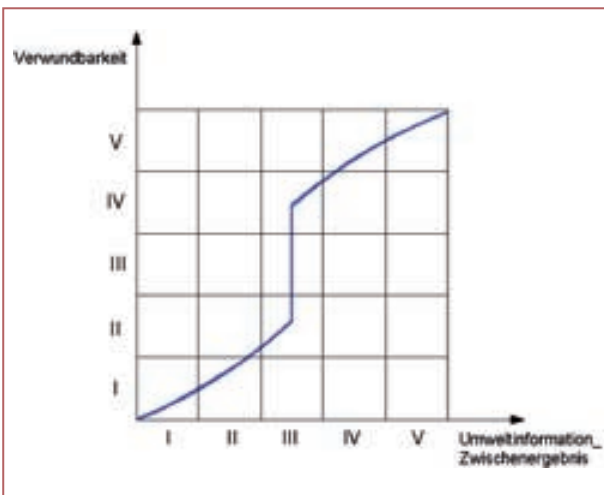


Abbildung 5.8: Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Umweltinformation_Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit

		Biotopwert		
		I	II	III
Umweltinformation_Zwischenergebnis	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	II	III	IV
	IV	III	IV	V
	V	III	IV	V

Abbildung 5.9: Präferenzmatrix aus dem Biotopwert und dem Umweltinformation_Zwischenergebnis

Als Ergebnis der Verknüpfungen kann eine Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation, hier

für das Beispiel Köln, dargestellt werden (siehe Abbildung 5.10).

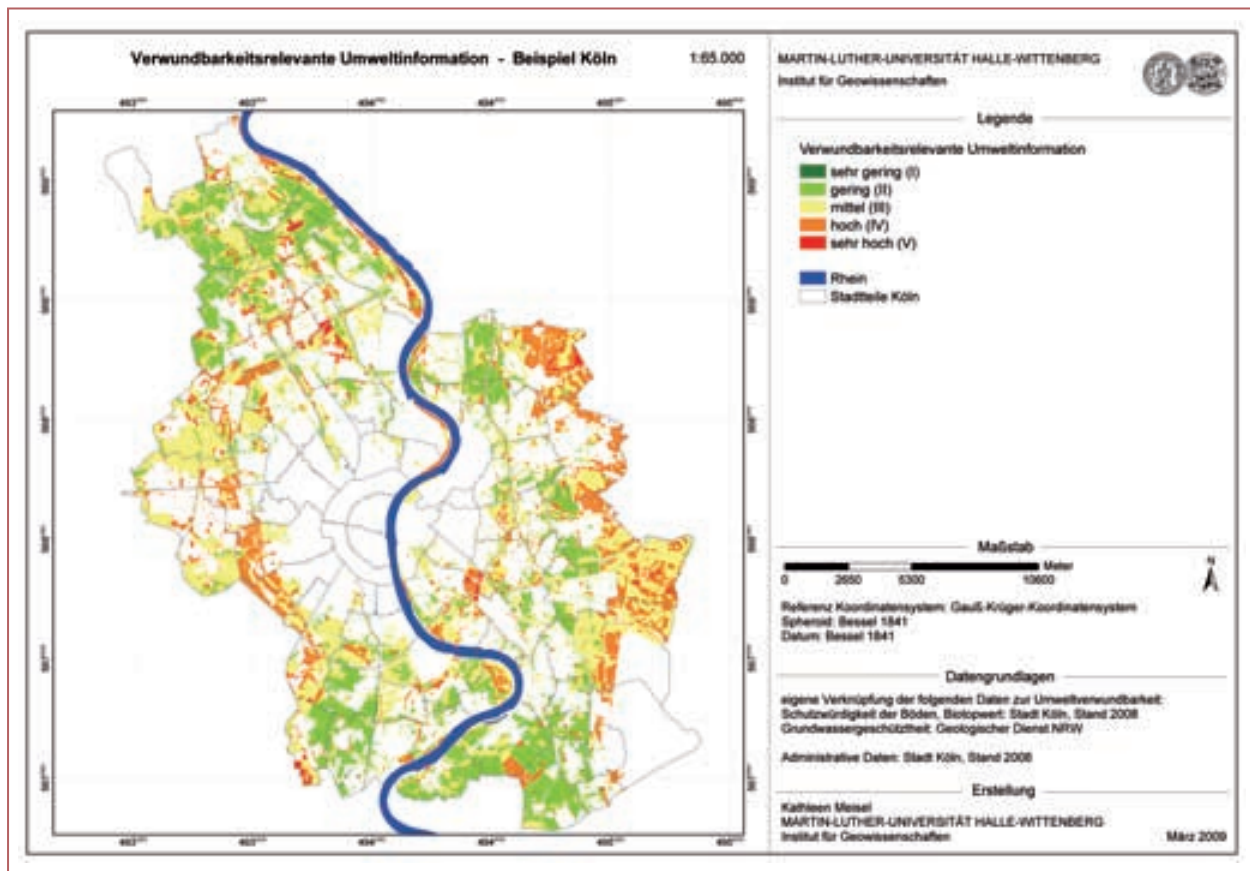


Abbildung 5.10: Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation

Zum Umgang mit Datenlücken:

Die Information zur Schutzwürdigkeit der Böden kann, sofern sie nicht vorliegt, aus verschiedenen Parametern erzeugt werden. Ist die ‚Naturnähe‘ erfasst, so können besondere Bodenfunktionen wie Lebensraum-, Regel- und Archivfunktion zu Aufwertungen der Wertstufen der Naturnähe führen. Die so entstandenen Einstufungen bilden dann die Wertstufen der Schutzwürdigkeit der Böden. Es besteht auch die Möglichkeit, über die Einschätzung der Erfüllung der Kriterien ‚Archivfunktion‘, ‚Biotopentwicklung‘ und ‚Fruchtbarkeit / Regelungsfunktion‘ die ‚Schutzwürdigkeit‘ zu generieren. Fehlen Aussagen zur Grundwassergeschüttheit, so

können diese ebenfalls über verschiedene in der Literatur beschriebene Verfahren generiert werden. Eine Möglichkeit bietet das Hölting-Verfahren³³, das auf Sickerwasserberechnungen beruht. Ein einfacheres Verfahren stellt die Verknüpfung der Daten von Mächtigkeit und Durchlässigkeit der dem Grundwasser überlagernden Bodenschichten dar. Liegt für die Kommune keine Biotopbewertung vor, so sollte sie diese auf Grundlage der Biotoptypenkartierung vornehmen. Alle drei Informationen sind für die Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt essentiell und sollten, wenn nicht vorhanden, selbst über die bereits angesprochenen Verfahren erzeugt werden.

³³ Hölting et al. (1995): Konzept zur Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, LAWA Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Möglich ist auch, dass die verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformationen, wie am Beispiel von Köln ersichtlich, nicht flächenhaft dargestellt werden können, da die einzelnen Datensätze zur ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, zur ‚Grundwassergeschüttheit‘ und zum ‚Biotopwert‘ nicht für die gesamte Fläche der Kommune vorliegen. Es ist häufig der Fall, dass im innerstädtischen Bereich die Stadtböden nicht kartiert

sind. Somit können keine Aussagen zur ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ gemacht werden. ‚Weiße Flecken‘ auf der Karte bedeuten, dass hier keine Informationen zu den Umwelteigenschaften vorliegen. Es gilt zu beachten, dass diese Flächen dennoch potenziell eine hohe und aufgrund der Informationslage unentdeckte Verwundbarkeit aufweisen können.

5. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten

Nach der Identifizierung der relevanten Umwelteigenschaften im vorangegangenen Assessment-Schritt, sollen diese nun mit der ersten Kontaminationsquelle, den Altlastenflächen, kombiniert werden. Die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen ausgehend von Altlastenflächen ergibt sich aus der Verschneidung der Umweltflächen, für die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformationen vorliegen, mit den potenziellen Kontaminationswirkungen von Altlasten.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten wie bereits beschrieben während und nach dem Hochwasserereignis im Boden und angestiegenem Grundwasser vorwiegend vertikal verläuft (vgl. Kapitel 5.1.2), werden bei der Exposition der entsprechenden Umweltflächen ausschließlich die auf und unter der Altlastenfläche befindlichen Biotope, Böden bzw. Bodenschichten und das Grundwasser betrachtet. Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird, mit dem Ziel das Verfahren möglichst einfach zu halten, nicht mit

berücksichtigt³⁴. Allein für die Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenflächen besteht potenziell eine Exposition gegenüber einer möglichen Kontamination. Ein Umweltausschnitt ist dabei sehr verwundbar, wenn dort eine Altlastenfläche auf eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation (aus Verfahrensschritt 4) trifft.

In dem vorgestellten Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter differenziert, da aus Datenschutzgründen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Sollten Sie die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Schädwirkungen aus Altlasten genauer ermitteln wollen, kann beispielsweise die nach der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu genutzt werden, das schädliche Potenzial einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten und mit der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus dem Verfahrensschritt 4 zu verknüpfen.

³⁴ Sind Schadstoffe aus Altlasten ins Grundwasser gelangt, verbreiten sich die Schadstoffe über Jahrzehnte mit der Strömungsrichtung des Grundwassers. Da aber zur Vereinfachung des Verfahrens keine Grundwasserströmungsmodellierung eingesetzt werden soll und ein einsetzender Verdünnungseffekt im Grundwasser zusätzlich berechnet werden müsste, wird nur die unmittelbare Gefahr am Eintragsort betrachtet.

Frage: Welche Flächen sind gegenüber der Kontamination mit Altlasten exponiert bzw. welche Ausschnitte der Umwelt sind gegenüber Altlasten verwundbar?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie die ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ sowie die ‚Altlasten‘ in einem neuen View dar. Ergänzen Sie diese um das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (Thema ‚Überschwemmungsgebiet Szenario 1 (2,3,...)‘). Verwenden Sie die Altlastenflächen als Schablone und schneiden Sie über die ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Funktion die betroffenen Umweltbereiche aus dem Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ aus. Speichern Sie diese Flächen in einem neuen Thema ab und benennen Sie diesen mit ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Altlasten‘. Nun schneiden Sie auf demselben Weg die unter Annahme Ihres Hochwasserszenarios von Überschwemmung betroffenen Flächen aus dem Thema ‚Umwelt-

verwundbarkeit gegenüber Altlasten‘ aus, indem Sie das von Ihnen gewählte Überschwemmungsgebiet als Schablone verwenden. Als Ergebnis erhalten Sie die Umweltausschnitte, die unter Annahme des von Ihnen festgelegten Szenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind.

Beispiel:

In der Karte (siehe Abbildung 5.11) wurde am Beispiel Kölns die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation gegenüber den Altlastenflächen dargestellt. Durch zusätzliches Verschneiden der Altlastenflächen mit dem Überschwemmungsgebiet bei einem Extremhochwasserereignis (HQ-500 Szenario) werden nur die verwundbaren Umweltflächen gegenüber Altlasteneinträgen bei einem Extremhochwasserereignis dargestellt.

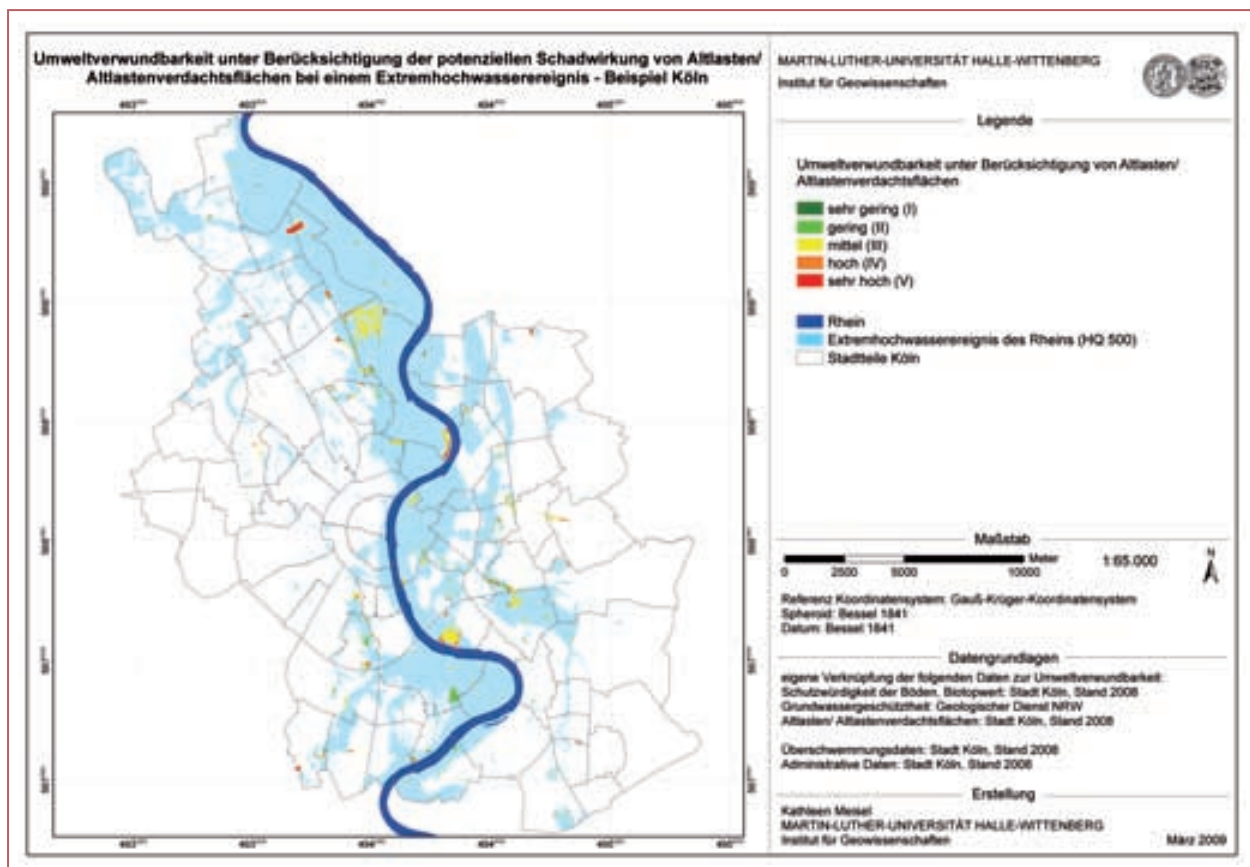


Abbildung 5.11: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Altlasten

Zum Umgang mit Datenlücken:

Es gilt zu bedenken, dass die Informationen zu potenziell verwundbaren Flächen gegenüber Altlasten nicht unbedingt vollständig sind. Hinter ‚weißen Flecken‘ auf der Karte können sich Umweltflächen mit hoher Umweltverwundbarkeit verbergen. Aufgrund fehlender Daten zu den einzelnen Kriterien können aber an diesen Stellen keine Aussagen zur Verwundbarkeit gemacht werden. Das ist beispielsweise in Köln der Fall, wo der Untergrund im innerstädti-

schen Bereich nicht flächendeckend hinsichtlich der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschüttheit kartiert ist. Folglich können an diesen Stellen auch keine Aussagen zur Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten getroffen werden. Die Zuverlässigkeit der Aussage ist also in hohem Maße abhängig von der Qualität und Vollständigkeit der zur Verfügung stehenden Daten.

6. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Stoffen aus den Anlagen / Betriebsbereichen

Nach Berücksichtigung der Altlasten sollen nun die übrigen Kontaminationsquellen, die in Kapitel 5.1.3. definierten Anlagen / Betriebsbereiche betrachtet werden. Hierfür gilt, dass diejenigen Umweltausschnitte gegenüber einer möglichen Kontamination verwundbar sind, die im Einflussbereich eines möglichen Schadstoffaustrags aus den angesprochenen Anlagen und Betriebsbereichen liegen. Dabei ist die abnehmende Schädigung der in der Hochwasserschwelle gelösten Schadstoffe mit zunehmender Entfernung von den Anlagen und Betriebsbereichen zu beachten.

Es sind diejenigen umgebenden Umweltausschnitte gegenüber potenziellen Kontaminationen sehr verwundbar, die zum einen eine sehr hohe Wertstufe hinsichtlich der verwundbarkeitsrelevanten Umwelteinformation aufweisen und zum anderen im unmittelbaren Einflussbereich einer Anlage / eines Betriebsbereiches liegen.

Frage: Welche Flächen sind gegenüber der Kontamination mit Stoffen aus Anlagen / Betriebsbereichen exponiert bzw. welche Ausschnitte der Umwelt sind gegenüber diesen verwundbar?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie die ‚Verwundbarkeitsrelevante Umwelteinformation‘ sowie die ‚Anlagen‘ und die ‚Betriebsbereiche‘ in Ihrem GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um das gewählte Hochwasserszenario (Überschwemmungsgebiet Szenario 1,2,3...). Sollten die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vorliegen, so vereinigen Sie beide über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl. Mit dem Ausführen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Benennen Sie dieses Thema als ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘. Sollten die Themen nie getrennt vorgelegt haben, so verwenden Sie das bereits bestehende Thema weiter.

Erzeugen Sie nun aus dem so entstandenen Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ ein neues Thema, welches mit ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ bezeichnet wird. Es sollten 3 Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m³⁵ vom Standort der Kontaminationsquelle aus entstehen. Mit Hilfe des ‚Dissolve ALL‘ Befehls lassen sich alle Pufferzonen mit gleichem Abstand zur Kontaminationsquelle zusammenfassen. Den auf diesem Weg entstandenen Bereichen ordnen Sie in der Attributtabelle des Themas Wertigkeiten der schädlichen Auswirkung zu. Allen Bereichen innerhalb einer Distanz von 170 m kommt eine hohe (Wertstufe III), den Bereichen in einer Distanz zwischen 170 m und 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und den Bereichen in einer Distanz zwischen 245 m und 300 m eine geringe Schädigung der Kontaminationen (Wertstufe I) zu.

Nun gilt es die auf diesem Weg ermittelten Expositionsflächen mit den ‚Verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformationen‘ zu verknüpfen. Um die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Schädigungen aus Anlagen / Betriebsbereichen zu ermitteln, müssen Sie die Themen ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ und das Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ logisch verknüpfen (vgl. Anhang 7.5). In diesem Fall müssen Sie die Funktionsverläufe nicht mit Rücksicht auf Ihre spezifische Datenlage anpassen, also stauchen oder strecken, denn die Zusammenhänge zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit sowie zwischen der Kontaminationsintensität, dargestellt über die Pufferzonierung, und der Verwundbarkeit stehen fest. Damit liegt Ihnen die in Abbildung 5.12 aufgezeigte Präferenzmatrix bereits vor. Für die logische Verknüpfung im GIS müssen Sie lediglich die Werte aus dieser Matrix übernehmen.

Schadwirkung der Anlagen/ Betriebsbereiche (Pufferzonen)				
	I	II	III	
verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	II	III	IV
	IV	III	IV	V
	V	III	IV	V

Abbildung 5.12: Präferenzmatrix aus verwundbarkeitsrelevanter Umweltinformation und der Schädigung der Anlagen und Betriebsbereiche (Pufferzonierung)

Verknüpfen Sie in Ihrem GIS über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl das Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit dem Thema ‚Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘. Damit entsteht automatisch ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält (benannt als ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘). Verfahren Sie nun wie in Arbeitsschritt 4 beschrieben weiter: Legen Sie in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte an. Fragen Sie dann im Abfragefenster alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Themen ab und tragen Sie in die neuen Felder der markierten Datensätze jeweils die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix ein. Ist die neue Spalte vollständig

³⁵ Die Distanzen wurden nach einer in der in Kapitel 1.1 angekündigten Projektpublikation in der Reihe ‚Forschung im Bevölkerungsschutz‘ beschriebenen Methode ermittelt. Obwohl die schädliche Wirkung von Kontaminationen nur in Fließrichtung auftreten kann, wird zur Vereinfachung des Verfahrens und um der Unberechenbarkeit des exakten Abflusses Rechnung zu tragen ein ringförmiger Bereich mit einheitlichem Abstand um die Kontaminationsquelle angenommen. Die tatsächliche Ausbreitungsfähigkeit der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle kann nicht ohne Zuhilfenahme komplexerer Verfahren ermittelt werden.

gefüllt, können Sie sich im View das neue Thema klassifiziert nach der neuen Spalte anzeigen lassen. Im Ergebnis erscheinen die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schädigung aus den Anlagen und den Betriebsbereichen verwundbar sind. Dabei werden nur die Umweltausschnitte innerhalb der Pufferzonen dargestellt. Das so entstandene Thema wird ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘ benannt.

Nun verschneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen definierten Szenarios mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Umweltflä-

chen. Als Ergebnis erhalten Sie das Thema ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen Szenario 1 (2,3,...)‘.

Beispiel:

In der abgebildeten Karte (siehe Abbildung 5.13) ist das Ergebnis aus der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Kontaminationswirkungen ausgehend von den Anlagen / Betriebsbereichen und der Verschneidung mit dem Überschwemmungsgebiet eines Extremhochwassers (HQ-500) dargestellt.

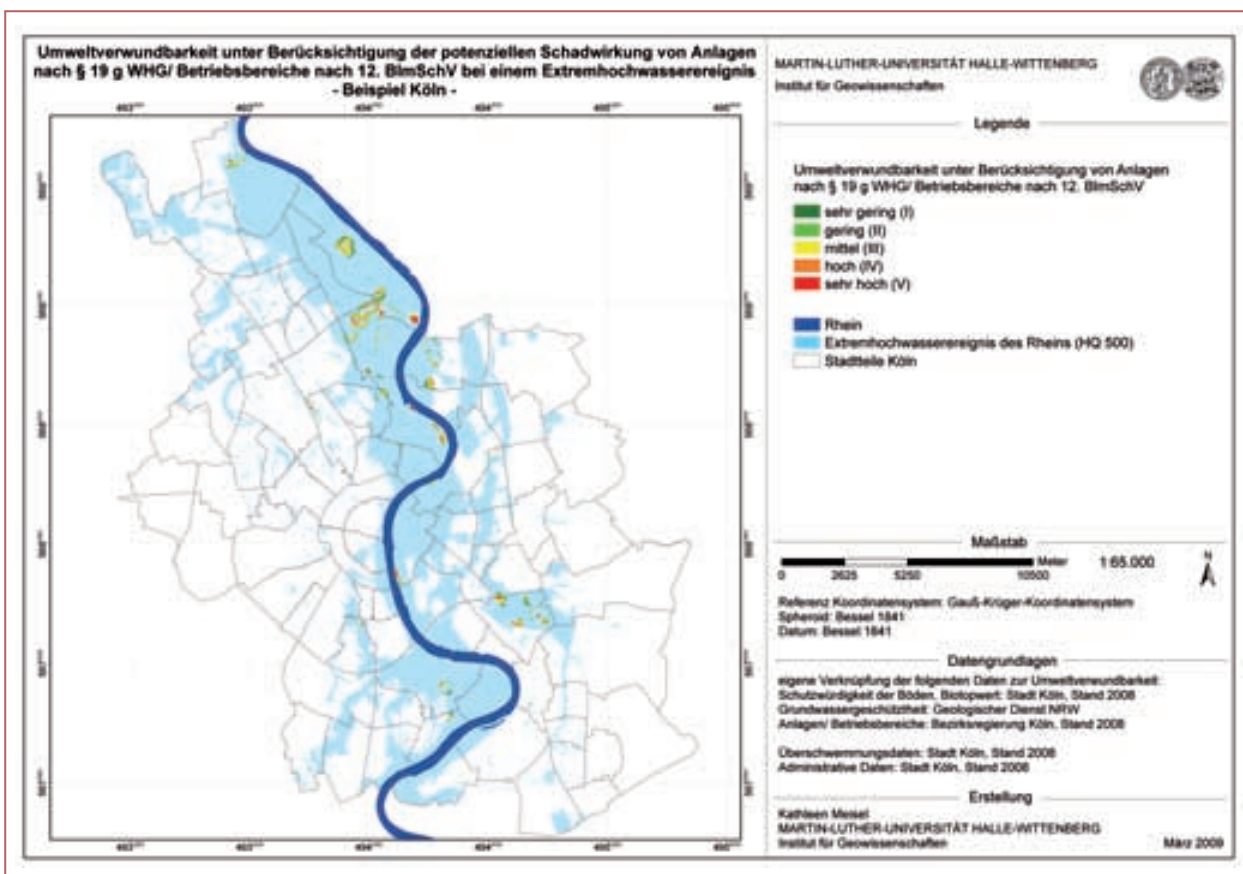


Abbildung 5.13: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Anlagen / Betriebsbereichen

Zum Umgang mit Datenlücken:

Es gilt zu bedenken, dass Informationen zu potenziell verwundbaren Umweltflächen gegenüber der Kontamination mit Stoffen aus relevanten Anlagen / Betriebsbereichen nicht immer vollständig vorliegen. Im

hier angeführten Beispiel der Stadt Köln erscheinen deshalb in der Karte nur vereinzelt verwundbare Flächen.

7. Schritt: Bestimmung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen im Hochwasserfall

Es ist davon auszugehen, dass sich die schädlichen Auswirkungen und damit die gesamte hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt bei einer Überlagerung der Schadwirkungen ausgehend von den unterschiedlichen Kontaminationsquellen erhöht. Liegt beispielsweise der Einflussbereich einer Anlage nach §19g WHG über einer Altlastenfläche, so wird die Verwundbarkeit des sich dort befindlichen Umweltausschnittes gesteigert.

Frage: Überlagern sich die Umweltausschnitte, die gegenüber potenziellen Schadwirkungen aus Altlasten und aus den Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar sind?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie die Themen ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten‘ (Ergebnis aus Verfahrensschritt 5) und ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘ (Ergebnis aus Verfahrensschritt 6) in einem neuen View dar, und prüfen Sie ob eine Überlagerung vorliegt (vgl. Verfahrensschritt 3).

Falls zu erkennen ist, dass es zu Überlagerungen kommt, so verknüpfen Sie beide Themen (‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Altlasten‘ und ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Anlagen + Betriebsbereichen‘) über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das Sie als ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen‘ bezeichnen. Erstellen Sie in der Attributtabelle des auf diesem Weg entstandenen Themas eine neue Spalte, in welche die Verknüpfungsergebnisse aller Kombinationsmöglichkeiten eingetragen werden.

In der Attributtabelle des so entstandenen Themas sind grundsätzlich zwei Fälle möglich. Entweder liegen die Umweltausschnitte, die gegenüber der

Kontamination ausgehend von Altlasten bzw. von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar sind, nicht übereinander, sondern nebeneinander (in diesen Fällen werden die Verwundbarkeitsabstufungen der beiden Themen 1 : 1 in das neue Feld übertragen), oder sie überlagern sich. In diesen Fällen wird der Mittelwert aus beiden Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Klassen erhöht und in das neue Feld eingetragen. Damit geht die bisher 5-stufige Bewertung in eine 7-stufige Bewertung über. Liegt für beide Themen der Wert I vor, so wird diesen Datensätzen nun in der vereinten Attributtabelle der Wert III zugeordnet. Das neue Thema ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen‘ wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Die neu erzeugten sieben Wertstufen der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Schadwirkungen könnte folgendermaßen verbal beschrieben werden: ‚besonders gering verwundbar‘ – ‚sehr gering verwundbar‘ – ‚gering verwundbar‘ – ‚mittel verwundbar‘ – ‚hoch verwundbar‘ – ‚sehr hoch verwundbar‘ – ‚besonders hoch verwundbar‘. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenverdachtsflächen und Pufferzonen um die Anlagen / Betriebsbereiche ersichtlich. Es handelt sich dabei um jene Umweltausschnitte, die bei dem von Ihnen definierten Hochwasserszenario gegenüber einer möglichen Kontamination ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen verwundbar sind.

Beispiel:

Als Ergebnis der Durchführung der Arbeitsschritte kann nun in einem GIS die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung aller potenzieller Kontaminationsquellen dargestellt werden. Beispielhaft ist das hier für die Stadt Köln bei einem Extremhochwasserereignis (HQ-500) erfolgt (siehe Abbildung 5.14).

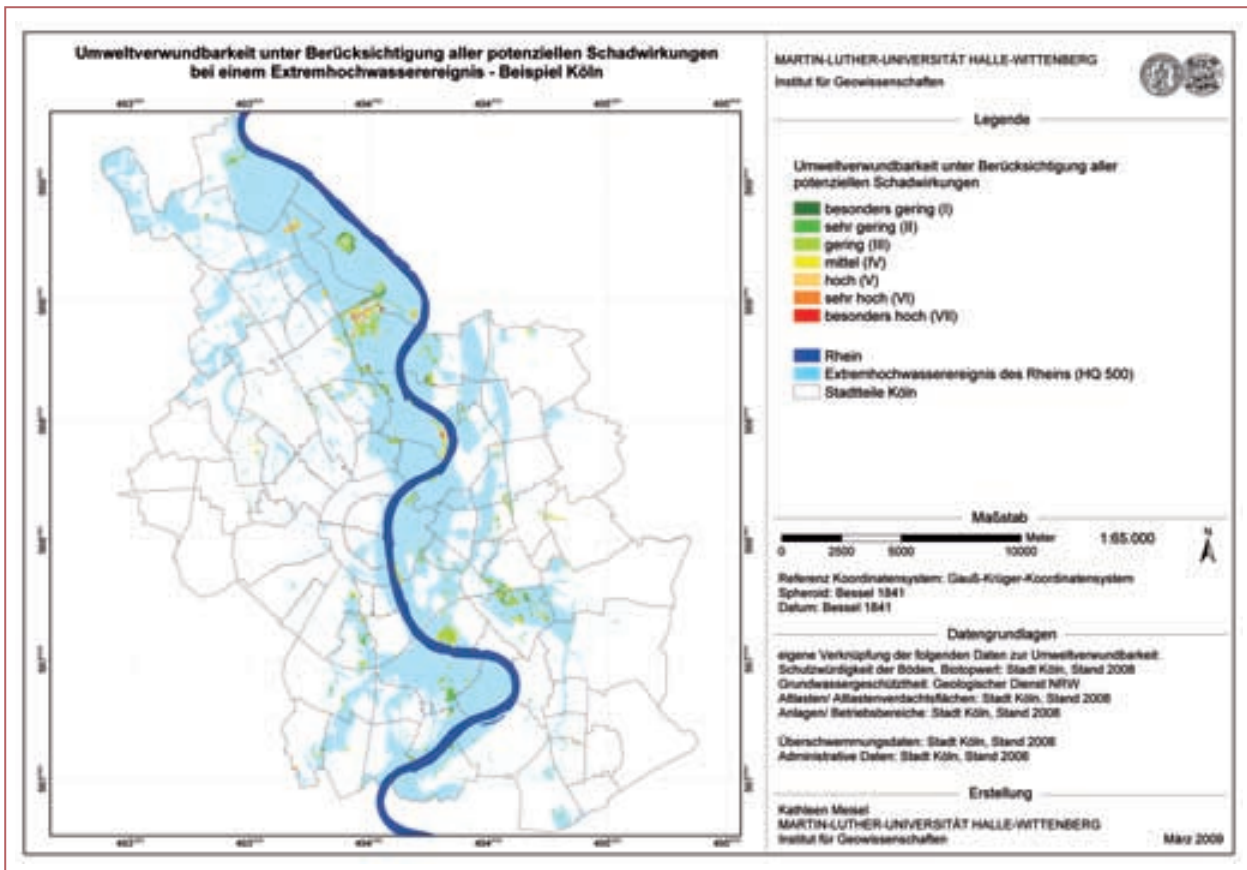


Abbildung 5.14: Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen

Zum Umgang mit Datenlücken:

Auch hier besteht die Möglichkeit, dass Flächen, die in der Realität verwundbar gegenüber potenziellen Kontaminationen sind, auf Grund fehlender Infor-

mationen in den einzelnen Themen nicht dargestellt werden. Diese Problematik ist bei der Interpretation der Karten zu beachten.

