

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/295652962>

Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen

Technical Report · September 2013

CITATION

1

READS

1,082

7 authors, including:



Claudia Berchtold

Fraunhofer Institute for Technological Trend Analysis INT

8 PUBLICATIONS 157 CITATIONS

SEE PROFILE



Joern Birkmann

Universität Stuttgart

200 PUBLICATIONS 13,019 CITATIONS

SEE PROFILE



Jürgen P. Kropp

249 PUBLICATIONS 6,465 CITATIONS

SEE PROFILE



Mady Olonscheck

Potsdam Institute for Climate Impact Research

6 PUBLICATIONS 209 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



KAHR - Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz [View project](#)



European Calculator: Trade-offs and pathways towards sustainable and low-carbon European Societies [View project](#)



Bundesamt
für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

UNU-EHS

Institute for Environment
and Human Security

Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen



Band 11



Praxis im Bevölkerungsschutz

Impressum

Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen und Starkregen

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: 978-3-939347-55-2

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.

Die in dieser Publikation gewählte männliche Form der Erläuterungen bezieht immer gleichermaßen weibliche Personen ein. Auf eine Doppelbezeichnung wurde aufgrund einfacherer Lesbarkeit verzichtet.

Bildnachweis Titelseite:

Quelle: www.shutterstock.com

Grafische Gestaltung:

Anna Müller, www.designflavour.de, Hennef

Druck:

Druckpartner moser - Druck und Verlag GmbH, www.dpmoser.de, Rheinbach

Auflage:

09.2013 / 2500

**Abschätzung der Verwundbarkeit
von Bevölkerung und
Kritischen Infrastrukturen gegenüber
Hitzewellen und Starkregen**



Christoph Unger
Präsident des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe

Liebe Leserinnen und Leser,

der vorliegende Leitfaden basiert auf den Ergebnissen eines dreijährigen Forschungsprojektes mit dem Namen „Kritische Infrastruktur, Bevölkerung und Bevölkerungsschutz im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse (KIBEX)“. Finanziell gefördert und fachlich begleitet wurde das Projekt durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.

Im Projekt KIBEX wurde eine Methode zur Analyse der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen bezogen auf die beiden Gefahren Hitzewellen und Starkregen entwickelt. Diese wird im Leitfaden wiedergegeben. Erkenntnisse aus einer solchen Analyse können zum Beispiel zur Optimierung von Evakuierungsplänen, zur Ergänzung von Risikoanalysen und als Input für Minimalkonzepte zur Versorgung der Bevölkerung mit Strom herangezogen werden. Dabei wird die Praxistauglichkeit des Leitfadens zum einen gewährleistet durch die vier methodischen Pfeiler wissenschaftliche Analyse, Experteninterviews, Haushaltsbefragungen und Runde Tische. Zum anderen trugen die Beteiligten aus den Städten Köln, Karlsruhe, Wuppertal sowie dem Landkreis Stendal zu einem Abgleich der Ergebnisse mit Bedürfnissen und Gegebenheiten vor Ort bei. Ihnen danke ich an dieser Stelle herzlich für Ihre ambitionierte Mitwirkung. Die vielen Praxisbeispiele im Leitfaden zeigen gute Möglichkeiten in der Anwendung einzelner Methodenschritte auf.

Selbstverständlich befassen sich die genannten Praxispartner genau wie andere Kommunen und Landkreise in Deutschland nicht erst mit Extremwetterereignissen, seit wir intensiv über die Auswirkungen

des Klimawandels diskutieren. Vielmehr gehört die Notwendigkeit, mit Wetterextremen wie Hitze und Starkregen umzugehen, zu den originären Aufgaben aller Verantwortlichen im Bevölkerungsschutz. Dieser Herausforderung stellen sich Kommunen, Länder und Bund innerhalb ihrer jeweiligen Verantwortlichkeiten. Während die Länder für Vorsorgemaßnahmen und die Bewältigung von Schadensereignissen zuständig sind, nimmt der Bund primär eine unterstützende und beratende Funktion wahr.

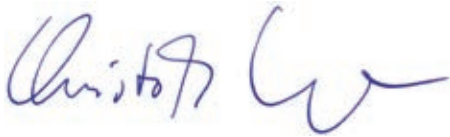
Um das in Deutschland sehr hohe Niveau von Prävention und Bewältigung von Extremwetterereignissen zu halten und möglicherweise noch zu optimieren, müssen Veränderungen von Gefahrenlagen früh erkannt, kontinuierlich erfasst und ggf. in Maßnahmen übersetzt werden. Die Akteure im Bevölkerungsschutz wollen wissen, was Extremwetterereignisse vor Ort, für die Bevölkerung und die Infrastruktur, auf die sie sich verlässt, bedeuten. Wie ändern sich die Extremwetterereignisse und wie ändern sich die Verwundbarkeiten von Bevölkerung und Infrastruktur?