5.3 Betrachtung der Verwundbarkeit einzelner Umweltbereiche

Je nach Interessenslage können über die Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Umwelt hinaus Einzelbetrachtungen bestimmter Umweltbereiche und Kontaminationsquellen durchgeführt werden. Im Folgenden werden daher beispielhaft zusätzliche Möglichkeiten, die vorhandenen Themen zu nutzen und ggf. sinnvoll durch weitere Informationen zu ergänzen, aufgeführt. Dabei kann untersucht werden, an welchen Stellen und zu welchem Grad der Boden, das Grundwasser oder Biotope durch potenzielle Kontaminationen aus den genannten Quellen beeinträchtigt werden können bzw. wie verwundbar diese sind.

Wie bereits beim Verfahren der Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit erwähnt, wird die Verwundbarkeit der Umwelt durch die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Umwelt beeinflusst. Soll nun die Verwundbarkeit des Bodens, des Grundwassers und der Biotope einzeln ermittelt werden, müssen die verwundbarkeitsrelevanten Boden-, Grundwasser- und Biotopinformationen, die sich aus den einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Boden-, Grundwasser- und Biotopeigenschaften ergeben, berücksichtigt werden. Die verwundbarkeitsrelevante Bodeneigenschaft wird durch das Kriterium der Schutzwürdigkeit der Böden, die verwundbarkeitsrelevante Grundwassereigenschaft durch das Kriterium der Grundwassergeschüttheit und die verwundbarkeitsrelevante Biotopeigenschaft durch das Kriterium des Biotopwertes repräsentiert. Dabei können, wie in Kapitel 5.1.3 dargelegt, sehr schutzwürdige Böden, sehr wertvolle Biotope und sehr gering geschützte Grundwasserbereiche als sehr verwundbar interpretiert werden.

Bei der Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Bodeninformation und der verwundbarkeitsrelevanten Grundwasserinformation mit den potenziellen Kontaminationswirkungen von Altlastenflächen

wird nur die Wertabstufung der Boden- und der Grundwasserinformationen (= Wertabstufung der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschüttheit) innerhalb der Altlasten betrachtet, da nur hier eine unmittelbare Gefahr einer möglichen Kontamination besteht. Die Höhe der Verwundbarkeit richtet sich in dem Fall nur nach der Höhe der Schutzwürdigkeit der Böden bzw. der Grundwassergeschüttheit. Wie im Zusammenhang mit Verfahrensschritt 4 beschrieben, kann die Gemeinde Detailuntersuchungen nach BBodSchV nutzen, um die potenzielle Schadwirkung ausgehend von Altlasten differenzierter zu bewerten und somit die Höhe der Verwundbarkeit genauer zu ermitteln.

Bei der Verknüpfung der Kontaminationswirkung aus Anlagen und Betriebsbereichen, beispielsweise mit der verwundbarkeitsrelevanten Boden- bzw. Biotopinformation, werden nicht nur die Wertabstufungen des Kriteriums ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und des Kriteriums ‚Biotopwert‘ innerhalb des durch die Pufferzonen dargestellten Einflussbereiches betrachtet. Vielmehr erfolgt hier zusätzlich eine logische Verknüpfung der abgestuften Schadwirkungen um die Anlagen / Betriebsbereiche mit den unterschiedlichen Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Boden- und Biotopinformation. Somit ist die Höhe der Verwundbarkeit nicht nur von der Höhe der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Biotopwerte abhängig, sondern auch von der Intensität der Schadwirkungen der Anlagen / Betriebsbereiche.

Auch eine Überlagerung mit den menschlichen Nutzungen der Umweltfunktionen könnte für die Kommune interessant sein. So könnten Sie beispielsweise untersuchen, ob sich im Bereich der Trinkwasserschutzgebiete Altlastenflächen befinden und ob an diesen Stellen das Grundwasser nur gering geschützt ist und somit eine große Gefahr für die Trinkwasserversorgung ausgehend von Altlasten besteht.

5.3.1 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und des Grundwassers gegenüber der Kontamination durch Altlasten

Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, stellen Altlastenflächen im Fall ihrer Überflutung eine potenzielle Gefahr für den Boden und das Grundwasser dar. Eine Kontamination könnte die Bereitstellung von Grundwasser als Basis für die Trinkwasseraufbereitung beeinträchtigen. Eine sehr hohe Verwundbarkeit besteht dort, wo sehr schutzwürdige Böden und sehr gering geschütztes Grundwasser räumlich mit Altlastenflächen zusammentreffen. Befindet sich das

potenziell gefährdete Grundwasser im Bereich von Trinkwasserschutzgebieten so entsteht eine Gefahr für die Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser. Die Verwundbarkeit des Grundwassers hinsichtlich der Trinkwassergewinnung ist dort am größten, wo sehr gering geschütztes Grundwasser innerhalb der Altlastenflächen auf eine Kernschutzzone der Trinkwasserschutzgebiete trifft.

Verwundbarkeit des Bodens gegenüber Kontaminationen aus Altlasten

Frage: Wo und zu welchem Grad ist der Boden im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?

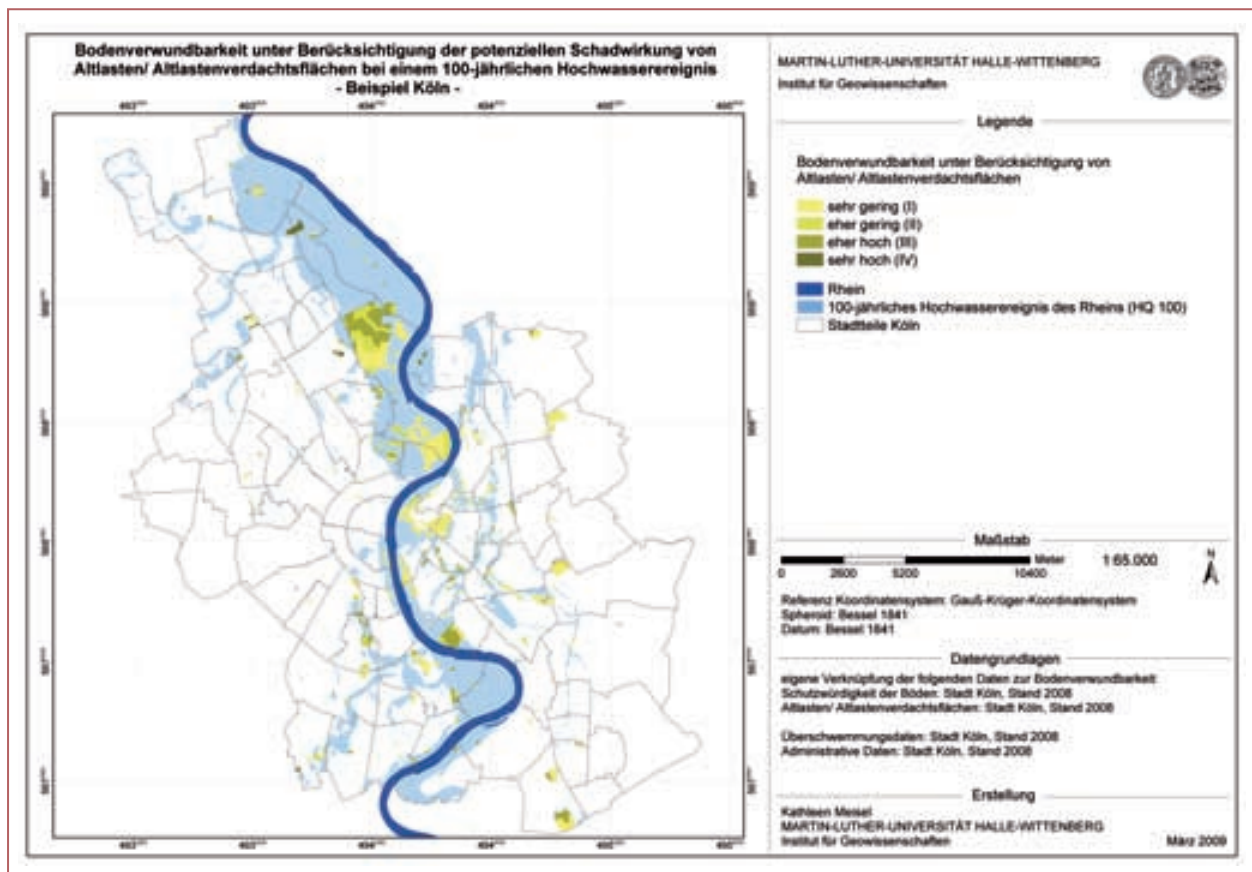
Arbeitsschritt:

Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (Überschwemmungsgebiet Szenario 1,2,3,...) in Ihrem GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um die Themen ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Altlasten‘. Schneiden Sie mit Hilfe des ‚Ausschneiden-‘ bzw. ‚Clip‘-Befehls die Altlastenflächen aus dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ aus, so dass nur noch die Bodenausschnitte innerhalb der Altlastenflächen mit den jeweiligen Wertabstufungen angezeigt werden. Nun verwenden Sie das Überschwemmungsgebiet des von ihnen festgelegten Hochwasserszenarios als Schablone und schneiden Sie damit alle unter Annahme

des Szenarios betroffenen Flächen aus dem neu entstandenen Thema aus. Als Ergebnis erhalten Sie die Bodenausschnitte, die bei Eintritt des von Ihnen definierten Szenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind. Das auf diesem Weg entstandene Thema kann als ‚Bodenverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ bezeichnet werden.

Beispiel:

Die folgende Karte (siehe Abbildung 5.15) veranschaulicht den gerade beschriebenen Arbeitsschritt. Hier sind die innerhalb der Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen liegenden Abstufungen der ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ bei Annahme eines HQ-100 Szenarios dargestellt.



122 Abbildung 5.15: Verwundbarkeit des Bodens unter Berücksichtigung von Altlasten

Zum Umgang mit Datenlücken:

Auch hier ist zu beachten, dass einige in der Realität verwundbare Bodenabschnitte durch die lückenhaft vorliegenden Informationen des Themas ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ nicht auf den Karten angezeigt

werden könnten. Für die Stadt Köln ist dies beispielsweise gerade im innerstädtischen Bereich der Fall. Bei der Interpretation der Darstellungen ist aus diesem Grund Vorsicht geboten.

Verwundbarkeit des Grundwassers gegenüber Kontaminationen aus Altlasten

Frage: Wo und zu welchem Grad ist das Grundwasser im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?

Arbeitsschritt:

Verfahren Sie analog zur Verschneidung des Themas ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ im vorangegangenen Schritt mit dem Thema ‚Grundwassergeschüttheit‘. Das so entstandene Thema sollte ‚Grundwasserverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ benannt werden.

Beispiel:

Die Karte (siehe Abbildung 5.16) zeigt am Beispiel der Stadt Köln, wie die Grundwassergeschüttheit innerhalb der potenziellen Schädigung ausgehend von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen bei einem Hochwasser mit einer 100-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit (HQ-100) ausgeprägt ist.

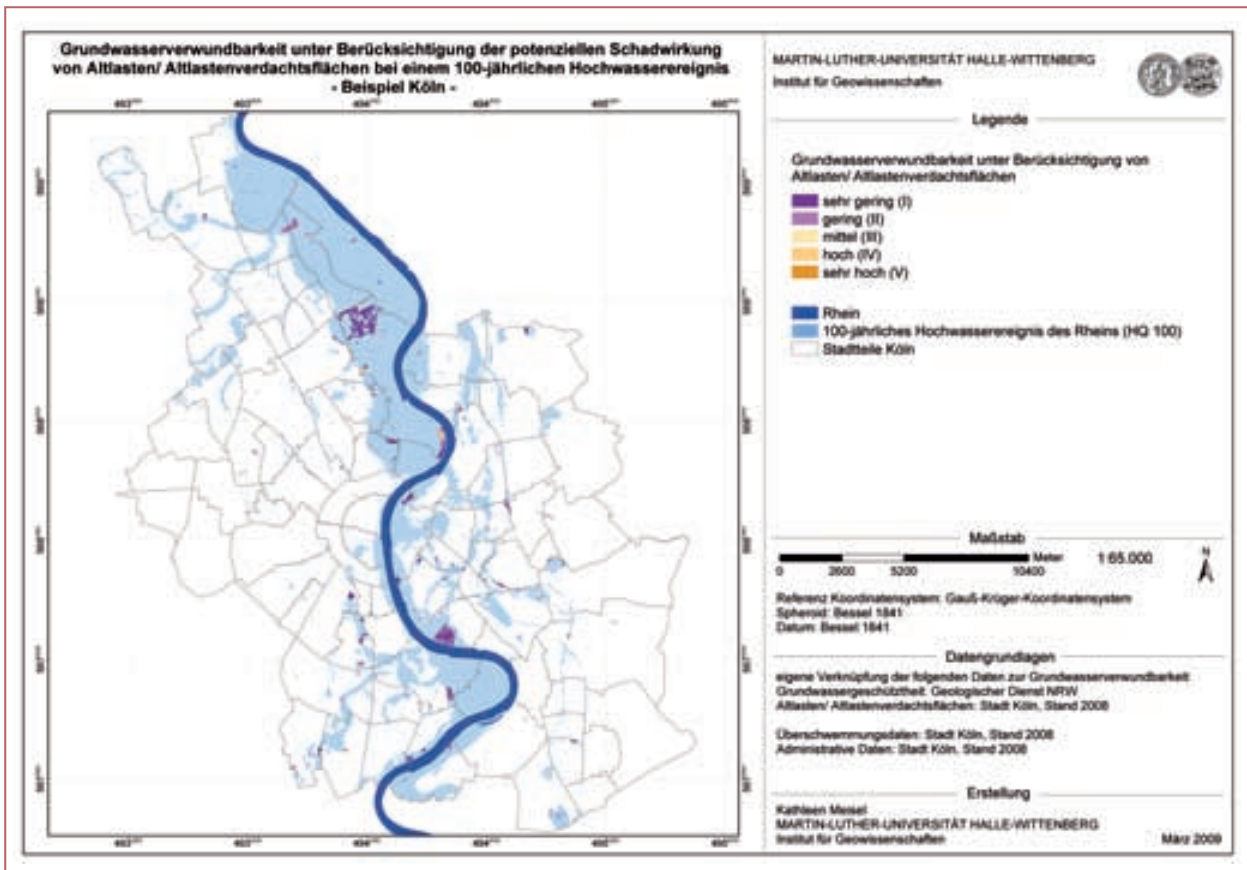


Abbildung 5.16: Verwundbarkeit des Grundwassers unter Berücksichtigung von Altlasten

Zum Umgang mit Datenlücken:

Auch hier gilt es zu beachten, dass lückenhaft vorliegende Informationen im Thema ‚Grundwassergeschüttheit‘ zu einer unvollständigen Darstellung

führen können. Dies ist im Fall der Stadt Köln zu beobachten.

Verwundbarkeit des Trinkwassers gegenüber Kontaminationen aus Altlasten

In diesem Arbeitsschritt soll ermittelt werden, inwiefern sich Trinkwasserschutzgebiete mit Altlastenflächen überlagern. Dieser Schritt dient dazu herauszufinden, ob und wenn ja, an welchen Stellen, das Trinkwasser durch eine Kontamination aus Altlasten gefährdet sein könnte. Die Verwundbarkeit des Trinkwassers wird über die Verknüpfung der bereits im vorangehenden Schritt ermittelten Verwundbarkeit des Grundwassers innerhalb der Altlastenflächen mit den Schutzzonen der Trinkwasserschutzgebiete ermittelt. Sie benötigen also ein neues GIS-Thema, welches die Trinkwasserschutzgebiete darstellt, im Folgenden

als Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ bezeichnet. Eine Verwundbarkeit des Trinkwassers besteht dann, wenn sich Trinkwasserschutzgebiete tatsächlich innerhalb von Altlastenflächen befinden. Die Verwundbarkeit des Trinkwassers ist dort sehr hoch, wo eine sehr geringe Grundwassergeschüttheit innerhalb von Altlastenflächen auf die Trinkwasserschutzzone mit den höchsten Schutzauflagen trifft.

Frage: Wo und zu welchem Grad ist das Trinkwasser im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen aus Altlastenflächen verwundbar?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie das Thema ‚Grundwasserverwundbarkeit durch Altlasten Szenario 1 (2,3,...)‘ sowie das Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ in einem neuen View dar. Überprüfen Sie, ob sich Trinkwasserschutzgebiete mit den Altlastenflächen bzw. mit den bereits klassifizierten Gebieten zur Grundwasserverwundbarkeit überlagern (vgl. Schritt 3). Ist dies der Fall, so liegt eine potenzielle Gefährdung des Grundwassers vor.

Zur näheren Betrachtung sollten Sie zunächst das Thema ‚Trinkwasserschutzgebiete‘ klassifiziert nach den Schutzzonen I, II, III im View darstellen, bzw. eine entsprechende Klassifizierung vornehmen. Zur Ermittlung der Verwundbarkeit des Trinkwassers müssen nun die klassifizierten Trinkwasserschutzgebiete mit der Grundwasserverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schadwirkungen von Altlasten nach dem in Anhang 7.5 beschriebenen Prinzip logisch verknüpft werden. Dazu müssen Sie den in Abbildung 5.17 dargestellten feststehenden Funktionsverlauf zwischen der Schutzzonierung und der Verwundbarkeit verwenden. Passen Sie den in Abbildung 5.18 dargestellten Funktionsverlauf zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit auf Ihre Anzahl der Ausprägungen der Grundwassergeschüttheit an. Tun Sie dies, indem Sie den Verlauf stauchen oder strecken und aus den beiden Verläufen für alle Ausprägungen der beiden Größen die Verwundbarkeitswerte ablesen, um diese nach Ihrem Ermessen zusammenzuführen und in die Präferenzmatrix aus den beiden Größen einzutragen. Im GIS setzen Sie die logische Verknüpfung nach dem gleichen Prinzip, wie in Schritt 4 beschrieben, um (vgl. Anhang 7.5).

Nachdem Sie beide Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu einem neuen Thema, das als ‚Trinkwasserverwundbarkeit‘ benannt wird, verknüpft haben, fügen Sie zunächst in der dazugehörigen Attributtabelle eine neue Spalte ein. Grundsätzlich werden in der Attributtabelle zwei Fälle deutlich. Zum

einen liegen die Grundwasserbereiche innerhalb der Altlastenflächen und die Trinkwasserschutzgebiete nebeneinander, überlagern sich also nicht. In diesen Fällen besteht eine zu vernachlässigende Verwundbarkeit des Trinkwassers, da die Trinkwasserversorgung nicht unmittelbar von potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten gefährdet ist. In diese Datensätze tragen Sie in die neue Spalte keinen Wert ein – die Spalte bleibt an diesen Stellen leer. In anderen Fällen überlagern sich die Abstufungen der Verwundbarkeit des Grundwassers innerhalb der Altlastenflächen mit den Trinkwasserschutzgebieten, was auf eine Verwundbarkeit des Trinkwassers hinweist. In den entsprechenden Datensätzen werden die Ergebnisse der von Ihnen erstellten Präferenzmatrix in die neue Spalte eingegeben.

Das neue Thema ‚Trinkwasserverwundbarkeit‘ wird nun über das neue Feld klassifiziert. Da bei fehlender Überlagerung keine Wertzuweisung erfolgt, sehen Sie nur die für die Trinkwasserversorgung wesentlichen Grundwasserbereiche innerhalb des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios, die gegenüber möglichen Kontaminationen ausgehend von Altlasten verwundbar sind.

Beispiel:

Nachfolgend werden die Funktionsverläufe, die den Zusammenhang der einzelnen zu verknüpfenden Themen mit der Verwundbarkeit verdeutlichen, dargestellt. Es werden zur Veranschaulichung die Daten der Stadt Köln genutzt. Die Präferenzmatrix zur Verknüpfung der Themen der klassifizierten Trinkwasserschutzzonierung und der Grundwassergeschüttheit ist in Abbildung 5.19 zu sehen. Die Verknüpfungsergebnisse beider Themen werden in die Attributtabelle des neuen Themas eingetragen. Im View wurde das bei der Verknüpfung neu entstandene Thema nach der neuen Spalte klassifiziert. Das Ergebnis der Verknüpfung ist in Abbildung 5.20 dargestellt.

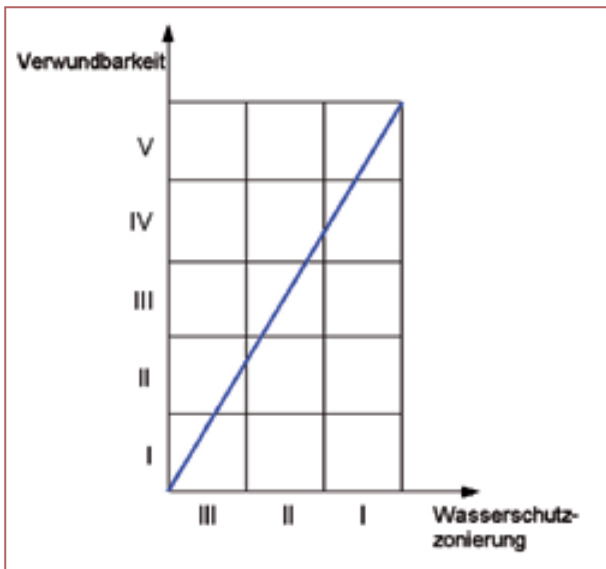


Abbildung 5.17: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Trinkwasserschutz-zonierung und der Verwundbarkeit

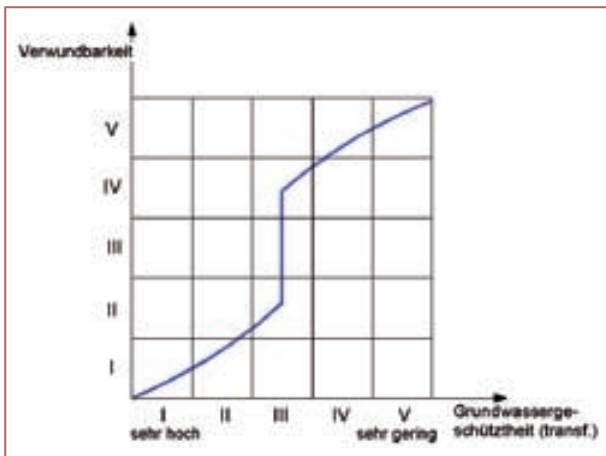
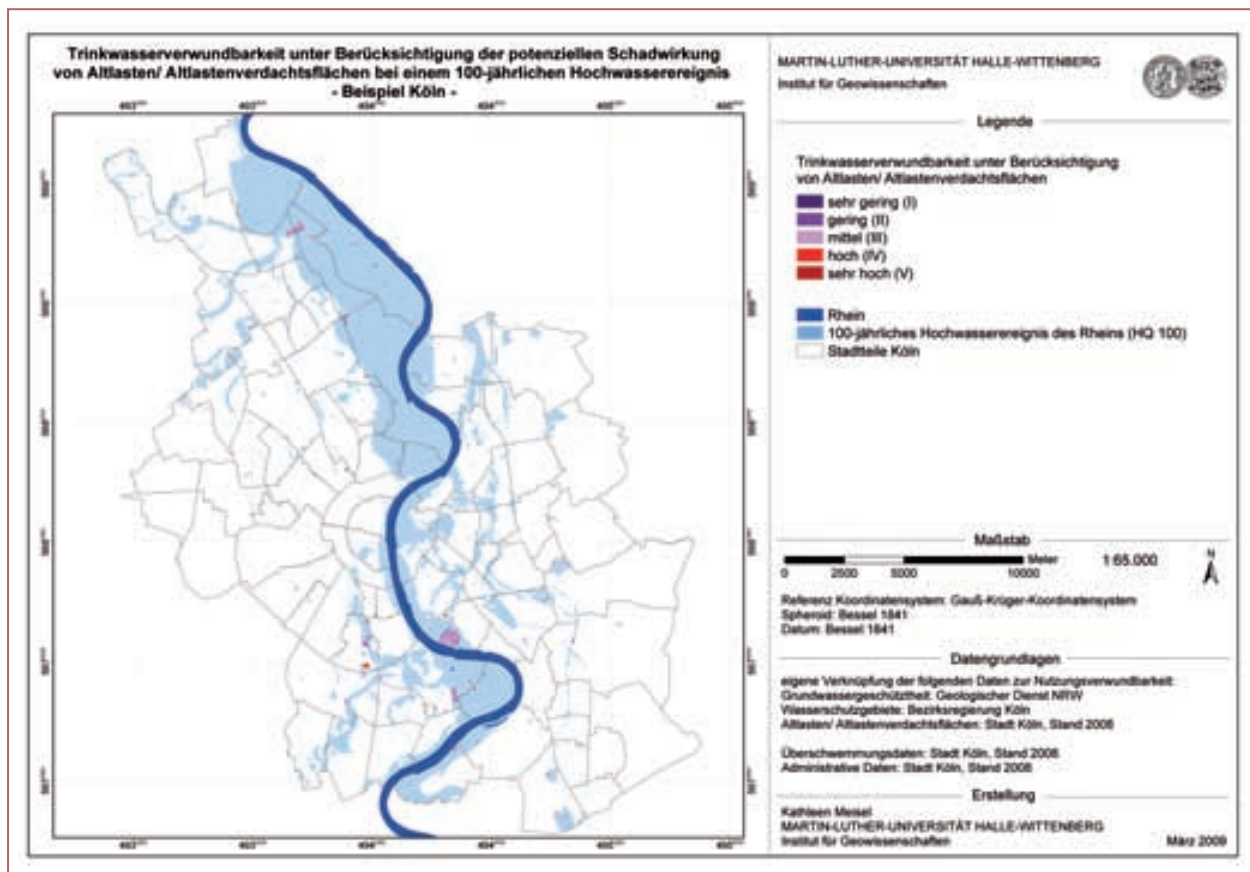


Abbildung 5.18: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschützhtheit und der Verwundbarkeit

		Wasserschutz-zonierung		
		III	II	I
Grundwassergeschützhtheit (transf.)	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	II	III	IV
	IV	III	IV	V
	V	III	IV	V

Abbildung 5.19: Präferenzmatrix aus der Trinkwasserschutz-zonierung und der Grundwassergeschützhtheit



126 Abbildung 5.20: Verwundbarkeit des Trinkwassers unter Berücksichtigung von Altlasten

Zum Umgang mit Datenlücken:

Es gilt zu beachten, dass lückenhaft vorliegende Informationen zur ‚Grundwassergeschüttheit‘ zu einer unvollständigen Darstellung der Verwundbarkeit des Trinkwassers führen.

5.3.2 Ermittlung der Verwundbarkeit des Bodens und der Biotope gegenüber Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen

Erfolgt eine Schadstofffreisetzung aus in Kapitel 5.1.2. definierten Anlagen / Betriebsbereichen, so findet je nach Transportkraft des Hochwassers und Stoffeigenschaften der freigesetzten Schadstoffe eine Kontamination der Umgebung statt. Diese Schadstoffe können direkt die Böden und Pflanzen gefährden. Über den Pfad der Nährstoff- bzw. Nahrungsaufnahme

kann ein weiterer Schadstofftransfer an die pflanzlichen und tierischen Lebensgemeinschaften erfolgen. Eine sehr hohe Verwundbarkeit besteht dort, wo sehr schutzwürdige Böden und wertvolle Biotope innerhalb des Einflussbereichs der genannten Kontaminationsquellen (innerhalb der in Schritt 6 erzeugten Pufferzonen) liegen.

Verwundbarkeit des Bodens gegenüber einer möglichen Kontamination aus Anlagen / Betriebsbereichen

Die Verwundbarkeit des Bodens gegenüber potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen wird über die Verschneidung bzw. Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Bodeninformation, welche dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ entspricht, mit den Anlagen und Betriebsbereichen (Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘) ermittelt. Die Höhe der Verwundbarkeit ergibt sich aus der Höhe der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Intensität der potenziellen Kontaminationswirkung (Pufferzonen).

Frage: Wo ist der Boden im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios in einem neuen View des GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um die Themen ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ sowie ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘. Die drei Pufferzonen unterschiedlicher Kontaminationsintensität haben Sie bereits angelegt (vgl. Schritt 6). Um eine Übersicht darüber zu erhalten, an welchen Stellen der Boden durch die potenziellen Schadwirkungen der Kontaminationsquellen gefährdet ist, können Sie sich nur die Bodenausschnitte, differenziert nach ihrer Schutzwürdigkeit, innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen und Betriebsbereiche anzeigen lassen. Dazu schneiden Sie mit Hilfe des ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehls die Einflussbereiche der Kontaminationsquellen, repräsentiert durch die Pufferzonen im Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘, aus dem Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ aus. Dabei wird deutlich, ob und wenn ja, wo bei Eintritt des angenommenen Szenarios (1, 2, 3,...) sehr schutzwürdige Böden von den potenziell schädlichen Auswirkungen der Kontaminationsquellen bedroht sind.

Wollen Sie zudem den Grad der Verwundbarkeit dieser Bodenausschnitte genauer ermitteln, führen Sie eine logische Verknüpfung der beiden Themen ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘ mit der ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ durch. Dazu müssen Sie den in Abbildung 5.21 dargestellten feststehenden Funktionsverlauf zwischen der Kontami-

nationswirkung (Pufferzonierung) und der Verwundbarkeit verwenden. Passen Sie den in Abbildung 5.22 dargestellten Funktionsverlauf zwischen der Schutzwürdigkeit des Bodens und der Verwundbarkeit auf Ihre Anzahl der Ausprägungen der Schutzwürdigkeit des Bodens an. Dies können Sie umsetzen, indem Sie den Verlauf stauchen oder strecken und aus den beiden Verläufen für alle Ausprägungen der beiden Größen die Verwundbarkeitswerte ablesen, um diese nach Ihrem Ermessen zusammenzuführen und in die Präferenzmatrix aus den beiden Größen einzutragen. Nun erfolgt die Umsetzung der logischen Verknüpfung im GIS. Nachdem Sie beide Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu einem neuen Thema verknüpft haben, fügen Sie zunächst in der dazugehörigen Attributtabelle eine neue Spalte ein. Im Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie nun wieder alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Größen ab und tragen die entsprechenden Werte aus Ihrer Präferenzmatrix in die neue Spalte der jeweils abgefragten und markierten Datensätze ein. Nun können Sie sich im View über die Klassifikation der neuen Spalte des verknüpften Themas die unterschiedlichen Verwundbarkeitsstufen des Bodens gegenüber der Schadwirkung ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen anzeigen lassen.

Dann verschneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Bodenflächen. Als Ergebnis erhalten Sie die Bodenausschnitte, die bei Eintritt des von Ihnen definierten Hochwasserszenarios gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Anlagen und Betriebsbereichen verwundbar sind.

Beispiel:

Zunächst sind die Funktionsverläufe, die die Abhängigkeit der Verwundbarkeit zum einen von der Intensität der Kontaminationswirkung (Pufferzonierung) und zum anderen von der Schutzwürdigkeit des Bodens zeigen, für das Beispiel Köln dargestellt (siehe Abbildung 5.21, 5.22). Die Präferenzmatrix beider Größen ist bereits erarbeitet (siehe Abbildung 5.23). Die Kartendarstellungen finden sich in den Abbildungen 5.24 und 5.25.

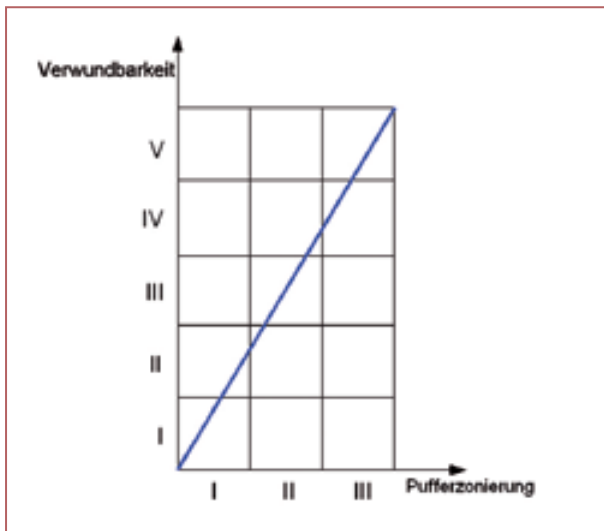


Abbildung 5.21: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Pufferzonierung und der Verwundbarkeit

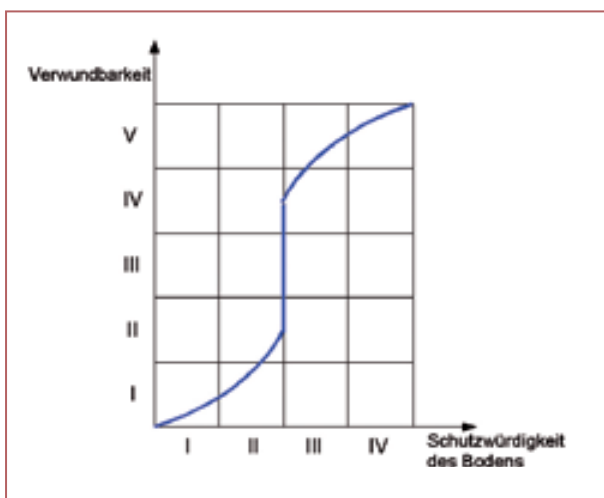


Abbildung 5.22: Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit

**Schadwirkung der Anlagen/
Betriebsbereiche (Pufferzonen)**

		I	II	III
Schutzwürdigkeit des Bodens	I	I	II	III
	II	I	II	III
	III	III	IV	V
	IV	III	IV	V

Abbildung 5.23: Präferenzmatrix aus der Schadwirkung der Anlagen / Betriebsbereiche (Pufferzonierung) und der Schutzwürdigkeit der Böden

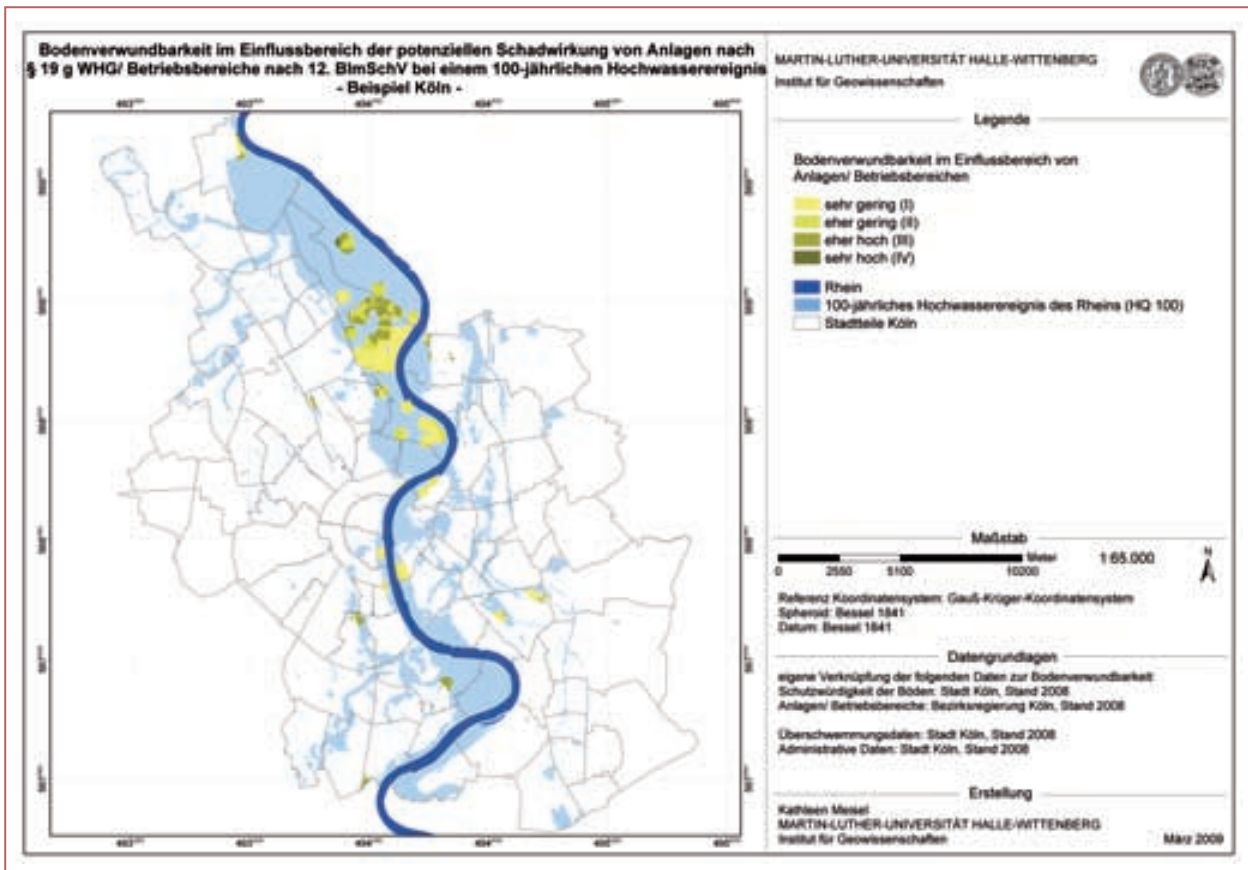


Abbildung 5.24: Bodenbereiche, differenziert nach ihrer Schutzwürdigkeit, die innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen / Betriebsbereiche bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ-100) liegen

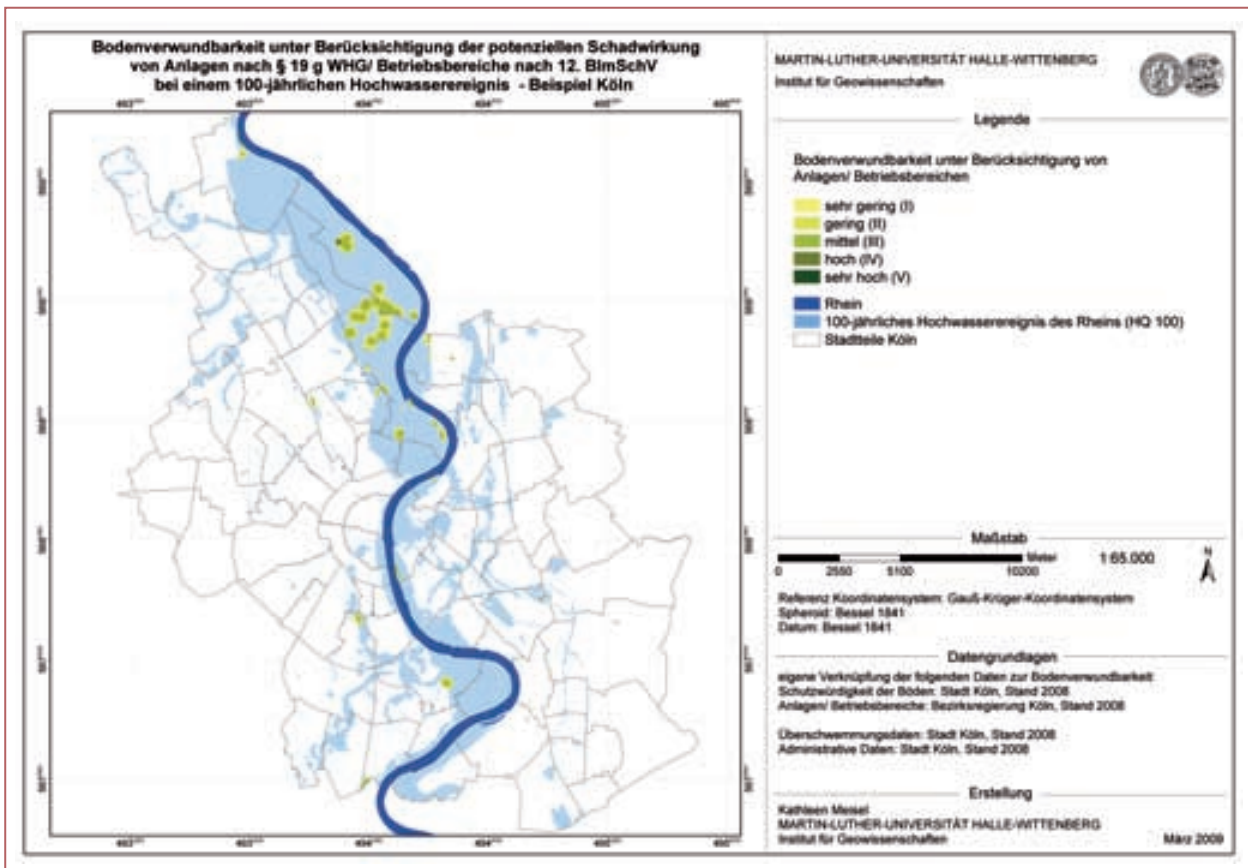


Abbildung 5.25: Grad der Verwundbarkeit der Bodenbereiche auf der Basis der Verknüpfung der Schutzwürdigkeit der Böden mit den unterschiedlichen Schädigungen

Zum Umgang mit Datenlücken:

Es gilt zu bedenken, dass lückenhaft vorliegende Informationen im Thema ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ zu einer unvollständigen Darstellung der Ver-

wundbarkeit des Bodens im Einflussbereich der potenziellen Kontaminationsquellen führt.

Verwundbarkeit der Biotope gegenüber einer möglichen Kontamination ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen

Die Verwundbarkeit der Biotope gegenüber potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen wird über die Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Biotopinformation, welche dem Thema ‚Biotopwert‘ entspricht, mit den Anlagen und Betriebsbereichen ermittelt.

Frage: Wo sind Biotope im Hochwasserfall gegenüber Kontaminationen ausgehend von Anlagen / Betriebsbereichen verwundbar?

Arbeitsschritt:

Stellen Sie das Überschwemmungsgebiet des von Ihnen gewählten Hochwasserszenarios (Szenario 1,2,3,...) in einem neuen View Ihres GIS dar. Laden Sie dazu das Thema ‚Biotopwert‘ sowie die bereits zu einem gemeinsamen Thema vereinten Anlagen und Betriebsbereiche mit den in drei Pufferzonen dargestellten Einflussbereichen (Thema ‚Kontaminationswirkung der Anlagen + Betriebsbereiche‘) ein.

Eine Übersicht darüber, ob und wenn ja, an welchen Stellen die Biotope einschließlich der in ihnen zu findenden Lebensgemeinschaften durch die Kontaminationen aus Anlagen / Betriebsbereichen potenziell gefährdet sind, können Sie sich verschaffen, indem Sie sich die Biotope, differenziert nach ihrem Biotopwert, innerhalb der Einflussbereiche von Anlagen und Betriebsbereichen anzeigen lassen. Dazu schneiden Sie über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl die Einflussbereiche, repräsentiert durch die Pufferzonen, aus dem Thema ‚Biotopwert‘ aus.

Wenn Sie anschließend über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das Ergebnis zusätzlich mit dem von Ihnen definierten Überschwemmungsgebiet verschneiden, sehen Sie die Biotope incl. der Lebensgemeinschaften, die innerhalb der Überschwemmungsflächen durch potenzielle Kontaminationen ausgehend von Anlagen und Betriebsbereichen verwundbar sind. Dabei wird ersichtlich, wo sehr wertvolle Biotope von einer potenziellen Schadwirkung bedroht sind.

Analog zum Verfahren, das im vorangegangenen Kapitel für die Verwundbarkeit des Bodens beschrieben ist, können Sie anschließend zur Verfeinerung der Verwundbarkeitsaussage auch graduelle Abstufungen genau ermitteln, indem Sie die unterschiedliche Intensität der Kontaminationen, repräsentiert durch die Pufferzonen, um die Anlagen / Betriebsbereiche mit der Höhe des Biotopwertes verknüpfen.

Beispiel:

Die folgende Karte (siehe Abbildung 5.26) zeigt die Biotope einschließlich ihrer Lebensgemeinschaften, differenziert nach ihrem Biotopwert, die innerhalb des Einflussbereiches der Anlagen und Betriebsbereiche bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ-100) liegen. Dies entspricht der Biotopverwundbarkeit gegenüber Kontaminationen ausgehend von Anlagen nach §19g WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

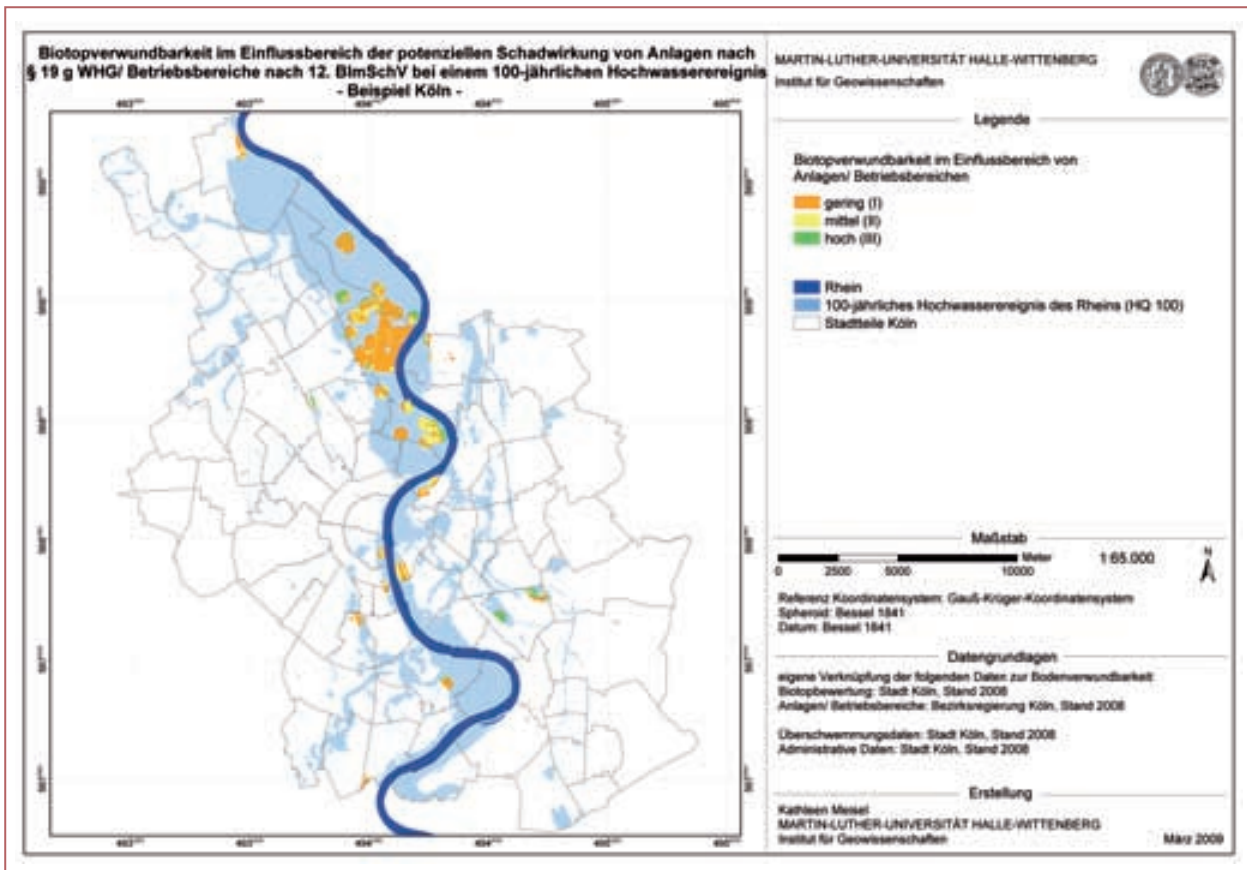


Abbildung 5.26: Verwundbarkeit der Biotope unter Berücksichtigung von Anlagen / Betriebsbereichen

Zum Umgang mit Datenlücken:

Bei der Interpretation ist Vorsicht geboten, wenn die Biotopkartierung nicht flächendeckend gegeben ist. Biotopbewertung aufgrund einer unvollständigen

5.4 Umgang mit den Assessment-Ergebnissen

5.4.1 Umgang mit dem Problem kommunaler Grenzen

Zunächst wird den Kommunen dringend empfohlen, mit den benachbarten Kommunen bei der Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse zusammenzuarbeiten bzw. sich abzustimmen, da sich Kontaminationsquellen, die die Voraussetzung für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen darstellen, auch jenseits der administrativen Grenzen befinden können. Damit können sich

sowohl Kontaminationsquellen der Oberlieger auf Ihre Kommune auswirken, als auch Kontaminationsquellen in ihrer Kommune negative Auswirkungen auf die Unterlieger haben. Die Zusammenarbeit sollte sich daher über die Ermittlung der Verwundbarkeit hinaus auch auf die Möglichkeiten zum Umgang mit den Assessment-Ergebnissen und ggf. zur Minderung der Verwundbarkeit im Bereich Umwelt beziehen.

5.4.2 Nutzung der Assessment-Ergebnisse als Planungsgrundlage

132

Die Informationsbasis zur Verwundbarkeit der Umwelt kann als Grundlage für zukünftige Entscheidungen in der räumlichen Planung und für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz im weiteren Sinne verwendet werden. Auch unabhängig von den Auswirkungen im Hochwasserfall lässt sich auf dieser Grundlage ableiten, an welchen Stellen (z. B. in der Nähe von besonders verwundbaren Umweltbereichen) bestimmte Nutzungen nicht länger angesiedelt werden sollten. So könnten die Verwundbarkeitsanalysen und die daraus erzeugten Karten beispielsweise Grundlagen für Stellungnahmen bei Vorhabensplanungen liefern. Die Ergebnisse könnten zudem bei der Aktualisierung des Landschaftsplanes oder der Umweltberichte verwendet werden.

Es ist außerdem denkbar und empfehlenswert, bei der Untersuchung, Bewertung und der Sanierung von Altlastenverdachtsflächen bzw. Altlasten mitzubedenken, wo Altlasten auf sehr verwundbare Umweltflächen treffen, d. h. an welchen Stellen die Altlastenflächen im Fall einer Überflutung im Hoch-

wasserfall einen besonders großen Schaden in der Umwelt anrichten können. Werden von den Kommunen die beschriebenen Einzelbetrachtungen durchgeführt, so wird auch ersichtlich, an welchen Stellen der Boden oder das Grund- bzw. das Trinkwasser von Schadwirkungen aus Altlasten gefährdet werden könnten.

Das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt bzw. zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Böden, des Grundwassers oder der Biotope (inkl. der Lebensgemeinschaften) könnte analog dazu dienen, beispielsweise eine Verlagerung aus oder den Rückbau von bestehenden Anlagen nach §19g WHG oder Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV in Überschwemmungs-, überschwemmungsgefährdeten oder grundwassergefährdeten Gebieten zu priorisieren. Sollte eine Verlagerung oder der Rückbau nicht durchsetzbar sein, so könnte sich jedoch die Behörde bei Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden mit der Höhe der Sicherheitsanforderungen an der Verwundbarkeit der Umwelt orientieren.

Autoren: Michael Wurm, Hannes Taubenböck,
Hendrik Zwenzner, Monika Gähler, Achim Roth,
Stefan Dech

VI. Kapitel

Verwundbarkeitsassessment gegenüber

Hochwasserereignissen mittels Fernerkundung

Im Unterschied zu den bisherigen Teilbereichen des Leitfadens, welche ein selbstständiges Assessment der Verwundbarkeit durch die jeweiligen Kommunen anstreben, stellt der folgende Teil Fernerkundungsmethoden für die Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwassergefahren vor, welche nur

unter Verwendung spezialisierter Softwareprodukte und Know-How angewendet werden können. Ein Schwerpunkt liegt dabei im Bereich des Assessments physischer Verwundbarkeit (z.B. im Bezug auf Gebäude und Bebauungsstruktur) von Städten.

6.1 Grundlegende Begriffe und Definitionen

Fernerkundung im umfassenden Sinne ist die Aufnahme oder Messung von Objekten, ohne mit diesen in Berührung zu treten. Des Weiteren kommt der Auswertung dabei gewonnener Daten oder Bilder zur Gewinnung quantitativer und qualitativer Informationen über deren Vorkommen, Zustand oder Zustandsänderung und gegebenenfalls deren natürliche oder soziale Beziehungen zueinander große Bedeutung zu. Die gängigsten Systeme sind flugzeug- oder satellitengestützte Sensoren, welche Daten für raumbezogene Aussagen über die Landoberfläche bereitstellen. Gerade Hochwasserereignisse sind durch ihre großflächige räumliche Komponente geprägt, weshalb insbesondere hier die Fernerkundung vielfältige Informationsgrundlagen für Akteure, Entscheidungsträger und Politiker zur Verfügung stellen kann.

Die große Stärke der Fernerkundung besteht darin, raumbezogene Fragestellungen aktuell, schnell und flächendeckend bedienen zu können. Hierfür stehen Daten unterschiedlicher Systeme und Sensoren zur Verfügung, welche aufgrund ihrer jeweils besonderen Eigenschaften spezifische Charakteristika und Informationen aufweisen.

Die Interpretation der jeweiligen Datensätze – bzw. die Methode zur Extraktion der gewünschten Information – muss in Anlehnung an die Eigenschaften des jeweiligen Datensatzes erfolgen. Die Auswertung kann einerseits in traditioneller, manueller Interpretation erfolgen, welche aber einen sehr hohen Zeitaufwand mit sich bringt. Mittels digitaler Bildverarbeitung können automatisierte Verfahren die Auswertung erheblich beschleunigen und objektive und somit vergleichbare Ergebnisse liefern.

Das folgende Kapitel soll einen Überblick über die vielfältigen fernerkundlichen Datensätze, deren technischen Details, deren Verfügbarkeit sowie deren Kosten verschaffen. Des Weiteren werden die Möglichkeiten von multisensoralen Fernerkundungsdaten für das Assessment von Exposition und Risiko- und Einsatzmanagement anhand hochwasserspezifischer Produkte – basierend auf den unterschiedlichen Datensätzen – vorgestellt. Die Potentiale der Fernerkundung bei der Unterstützung von Entscheidungsträgern *vor*, *während* und *nach* einem Ereignis sollen somit erörtert werden.

6.1.1 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Assessment von Exposition und physischer Verwundbarkeit bei Hochwasserereignissen

Satellitenfernerkundungsdaten sind – spätestens seit dem Start des ersten kommerziellen Satelliten der Landsat-Missionen im Jahr 1972 – eine entscheidende Informationsgrundlage für flächendeckende Erdbeobachtung und somit auch für Expositions- und Verwundbarkeitsanalysen. Die technische Weiterentwicklung der Systeme führte zu Verbesserungen in sämtlichen Eigenschaften der Datenstrukturen und somit stehen aktuell unterschiedlichste Daten in immer besserer Qualität zur Verfügung.

Auf der einen Seite können anhand von Zeitreihen langfristige Prozesse der letzten 35 Jahre – zum Beispiel raum-zeitliche Veränderungen von urbanen Räumen – großflächig dargestellt und analysiert wer-

den. Auf der anderen Seite erlaubt die stetig steigende geometrische Auflösung der Bilddaten die detaillierte Analyse auf Straßenabschnitts- bzw. Hausebene (für eine Übersicht siehe Tabelle 6.1).

Spontane und schnelle Veränderungen auf der Erdoberfläche die beispielsweise durch Naturereignisse wie ein Hochwasser entstehen, können von Systemen mit einer sehr hohen temporalen Auflösung erfasst werden. Hierfür eignen sich vor allem aktive Systeme welche von den Witterungsbedingungen unabhängig sind und somit sehr schnell nach einem Hochwasserereignis Überschwemmungsgebiete für Kartierungen aufzeichnen können.

Geometrische Auflösung (m) Kantenlänge der Bildelemente	0,4 – 79 m
Temporale Auflösung (d) Zeitliche Abdeckung zwischen zwei Aufnahmen	1 – 16 Tage
Räumliche Auflösung (km) Abdeckung / Aufnahme	11 – 185 km
Spektrale Auflösung (bands) Anzahl der Kanäle	3 – 8
Radiometrische Auflösung (bit) Informationstiefe der Daten (Anzahl der Graustufen)	8 – 11 bit (256 – 2048 Graustufen)

Tabelle 6.1: Bandbreite von unterschiedlichen Eigenschaften der vorgestellten Fernerkundungsdaten

6.1.2 Fernerkundungsdatengrundlagen aus passiven Aufnahmesystemen

Passive Erdbeobachtungssysteme zeichnen die von der Sonne ausgesendete und von der Erde reflektierte elektromagnetische Strahlung auf und übertragen die gewonnenen Daten zu einer Empfangsstation am Boden, wo sie für Nutzer aufbereitet und in gängige Datenformate umgewandelt werden. Fernerkundungsdaten aus diesen optischen Sensoren sind allerdings auf die ausreichende natürliche Beleuchtung des betrachteten Untersuchungsgebietes angewiesen: Witterungseinflüsse (Bewölkung) und Schlagschatten – insbesondere bei sehr hoher geometrischer Auf-

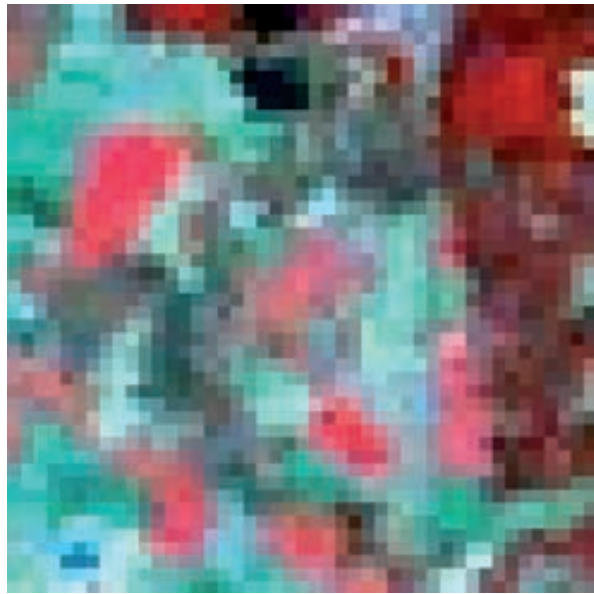
lösung – können die Datenqualität beträchtlich beeinflussen. Die in Tabelle 6.2 näher beschriebene Landsat-Reihe – mit seinen 6 Satelliten, welche bisher in die Erdumlaufbahn gebracht wurden – liefert die am längsten andauernde Zeitreihe von Aufnahmen der Erdoberfläche. Aufgrund ihrer mittleren geometrischen Auflösung können die Daten mit relativ geringem Aufwand prozessiert und klassifiziert werden und lassen Aussagen über die zeitliche Entwicklung des untersuchten Gebietes zu.

	Landsat MSS	Landsat TM	Landsat ETM+
Missionszeitraum	1972 - 1983	seit 1982	seit 1999
Flughöhe	705 km	705 km	705 km
Wiederholungsrate	16 Tage	16 Tage	16 Tage
Streifenbreite	185 km	185 km	185 km
Geometrische Auflösung	79*79 m	30*30 m	30*30 m bzw. 15*15 m (pan.)
Spektrale Auflösung	4 Kanäle	6 + 1 (therm.)	6 + 1 (therm.) + 1 (pan.)
Prozessierungsaufwand	gering	gering	gering
Datenkosten	kostenlos	kostenlos	kostenlos

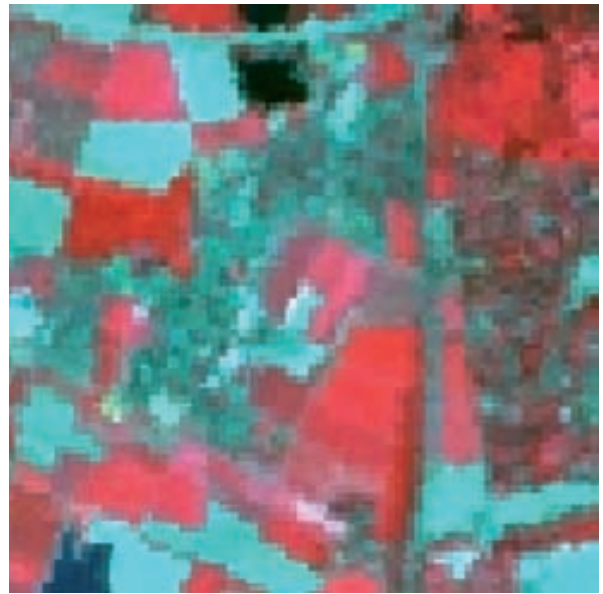
Tabelle 6.2: Die Satelliten der Landsat-Mission

Diese Veränderungen können beispielhaft am Stadtteil Rondorf im Bezirk Rodenkirchen (Köln) betrachtet werden. Abbildung 6.1 zeigt eine Serie von Landsat-Aufnahmen in einer Falschfarbeninfrarotdarstellung im Zeitraum von 1975 bis 2001. Es ist sowohl die deutlichere Identifikation von Details (z. B. Straßen) aufgrund der verbesserten geometrischen Auflösung über die Zeit, als auch eine Veränderung in der Sied-

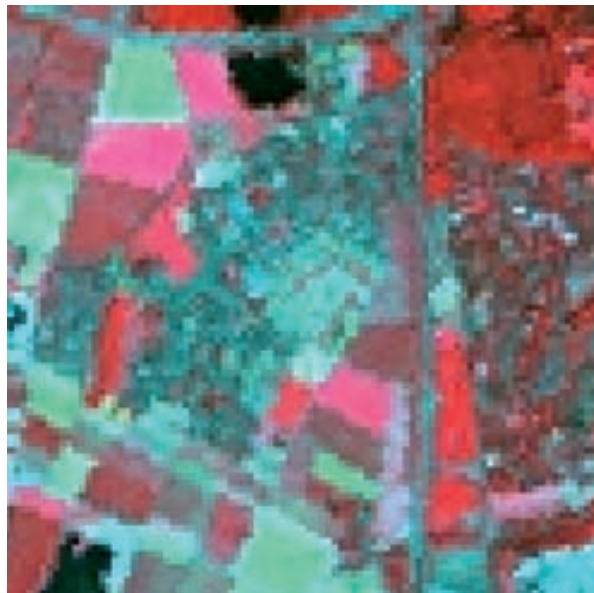
lungsstruktur zwischen 1989 und 2001 zu erkennen. Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) bietet neben 6 Kanälen für multispektrale (mehrere Kanäle für Teilbereiche des elektromagnetischen Spektrums) Auswertungen auch einen panchromatischen Kanal (ein Kanal für den gesamten Bereich des sichtbaren Lichtes des elektromagnetischen Spektrums) mit doppelter geometrischer Auflösung.



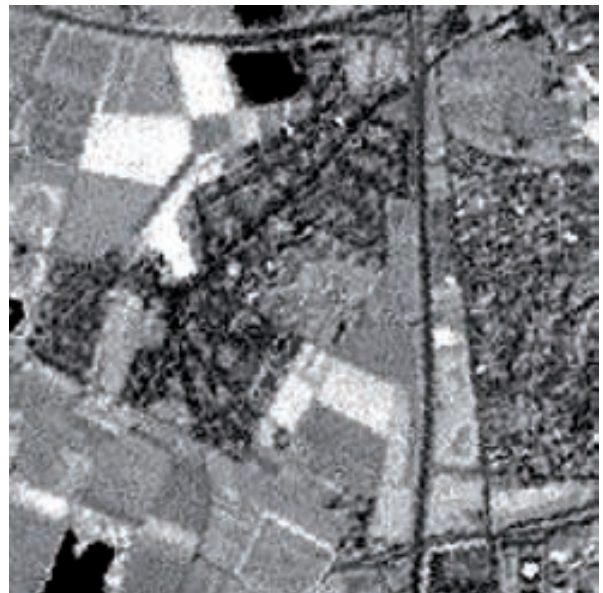
Landsat MSS 1975, Köln (79 m)



Landsat TM 1989, Köln (30 m)



Landsat ETM+ 2001, Köln (30 m)



Landsat ETM+ 2001, Köln (pan. 15 m)

Abbildung 6.1: Landsat-Zeitreihe am Beispiel von Rondorf, Köln

Seit Ende 2008 das Satellitensystem RapidEye in Betrieb genommen wurde (siehe Abbildung 6.2), besteht eine weitere Datenquelle, um auf täglicher Basis Aufnahmen in hoher geometrischer Auflösung und großer räumlicher Abdeckung zu akquirieren. Insgesamt 5 Satelliten sorgen für eine hohe zeitliche

Auflösung (tägliche Aufnahmen) und bieten somit eine sehr gute Datengrundlage, um kurzfristige Veränderungen auf der Erde flächenhaft kartieren und beobachten zu können. Dies ist insbesondere für Anwendungen vor dem Hintergrund von Naturereignissen von großem Nutzen.


	RapidEye	
Missionszeitraum	seit 2008	 <p>RapidEye 2009, Köln (5 m) www.rapideye.de (Daten zur Verfügung gestellt aus dem Projekt Urbane Struktur Analyse (USARE), DLR)</p>
Flughöhe	630 km	
Wiederholungsrate	täglich	
Streifenbreite	77 km	
Geometrische Auflösung	5 m	
Spektrale Auflösung	5 Kanäle	
Prozessieraufwand	mittel	
Datenkosten	gering (1,5 €/km ²)	

Abbildung 6.2: RapidEye-Ausschnitt Köln


	Ikonos	
Missionszeitraum	seit 1999	 <p>Ikonos 2007, Köln (1 m)</p>
Flughöhe	681 km	
Wiederholungsrate	3-5 Tage	
Streifenbreite	11 km	
Geometrische Auflösung	4 m bzw. 1 m	
Spektrale Auflösung	4 Kanäle + 1 (pan.)	
Prozessieraufwand	hoch	
Datenkosten	mittel (~20 \$/km ²)	

Abbildung 6.3: Ikonos-Falschfarbeninfrarotdarstellung von Rondorf, Köln

Mit dem Start von Ikonos im Jahr 1999 (siehe Abbildung 6.3) trat die kommerzielle Satellitenfernerkundung in eine neue Phase ein. Die bis dahin nicht erreichte geometrische Auflösung von bis zu einem Meter im panchromatischen Band ermöglicht insbesondere Anwendungen im hoch strukturierten urbanen Raum mit seiner komplexen Anordnung von Gebäuden, Straßen und Freiflächen. Mit Quickbird, GeoEye-1 und WorldView-1 stehen mittlerweile weitere höchstauflösende Sensoren zur Verfügung. Die

hohe geometrische Auflösung der Daten stellt durch die dadurch gestiegene Komplexität bzw. Strukturierung erhöhte Herausforderungen an die automatisierte Bildanalyse, was sich in einem größeren Prozessierungsaufwand widerspiegelt. Wie in Abbildung 6.3 zu erkennen ist, kann man unterschiedliche Typen an Objekten auf der Erdoberfläche differenzieren: unter anderem Straßen, Einzelgebäude, Ackerflächen, Gewässerflächen, Wiesen, Waldgebiete.


	Luftbild	
Missionszeitraum	seit ca. 60 Jahren	 <p>Orthofoto 2002, Köln (0,5 m)</p>
Flughöhe	variabel (ca.500 m)	
Wiederholungsrate	variabel	
Streifenbreite	variabel (Untersuchungsgebiet)	
Geometrische Auflösung	variabel (0,05~1 m)	
Spektrale Auflösung	4 Kanäle + 1 (pan.)	
Prozessierungsaufwand	hoch	
Datenkosten	hoch	

Abbildung 6.4: Luftbildaufnahme Rondorf, Köln (© Stadt Köln)

Luftbildaufnahmen (siehe Abbildung 6.4) sind meist für die längste Zeitspanne eines Untersuchungsgebietes verfügbar. Oftmals liegen Daten bis in die 1950er Jahre vor und sind daher eine sehr wertvolle Quelle zur Dokumentation der Stadtentwicklung. Der Aufwand für die Prozessierung und Auswertung der Da-

ten variiert je nach Datengrundlage (analog, digital). Da für jede Datenakquisition eine eigene Befliegung des Untersuchungsgebietes organisiert werden muss, ist meist mit erhöhten Kosten und geringerer Aktualität der Daten zu rechnen.

6.1.3 Fernerkundungsdatengrundlagen aus aktiven Aufnahmesystemen

Aktive Aufnahmesysteme unterscheiden sich grundlegend von oben beschriebenen optischen Verfahren. Sie sind nicht auf reflektierte, elektromagnetische Strahlung der Sonne angewiesen, sondern zeichnen sich durch die Besonderheit aus, dass sie selbst aktiv Signale (Mikrowellen oder Laserimpulse) aussenden, welche von den Objekten auf der Erdoberfläche reflektiert werden und wieder zum Sensor zurück gelangen und dort aufgezeichnet werden.

Radarsysteme (**R**adio **D**etection and **R**anging) erzeugen die verwendete elektromagnetische Strahlung für die Beleuchtung des untersuchten Ausschnittes auf der Erdoberfläche selbst und sind demnach gegenüber Wetterbedingungen, Wolkenbedeckungen und Tageslicht unabhängig. Dies ist ein wesentlicher Vorteil insbesondere bei der Anwendung während und nach Naturereignissen, oder zur schnellen Schadensdetektion (Rapid Mapping). Vor allem bei Überschwemmungen, welche häufig mit starker Wolkenbedeckung und Niederschlag einhergehen, ist

das Ausmaß schnell und unabhängig von den Witterungsbedingungen kartierbar.

Die Art der Darstellung der Erdoberfläche in Radardaten ist von vielen Faktoren abhängig: Verschiedene Wellenlängen, Polarisationen, Oberflächenrauigkeiten, Dielektrizitätskonstanten, Oberflächenformen und Interferenzerscheinungen sind bei der Auswertung der Daten zu berücksichtigen.

Seit der deutsche SAR-Satellit (**S**ynthetic **A**perture **R**adar) TerraSAR-X Anfang Januar 2008 den operationellen Betrieb aufgenommen hat, können durch einen schwenkbaren Strahl alle 2-4 Tage Aufnahmen von gleichen Ausschnitten auf der Erdoberfläche gemacht werden. Durch unterschiedliche Aufnahmemodi (High Resolution SpotLight, SpotLight, StripMap, ScanSAR) kann die geometrische Auflösung und die Schwadbreite den Anforderungen angepasst werden (siehe Abbildung 6.5).

	TerraSAR-X	
Missionszeitraum	seit 2007	<p>TerraSAR-X 2009, Köln (1 m)</p>
Flughöhe	514 km	
Wiederholungsrate	2-4 Tage (Deutschland)	
Streifenbreite	10 km (HR-/SpotLight), 30 km (Stripmap) 100 km (ScanSAR)	
Geometrische Auflösung	bis zu 1 m (2 m) bis zu 3 m bis zu 18 m	
Spektrale Auflösung	1 Kanal	
Prozessierungsaufwand	sehr hoch	
Datenkosten	135 €/km ² HR-SpotLight 67,5 €/km ² SpotLight 25 €/km ² Stripmap 0,18 €/km ² ScanSAR	

Abbildung 6.5: TerraSAR-X Stripmap-Aufnahme von Rondorf, Köln (© DLR)

Airborne Laserscanning oder LiDAR (**L**ight **D**etection **a**nd **R**anging, siehe Abbildung 6.6) wird – ähnlich der herkömmlichen Luftbildfotografie – auf flugzeugbasierten Plattformen über dem Untersuchungsgebiet zum Einsatz gebracht. Entscheidender Vorteil dieser Datenquelle ist die Möglichkeit, die dritte Dimension in die Analyse zu integrieren. Anhand von GPS (**G**lobales **P**ositionierungssystem) und INS (**I**nertiales **N**avigationssystem) kann die genaue Lage des Sensors – und somit der ausgesendeten Laserimpulse – bestimmt und verortet werden. Mittels Laufzeitmessung der Impulse wird die exakte Position der Objekte auf der Erdoberfläche und auch deren absolute Höhe bestimmt. Je nach Dichte der Impulse pro Flächeneinheit (i/m^2) lässt sich die abgetastete Oberfläche in unterschiedlichen Genauigkeitsstufen beschreiben und somit für verschiedene Anwendungsbereiche anpassen. Besonders in städtisch geprägten Gebie-

ten (siehe Beispiel in Abbildung 6.6) lassen sich die unterschiedlichen Strukturen auf diese Weise identifizieren und weitere Produkte ableiten. Sie erweisen sich dadurch als eine besonders wichtige Quelle zur flächenhaften Auswertung der Bebauungsstrukturen und der Topographie. Bei einer besonders hohen Punktdichte, welche gebäudescharfe Abgrenzungen zulässt, können die Höhe und die Form der Einzelgebäude erfasst werden. Das aus diesen Datengrundlagen abgeleitete digitale Oberflächenmodell stellt eine wichtige Grundlage für die Analyse der physischen Verwundbarkeit – mit entsprechendem Detaillierungsgrad auf Haus- oder Blockebene – dar. Es ist vor allem für die Berechnung der Exposition der Einzelgebäude, des Potenzials für vertikale Evakuierungen und der Bevölkerungsabschätzung von großer Bedeutung.

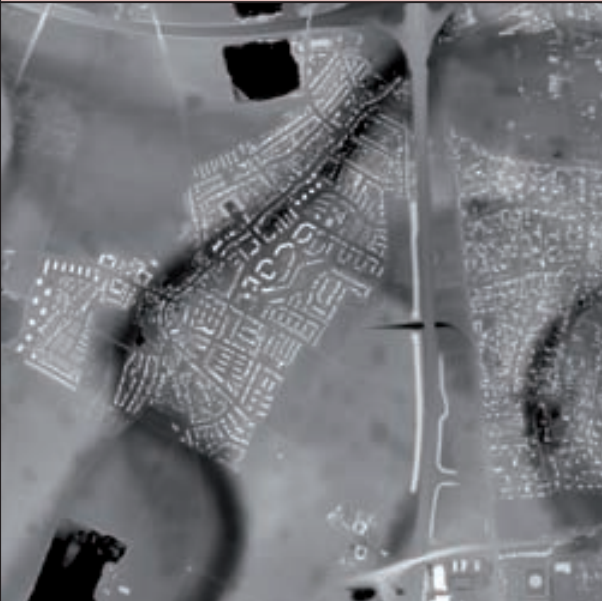
	LiDAR	
Missionszeitraum	variabel	
Flughöhe	variabel	
Wiederholungsrate	variabel	
Streifenbreite	variabel	
Geometrische Auflösung	variabel (ca.1 m)	
Spektrale Auflösung	1 Kanal (Höhe)	
Prozessieraufwand	hoch	
Datenkosten	hoch	
		LiDAR 2007, Köln (1 m)

Abbildung 6.6: LiDAR-Darstellung von Rondorf, Köln (© Stadt Köln)

Für großräumige Anwendungen wurden im Rahmen einer Kampagne der SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) im Jahr 2000 Höhendaten von beinahe der gesamten Landoberfläche der Erde – zwischen 60°N und 58°S – aufgezeichnet und in Form eines di-

gitalen Geländemodells (DGM) aufbereitet. Mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 30 m können großräumige Landschaftselemente erfasst und die Topographie analysiert werden. (vgl. Abbildung 6.7)

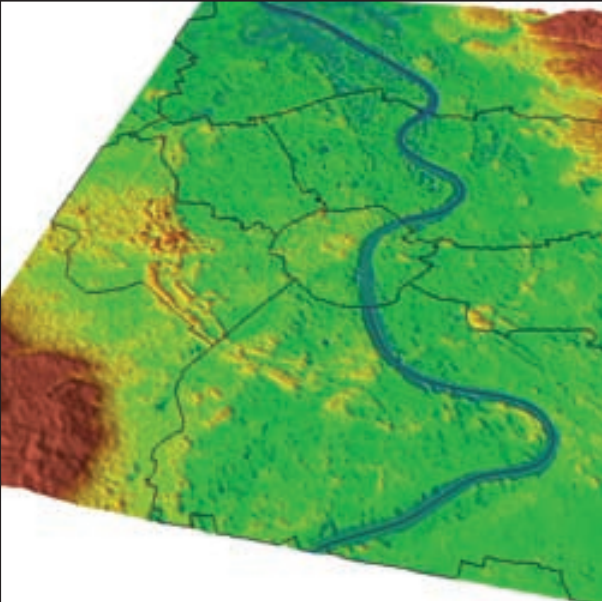
	SRTM	
Missionszeitraum	2000	
Flughöhe	233 km	
Wiederholungsrate	keine	
Streifenbreite	variabel	
Geometrische Auflösung	30 m bzw. 90 m	
Spektrale Auflösung	1 Kanal (Höhe)	
Prozessieraufwand	gering	
Datenkosten	kostenlos	
		SRTM 2000, Köln (30 m)

Abbildung 6.7: Perspektivische Darstellung des Großraumes der Stadt Köln (überlagert mit Bezirksgrenzen und Rhein) (© DLR)

6.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung zum Verwundbarkeitsassessment

Die aufgetretenen Hochwasserereignisse der letzten Jahre in Deutschland rufen dem Menschen diese natürliche Art der Gefährdung ins Gedächtnis und zeigen die Verwundbarkeit von betroffenen Gebieten. Daraus ergibt sich das hohe strukturelle, finanzielle und nicht zuletzt für den Menschen bestehende Risiko, das in Deutschland oftmals unterschätzt wird. Strategisches Management mit dem Ziel, das Risiko durch präventive Maßnahmen zu mindern bzw. wäh-

rend und nach einem Ereignis schnell und strategisch richtige Entscheidungen zur Koordination von Hilfs-einsätzen zu treffen, scheidert oftmals an der ungenügenden Datenlage. Im Folgenden wird das Potential der vielfältigen fernerkundlichen Datensätze und Auswertemethoden aufgezeigt, um diese Lücke im Bereich aktueller und flächendeckender Informationsgrundlagen zu schließen.

6.2.1 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung vor einem Hochwasserereignis

Strategisches Management zur Reduzierung des Hochwasserrisikos auf ein akzeptables Maß durch eine optimale Auswahl von Schutzmaßnahmen bedingt die Beantwortung folgender zentraler Fragestellungen:

- 1) **Wo** sind gefährdete Gebiete?
- 2) **Welche Baustrukturen / Objekte** wären potenziell betroffen?
- 3) **Wie viele Menschen** wären potenziell betroffen?
- 4) **Wie hoch** wäre der Schaden?
- 5) **Welche** konkreten **Maßnahmen** können zur Reduzierung der Verwundbarkeit getroffen werden?

Die Vielzahl und Verschiedenartigkeit fernerkundlicher Datensätze (vgl. Kapitel 6.1.2 und 6.1.3) ermöglicht die Bereitstellung sehr unterschiedlicher Produkte zur Beantwortung dieser Fragestellungen und damit zur Abschätzung des Hochwasserrisikos als Basis substantieller Entscheidungen für präventive Schutzmaßnahmen.

1) Wo sind gefährdete Gebiete?

Mit Hilfe der Erdbeobachtung kann sehr genau die flächenhafte Ausdehnung eines Hochwasserereignisses abgebildet und damit das betroffene Gebiet kartiert werden. Für viele Anwendungen (z. B. die Gefährdungs- und Schadensabschätzung) sind allerdings nicht nur die Hochwasserausdehnung, sondern auch höherwertige Parameter wie die Überflutungstiefe von Bedeutung. Diese kann durch eine Verschneidung der aus den Satellitendaten abgeleiteten Hochwassermaske mit einem digitalen Geländemodell ermittelt werden. Anhand von Querschnittsprofilen wird dabei die Hochwassermaske an die Ge-

ländertopographie angepasst und für jedes Profil der Wasserstand abgeleitet. Aus diesem kann, wie in der folgenden Darstellung (Abbildung 6.8) illustriert, die Überflutungstiefe für den betroffenen Flussabschnitt berechnet werden. Im Umkehrschluss erlaubt die Analyse des Hochwasserszenarios auch die Identifikation von sicheren Arealen, und bietet damit die Möglichkeit, Rettungsmaßnahmen mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Freiflächen, Infrastrukturen etc. effektiv und gezielt zu koordinieren bzw. zu organisieren.

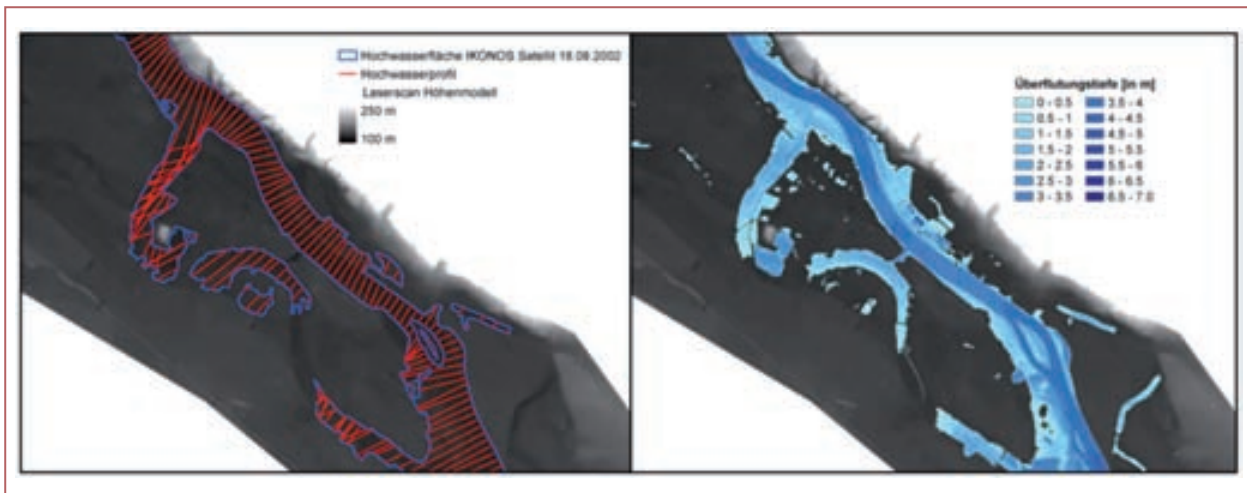


Abbildung 6.8: Räumliche Ausdehnung der Überflutungsflächen für Dresden sowie die Analyse von Überflutungstiefen

Die erzeugten Bildinformationen zeigen die absolute Höhe der Objekte und geben somit ein naturgetreues Abbild der Form der Erdoberfläche. Mittels digitaler Bildverarbeitung können objektbezogene Parameter

wie absolute und relative Höhe, Hangneigung, Exposition oder Oberflächenrauigkeit abgeleitet werden.

2) Welche Baustrukturen / Objekte wären potenziell betroffen?

Die in den Kapiteln 6.1.2 und 6.1.3 aufgeführten Datensätze ermöglichen vielfältige Perspektiven zur Beantwortung der Frage nach den potenziell betroffenen Objekten. Grundsätzlich lassen sich mit großräumigen Fernerkundungsdaten „urbane Fußabdrücke“ – also die versiegelten Flächen der Landschaft – zur Gewinnung räumlicher Information ableiten. Auf diesem geometrischen Niveau stehen Datensätze seit Anfang der 1970er Jahre zu Verfügung, so lässt sich also die Veränderung von städtisch geprägten Gebieten über die Zeit nachvollziehen und quantifizieren. Multisensorale Ansätze, wie in unserem Beispiel, zeigen, dass Fernerkundung eine konsistente,

flächendeckende und stets aktuelle Informationsbasis zu den Stadtflächen generieren, und dabei gleichzeitig die raum-zeitliche Stadtentwicklung über Jahrzehnte beobachten und analysieren kann.

Abbildung 6.9 zeigt den urbanen Fußabdruck der Stadt Dresden aus multisensoralen Daten der Landsat und TerraSAR-X Satelliten. Eine Veränderungsanalyse bzw. die räumliche Ausbreitung des heutigen Stadtgebietes und damit Lage und Größe potentiell betroffener Stadtgebiete kann somit schnell erhoben werden.

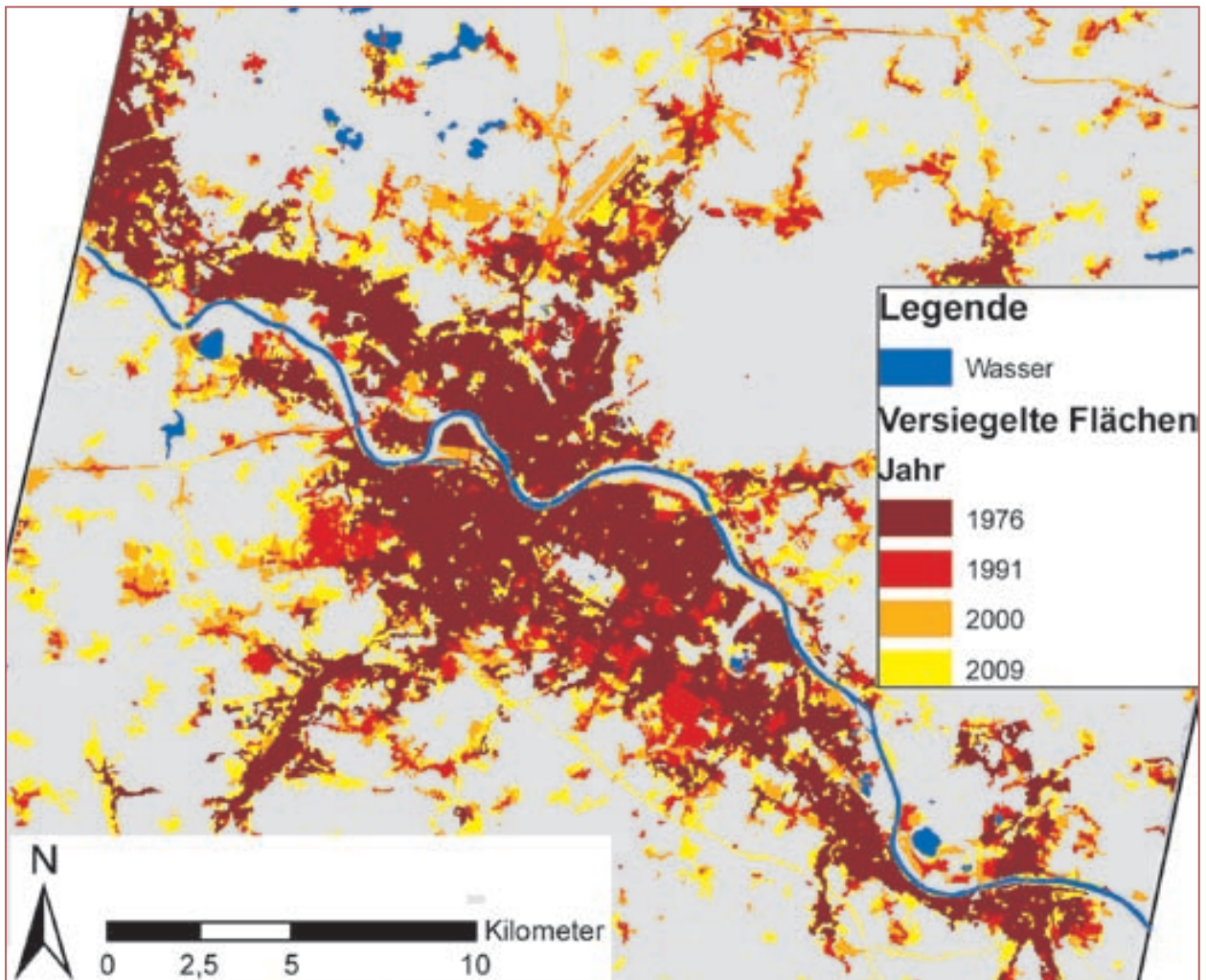


Abbildung 6.9: Änderungsanalyse des urbanen Raumes von 1976 bis 2009 für das Stadtgebiet Dresden

Das komplexe Zusammenspiel aus Hochwasserüberflutung und betroffenen Gebieten erfordert allerdings meist ein höheres geometrisches und thematisches Detail. Aus den weiter oben aufgelisteten höchst aufgelösten Datensätzen, wie z. B. Ikonos, lassen sich raumbezogene Informationen im urbanen Raum thematisch detaillierter und geometrisch wesentlich genauer erfassen. Moderne Bildanalyseverfahren ermöglichen die automatische Extrahierung der Bildinformationen mit sehr hohen Genauigkeiten. So zeigen nachfolgende Produkte eine geometrische Auflösung auf Einzelhausniveau. Auch die thematische Unterscheidung des Gebietes zeigt mit den Klassen ‚Gebäude‘, ‚Straßen‘, ‚Wiesen/Rasenflächen‘, ‚Wald/Bäume‘ und ‚Wasser‘ eine deutliche tiefere Detaillierung.

Darauf aufbauend ermöglichen physische Parameter wie erfasste Baustrukturen, räumliche Anordnungsmuster, Versiegelungsgrad, Vegetationsanteil oder Lage die Einteilung des Stadtgebietes in homogene Raumeinheiten, sogenannte Stadtstrukturtypen. Über diese Differenzierung kann eine schnelle und übersichtliche visuelle Erfassung der urbanen Landschaft, aber auch eine quantitative und qualitative Einschätzung betroffener Strukturen erreicht werden.

Des Weiteren ermöglicht diese strukturelle Differenzierung eine indirekte Ableitung der Gebäudenutzungen, von Wohngebieten bis zu Industriestandorten. Abbildung 6.10 zeigt die Landbedeckungsklassifikation sowie die Einteilung in Stadtstrukturtypen.

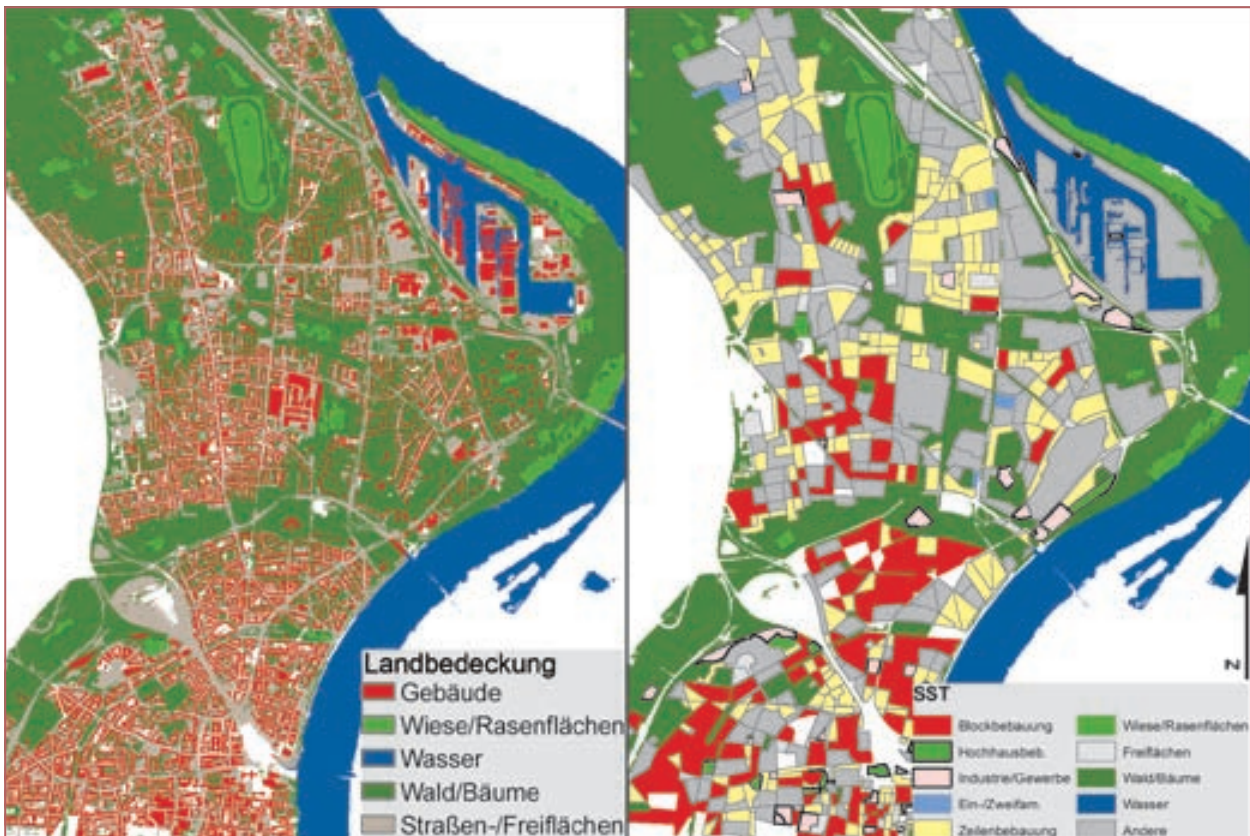


Abbildung 6.10: Landbedeckungsklassifikation und Stadtstrukturtypenklassifikation (SST) – Stadtviertel Nippes in Köln

Anhand von höchst aufgelösten digitalen Oberflächenmodellen (DOM) wird die dritte Dimension in die urbane Informationsbasis integriert. Aus dem DOM kann die exakte Topographie des städtischen Raumes detailliert abgebildet werden. Zudem können die Einzelgebäude extrahiert und als Gebäudemasken ausgegeben werden. Basierend auf der Gebäudemasken und den Höheninformationen wird ein hochgenaues, dreidimensionales Stadtmodell erzeugt. Abbildung 6.11 zeigt eine Darstellung des Stadtmodells vom Zentrum Kölns. Dieses raumbezogene Wissen

ermöglicht zum einen die Identifikation von geeigneten Gebäuden zur vertikalen Evakuierung, zum anderen deutet das Wissen über die Gebäudegrößen sowie deren Geschosshöhe auf die Bevölkerungsverteilung hin. Die auf diesem Weg gewonnenen Informationen geben Aufschluss über die physische Verwundbarkeit der Bebauungsstruktur und lassen Aussagen zur Anfälligkeit und zur Bewältigungskapazität der in den betrachteten Gebieten lebenden Bevölkerung zu. Für die Evakuierungsplanung sind diese Informationen von hoher Relevanz.

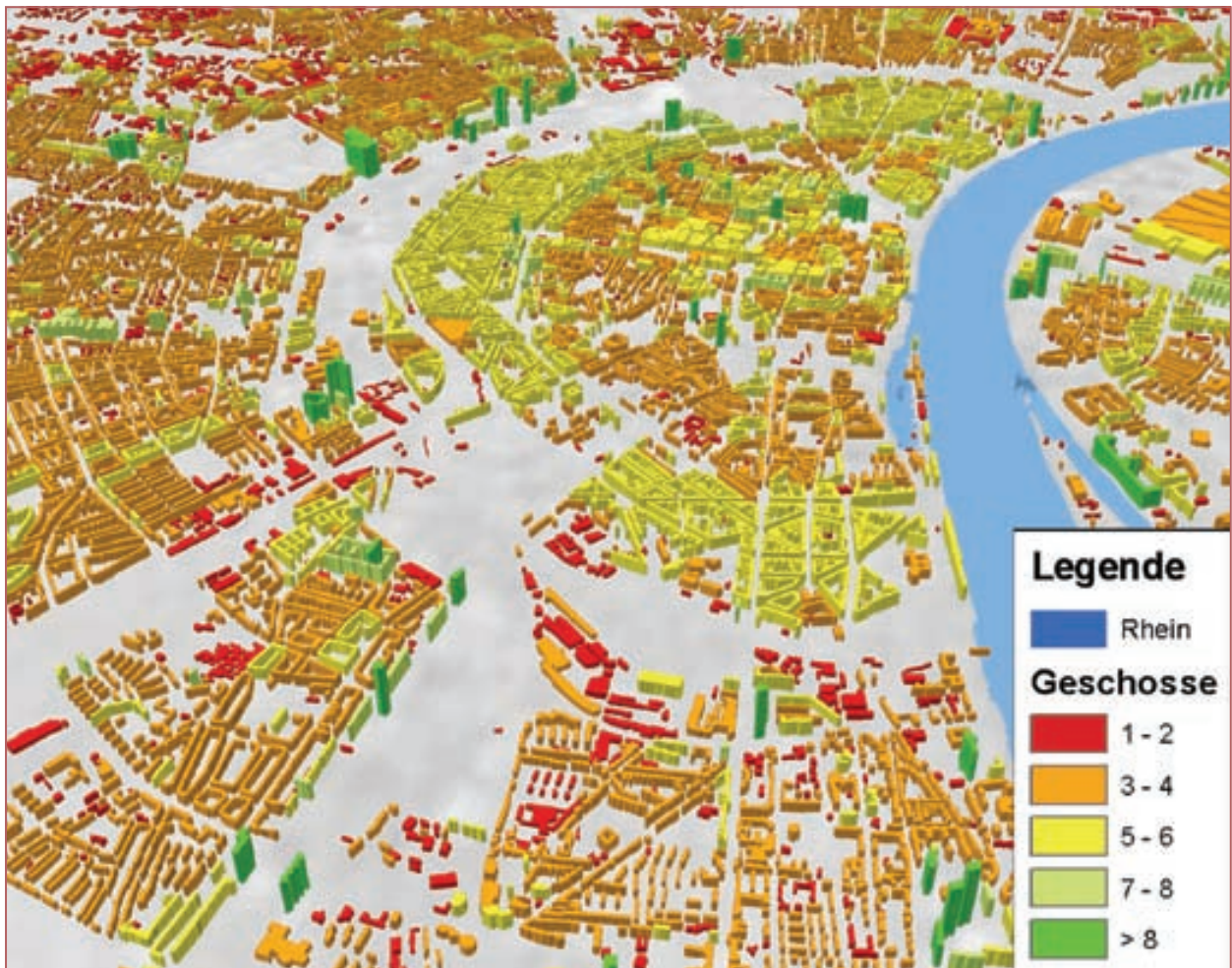


Abbildung 6.11: Dreidimensionales Stadtmodell der Altstadt von Köln mit Abschätzung der Geschosshöhen

3) Wie viele Menschen wären potenziell betroffen?

Das hoch genaue dreidimensionale Stadtmodell zeigt eine unmittelbare Korrelation mit Parametern, die nicht direkt aus den Fernerkundungsdaten ableitbar sind. So ist das Wissen über die Geschosshöhe, die Grundfläche sowie die vornehmliche Nutzung der Gebäude die Basis, um die räumliche Verteilung der Bevölkerung – auch in Abhängigkeit von der Tageszeit – zu errechnen. Auf Bevölkerungsdaten von Städten und Kommunen kann sehr häufig nur in aggregierter Form auf einer administrativen - statistischen Raumeinheit (z.B. Stadtviertel) zugegriffen werden. Dieses generalisierte Wissen kann nun über eine räumliche Verknüpfung, wie in Abbildung 6.12 veranschaulicht, linear auf das dreidimensionale Stadtmodell projiziert werden. Das Resultat ist eine gebäudescharfe Abschätzung der Bevölkerungsverteilung. Natürlich ist die dabei mögliche Genauigkeit nicht mit Kata-

sterdaten zu vergleichen, aber die Ergebnisse zeigen, dass diese Methode zwischen 80 und 90 % Genauigkeit erzielt. Damit ist eine ausreichende Grundlage für substantielle Entscheidungen verfügbar, denn zur Koordination und zum Management von Hilfseinsätzen oder zur Erfassung des Risikos sind keine exakten Zahlen erforderlich – entscheidend ist es, die richtigen Dimensionen zu kennen. Die Verknüpfung der Informationen aus der detaillierten Beschreibung der Einzelgebäude nach ihrer Größe und der Bevölkerungsabschätzung für jedes Gebäude zeigt für den Krisenfall besonders relevante räumliche Schwerpunkte. Diese Information ist von großer Bedeutung bei der Planung und Koordination von Evakuierungen aus den betroffenen Gebieten und für die quantitative Abschätzung von Evakuierungen der Bevölkerung in höhergelegene Stockwerke.



Abbildung 6.12: Projektion der Bevölkerungsverteilung auf das dreidimensionale Stadtmodell der Innenstadt Köln

4) Wie hoch wäre der Schaden?

Die bisher beschriebenen Produkte zeigen das Potenzial der Fernerkundung, die urbane Landschaft abzubilden sowie raumbezogen und hochgenau beispielsweise physische Stadtstrukturen oder Bevölkerung zu quantifizieren. Das Wissen über die Anzahl betroffener Gebäude oder Infrastrukturen sowie über die betroffene Bevölkerung, die Überflutungstiefen, etc. hängen eng mit dem ökonomischen Schaden zusammen. Über die Kenntnis des Bebauungstyps bzw. Stadtstrukturtyps lassen sich Zusatzinformationen anknüpfen bzw. errechnen, über welche das

ökonomische Schadenspotential abgeschätzt werden kann. Über die Lage im Raum bzw. die Exposition kann man betroffene Infrastrukturen, Industrie- und Gewerbegebiete, Verkehrsanlagen und Privathaushalte identifizieren und quantifizieren. Weiterführende Informationen können bei Interesse dem Informationssystem der Hochwasserschadendatenbank – HOWAS 21 – entnommen werden: (<http://nadine-ws.gfz-potsdam.de:8080/howasPortal/client/start>).

5) Welche konkreten Maßnahmen können zur Reduzierung der Verwundbarkeit getroffen werden?

Die Möglichkeit, mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS) die gewonnenen Resultate beliebig miteinander zu überlagern und für quantitative Analysen zu verschneiden, birgt einen essentiellen Mehrwert zur Risikoabschätzung und daraus hervorgehend zur gezielten strategischen Planung und Entwicklung von Katastropheneinsatzplänen. Das Potenzial, die vielfältigen Informationsebenen nach individuellen Bedürfnissen zu kombinieren, ermöglicht es, standortspezifische Fragestellungen zu beleuchten und konkret benötigte Maßnahmen einzuschätzen. Insbesondere zur Beurteilung von Maßnahmen, die mit der Herabsetzung der physischen Verwundbarkeit (beispielsweise bezüglich der Gebäude- und Stadtstrukturen, flächenhafter Schutzmaßnahmen und Objektschutz) verbunden sind.

Im folgenden Beispiel ist das Überschwemmungsgebiet eines Extremhochwasserszenarios (EHQ) der

Elbe für die Stadt Dresden mit dem dreidimensionalen Stadtmodell sowie der Bevölkerungsverteilung überlagert. Daraus lässt sich für Entscheidungsträger im Vorfeld eines erwarteten Hochwassers abschätzen, wie viele Menschen bei diesem Szenario betroffen wären, wo sie angesiedelt sind, wie die Erreichbarkeit dieses Gebietes sein wird, wie viele Gebäudestrukturen überschwemmt werden und welche davon tatsächlich direkt evakuiert werden müssen. Abbildung 6.13 visualisiert, wie ein mögliches Informationssystem den Entscheidungsträger mit den essentiellen Informationen versorgen könnte. Ziel ist es, im Vorfeld eines erwarteten Hochwassers Informationen für eine langfristige nachhaltige Planung zur Minderung der Auswirkungen der Naturgefahr, aber auch zur schnellen Entscheidungsfindung bei Eintritt eines Hochwasserereignisses bereit zu stellen, etwa zur Anzahl benötigter Schutzräume oder zur Abschätzung des Bedarfs an Hilfsgütern.

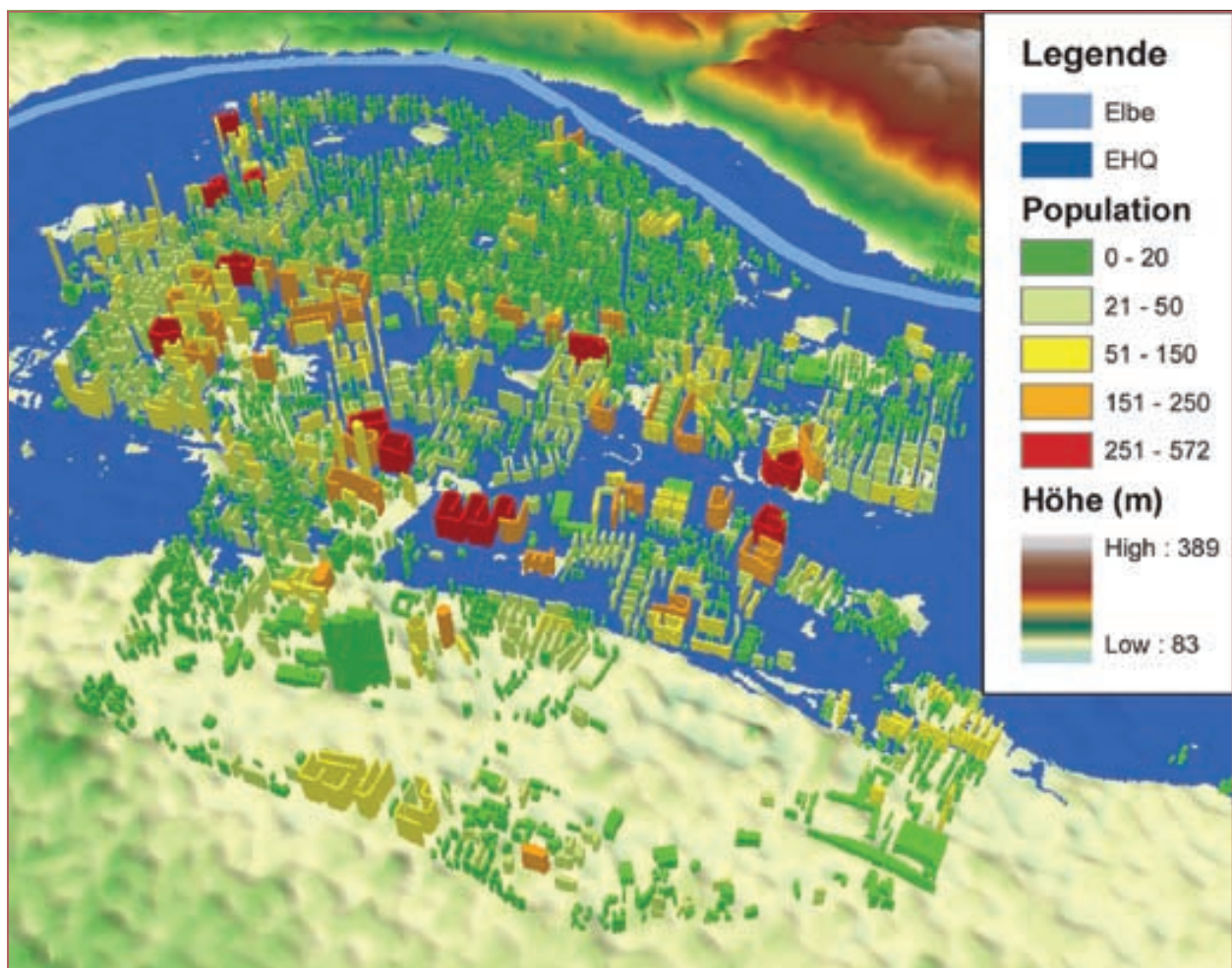


Abbildung 6.13: Kriseninformationssystem für das Beispiel Blasewitz/Dresden

Stadtteilinformation	Szenario EHQ
<p>Name: Blasewitz</p> <p>Lage: Distanz zum Zentrum ca. 4,5 km Distanz zum Flughafen ca. 13,4 km Distanz zum HBF ca. 5,5 km 1 Brücke über die Elbe</p> <p>Anbindung: 2 Hauptverkehrsachsen</p> <p>Landbedeckung: Gebäudeanzahl: 2.989 Anzahl Gebäude < 3 Stockwerke: 380 überwiegende Nutzung: Wohnviertel Freiflächen: Ja</p> <p>Bevölkerung: 80.215</p>	<p>Überflutete Gebäude: Gebäudeanzahl: 2.564 Anzahl Gebäude < 3 Stockwerke: 285</p> <p>Betroffene Bevölkerung: Insgesamt: 69.628 Bevölkerung in Gebäude < 3 Stockwerken: 2795</p> <p>Lage: Befahrbare Straßen, Distanz zu Hilfseinrichtungen wie Feuerwehr, Krankenhaus, Polizei, öffentliche Gebäude für potenzielle Evakuierung, Freiflächen, etc.</p>

6.2.2 Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung während und nach einem Hochwasserereignis

Sobald ein Hochwasserereignis eingetreten ist, gilt es zunächst, das Ausmaß der Katastrophe so rasch wie möglich zu erfassen, um aktuelle, präzise und flächendeckende Lageinformationen zu erhalten. Diese Informationen können durch Auswertung von satellitengestützten Fernerkundungsdaten bereitgestellt werden.

Kommerzielle und Forschungserdbeobachtungssatelliten haben in den vergangenen zehn Jahren eine Qualität in Bezug auf Verfügbarkeit und Genauigkeit erreicht, die es ermöglicht, sie routinemäßig für die Gewinnung von aktueller Kriseninformation einzusetzen. So ist es möglich, auf täglicher Basis Satellitenbilddaten mit einer geometrischen Auflösung aufzunehmen, die es erlaubt, Strukturen bis zur Objektgröße von Einzelgebäuden zu erkennen.

Um die Aufnahme und Aufbereitung der Satellitendaten im Krisenfall umzusetzen, sind Strukturen und Kapazitäten notwendig, welche die schnelle Beschaffung, Aufbereitung und Analyse der Satellitenbilddaten gewährleisten. Vor diesem Hintergrund hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) als Service des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) eingerichtet, operiert

dabei im nationalen, europäischen und internationalen Kontext und ist eng vernetzt mit verschiedenen behördlichen Partnern auf EU-, Bundes- und Landesebene (Krisenreaktionszentren, Zivil- und Umweltschutz), Nicht-Regierungsorganisationen (humanitäre Hilfsorganisationen) sowie Satellitenbetreibern und Weltraumorganisationen. Im Falle einer Notfallkartierung direkt nach einer Katastrophe werden in einem 24 Stunden / 7 Tage die Woche bestehenden Service vor allem Überblicks- und Schadenskarten erstellt. Die Auswertungen werden nach den spezifischen Bedürfnissen für nationale und internationale politische Bedarfsträger sowie Hilfsorganisationen durchgeführt.

Abbildung 6.14 zeigt die Prozesskette für eine im Krisenfall durchgeführte Notfallkartierung. Bei der Datenakquisition wird sowohl die Neuaufnahme von Satellitenbilddaten, als auch der Einsatz von Archivdaten koordiniert, um die Situation vor dem Krisenfall zu dokumentieren. Anhand der Archivdaten und der Neuaufnahmen wird das Schadenspotenzial und die aktuelle Situation analysiert. Nach diversen Vorprozessierungsschritten und der Analyse der Daten werden Produkte zur Koordinierung und zum Management von Hilfs- und Rettungseinsätzen zur Verfügung gestellt.

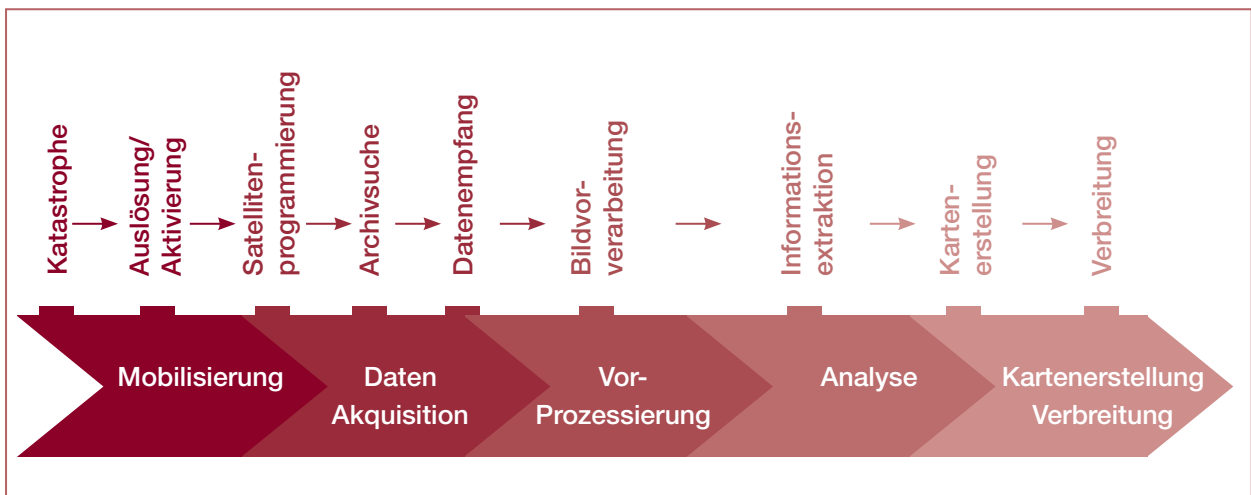


Abbildung 6.14: Von Fernerkundungsdaten zur Kriseninformation-Prozesskette einer Notfallkartierung (Rapid Mapping)

Anhand von Abbildung 6.15 wird beispielhaft ein Kriseninformationsprodukt für das Elbehochwasser im Großraum Dresden aus Fernerkundungsdaten aufgezeigt. Verschiedene Satellitenbilddaten wurden vor und nach der Katastrophe prozessiert und mit

zusätzlichen Geodaten – wie zum Beispiel Topographischen Karten – kombiniert. Die dargestellte Karte zeigt die Ableitung der Hochwasserflächen aus Fernerkundungsdaten und die Darstellung des Normalpegels und der Überflutungsflächen.

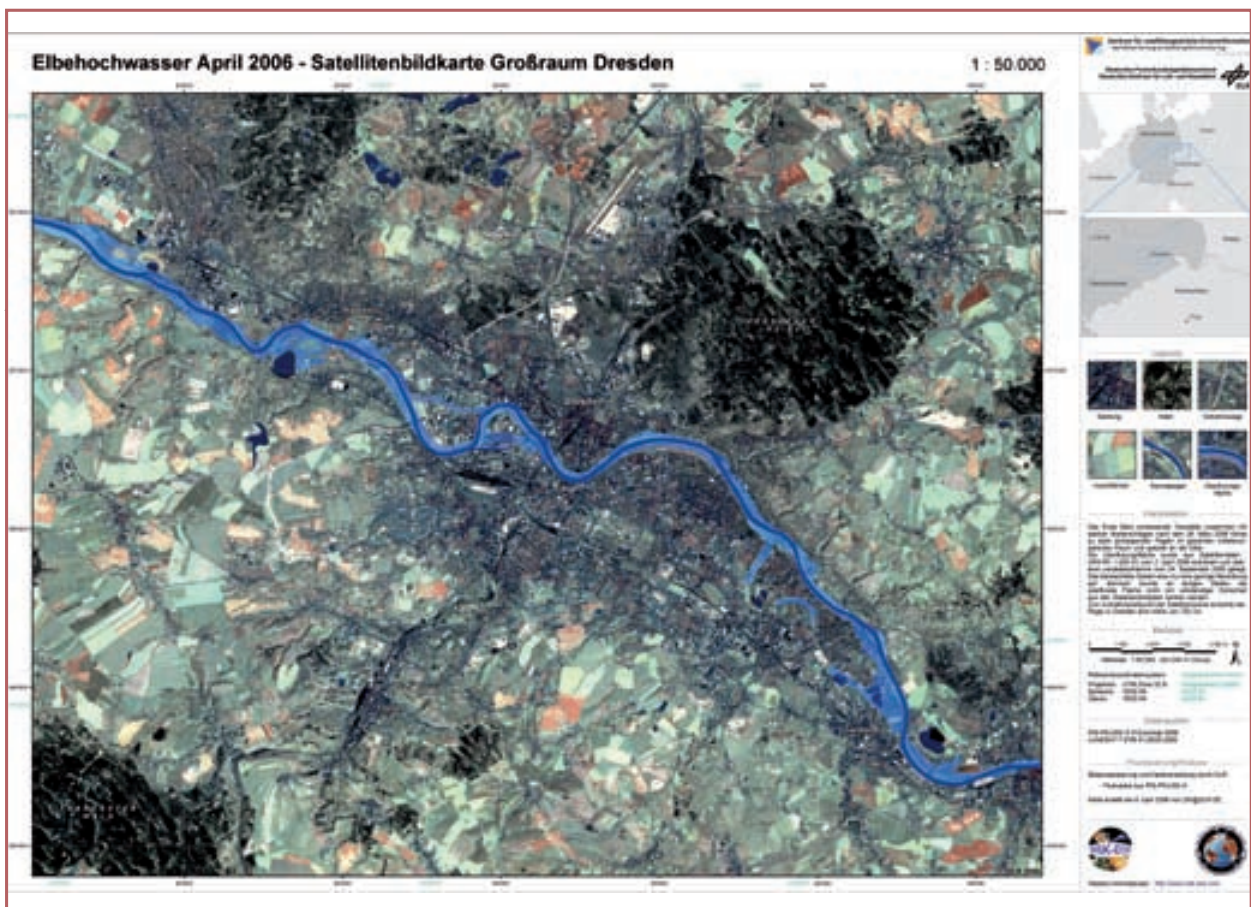


Abbildung 6.15: Elbehochwasser 2006 – Detektion von Überflutungsflächen im Großraum Dresden – abgeleitet von IRS-P6/ LISS III und visualisiert auf Landsat-7 ETM

6.3 Zusammenfassung

Die Abschätzung von Verwundbarkeit und Risiko *vor* sowie das Management *während* und *nach* einem Hochwasserereignis bedingt vielfältige Informationen und Entscheidungsstrukturen. So können die Auswirkungen einer Naturgefahr nach physischen, ökonomischen, demographischen, sozialen, ökologischen und nicht zuletzt politischen Gesichtspunkten analysiert werden. Die Fernerkundung ermöglicht es, in diesem komplexen Zusammenspiel unterschiedlichster Faktoren spezifische raumbezogene Informationen für Akteure, Entscheidungsträger und Politik zur Verfügung zu stellen. Dabei liegen die Möglichkeiten der Fernerkundung insbesondere darin, ereignisbezogene Expositionsabschätzungen vorzunehmen, Beiträge zur Ermittlung der sozialen Verwundbarkeit zu leisten sowie detaillierte, flächenhafte Aussagen zur physischen Verwundbarkeit des städtischen Raums zu treffen.

Die vielfältigen fernerkundlichen Datensätze weisen unterschiedliche Potenziale in Bezug auf die geometrische und thematische Tiefe der Produkte auf. Diese variiert von der Ableitung urbanisierter Flächen über die Schätzung der Überflutungsflächen bis hin zum detailscharfen Wissen über Bebauungsstrukturen oder Bevölkerungsverteilung auf Einzelhausniveau. Dementsprechend variieren auch die Kosten der Daten bzw. der Datenverarbeitung.

Die umfangreichen raumbezogenen Informationsprodukte dienen als Basis für eine nachhaltige Entwicklung und damit verbundene planerische Entscheidungen *vor* einem zu erwartenden Hochwasserereignis, aber auch zur strategischen Koordination und substantiellem Management basierend auf quantifizierbaren Aussagen *während* und *nach* einem Ereignis.

Anhang

7.1 Check-Liste 1: Notstromversorgung im Hochwasserfall

Die im Folgenden vorgestellte Check-Liste dient der Überprüfung der Hochwassersicherheit einer Notstromversorgung. Die Anwendung ist dann sinnvoll, wenn sich im Rahmen des Verwundbarkeitsassessments gezeigt hat, dass innerhalb der Bereiche Ihrer Kommune, die unter Annahme des Hochwasserszenarios einen Stromausfall erleiden würden, Objekte von besonderer Bedeutung zu finden sind, deren Stromversorgung in jedem Fall gewährleistet werden sollte. Dies können beispielsweise Seniorenheime oder auch Komponenten weiterer Infrastrukturen, wie etwa der Wasserver- oder -entsorgung, sein.

Die Einschätzungen, die die Überprüfung der Notstromversorgung mit der vorliegenden Check-Liste erlauben, gelten unter der Annahme, dass die Notstromversorgung entsprechend den geltenden technischen Regeln und Anschlussbedingungen installiert wurde. Die vorliegende Check-Liste weist ausschließlich auf hochwasserspezifische Probleme und Fragestellungen hin – allgemeine Hinweise zur Einrichtung von Notstromanlagen (zu unterschiedlichen Arten der Notstromversorgung, Dimensionierung, Wartung, Krisenmanagement usw.) werden bewusst ausgespart (für weiterführende Informationen siehe Literaturangaben am Ende der Check-Liste). Die Check-Liste ist also als eine auf ein Hochwasserereignis bezogene Ergänzung zur generellen Überprüfung der Notstromversorgung zu betrachten. Am Ende der Check-Liste finden Sie Informationen zur Bedeutung der Ergebnisse der Check-Listen für das Verwundbarkeitsassessment.

Grundsätzlich lässt sich zwischen zwei Formen der Notstromversorgung unterscheiden. Netzersatzanlagen (NEA) bestehen in der Regel aus Dieselaggregaten, liefern möglicherweise über einen längeren Zeit-

raum hinweg Energie, springen jedoch zumeist erst mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung an. Anders arbeiten unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV), welche über einen kürzeren Zeitraum hinweg Strom aus Akkus zur Verfügung stellen, jedoch lückenlose Notstromversorgung bieten. Häufig dienen USVs in erster Linie der Überbrückung des Zeitraums bis eine NEA anspringt. Ob ein Objekt mit einer NEA, einer USV oder einer Kombination aus beiden Typen besteht, ist abhängig von den jeweiligen Bedürfnissen. Gemäß diesen unterschiedlichen Voraussetzungen werden im Folgenden Fragebögen zu den Unterthemen ‚Technische Voraussetzungen und Unterbringung‘, ‚Vorbereitungsgrad der Mitarbeiter‘ sowie ‚Treibstoffbevoratung und Logistik‘ angeboten, welche sich entweder auf USV und NEA oder explizit auf eine der beiden Versorgungsarten beziehen.

Die rot gekennzeichneten Antwortalternativen deuten auf ein Problem hin, welches im Hochwasserfall das Risiko eines Ausfalls der Notstromversorgung erhöht. Diese sind mit Hilfe von Symbolen klassifiziert. Mit (!!!) gekennzeichnete Antwortalternativen haben einen unmittelbaren Ausfall bzw. ein Versagen der Notstromversorgung zur Folge oder weisen auf ein erhebliches Sicherheitsrisiko hin. Eine Kennzeichnung mit (!!) erhöht das Risiko erheblich – die Anlage könnte ausfallen, muss es aber nicht zwangsläufig. In jedem Fall sollte an den somit identifizierten Problemen gearbeitet werden, da die tatsächlichen Auswirkungen nicht absehbar sind. Nur ein vollständiges Bearbeiten der Liste mit positiver Beantwortung aller einzelnen Fragen kann zu einer insgesamt positiven Bewertung der Notstromversorgung auch im Hochwasserfall führen.

1. Themenbereich: Technische Voraussetzungen und Unterbringung

FRAGE 1: Verfügt die Komponente über eine Notstromanlage (NEA oder USV)?

- A) Nein > Es kann in diesem Fall keine Notstromversorgung geben. Allgemeine Hinweise zur Planung und Installation einer Notstromversorgung finden Sie in dem Leitfaden, auf den am Ende der Check-Liste hingewiesen wird. (!!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 2

FRAGE 2: Ist die Notstromanlage hochwassersicher untergebracht (nicht in Keller oder Tiefgarage, ggf. mit Hilfe von Objektschutzmaßnahmen geschützt, Akkus in druckwasserdichten Behältern)?

- A) Nein > Es ist nicht zu erwarten, dass die Notstromversorgung im Hochwasserfall funktionieren wird. (!!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 3

FRAGE 3: Ist sichergestellt, dass alle notstromversorgten Anschlüsse hochwassersicher angebracht sind (im ersten Stockwerk, unter der Decke...) oder im Hochwasserfall separat abgeschaltet werden können (getrennte bzw. trennbare Stromkreise)?

- A) Nein > Es ist nicht zu erwarten, dass die Notstromversorgung im Hochwasserfall richtig funktionieren wird. Darüber hinaus können unter Wasser liegende Anschlüsse erhebliche Gefahren für Mitarbeiter darstellen. (!!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 4

FRAGE 4: Sind, um ggf. Abschaltungen vornehmen zu können, alle notstromversorgten Stromanschlüsse und Endgeräte, sowie alle Schalter in den Stromverteilungsanlagen deutlich sichtbar gekennzeichnet und sind die Mitarbeiter über deren Bedeutung informiert?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt werden, dass alle notstromversorgten Steckdosen und Endgeräte sowie Schalter farblich gekennzeichnet und die Mitarbeiter über deren besondere Bedeutung informiert sind, damit keine unnötigen Geräte angeschlossen werden und umgekehrt alle wichtigen Geräte angeschlossen werden können. Anderenfalls ist die Dimensionierung der NEA ggf. im Ernstfall nicht ausreichend. Außerdem muss eine Abschaltung im Hochwasserfall schnell und sicher umgesetzt werden können, um Gefahren für die Mitarbeiter und eine Beschädigung der Technik zu verhindern. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 5

FRAGE 5: Ist die Anlage mit einer NEA ausgerüstet, die Startenergie benötigt?

- A) Nein > weiter mit Frage 7
B) Ja > weiter mit Frage 6

FRAGE 6: Steht die Startenergie der NEA sicher zur Verfügung (z.B. Batterie hochwassersicher untergebracht, regelmäßig getestet, manueller Anlasser erreichbar)?

- A) Nein > Es ist nicht zu erwarten, dass die NEA im Hochwasserfall richtig funktionieren wird. (!!!)
B) Ja > weiter mit Frage 7

2. Themenbereich: Vorbereitungsgrad der Mitarbeiter

FRAGE 7: Verfügt die Anlage über eine USV?

- A) Nein > weiter mit Frage 15
B) Ja > weiter mit Frage 8

FRAGE 8: Ist sichergestellt, dass die Mitarbeiter bemerken, dass die USV angesprungen ist (z.B. Alarm) ?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter bemerken, dass die USV angesprungen ist. Andernfalls würden die notwendigen Maßnahmen nicht eingeleitet und ggf. die wertvolle und begrenzte Zeit, in der die USV die Versorgung aufrecht erhalten kann, ungenutzt verschenkt. (!!)
> weiter mit Frage 9
B) Ja > weiter mit Frage 9

FRAGE 9: Wissen Sie, über welchen Zeitraum die USV die Versorgung der Komponente sicherstellen kann?

- A) Nein > Es ist wichtig, die Dauer der Versorgung der USV zu kennen, um die Pläne darüber, welche Maßnahmen nach dem Anspringen der USV ergriffen werden müssen, abstimmen zu können. (!!)
> weiter mit Frage 10
B) Ja > weiter mit Frage 10

FRAGE 10: Existieren Pläne darüber, welche Maßnahmen im Notfall nach dem Einschalten der USV durchzuführen sind (Benachrichtigung der Mitarbeiter, geordnetes Herunterfahren von Systemen, ...)?

- A) Nein > Es muss festgehalten werden, ob nach dem Anspringen der USV bestimmte Maßnahmen zu ergreifen sind. Nur so kann die oft begrenzte Laufzeit der USV sinnvoll ausgenutzt werden.(!!)
> weiter mit Frage 11
- B) Ja > weiter mit Frage 11

FRAGE 11: Kennen die Mitarbeiter diese Pläne und sind sich ihrer Aufgaben bewusst?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die Mitarbeiter über ihre Aufgaben und die allgemein beim Betrieb der USV erforderlichen Handlungsrountinen informiert sind. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
> weiter mit Frage 12
- B) Ja > weiter mit Frage 12

FRAGE 12: Werden Notfallsituationen, die den Betrieb unter USV Notstromversorgung nach sich ziehen, regelmäßig unter Mitwirkung der verantwortlichen Mitarbeiter geübt?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die entsprechenden Mitarbeiter die Maßnahmen, die während des Betriebs der USV notwendig sind, nicht nur in der Theorie kennen, sondern auch praktisch umsetzen können. (!!)
> weiter mit Frage 13
- B) Ja > weiter mit Frage 13

FRAGE 13: Werden diese Übungen evaluiert, um das Vorgehen laufend zu verbessern?

- A) Nein > Es bietet sich an, die Ergebnisse der Übungen zur Optimierung der Ergebnisse zu nutzen.
> weiter mit Frage 14
- B) Ja > weiter mit Frage 14

FRAGE 14: Ist zusätzlich zur USV auch der Betrieb einer NEA geplant?

- A) Nein > weiter mit Frage 31
- B) Ja > weiter mit Frage 15

FRAGE 15: Verfügt die Anlage über eine NEA, die manuell eingeschaltet werden muss?

- A) Nein > weiter mit Frage 25
- B) Ja > weiter mit Frage 16

FRAGE 16: Ist sichergestellt, dass die NEA sowie alle sonstigen Anlagen, die zur Inbetriebnahme erforderlich sind (z.B. Schaltanlagen), im Hochwasserfall zu erreichen sind? (Wege passierbar, elektrische Türen geöffnet, Gefährdungen für die Mitarbeiter ausgeschlossen, etc.)

- A) Nein > Es ist nicht zu erwarten, dass die NEA unter diesen Bedingungen funktionieren wird (!!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 17

FRAGE 17: Existieren Pläne darüber, wer für das Einschalten der NEA verantwortlich ist?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass jemand explizit für das Einschalten der NEA verantwortlich ist. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 18

FRAGE 18: Kennen die Mitarbeiter die Pläne und sind sich ihrer Aufgabe bewusst?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die für das Einschalten der NEA verantwortliche Person über ihre Aufgabe informiert ist. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 19

FRAGE 19: Werden im Hochwasserfall Bereitschaftsdienste eingerichtet, sodass immer mindestens einer der verantwortlichen Mitarbeiter vor Ort ist?

- A) Nein > Da nicht abzusehen ist, ob die Einschaltung der Notstromversorgung innerhalb der normalen Arbeitszeiten erfolgen muss, sollten im Hochwasserfall Bereitschaftsdienste eingerichtet werden, die diese Aufgabe übernehmen können. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 20

FRAGE 20: Sind die verantwortlichen Mitarbeiter darin geschult, zu entscheiden, ob die NEA anzuschalten ist?

- A) Nein > Es muss unbedingt sicher gestellt sein, dass die entsprechenden Personen in der Lage sind, diese Entscheidung zu treffen. Dies umfasst auch die Möglichkeit sich ggf. gegen ein Anschalten der NEA zu entscheiden, wenn beispielsweise Sicherheitsbedenken bei schnell steigendem oder unerwartet eindringendem Wasser zum Tragen kommen. Anderenfalls ist die Sicherheit der Mitarbeiter in Gefahr und die NEA kann im Ernstfall nicht funktionieren. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 21

FRAGE 21: Sind Mitarbeiter darin geschult, die Anschaltung der NEA technisch umzusetzen oder andere dazu anzuleiten?

- A) Nein > Es muss unbedingt sicher gestellt sein, dass die entsprechenden Personen in der Lage sind, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen. Anderenfalls kann die NEA im Erstfall nicht funktionieren. (!!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 22

FRAGE 22: Werden Notfallsituationen, die das Einschalten der NEA mit sich bringen, regelmäßig unter Mitwirkung der verantwortlichen Mitarbeiter geübt?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die entsprechenden Mitarbeiter die Maßnahmen, die zur Anschaltung der NEA notwendig sind, nicht nur in der Theorie kennen, sondern auch praktisch umsetzen können. Anderenfalls können gerade in ungewöhnlichen und zu einem gewissen Grad unberechenbaren Situationen, wie einem Hochwasser, Probleme entstehen. (!!)
- > weiter mit Frage 25
- B) Ja > weiter mit Frage 23

FRAGE 23: Sind Besonderheiten, die ggf. im Hochwasserfall zu bedenken sein könnten, Teil dieser Übungen (z.B. Finden und Anlegen von Schutzkleidung, sicheres Ausschalten des allgemeinen Stromkreises, um Unfälle und Kurzschlüsse zu verhindern, etc.)?

- A) Nein > Es bietet sich an, ggf. hochwasserspezifische Vorgehensweisen in die Übungen einfließen zu lassen. Ansonsten können im Hochwasserfall unvorhergesehene Probleme auftreten. (!!)
- > weiter mit Frage 24
- B) Ja > weiter mit Frage 24

FRAGE 24: Werden diese Übungen evaluiert, um das Vorgehen laufend zu verbessern?

- A) Nein > Es bietet sich an, die Ergebnisse der Übungen zur Optimierung der Ergebnisse zu nutzen.
- > weiter mit Frage 25
- B) Ja > weiter mit Frage 25

FRAGE 25: Existieren Pläne darüber, welche Maßnahmen im Notfall nach dem Einschalten der NEA durchzuführen sind (Benachrichtigung der Mitarbeiter, geordnetes Herunterfahren von Systemen, Sicherstellung der Treibstoffmenge,...)?

- A) Nein > Es muss festgehalten werden, ob nach dem Anspringen der NEA bestimmte Maßnahmen zu ergreifen sind. Nur so kann die oft begrenzte Laufzeit der NEA im Hochwasserfall sinnvoll ausgenutzt werden. (!!)
- > weiter mit Frage 27
- B) Ja > weiter mit Frage 26

FRAGE 26: Kennen die Mitarbeiter diese Pläne und sind sich ihrer Aufgaben bewusst?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die Mitarbeiter über ihre Aufgaben und die allgemein beim Betrieb der NEA erforderlichen Handlungsroutinen informiert sind. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
> weiter mit Frage 27
- B) Ja > weiter mit Frage 27

FRAGE 27: Werden Notfallsituationen, die den Betrieb unter Notstromversorgung mit sich bringen, regelmäßig unter Mitwirkung der verantwortlichen Mitarbeiter geübt?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die entsprechenden Mitarbeiter die Maßnahmen, die während des Betriebs der NEA notwendig sind, nicht nur in der Theorie kennen, sondern auch praktisch umsetzen können. (!!)
> weiter mit Frage 29
- B) Ja > weiter mit Frage 28

FRAGE 28: Werden diese Übungen evaluiert, um das Vorgehen laufend zu verbessern?

- A) Nein > Es bietet sich an, die Ergebnisse der Übungen zur Optimierung der Ergebnisse zu nutzen.
> weiter mit Frage 29
- B) Ja > weiter mit Frage 29

FRAGE 29: Wissen die Mitarbeiter für wie lange die NEA betrieben werden kann bzw. soll? Gibt es einen Plan, der regelt, was passieren soll, wenn dieser Zeitraum erreicht wird?

- A) Nein > Es sollte auch darüber nachgedacht werden, wie lange die Aufrechterhaltung des Betriebs unter Notstromversorgung im Hochwasserfall sinnvoll ist.
> weiter mit Frage 30
- B) Ja > weiter mit Frage 30

FRAGE 30: Sind die Mitarbeiter dazu angewiesen den Betrieb der NEA zu überwachen (Funktionsfähigkeit von Kühlung, Lüftung, Abgasführung usw.)?

- A) Nein > Bei längerfristigem Notstrombetrieb sollten die Anlagen regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüft werden. Es können hinsichtlich der Lüftung und Abgasführung hochwasserspezifische Probleme auftreten, die den Betrieb der Notstromversorgung erschweren oder unmöglich machen.
> weiter mit Frage 31
- B) Ja > weiter mit Frage 31

FRAGE 31: Ist bekannt, ab welchem Pegelstand auch der Notstrom, den NEA bzw. USV liefern, ausfällt bzw. ausgeschaltet werden muss (ab wann die ersten Anschlüsse oder die Anlage selbst überflutet werden)?

- A) Nein > Sollte das Hochwasser höher steigen, als bei der Planung der Notstromversorgung angenommen wurde, so kann auch der Notstrom hochwasserbedingt ausfallen. Diese Möglichkeit sollte im Interesse der Sicherheit von Personal und Technik in Betracht gezogen werden.
> weiter mit Frage 32
- B) Ja > weiter mit Frage 32

FRAGE 32: Ist in Plänen festgelegt, wann (ab welchem Pegelstand) die Abschaltung der Notstromversorgung und ggf. der Ausbau bestimmter Teile der Anlage in Erwägung gezogen werden müssen?

- A) Nein > Um Missverständnisse zu vermeiden, sollten die Mitarbeiter auf Pläne zum Umgang mit dieser Situation zurückgreifen können.
> weiter mit Frage 36
- B) Ja > weiter mit Frage 33

FRAGE 33: Kennen die Mitarbeiter diese Pläne und sind sich möglicher Gefahren bewusst?

- A) Nein > Es sollte unbedingt sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter über ihre Aufgaben und die Gefahren, die im Hochwasserfall entstehen können, informiert sind.
> weiter mit Frage 34
- B) Ja > weiter mit Frage 34

FRAGE 34: Ist sichergestellt, dass die Mitarbeiter den aktuellen Pegelstand kennen (Anzeigetafel, Alarm, etc.)?

- A) Nein > Die Pläne sind nicht anwendbar, wenn dem Personal die diesen zu Grunde liegenden Informationen nicht zur Verfügung stehen.
> weiter mit Frage 35
- B) Ja > weiter mit Frage 35

FRAGE 35: Ist sichergestellt, dass die Mitarbeiter zu diesem Zeitpunkt die Abschaltung noch durchführen können (z. B. sicheres, gefahrloses Erreichen der Anlage)?

- A) Nein > Sollte der Notstrom nicht mehr abschaltbar sein, so wird das Hochwasser ab einem bestimmten Wasserstand ggf. die notstromversorgten Anschlüsse und Endgeräte erreichen. Dies kann eine für Personal und Technik gefährliche Situation bedeuten.
> weiter mit Frage 36
- B) Ja > weiter mit Frage 36

FRAGE 36: Sollte die Notstromversorgung im Hochwasserfall überraschend nicht funktionieren, ist sichergestellt, dass technische Unterstützung verfügbar ist und die Mitarbeiter wissen, an wen sie sich wenden können?

A) Nein

> Sollte die Notstromversorgung überraschend nicht funktionieren, so ist es hilfreich bereits im Vorfeld festzulegen, an welche Stellen sich die Mitarbeiter wenden können (Wartungsdienst, Techniker vor Ort, Herstellerfirma, etc.). Bei Eintritt eines Hochwassers kann ggf. für das Suchen von Telefonnummern keine Zeit bleiben oder keine Gelegenheit mehr sein.

B) Ja

> weiter mit Frage 37

> weiter mit Frage 37

Sollte Ihre Anlage über eine NEA verfügen, fahren Sie bitte mit **FRAGE 37** fort. Sollte die Anlage lediglich über eine USV verfügen, so ist die Check-Liste an dieser Stelle beendet (alle weiteren Fragen stellen

sich nur bei Betrieb einer NEA). In diesem Fall können Sie alle weiteren Fragen überspringen und direkt die Hinweise am Ende der Check-Liste betrachten.

3. Themenbereich: Treibstoffbevoratung und Logistik

163

FRAGE 37: Wissen Sie, wie lange die Treibstoffbevorratung ohne Nachbetankung ausreicht, um die Notstromversorgung der Anlage im benötigten Umfang zu gewährleisten? Kennen Sie den Verbrauch der Notstromversorgung im Vollastbetrieb?

A) Nein

> Es ist wichtig die Dauer der Versorgung der NEA zu kennen, um die Pläne darüber, welche Maßnahmen nach dem Anspringen der NEA ergriffen werden müssen, abstimmen zu können. (!!)

B) Ja

> weiter mit Frage 38

> weiter mit Frage 38

FRAGE 38: Ist sichergestellt, dass die Treibstofftanks immer voll sind (Nachtanken nach Übungen oder Einsätzen)?

A) Nein

> Wenn die Tanks nicht vollständig gefüllt sind, so ist die Berechnung des Zeitraums, während dessen die NEA arbeiten kann, ggf. nicht zutreffend. (!!)

B) Ja

> weiter mit Frage 39

> weiter mit Frage 39

FRAGE 39: Ist es geplant, die NEA über die Dauer der Laufzeit einer Tankfüllung hinaus zu betreiben, d. h. muss ggf. nachgetankt werden?

- A) Nein > Alle weiteren Fragen entfallen.
> Ende der Check-Liste
- B) Ja > weiter mit Frage 40

FRAGE 40: Wird der dazu benötigte Treibstoff vor Ort vorgehalten?

- A) Nein > weiter mit Frage 42
- B) Ja > weiter mit Frage 41

FRAGE 41: Ist der Treibstoff hochwassersicher gelagert und kann die Betankung auch im Hochwasserfall erfolgen (Erreichen des Tanks, Gefahr für Mitarbeiter und für die Umwelt ausgeschlossen, etc.)?

- A) Nein > Es besteht die Gefahr, dass entweder die Betankung im Hochwasserfall nicht funktioniert oder der Treibstoff eine Gefahr für Personal und Umwelt darstellt. (!!)
> weiter mit Frage 42
- B) Ja > weiter mit Frage 42

FRAGE 42: Existieren Pläne darüber, wer im Notfall für das Nachtanken der NEA verantwortlich ist?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass jemand explizit für das Nachtanken der NEA verantwortlich ist. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
> weiter mit Frage 44
- B) Ja > weiter mit Frage 43

FRAGE 43: Kennen die Mitarbeiter die Pläne und sind sich ihrer Aufgabe bewusst?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die für das Nachtanken der NEA verantwortlichen Personen über ihre Aufgabe informiert sind. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen. (!!)
> weiter mit Frage 44
- B) Ja > weiter mit Frage 44

FRAGE 44: Ist im Hochwasserfall ein Bereitschaftsdienst eingerichtet, der diese Aufgabe übernehmen kann?

- A) Nein > Da nicht abzusehen ist, ob die Nachbetankung der NEA innerhalb der normalen Arbeitszeiten erfolgen muss, sollten im Hochwasserfall Bereitschaftsdienste eingerichtet werden, die diese Aufgabe übernehmen können. (!!)
> weiter mit Frage 45
- B) Ja > weiter mit Frage 45

FRAGE 45: Existieren Pläne und Verträge mit externen Dienstleistern, die auch im Hochwasserfall Treibstoff nachliefern?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass Verträge oder Absprachen mit einem Dienstleister getroffen wurden, der die Nachbetankung im Hochwasserfall übernimmt. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 46
> weiter mit Frage 46

FRAGE 46: Ist sichergestellt, dass externe Dienstleister im Hochwasserfall das Gelände erreichen können (elektrische Tore geöffnet, Straßen passierbar, ...)?

- A) Nein > Es muss unbedingt gesichert sein, dass der Dienstleister das Gelände erreicht. Anderenfalls kann die Nachbetankung nicht wie geplant ablaufen. (!!)
- B) Ja > weiter mit Frage 47
> weiter mit Frage 47

FRAGE 47: Existieren Pläne darüber, wer im Notfall die Lieferung organisiert (Dienstleister anrufen, Zutritt zu Gebäuden verschaffen, etc.)?

- A) Nein > Ende der Checkliste
- B) Ja > Ende der Check-Liste

ERBEBNIS:

Sollten alle Fragen in positivem Sinne beantwortet worden sein, so scheinen nicht nur die technischen Voraussetzungen und die Unterbringung der NEA, sondern auch der Vorbereitungsstand des Personals und die Treibstoffbevoratung und Logistik gute Ausgangsvoraussetzungen für das Funktionieren der Notstromversorgung und eine sinnvolle Nutzung der Laufzeit zu bieten. Sollten sich bei der Beantwortung

Probleme gezeigt haben, so sollte die Check-Liste als Diagnoseinstrument verwendet und die Probleme angegangen werden. Sie sollten dennoch darüber nachdenken, wie die Notfallpläne im Fall eines trotz aller Vorsichtsmaßnahmen möglichen Stromausfalls aussehen müssten. Ein Hochwasser birgt Unsicherheiten und ist von vielen vielleicht noch nicht erkannten Problemen begleitet.

Bedeutung der Ergebnisse der Check-Liste für das Verwundbarkeitsassessment

Mit Hilfe der vorliegenden Check-Liste zur Überprüfung der technischen Voraussetzungen, des Vorbereitungsgrades der Mitarbeiter und, im Fall der NEA, der Logistik und Treibstoffbevoratung, konnten Sie sich einen Überblick darüber verschaffen, wie gut die Vorbereitungen hinsichtlich der Notstromversorgung im Hochwasserfall ist. Die Ergebnisse sollen in das Verwundbarkeitsassessment in der Form eingehen, dass sie dabei helfen, die Funktionsanfälligkeit bestimmter Komponenten näher zu bestimmen. Sollte

ein pauschaler Funktionsausfall bei vorausgesetzter Exposition zu stark generalisiert sein und die Notstromversorgung nach Durchlaufen der Check-Liste positiv bewertet werden können, so kann auf dieser Grundlage eine Neubewertung stattfinden. Es ist zu beachten, dass nur ein vollständiges Durchführen der Check-Liste und die Beseitigung aller Probleme ein wirklich aussagekräftiges Ergebnis bedeuten können.

Weitere Informationen

Sollten Sie weitere Informationen wünschen, so können diese folgenden Quellen entnommen werden.

Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) (2006): Hinweise zur Ausführung von Ersatzstromanlagen in öffentlichen Gebäuden. Berlin. (zu beziehen über die AMEV-Homepage: www.amev-online.de)

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastro-

phenhilfe (BBK) (2006): Leitfaden für die Einrichtung und den Betrieb einer Notstromversorgung in Behörden und anderen öffentlichen Einrichtungen. (online abrufbar über die BBK-Homepage: www.bbk.bund.de)

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2006): Schutz der Technischen Gebäudeausrüstung. Hochwasser. Gebäude, Anlagen, Einrichtungen. (=VDI Richtlinie 6004).

7.2 Check-Liste 2: Organisatorische Bedingungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung

Die Check-Liste kommt zur Ermittlung der organisatorischen Bedingungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung zum Einsatz. Es bietet sich an, die Check-Liste entweder mit den Betreibern zusammen durchzusprechen oder die Liste mit der Bitte an die Betreiber zu geben, sich bei der Beantwortung der Assessment-Frage an der Check-Liste zu orientieren. Es ist explizit darauf hinzuweisen, dass die Check-Liste keine Anweisung zur Einrichtung eines Krisenmanagement-Plans sein kann und sich lediglich auf die Ersetzbarkeit einer Komponente im Hochwasserfall bezieht. Nur wenn darüber hinaus gehende Planungen, wie die Einrichtung eines 24h-Dienstes o.ä. im Rahmen eines allgemeinen Krisenmanagements funktioniert, kann das Hochwasserereignis gemeistert werden. Sollten Sie weitere Informationen zur Erarbeitung eines umfassenderen Risiko- und Krisenmanagements wünschen, so wird am Ende dieser Check-Liste auf weiterführende Literatur verwiesen.

Es wurde bei der Erstellung der Check-Liste bewusst

auf eine Quantifizierung verzichtet, da die Antworten nicht für ein anteilmäßiges Umsetzen der Maßnahmen sprechen können. Die Umsetzung wird zu einer vollständigen, teilweisen oder im ungünstigsten Fall zu keiner Ersetzung der ausfallenden Leistung führen, doch diese Aussagen können nur vom Betreiber nach Berücksichtigung aller in der Check-Liste angesprochenen Aspekte getroffen werden. Die rot gekennzeichneten Antwortalternativen deuten auf ein Problem hin, welches im Hochwasserfall das Risiko, Maßnahmen zur Ersetzbarkeit nicht umsetzen zu können, erhöht.

Die Check-Liste kann über den Beitrag zum Assessment hinaus auch als Diagnosewerkzeug betrachtet werden, welches die Schwachstellen im Krisenmanagement hinsichtlich der Umsetzbarkeit von Maßnahmen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung aufzudecken vermag. Zur Verbesserung der Situation sollte demnach an den Stellen angesetzt werden, an denen eine negative Beantwortung der Fragen erfolgte.

FRAGE 1: Sind die Mitarbeiter über die Hochwassergefährdung der Komponente informiert?

A) Nein

> Die Mitarbeiter sollten über die möglichen Gefahren durch Hochwasser aufgeklärt werden.

B) Ja

> weiter mit Frage 2
> weiter mit Frage 2

FRAGE 2: Sind die Mitarbeiter darüber informiert, dass im Hochwasserfall ein Funktionsausfall der Komponente droht?

A) Nein

> Die Mitarbeiter sollten über den möglichen Funktionsausfall durch die Einwirkung des Hochwassers aufgeklärt werden.

B) Ja

> weiter mit Frage 3
> weiter mit Frage 3

FRAGE 3: Existieren Pläne darüber, welche Maßnahmen im Fall eines Funktionsausfalls zu ergreifen sind, um die ausfallende Leistung zu ersetzen?

A) Nein

> Das Ersetzen ausfallender Leistung baut häufig auf komplizierten Berechnungen auf, welche die Kapazität und die Auslastung von anderen Komponenten und dem Leitungsnetz einbeziehen müssen. Wenn diese Überlegungen bereits im Vorfeld angestellt wurden, kann dadurch die Vorbereitung auf einen tatsächlichen Funktionsausfall erheblich verbessert werden. (!!!)

> weiter mit Frage 14

B) Ja

> weiter mit Frage 4

FRAGE 4: Ist in diesen Plänen der Funktionsausfall weiterer vom Hochwasser betroffener Komponenten eingeplant?

A) Nein

> Sollten die Pläne nur für den Ausfall einer einzelnen Komponente vorgesehen sein, so können diese ggf. im Hochwasserfall nicht angewendet werden. Es ist möglich, dass in diesen Plänen als funktionstüchtig eingestufte Komponenten im Hochwasserfall bereits abgeschaltet sind. Es ist demnach entscheidend, alle potenziell betroffenen Komponenten in die Pläne mit einzubeziehen.

> weiter mit Frage 5

B) Ja

> weiter mit Frage 5

FRAGE 5: Ist in diesen Plänen eindeutig geregelt, wer die Verantwortung dafür hat, diese Maßnahmen zu ergreifen?

A) Nein

> Es sollte geklärt sein, wessen Aufgabe die Durchführung der Maßnahmen ist. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse auftreten.

> weiter mit Frage 6

B) Ja

> weiter mit Frage 6

FRAGE 6: Kennen die Mitarbeiter diese Pläne und sind sich ihrer Aufgabe bewusst?

A) Nein

> Es sollte geklärt sein, dass die Mitarbeiter sich ihrer Aufgaben bewusst sind. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse auftreten.

> weiter mit Frage 7

B) Ja

> weiter mit Frage 7

FRAGE 7: Sind die Mitarbeiter dafür ausgebildet, diese Maßnahmen zu ergreifen oder andere dazu anzuleiten?

- A) Nein > Es muss unbedingt sicher gestellt sein, dass die entsprechenden Personen in der Lage sind, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen. Anderenfalls kann die Ersetzbarkeit im Ernstfall nicht umgesetzt werden.
> weiter mit Frage 8
- B) Ja > weiter mit Frage 8

FRAGE 8: Existieren Pläne darüber, wann diese Maßnahmen zu ergreifen sind (z.B. abhängig vom Pegelstand)?

- A) Nein > Es muss unbedingt sichergestellt sein, dass die entsprechenden Personen wissen, wann bestimmte Maßnahmen zu treffen sind. Anderenfalls kann die Ersetzbarkeit im Ernstfall ggf. nicht umgesetzt werden.
> weiter mit Frage 9
- B) Ja > weiter mit Frage 14

FRAGE 9: Kennen die Mitarbeiter diese Pläne?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die Mitarbeiter über die Pläne und darin festgelegten Zeitpläne und Handlungsrountinen informiert sind. Anderenfalls können im Hochwasserfall Missverständnisse entstehen.
> weiter mit Frage 10
- B) Ja > weiter mit Frage 10

FRAGE 10: Können sich die Mitarbeiter im Hochwasserfall laufend über den Pegelstand informieren?

- A) Nein > Wenn es keine Möglichkeit gibt, sich über den Pegelstand zu informieren, können die Mitarbeiter pegelstandsabhängige Maßnahmen nicht entsprechend durchführen.
> weiter mit Frage 11
- B) Ja > weiter mit Frage 11

FRAGE 11: Werden die Maßnahmen, die im Fall eines Funktionsausfalls der Komponente ergriffen werden müssen, regelmäßig unter Mitwirkung der verantwortlichen Mitarbeiter geübt?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt sein, dass die entsprechenden Mitarbeiter die Maßnahmen, die zur Umsetzung der Ersetzbarkeit notwendig sind, nicht nur in der Theorie kennen, sondern auch praktisch umsetzen können.
> weiter mit Frage 14
- B) Ja > weiter mit Frage 12

FRAGE 12: Werden in diesen Übungen hochwasserspezifische Fragestellungen berücksichtigt (z.B. Auffinden und Anlegen von Schutzkleidung)?

- A) Nein > Es bietet sich an, Herausforderungen, die im Hochwasserfall eine Rolle spielen, bei Übungen mitzubedenken. Anderenfalls können bei Eintritt eines Hochwassers unvorhergesehene Probleme auftreten.
> weiter mit Frage 13
- B) Ja > weiter mit Frage 13

FRAGE 13: Werden diese Übungen evaluiert, um das Vorgehen laufend zu verbessern?

- A) Nein > Es bietet sich an, die Ergebnisse der Übungen zur Optimierung der Ergebnisse zu nutzen.
> weiter mit Frage 14
- B) Ja > weiter mit Frage 14

FRAGE 14: Können die Maßnahmen, die im Fall eines (drohenden) Funktionsausfalls ergriffen werden müssen, über Fernwirktechnik umgesetzt werden?

- A) Nein > weiter mit Frage 18
- B) Ja > weiter mit Frage 15

FRAGE 15: Wird die Fernwirktechnik regelmäßig gewartet und ggf. repariert?

- A) Nein > Es sollte sichergestellt werden, dass die Fernwirktechnik regelmäßig gewartet und ggf. die Technik erneuert wird.
> weiter mit Frage 16
- B) Ja > weiter mit Frage 16

FRAGE 16: Ist sichergestellt, dass die Verbindung der Fernwirktechnik unter den Bedingungen eines Hochwasserereignisses intakt ist (Stromabhängigkeit? Empfindlichkeit gegenüber Wasser?)?

- A) Nein > Es ist nicht sichergestellt, dass sich die Maßnahmen zur Umsetzung von Ersetzbarkeit im Hochwasserfall umsetzen lassen.
> weiter mit Frage 17
- B) Ja > weiter mit Frage 17

FRAGE 17: Können die Maßnahmen auch an der Komponente selbst umgesetzt werden?

- A) Nein > Ende der Check-Liste
- B) Ja > weiter mit Frage 18

FRAGE 18: Ist sichergestellt, dass der Mitarbeiter unter Hochwasserbedingungen und zu dem Zeitpunkt, an dem die Maßnahmen ergriffen werden müssen, die Komponente erreicht (Fahrzeug bereitgestellt? Zufahrtswege noch passierbar? Gefahr für den Mitarbeiter ausgeschlossen?)?

A) Nein

> Wenn der Mitarbeiter die Komponente im Hochwasserfall nicht sicher erreichen kann, so besteht die Gefahr, dass die Maßnahmen zur Umsetzung der Ersetzbarkeit nicht durchgeführt werden können.

B) Ja

> Ende der Check-Liste

> Ende der Check-Liste

Bedeutung der Ergebnisse der Check-Listen für das Verwundbarkeitsassessment

Mit Hilfe der vorliegenden Check-Liste zur Überprüfung der organisatorischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall konnten Sie sich einen Überblick darüber verschaffen, wie gut die organisatorischen und logistischen Vorbereitungen sind. Die Ergebnisse sollen in das Verwundbarkeitsassessment einfließen, indem sie bei der Beantwortung der Frage danach, in welchem Umfang das Personal dazu in der Lage ist, die technischen Möglichkeiten zur Ersetzbarkeit zu nutzen, behilflich sind. Sollten sich große Lücken auf tun, so

kann vermutlich nicht davon ausgegangen werden, dass die Umsetzung der Maßnahmen reibungslos funktionieren wird. Sollte eine durchweg positive Beantwortung der Fragen in der Check-Liste erfolgen, so kann dies als ein Zeichen dafür gewertet werden, dass die Mitarbeiter in der Lage sind, die technischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen. Es ist zu beachten, dass nur ein vollständiges Durchlaufen der Check-Liste und die Beseitigung aller Probleme ein wirklich aussagekräftiges Ergebnis bedeuten können und ein Hochwasser immer Unsicherheiten.

Weitere Informationen

Bundesministerium des Inneren (BMI) (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.

7.3 Beispiele zum Verwundbarkeitsassessment von Strom- und Trinkwasserversorgung

In den folgenden Ausführungen sollen die einzelnen Schritte auf dem Weg zu einem Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung anhand von fiktiven Beispielen illustriert werden. Die

Beispiele sind zur Anwendung des Leitfadens nicht unbedingt notwendig, sie erleichtern jedoch das Verständnis.

1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Dieser Schritt ist in Kapitel 2.1.3 beschrieben.

2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse

BEISPIEL 1:

Für die fiktive Kommune A ergibt sich hinsichtlich der Stromversorgung folgende Liste (*siehe Abbildung 7.1*).

Teilprozesse und Komponenten der Stromversorgung in A				
Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzeleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
0	1) Umspannwerk 'Auenweg (I)'	1) Umspannwerk 'Auenweg (II)' 2) Umspannwerk 'Waldrand'	0	Insgesamt 100

Abbildung 7.1: Bestimmung der Teilprozesse und Komponenten in A

(Aufgrund der mit der Größe der Gemeinde immer höher werdenden Zahl der Netzstationen wurden diese nicht alle einzeln in der Liste aufgeführt. Bei kleinen Kommunen kann dies jedoch sinnvoll sein. Je nachdem, ob die Datenlage es zulässt, können auch die Kabelschränke in die Liste aufgenommen werden. In A müssen die Komponenten Netzeleitstelle und Kraftwerke nicht weiter betrachtet werden.

BEISPIEL 2:

In der fiktiven Gemeinde B ergibt sich für die Stromversorgung das folgende Bild (siehe Abbildung 7.2).

Teilprozesse und Komponenten der Stromversorgung in B				
Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
1) Kraftwerk 'Mühlenberg'	1) Umspannwerk 'Am Weiher'	1) Umspannwerk 'Hauptstraße' 2) Umspannwerk 'Ortsausgang' 3) Umspannwerk 'Waldweg' 1) Umspannwerk 'Stadion'	1) Zentrale	Insgesamt 500

Abbildung 7.2: Bestimmung der Teilprozesse und Komponenten in B
(In B müssen alle aufgeführten Komponenten/ Teilprozesse betrachtet werden.)

3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

BEISPIEL 1:

Im Fall von A ergibt sich nach diesem Schritt hinsichtlich der Stromversorgung folgendes Bild (siehe Abbildung 7.3).

Teilprozesse und Komponenten der Stromversorgung in A				
Kraftwerke	Umspannwerke (Höchstsp. ► Hochsp.)	Umspannwerke (Hochsp. ► Mittelsp.)	Netzleitstelle	Netzstationen (Mittelsp. ► Niedersp.)
0	1) Umspannwerk 'Auenweg (I)'	1) Umspannwerk 'Auenweg (II)' 2) Umspannwerk 'Waldrand'	0	Insgesamt 100 Insgesamt 25

Abbildung 7.3: Bestimmung des Expositionsgrades in A
(Eines der Umspannwerke ist nicht exponiert und muss daher nicht weiter betrachtet werden. Da jedoch ein weiteres exponiert ist, muss der Teilprozess insgesamt weiter überprüft werden. Gleiches gilt für den Teilprozess Umspannen auf Niederspannung – zwar können viele der einzelnen Netzstationen als nicht exponiert gelten, doch der Teilprozess als Ganzer muss weiter betrachtet werden. Alle weiteren Komponenten und Teilprozesse werden den nächsten Assessment-Schritten unterzogen.)

BEISPIEL 2:

In der Stadt B ergibt sich für die Stromversorgung folgende Situation (siehe Abbildung 7.4).

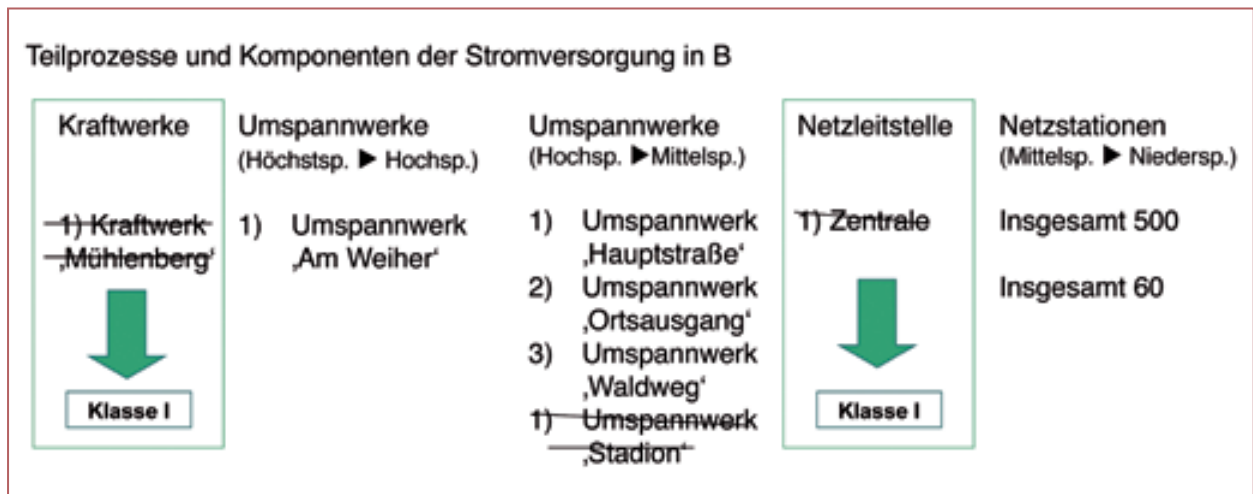


Abbildung 7.4: Bestimmung des Expositionsgrades in B

(Aus dieser Liste geht hervor, dass das Kraftwerk und die Netzleitstelle in den weiteren Assessment-Schritten nicht mehr berücksichtigt werden müssen, sondern die gesamten Teilprozesse der Verwundbarkeitsklasse I angehören.)

4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit der exponierten Komponenten

174

BEISPIEL 1:

Nach diesem Assessment-Schritt ergibt sich für die Kommune A folgende Situation (siehe Abbildung 7.5).

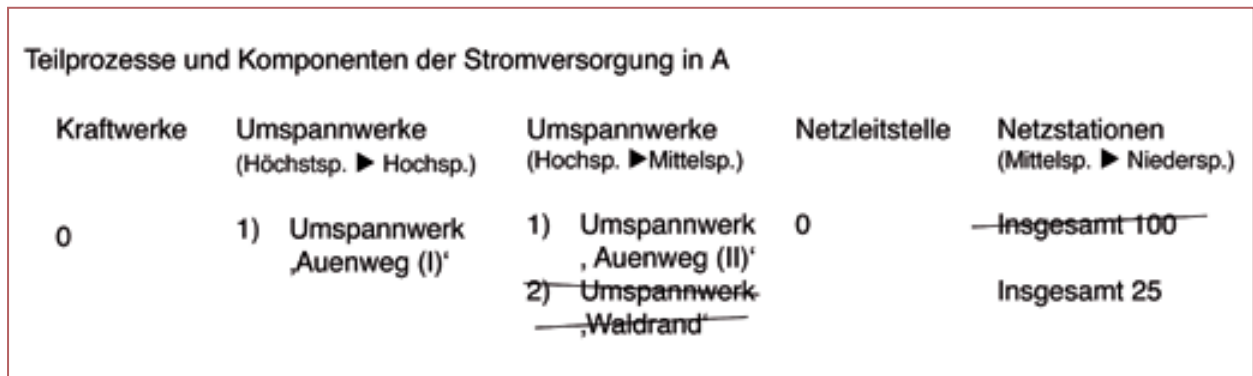


Abbildung 7.5: Bestimmung der Funktionsfähigkeit der exponierten Komponenten in A

(Leider kann A keine Komponente der Stromversorgung aus der Liste streichen – Komponenten aller Teilprozesse sind von einem Funktionsausfall bedroht.)

BEISPIEL 2:

In B kann nach diesem Assessment-Schritt, wie in der Abbildung zu sehen ist, ein weiterer Teilprozess gestrichen werden (siehe Abbildung 7.6).

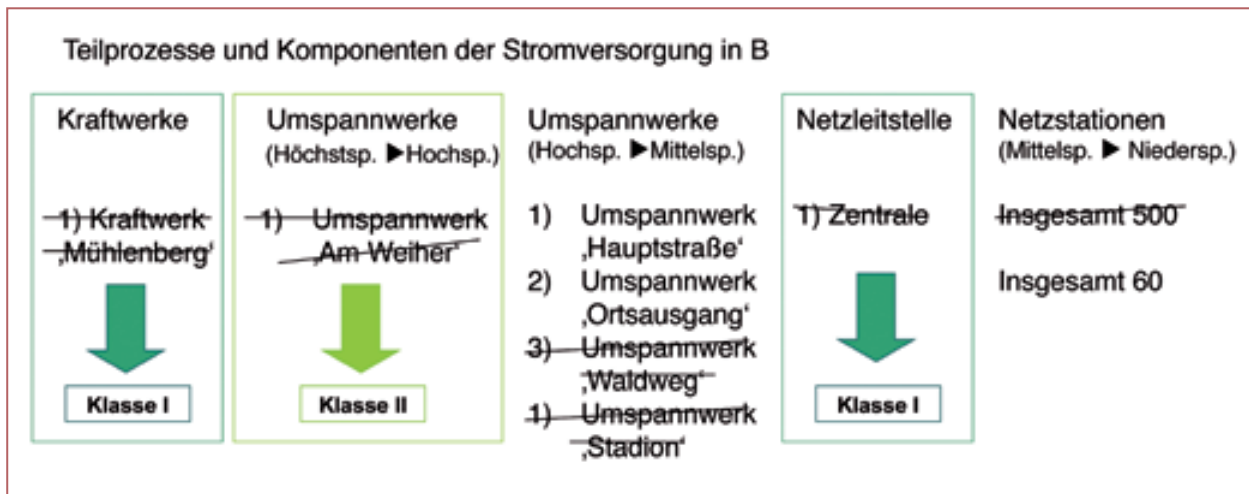


Abbildung 7.6: Bestimmung der Funktionsfähigkeit der exponierten Komponenten in B

(In B sind zwei der exponierten Umspannwerke durch Objektschutzmaßnahmen geschützt worden. Sie werden unter den Bedingungen des angenommenen Szenarios nicht ausfallen und können daher aus der Liste gestrichen werden. Der Teilprozess Umspannung von Höchst- auf Hochspannung kann daher in Klasse II eingeordnet werden. Der Teilprozess Umspannung von Hoch- auf Mittelspannung muss jedoch weiterhin im Assessment berücksichtigt werden, da zwei weitere Komponenten möglicherweise von einem Ausfall betroffen sind.)

5. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen

BEISPIEL 1:

Hinsichtlich der technischen Machbarkeit der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung ist die Situation in A folgende (siehe Abbildung 7.7).

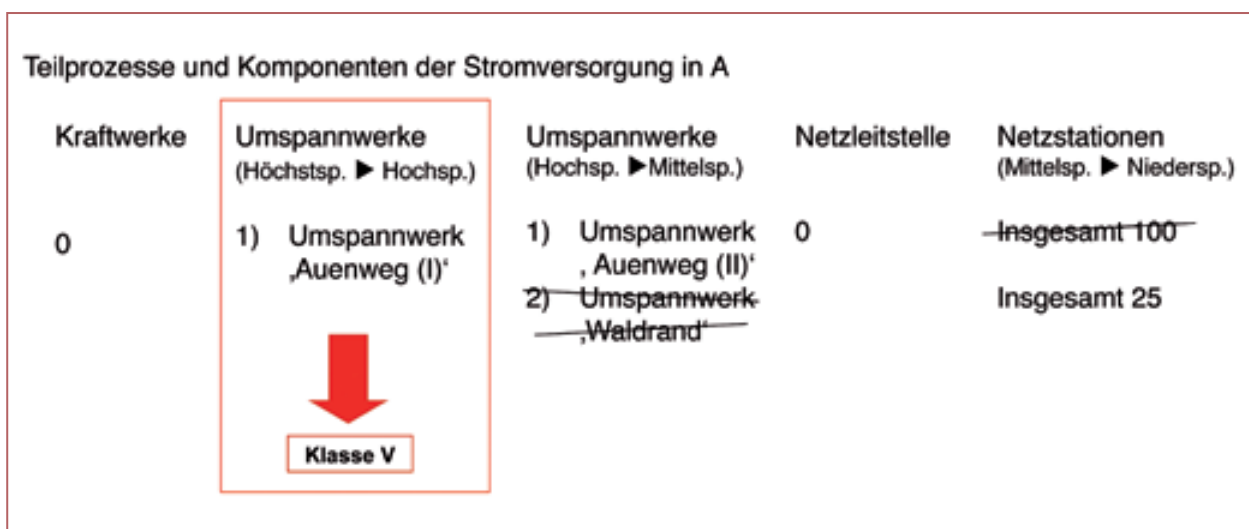


Abbildung 7.7: Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen in A

(In A zeigt sich hinsichtlich der Stromversorgung ein Problem: Beide in direkter Nähe zueinander liegenden Umspannwerke Auenweg I und II sind exponiert und funktionsanfällig. Zusätzlich ist das Umspannwerk Auenweg I nicht ersetzbar, während das Umspannwerk Auenweg I teilweise ersetzbar ist. Die 25 Netzstationen sind zum Teil ersetzbar, zum Teil ist mit Ausfällen zu rechnen.)

BEISPIEL 2:

In B ergibt sich die folgende Situation nach dem 5. Schritt (siehe Abbildung 7.8).

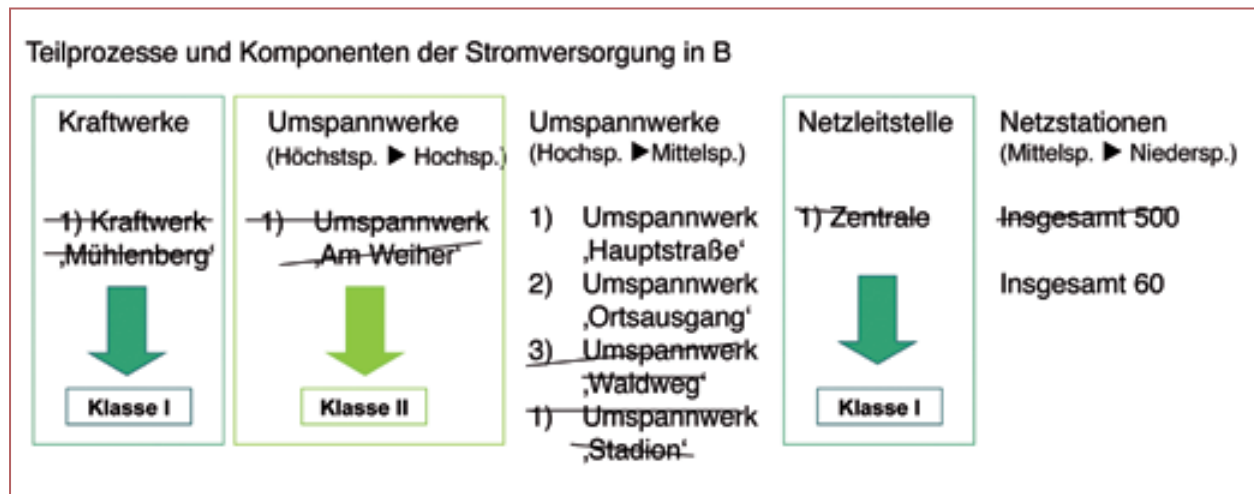


Abbildung 7.8: Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen in B

(In B sieht die Situation der Stromversorgung besser aus. Die Umspannwerke ‚Hauptstraße‘ und ‚Ortsausgang‘ können in technischer Hinsicht vollständig ersetzt werden, da die Vernetzung und die Auslastung der beiden verbleibenden Umspannwerke nach Betreiberangaben ein redundantes Arbeiten ermöglichen. Die Netzstationen können teilweise ersetzt werden, teilweise lässt die Kapazität und die Vernetzung keine Redundanz zu. Hier können demnach noch keine Klasseneinteilungen für die Teilprozesse vorgenommen werden.)

6. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen

BEISPIEL 1:

Die Situation stellt sich in A nach dem letzten Assessment-Schritt wie folgt dar (siehe Abbildung 7.9).

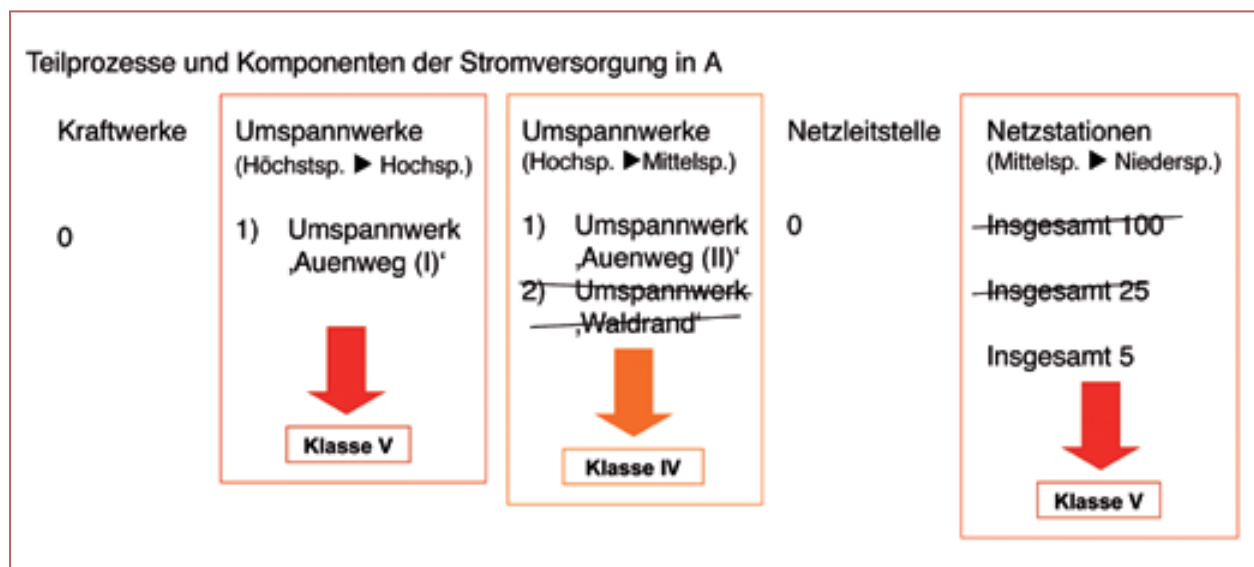


Abbildung 7.9: Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen in A

(In A sind fünf der Netzstationen nicht voll ersetzbar. Ihre Leistung wird im Hochwasserfall ausfallen, daher muss der Teilprozess in die fünfte Verwundbarkeitsklasse eingeordnet werden. Auch innerhalb des Teilprozesses Umspannung auf Mittelspannung kann nicht die volle Leistung ersetzt werden. Hier ist mit einem teilweisen Ausfall der Leistung zu rechnen.)

BEISPIEL 2:

In B ergibt sich nach der vollständig durchlaufenen Assessment-Phase folgendes Bild (siehe Abbildung 7.10)

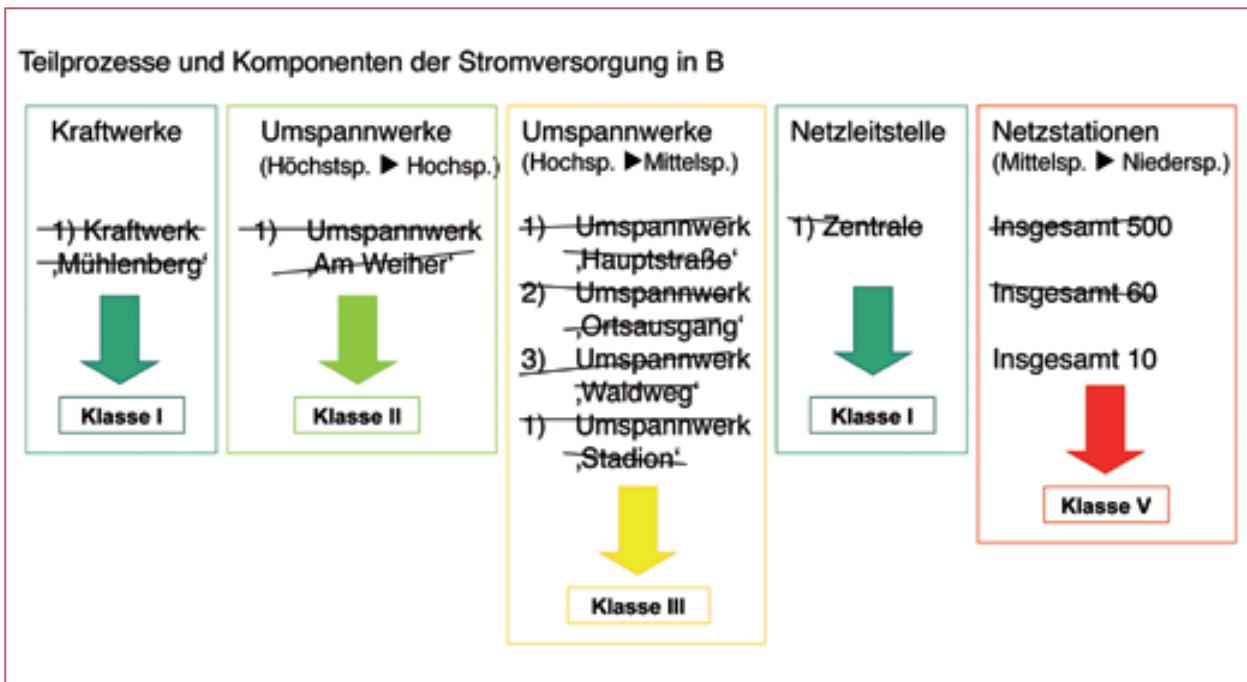


Abbildung 7.10: Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen in B

(In B kann die Leistung der beiden Umspannwerke vollständig ersetzt werden. Sie werden daher in Klasse III eingeordnet. Die Netzstationen können zum Teil nicht ersetzt werden. Eine Einteilung in Klasse V ist für zehn der Komponenten und damit für den gesamten Teilprozess die Folge.)

7.4 Ergebnisse aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung

Zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen wurden in Kapitel 4.2 Formeln zur Berechnung von Kernindikatoren vorgestellt. Die zugehörigen Parameter sind mit Hilfe von Daten einer Haushaltsbefragung zu bestimmen. Für den Fall, dass keine eigene Be-

fragung durchgeführt wird, werden an dieser Stelle einige Ergebnisse und Parameter aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung dargestellt. Unter der Annahme gleicher Zusammenhänge können diese Parameter ersatzweise in den entsprechenden Formeln verwendet werden.

7.4 A Evakuierungsfähigkeit nach Haushaltstyp

		Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?	
		Ja	Nein
Haushaltstyp	1) Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	91,7 %	8,3 %
	2) Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	95,3 %	4,7 %
	3) Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	88,2 %	11,8 %
	4) Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren	60,5 %	39,5 %
Gesamt		89,0 %	11,0 %
	Wert	p-Wert	
	Cramers-V	0,352	< 0,001

Tabelle 7.1: Evakuierungsfähigkeit unterschiedlicher Haushaltstypen im HQ-100 Bereich in Köln und Dresden insgesamt (Datenquelle: UNU-EHS Haushaltsbefragung)

Cramers-V ist ein Assoziationsmaß, das Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei der Zusammenhang umso größer ist, je größer der Wert von Cramers-V ist.

Der p-Wert gibt das Ergebnis eines Signifikanztests wieder. Bei Signifikanztests wird jeweils eine Nullhypothese (z. B. „es besteht kein Zusammenhang“) gegen eine Alternativhypothese (z. B. „es besteht ein Zusammenhang“) getestet. Der p-Wert bezeichnet dabei die Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass man man falsch entscheidet, wenn man die Nullhypothese verwirft und die Alternativhypothese annimmt³⁶. Nach üblichem Sprachgebrauch wird bei p-Werten unter 0,05 von einem signifikanten Ergebnis gesprochen, d. h. in diesen Fällen wird die Nullhypothese abgelehnt.

Der vorliegende signifikante Cramers-V-Wert von knapp 0,4 zeigt damit eine Abhängigkeit an, die zumindest mehr als trivial ist.

Die Berechnung des Indikators Evakuierungsfähigkeit (nach Variante 1) mit den Werten aus der UNU- EHS Haushaltsbefragung im Bereich HQ-100 für Köln und Dresden sieht also folgendermaßen aus:

$$\begin{aligned} \text{Anzahl evakuierungsfähige HH} = & \\ & (\text{Anzahl HHtyp 1} * 0,917) + (\text{Anzahl HHtyp 2} * 0,953) + (\text{Anzahl HHtyp 3} * 0,882) + \\ & (\text{Anzahl HHtyp 4} * 0,605). \end{aligned}$$

³⁶ Vgl. z. B. Bühl, A. (2008): SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse. 11., aktualisierte Auflage. München.

7.4 B Schätzung der Evakuierungsfähigkeit mit einer logistischen Regression

Formel 2 für das mit den Werten der UNU-EHS Haushaltsbefragung für den HQ-100 Bereich berechnete Modell (vgl. Tabelle 7.2) lautet:

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

$$\text{mit } z = 1,394 + (2,606 * x_1) + (2,042 * x_2) + (1,285 * x_3) + (-2,032 * x_4)$$

	b	p-Wert ³⁷	Exp(b) ³⁸
Konstanter Term	1,394	0,001	
HHtyp=1	2,606	0,002	13,542
HHtyp=2	2,042	0,000	7,710
HHtyp=3	1,285	0,009	3,614
HHtyp=4	0 ³⁹		
Lauf	-2,032	0,000	0,131

Tabelle 7.2: Parameterschätzer UNU-EHS Befragung

Abhängige Variable: „Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?“ **Referenzkategorie:** Nein.

Die Variable „Lauf“ bezeichnet das Vorhandensein von „Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen können“.

³⁷ Vgl. Erläuterung in Anhang 7.4 A

³⁸ Zur Interpretation von Exp(b) vgl. z. B. Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & R. Weiber (2005): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin. Heidelberg.

³⁹ Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

Beispiel:

Als Beispiel sei zur Berechnung des Indikators Evakuierungsfähigkeit nach Variante 2 hier der Stadtteil Altstadt-Süd in Köln angeführt: Hier gibt es 7 % Haushalte vom Typ 1, 74 % vom Typ 2, 5 % vom Typ 3

und 13 % vom Typ 4. Haushalte mit Personen, die keine weitere Strecke laufen können, gibt es laut Mikrozensus zu 5 %. Der Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte berechnet sich dann folgendermaßen:

$$z = 1,394 + (2,606 * 0,07) + (2,042 * 0,74) + (1,285 * 0,05) + (-2,032 * 0,05) \text{ und damit}$$

$$P(Y=1) = \frac{e^z}{1 + e^z} = 0,95.$$

Nach diesem logistischen Regressionsmodell sind 95 % der Haushalte im Stadtteil Altstadt-Süd in Köln

in der Lage, sich selbst in Sicherheit zu bringen.

Anmerkung:

Ausgewählte statistische Hinweise zur Validität des logistischen Regressionsmodells:

- Der Likelihood-Quotienten-Test fällt signifikant aus → es kann von Regressionskoeffizienten ungleich Null ausgegangen werden.
- Das Pseudo-R² nach Nagelkerke liegt bei 0,31. Mit dem Pseudo-R² wird versucht, die „Variation“ eines logistischen Regressionsmodells zu quantifizieren. Werte nahe 0 bedeuten einen geringen Erklärungsanteil, während Werte nahe 1 auf einen hohen Anteil hinweisen⁴⁰.

- Der Wald-Test überprüft die Signifikanz jeder einzelnen unabhängigen Variablen (→ „p-Wert“). Er fällt überall signifikant aus, was den Einfluss jedes einzelnen Haushaltstyps sowie der Lauffähigkeit bestätigt.
- Mit der Regression werden 90,3 % der Fälle in den Umfragedaten richtig vorhergesagt.

Insgesamt kann damit von einer durchaus akzeptablen Modellanpassung gesprochen werden, die eine Abschätzung der Evakuierungsfähigkeit erlaubt.

⁴⁰ Vgl. z. B. Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & R. Weiber (2005): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin. Heidelberg.

Anhang 7.4 C Mediane der Evakuierungszeit nach Haushaltstyp

Für die UNU-EHS Haushaltsbefragung in Köln und Dresden ergaben sich für die Evakuierungszeit im HQ-100 Bereich folgende Werte (in Minuten):

	HHtyp 1	HHtyp 2	HHtyp 3
Mediane:	30	20	30

Die Berechnung des Indikators Evakuierungszeit mit den Werten aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung im Bereich HQ-100 für Köln und Dresden sieht also folgendermaßen aus:

$$\text{Median Zeit} = (\text{Anteil HHtyp 1} * 30) + (\text{Anteil HHtyp 2} * 20) + (\text{Anteil HHtyp 3} * 30).$$

Die Berechnung der durchschnittlichen Evakuierungszeit (Median) der Haushalte für unterschiedliche Haushaltsprofile zeigt, dass sich die Haushalte mit ausschließlich arbeitsfähigen Personen (HHtyp 2) schneller evakuieren können als Haushalte mit Kindern (HHtyp 1) und Haushalte mit Personen im Rentenalter (HHtyp 3).

Mittels des statistischen Verfahrens der Varianzanalyse konnte nachgewiesen werden, dass die Haushaltstypen (HHtyp 1, 2, 3) die Evakuierungszeiten gut trennen können, auch wenn sie beim Median teilweise zusammenfallen oder eng beieinander liegen. Demzufolge kann man die Haushaltstypen nutzen, um Informationen über die Evakuierungszeit für

das gesamte Stadtviertel oder den gesamten Stadtteil zu erlangen.

Die Validierung des Zusammenhangs der Evakuierungszeit in Minuten und des Haushaltstyps erfolgt mit einer Varianzanalyse ohne konstanten Term. Sie erfasst, welcher Anteil der Varianz von der Evakuierungszeit sich durch die Haushaltstypen erklären lässt. Dieser Anteil wird durch das partielle Eta Quadrat ausgedrückt, das hier 0,27 beträgt. Außerdem wird getestet, ob die Evakuierungszeit für alle Haushaltstypen gleich ist (Null-Hypothese). Wird diese Annahme verworfen (hier eindeutig mit p-Wert < 0,01), bedeutet dies einen sicheren Einfluss der Haushaltstypen auf die Evakuierungszeit.

Anhang 7.4 D Schätzung des Versicherungsschutzes mit Einkommensdaten

Für die in Köln und Dresden durchgeführte UNU-EHS Haushaltsbefragung im Bereich HQ-100 ergab sich für den Versicherungsschutz folgendes Regressionsmodell:

$$y = 0,25 + 0,00006x_1$$

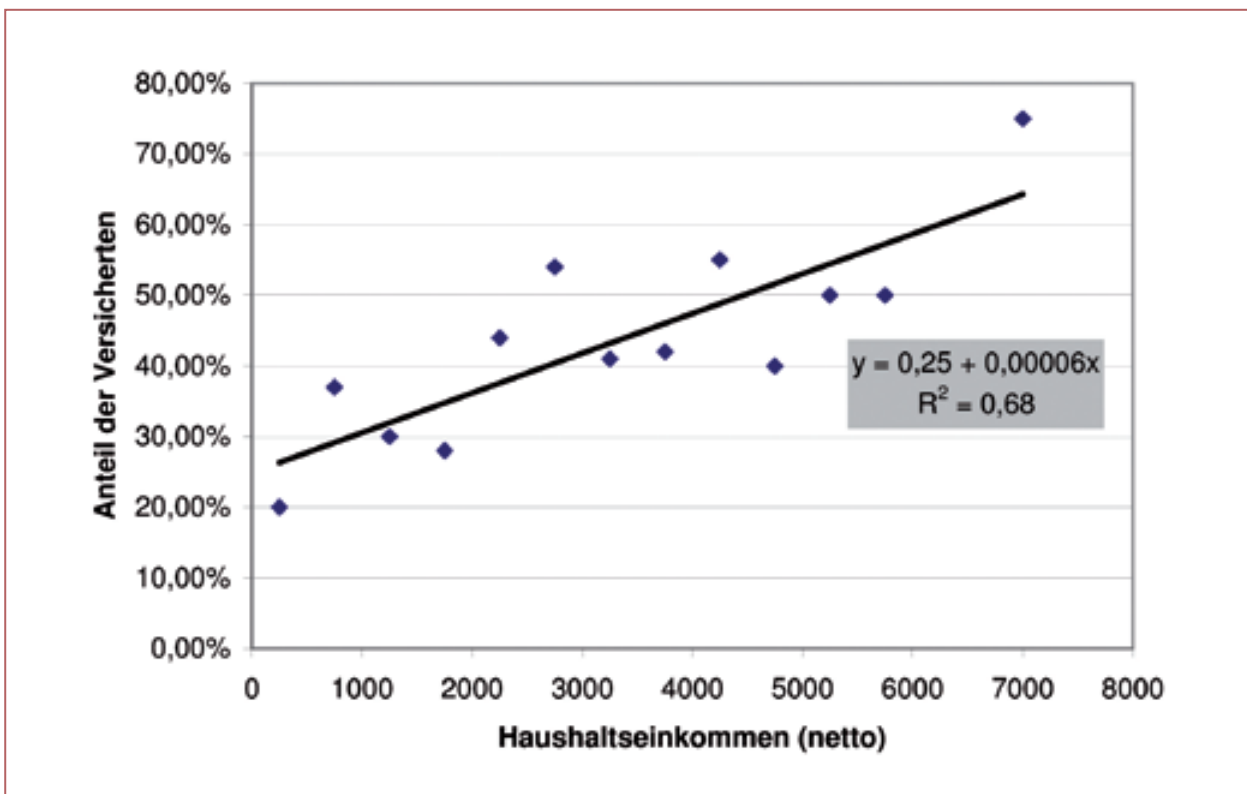


Abbildung 7.11: Lineare Regression zwischen dem Haushaltseinkommen und dem Anteil der versicherten Haushalte gegenüber Hochwasserschäden (Elementarschaden-Versicherung) (Datenquelle: UNU-EHS Haushaltsbefragung)

Zur Abschätzung des Versichertenanteils einer bestimmten Einkommensklasse müssen Sie nur noch

den Mittelwert dieser Einkommensklasse in das Regressionsmodell einsetzen.

Anmerkung:

Ausgewählte statistische Hinweise zur Validität des linearen Regressionsmodells:

- Das Bestimmtheitsmaß R^2 liegt bei knapp 0,7. Das Bestimmtheitsmaß ist ein Maß für den erklärten Anteil der Variabilität durch das lineare Regressionsmodell. Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, je höher der Anteil der erklärten Varianz ist, desto größer ist der Wert R^2 .
- Der F-Test fällt signifikant aus. In der F-Statistik wird geprüft, ob das geschätzte Regressionsmodell auch über die Stichprobe hinaus für die Grundgesamtheit Gültigkeit besitzt. Dabei geht

auch der Stichprobenumfang in die Berechnung ein. Die Nullhypothese besagt, dass in der Grundgesamtheit kein Zusammenhang besteht und alle Regressionskoeffizienten Null sind. Wird diese Nullhypothese abgelehnt (kleiner p-Wert), kann von der Existenz eines Zusammenhangs ausgegangen werden.

- Der Standardfehler der Schätzung, d. h. der mittlere Fehler, der bei der Verwendung der Regressionsfunktion gemacht wird, liegt bei 8 %⁴¹.

Aus statistischer Sicht kann damit von einer guten Modellanpassung gesprochen werden.

⁴¹ Vgl. z. B. Backhaus, K. Erichson, B. Plinke, W. & R. Weiber (2005): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin. Heidelberg.

Anhang 7.4 E Schätzung des Versicherungsschutzes mit Daten zum Eigentümer-Mieter-Verhältnis

			Elementarschaden-Versicherung	
			Nein	Ja
Mieter			80,5 %	19,5 %
Eigentümer			36,9 %	63,1 %
Gesamt			62,1 %	37,9 %
	Wert	p-Wert		
Cramers-V	0,44	< 0,001		

Tabelle 7.3: Eigentumsverhältnis (Mieter / Eigentümer) der Wohnung und Versicherungsschutz im HQ-100 Bereich in Köln und Dresden insgesamt (Datenquelle: UNU-EHS Haushaltsbefragung)

Cramers-V ist ein Assoziationsmaß, das Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei der Zusammenhang umso größer ist, je größer der Wert von Cramers-V ist.

Der p-Wert gibt das Ergebnis eines Signifikanztests wieder. Bei Signifikanztests wird jeweils eine Nullhypothese (z. B. „es besteht kein Zusammenhang“) gegen eine Alternativhypothese (z. B. „es besteht ein Zusammenhang“) getestet. Der p-Wert bezeichnet dabei die Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass man man falsch entscheidet, wenn man die Nullhypothese verwirft und die Alternativhypothese annimmt⁴². Nach üblichem Sprachgebrauch wird bei p-Werten unter 0,05 von einem signifikanten Ergebnis gesprochen, d. h. in diesen Fällen wird die Nullhypothese abgelehnt.

Der vorliegende signifikante Cramers-V-Wert von über 0,4 zeigt damit eine Abhängigkeit an, die deutlich mehr als trivial ist.

Bei Verwendung der Gewichtungsfaktoren aus der UNU-EHS Haushaltsbefragung lautet die Formel 5:

$$\text{Anteil versicherte Haushalte} = (\text{Anteil Mietwohnungen} * 0,195) + (\text{Anteil Wohnungen bewohnt vom Eigentümer} * 0,631).$$

⁴² Vgl. z. B. Bühl, A. (2008): SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse. 11., aktualisierte Auflage. München.

7.5 Exkurs: Das Verfahren der logischen Verknüpfung im Bereich der „Umwelt-Verwundbarkeit“

Das Verfahren der logischen Verknüpfung wird angewendet, wenn mehrere, aber mindestens zwei ordinal skalierte Größen zu einer gemeinsamen Zielaussage zusammengeführt werden sollen⁴³. Bei ordinal skalierten Größen stellen die Ausprägungen Wertstufen in einer Rangfolge dar, z. B. sehr geringer Biotopwert, geringer Biotopwert, mittlerer Biotopwert, hoher Biotopwert und sehr hoher Biotopwert. Diesen verbal formulierten Wertstufen sind in der Regel römische Ziffern I, II, III, IV, V zugeordnet. Dennoch dürfen sie nicht arithmetisch über Addition oder Multiplikation zur gewünschten Zielaussage zusammengeführt werden. Formal dürfen sie nur ‚logisch verknüpft‘ werden⁴⁴. Zur Durchführung von logischen Verknüpfungen wird in der Literatur unter anderem die Verwendung von Präferenzmatrizen vorgeschla-

gen. Dabei werden zwei zu verknüpfende Größen mit ihren rangskalierten Ausprägungen gegenübergestellt (siehe Abbildung 7.15).

Die jeweiligen Ausprägungen, also die Wertstufen der Größen, logisch zu verknüpfen, bedeutet, anhand logischer Gesichtspunkte zu entscheiden, was das Ergebnis aus der Zusammenführung z. B. der Wertstufe ‚gering‘ (I) der einen Größe mit der Wertstufe ‚mittel‘ (III) der anderen Größe sein soll. So gilt es im vorliegenden konkreten Fall ein Zwischenergebnis der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus beispielsweise ‚geringer Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚mittlerer Grundwassergeschüttheit‘ zu finden.

Für die Verknüpfung zweier Größen nach logischen Gesichtspunkten gibt es kein einheitliches oder standardisiertes Verfahren. Es liegt im Ermessen des jeweiligen Bearbeiters, logisch und nachvollziehbar zu entscheiden. Um diese Entscheidungen bei der Zusammenführung der Kriterien zur gewünschten Zielaussage der ‚Verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation‘ zu vereinfachen, wurde ein neues Verfahren unter Anwendung der Präferenzmatrix entwickelt. Dabei wird den bereits vorliegenden ordinalen Ausprägungen der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien mit Hilfe einer funktionalen Darstellung fachlich begründet je ein Verwundbarkeitswert zugeteilt. Aus der Zusammenführung der drei Verwundbarkeitswerte ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation. In der Funktion wird die Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit dargestellt. Sie zeigt also, wie sich die Verwundbarkeit mit steigender Rangfolge der Ausprägungen des Kriteriums verändert.

		Größe 1			
		I	II	III	IV
Größe 2	I				
	II				
	III				
	IV				
	V				

Abbildung 7.12: Beispiel einer leeren Präferenzmatrix

⁴³ Bachfischer, R. (1978): Die ökologische Risikoanalyse – eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in der Raumplanung. Diss. München.

⁴⁴ F. Scholles (2008): Bewertungsmethoden: Der Relevanzbaum. In: Fürst, D. u. F. Scholles (Hrsg.): Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund.

Für die Darstellung der Funktion sollte zunächst festgelegt werden, wie viele Wertstufen die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation aufweisen soll, denn danach richtet sich die Anzahl der Wertstufen der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm. Es wird eine 5-stufige Klassifizierung vorgeschlagen. Demnach stellt das Funktionsdiagramm die Verwundbarkeit in fünf Wertstufen dar. Die Anzahl der Ausprägungen des jeweiligen Kriteriums richtet sich nach der Ihnen vorliegenden Wertabstufung. Der abgebildete Zusammenhang – entsprechend dem generellen Verlauf der Funktion – zwischen dem jeweiligen Kriterium und der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm steht fest. Da in jeder Kommune eine andere Anzahl an Ausprägungen der Kriterien vorliegt, muss der Funktionsverlauf gestaucht (weniger Ausprägungen als im Beispielverlauf, siehe Abbildungen 7.16, 7.17, 7.18) oder gestreckt werden (mehr Ausprägungen als im Beispielverlauf). Im folgenden Beispiel wird der Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit dargestellt (siehe Abbildung 7.16).

Bei diesem Beispiel weist der Biotopwert fünf Ausprägungen (I-V) auf. Der Verlauf zeigt, dass ein sehr geringer und geringer Biotopwert (Ausprägung I und II) vorwiegend für sehr geringe Verwundbarkeit (vorwiegend Wertstufe I) steht, während hohe und sehr hohe Biotopwerte (Ausprägungen IV und V) für eine vorwiegend sehr hohe Verwundbarkeit (vorwiegend Wertstufe V) stehen. Damit ist der Verlauf der Funktion nicht linear. Linearität hätte bedeutet, dass mit zunehmender Rangfolge der Ausprägung des Kriteriums auch die Verwundbarkeitswertstufen entsprechend steigen würden. Das würde bedeuten, dass die Ausprägung ‚sehr gering‘ für eine sehr geringe Verwundbarkeit, die Ausprägung ‚gering‘ für eine geringe Verwundbarkeit usw. ständen. Der Übergang der Funktion von geringer zu hoher Verwundbarkeit (Wertstufe II zu Wertstufe IV) ist jedoch tatsächlich durch einen Sprung gekennzeichnet.

Die anderen Kriterien ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Grundwassergeschüttheit‘ weisen ebenfalls den bereits skizzierten nichtlinearen Verlauf auf (siehe Abbildungen 7.17 und 7.18).

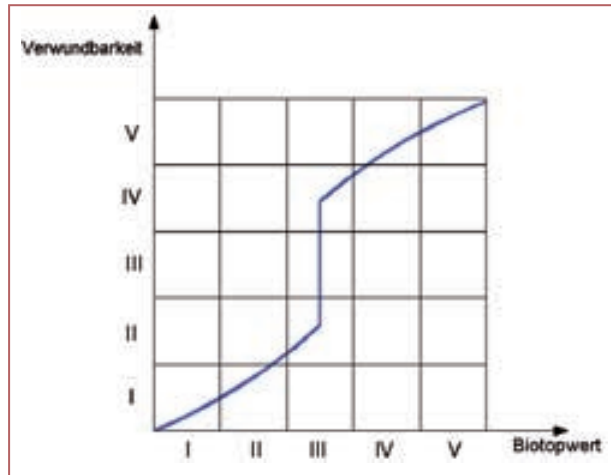


Abbildung 7.13: Beispiel eines funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit

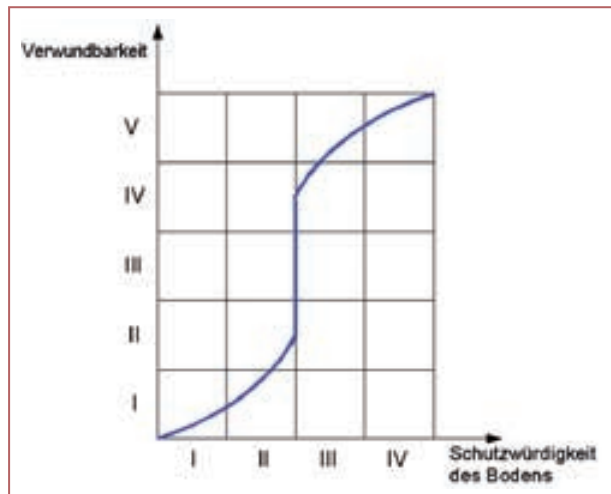


Abbildung 7.14: Beispiel eines funktionalen Zusammenhangs zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit

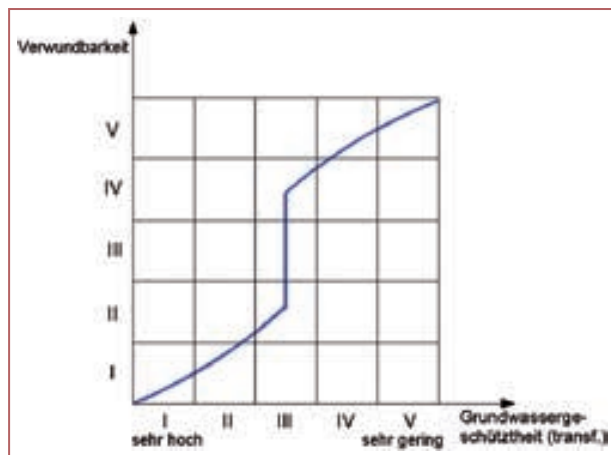


Abbildung 7.15: Beispiel eines funktionalen Zusammenhangs zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit

Für jede Ausprägung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien kann aus den Funktionsverläufen eine Verwundbarkeitsstufe (= Verwundbarkeitswert) abgelesen werden. Für die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix müssen Sie nun festlegen, was das Ergebnis aus beiden abgelesenen Verwundbarkeitswerten ist. Ein geringer Verwundbarkeitswert (Wertstufe II) und ein hoher Verwundbarkeitswert (Wertstufe IV) werden bei Gleichgewichtung der beiden Kriterien eine mittlere Verwundbarkeitsstufe (III) zum Ergebnis haben. Das Ergebnis wird in das entsprechende Feld der Präferenzmatrix eingetragen.

Es kann aber auch vorkommen, dass der Funktionsverlauf zwei Wertstufen der Verwundbarkeit schneidet. So sind für die Ausprägung ‚geringer Biotopwert‘ (Ausprägung II) in Abbildung 7.16 die Wertstufen ‚sehr geringe‘ und ‚geringe Verwundbarkeit‘ (Wertstufen I und II) abzulesen. Da sich aber der Funktionsverlauf eher in der Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ (Wertstufe I) befindet, würde man I/II ablesen, d. h. für eine Verknüpfung würde die Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ stärker zu bewerten sein als die Wertstufe ‚geringe Verwundbarkeit‘.

Die logische Verknüpfung zweier Kriterien in der Präferenzmatrix ist dann beendet, wenn für jede Kombinationsmöglichkeit aus den Ausprägungen der beiden Kriterien ein Ergebnis in die Präferenzmatrix eingetragen ist. Für die logische Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ zur verwundbarkeitsrelevanten Umwel-

tinformation können zunächst nur zwei Kriterien in der Präferenzmatrix gegenübergestellt und verknüpft werden, z. B. die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, und die ‚Grundwassergeschüttheit‘ (auch bei der Umsetzung im GIS können ohnehin maximal zwei Kriterien zusammengeführt werden).

Für das Zwischenergebnis aus der Verknüpfung der ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ mit der ‚Grundwassergeschüttheit‘ muss ebenfalls die Bedeutung für die Verwundbarkeit in Form einer Funktion dargestellt werden. Da das Zwischenergebnis aus den beiden Einzelkriterien resultiert, besteht der gleiche funktionale Zusammenhang zwischen dem Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit wie zwischen den Einzelkriterien und der Verwundbarkeit (siehe Abbildung 7.16, 7.17 und 7.18). Für die Verknüpfung mit dem noch ausstehenden Kriterium ‚Biotopwert‘ gilt das gleiche bereits beschriebene Prinzip. Für die entsprechenden zu verknüpfenden Ausprägungen des Zwischenergebnisses und des Biotopwertes in der Präferenzmatrix sind die Verwundbarkeitswerte aus den beiden Funktionsverläufen abzulesen und nach Ihrem Ermessen logisch zusammenzuführen. Mit den in dieser Präferenzmatrix eingetragenen Verwundbarkeitswerten sind die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation ermittelt, d. h. die Wertstufen in der Präferenzmatrix der beiden Größen ‚Zwischenergebnis‘ und dem ‚Biotopwert‘ entsprechen den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation.

A

AMEV

Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

B

Bands

Bänder / Kanäle

BBK

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

BBodSchV

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

BBR

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

BfLR

Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung (heute BBR)

bit

binary digit

BImSchV

Bundesimmissionsschutzverordnung

BMI

Bundesministerium des Inneren

D

d

Tag (von engl. day)

DFD

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

DGM

Digitales Geländemodell

DLR

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

DOM

Digitales Oberflächenmodell

E

EHQ

Extremhochwasserszenario

ETM+

Enhanced Thematic Mapper Plus

EU

Europäische Union

F

FE

Fernerkundung

G

GIS

Geographisches Informationssystem

GPS

Globales Positionierungssystem

Abkürzungsverzeichnis

H

HBF	Hauptbahnhof
HHGen	Haushaltegenerierungsverfahren
HHTyp	Haushaltstyp
HQ-100	Hochwasserszenario mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 100 Jahren
HQ-500	Hochwasserszenario mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 500 Jahren

I

IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
INS	Inertiales Navigationssystem
IRS-P6/LISS-3	Indian Remote Sensing satellite

K

km	Kilometer
KOSIS-Verbund	Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem
kV	Kilovolt

L

LAWA	Bund/ Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser
LiDAR	Light Detection and Ranging

M

m	Meter
MLU	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
MSS	Multispectral Scanner

N

NEA	Netzersatzanlage
NRW	Nordrhein-Westfalen

Abkürzungsverzeichnis

P

P Wahrscheinlichkeit
pan. panchromatisch

R

Radar Radio Detection and Ranging

S

SAR Synthetic Aperture Radar
SRTM Shuttle Radar Topography Mission
SST Stadtstrukturtyp

T

therm. thermal
TM Thematic Mapper

U

UNU-EHS United Nations University – Institute for Environment and Human Security
USV Unterbrechungsfreie Stromversorgung

V

V Volt
VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.

W

WHG Wasserhaushaltsgesetz

Z

ZKI Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation

Bildnachweis

Seite	Abbildung	Titel	Rechte liegen bei
29	3.1	Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode	der Autorin
38	3.2	Beispiel zur Herabsetzung der Funktionsanfälligkeit	Heike Luttermann
50	3.3 und 3.4	Ein Hochwasserereignis geht mit dem Abfließen des Wassers nicht spurlos vorüber - am Beispiel des Betriebshofs des Kraftwerks Nossener Brücke in Dresden wird deutlich, was das Wasser zurücklässt.	Maschinen- und Stahlbau Dresden
56	4.1	Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen bezogen auf den Nutzer Bevölkerungsschutz	den Autoren
59	4.2	Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100 Szenario entsprechen würde	den Autoren
62	4.3	Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
64	4.4	Evakuierungszeiten im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
67	4.5	Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
70	4.6	Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
73	4.7	Hochwassersensibilität im EHQ Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
75	4.8	Informationslage (keine Informationen erhalten/ eingeholt) im EHQ Gebiet der Stadt Köln	den Autoren
77	4.9	Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien	den Autoren
103	5.1	Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode	der Autorin
107	5.2	Expositionstest – Überprüfung der Exposition von Kontaminationsquellen	der Autorin
109	5.3	Verwundbarkeitsrelevante Kriterien: Grundwassergeschützhheit, Schutzwürdigkeit der Böden, Biotopwert	der Autorin
110	5.4	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.5	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschützhheit und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.6	Präferenzmatrix aus der Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschützhheit	der Autorin
111	5.7	Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.8	Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Umweltinformation_Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit	der Autorin

Seite	Abbildung	Titel	Rechte liegen bei
	5.9	Präferenzmatrix aus dem Biotopwert und dem Umweltinformation_Zwischenergebnis	der Autorin
112	5.10	Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation	der Autorin
114	5.11	Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Altlasten	der Autorin
116	5.12	Präferenzmatrix aus verwundbarkeitsrelevanter Umweltinformation und der Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche (Pufferzonierung)	der Autorin
117	5.13	Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung von Anlagen/ Betriebsbereichen	der Autorin
119	5.14	Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen	der Autorin
122	5.15	Verwundbarkeit des Bodens unter Berücksichtigung von Altlasten	der Autorin
123	5.16	Verwundbarkeit des Grundwassers unter Berücksichtigung von Altlasten	der Autorin
125	5.17	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Trinkwasserschutzzonierung und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.18	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Grundwassergeschützteit und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.19	Präferenzmatrix aus der Trinkwasserschutzzonierung und der Grundwassergeschützteit	der Autorin
126	5.20	Verwundbarkeit des Trinkwassers unter Berücksichtigung von Altlasten	der Autorin
128	5.21	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Pufferzonierung und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.22	Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit	der Autorin
	5.23	Präferenzmatrix aus der Schadwirkung der Anlagen/ Betriebsbereiche (Pufferzonierung) und der Schutzwürdigkeit der Böden	der Autorin
129	5.24	Bodenbereiche, differenziert nach ihrer Schutzwürdigkeit, die innerhalb des Einflussbereichs der Anlagen/ Betriebsbereiche bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ-100) liegen	der Autorin
	5.25	Grad der Verwundbarkeit der Bodenbereiche auf der Basis der Verknüpfung der Schutzwürdigkeit der Böden mit unterschiedlichen Schadwirkungen	der Autorin
131	5.26	Verwundbarkeit der Biotope unter Berücksichtigung von Anlagen/ Betriebsbereichen	der Autorin
138	6.1	Landsat-Zeitreihe am Beispiel von Rondorf, Köln	den Autoren
139	6.2	RapidEye-Ausschnitt Köln	den Autoren
	6.3	Ikonos-Falschfarbeninfrarotdarstellung von Rondorf, Köln	den Autoren

Bildnachweis

Seite	Abbildung	Titel	Rechte liegen bei
140	6.4	Luftbildaufnahme Rondorf, Köln	der Stadt Köln
142	6.5	TerraSAR-X-Stripmap-Aufnahme von Rondorf, Köln	DLR
143	6.6	LiDAR-Darstellung von Rondorf, Köln	der Stadt Köln
	6.7	Perspektivische Darstellung des Großraums der Stadt Köln (überlagert mit Bezirksgrenzen und Rhein)	DLR
145	6.8	Räumliche Ausdehnung der Überflutungsflächen für Dresden sowie die Analyse von Überflutungstiefen	den Autoren
146	6.9	Änderungsanalyse des urbanen Raumes von 1976 bis 2009 für das Stadtgebiet Dresden	den Autoren
147	6.10	Landbedeckungsklassifikation und Stadtstrukturtypenklassifikation (SST) – Stadtviertel Nippes in Köln	den Autoren
148	6.11	Dreidimensionales Stadtmodell der Altstadt von Köln mit Abschätzung der Geschosshöhen	den Autoren
149	6.12	Projektion der Bevölkerungsverteilung auf das dreidimensionale Stadtmodell der Innenstadt Kölns	den Autoren
150	6.13	Kriseninformationssystem für das Beispiel Blasewitz/ Dresden	den Autoren
152	6.14	Von Fernerkundungsdaten zur Kriseninformation-Prozesskette einer Notfallkartierung (Rapid Mapping)	den Autoren
	6.15	Elbehochwasser 2006 – Detektion von Überflutungsflächen im Großraum Dresden – abgeleitet von IRS-P6/ LISS III und visualisiert auf Landsat-7 ETM	den Autoren
172	7.1	Bestimmung der Teilprozesse und Komponenten in A	der Autorin
173	7.2	Bestimmung der Teilprozesse und Komponenten in B	der Autorin
	7.3	Bestimmung des Expositionsgrades in A	der Autorin
174	7.4	Bestimmung des Expositionsgrades in B	der Autorin
	7.5	Bestimmung der Funktionsfähigkeit der exponierten Komponenten in A	der Autorin
175	7.6	Bestimmung der Funktionsfähigkeit der exponierten Komponenten in B	der Autorin
	7.7	Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen in A	der Autorin
176	7.8	Bestimmung der Ersetzbarkeit (I) – technische Voraussetzungen in B	der Autorin
	7.9	Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen in A	der Autorin
177	7.10	Bestimmung der Ersetzbarkeit (II) – organisatorische Bedingungen in B	der Autorin
183	7.11	Lineare Regression zwischen dem Haushaltseinkommen und dem Anteil der versicherten Haushalte gegenüber Hochwasserschäden (Elementarschäden-Versicherung)	den Autoren

Seite	Abbildung	Titel	Rechte liegen bei
186	7.12	Beispiel einer leeren Präferenzmatrix	der Autorin
187	7.13	Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit	der Autorin
	7.14	Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit	der Autorin
	7.15	Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Grundwassergeschützhtheit und der Verwundbarkeit	der Autorin

Titelfoto: St. Goar (1999) mit freundlicher Genehmigung der Hochwassernotgemeinschaft

Tabellenverzeichnis

Seite	Tabelle	Titel	Rechte liegen bei
82	4.1	Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung	den Autoren
136	6.1	Bandbreite von unterschiedlichen Eigenschaften der vorgestellten Fernerkundungsdaten	den Autoren
137	6.2	Die Satelliten der Landsat-Mission	den Autoren
178	7.1	Evakuierungsfähigkeit unterschiedlicher Haushaltstypen im HQ-100 Bereich in Köln und Dresden insgesamt	den Autoren
180	7.2	Parameterschätzer UNU-EHS Befragung	den Autoren
185	7.3	Eigentumsverhältnis (Mieter/Eigentümer) der Wohnung und Versicherungsschutz im HQ-100 Bereich in Köln und Dresden insgesamt	den Autoren