Der Leitfaden zeigt Möglichkeiten auf, mit örtlich verfügbaren Mitteln besonders betroffene Bereiche herauszufiltern. Indikatoren geben an, wo Verwundbarkeiten von Bevölkerung und Infrastrukturen liegen. Auch wenn der Fokus des Leitfadens eine Problemanalyse zur Feststellung der Verwundbarkeit ist, werden an vielen Stellen schon erste Maßnahmenempfehlungen gegeben. Einen besonderen Mehrwert für die Praxis stellt die umfangreiche Checkliste zur Erfassung der Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen dar. Sie kann auch vom Leitfaden unabhängig

genutzt werden und ist eine Grundlage für Kommunen, aber auch Bearbeiter, die sich erstmalig ausführlicher mit der Abhängigkeit von Strom und der Notwendigkeit von Minimalversorgungskonzepten auseinandersetzen.

Dieses Ergebnis konnte nur durch die Mitwirkung vieler kompetenter Partner aus Wissenschaft, kommunaler Praxis, der Energieversorgung und dem Ingenieurwesen erzielt werden, die sich im Rahmen von Expertenworkshops und weiterer Beratung in das Forschungsprojekt KIBEX einbrachten. Besonderer Dank gilt dem Institut für Umwelt und menschliche Sicherheit der Universität der Vereinten Nationen, das die Projektleitung innehielt. Große Unterstützung leisteten die Projektpartner vom Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.



Christoph Unger,
Präsident des Bundesamts für Bevölkerungsschutz
und Katastrophenhilfe, BBK



Prof. Dr. Jakob Rhyner,
Direktor des Instituts für Umwelt und menschliche Sicherheit
der Universität der Vereinten Nationen (UNU-EHS)

Liebe Leserinnen und Leser,

der weltweite Klimawandel wird neben einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auch zu einer Veränderung der Intensität und Häufigkeit von Extremwetterereignissen führen. So ist z. B. in einigen Regionen ein häufigeres Auftreten von Hitzewellen und Starkregenereignissen zu erwarten, die die Bevölkerung sowohl direkt als auch indirekt durch den Ausfall von Infrastrukturen betreffen können. Neben diesen klimabedingten Faktoren werden aber auch gesellschaftliche Entwicklungstrends, wie z. B. der demographische Wandel, neue Herausforderungen für das Risiko- und Katastrophenmanagement bedeuten. Sowohl für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz als auch für die Stadt- und Regionalentwicklung zeigt sich immer deutlicher, dass integrierte Risikoreduktionsstrategien notwendig sind. In diesem Kontext ist die Erfassung der Verwundbarkeit exponierter Bevölkerungsgruppen und Kritischer Infrastrukturen ein wesentlicher Schlüssel für die Entwicklung angemessener Handlungsstrategien.

Der vorliegende Leitfaden „Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen und Starkregen“ zeigt anschaulich und nachvollziehbar, wie der abstrakte Begriff der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen bzw. Starkregenereignissen in konkrete Indikatoren und Kriterien sowie entsprechende Assessmentverfahren auf lokaler Ebene überführt werden kann. Der Leitfaden richtet sich in erster Linie an Praktiker in den Bereichen Bevölkerungsschutz, kommunale Verwaltung und Raumplanung vor Ort. Er kann jedoch auch für die Forschung sowie für interessierte Bürger, die sich mit Fragen der Erfassung, Messung und Bewertung von Risiken und Verwundbarkeiten gegenüber den genannten Naturgefahren befassen, wichtige Anhaltspunkte bieten.

Der Leitfaden veranschaulicht an praktischen Beispielen die Umsetzbarkeit des Konzepts der Verwundbarkeit gegenüber den Naturgefahren Hitzewellen bzw. Starkregenereignissen. Neben der Abschätzung der direkten Verwundbarkeit der Bevölkerung wird das Konzept auf mögliche betroffene Infrastrukturen angewendet, deren Ausfall sowohl die Bevölkerung, aber auch die Behörden und Organisationen des Bevölkerungsschutzes indirekt betreffen und besonders gravierende Konsequenzen haben kann. Um diese handhabbar zu machen und entsprechende Handlungsoptionen zu entwickeln, werden die Komponenten der Verwundbarkeit operationalisiert und systematisch angewendet. Diese umfassen: a) Exposition gegenüber der Naturgefahr, b) Anfälligkeit und c) die Bewältigungskapazität der exponierten Elemente.

Für jede Komponente ergeben sich deutliche Unterschiede, wie z. B. die Exposition gegenüber Hitzewellen deutlich macht. Sie ist in Innenstadtbereichen, bedingt durch den *urbanen Hitzeinseleffekt*, wesentlich stärker ausgeprägt als in peri-urbanen Räumen an der Stadtrandlage. Im Hinblick auf die Anfälligkeit gegenüber Hitzestress sind insbesondere jene Menschen stärker verwundbar, die z. B. unter Herz-Kreislauf- bzw. Lungenerkrankungen leiden. Personen, die bereits eine Hitzewelle erlebt haben, können häufig besser mit dieser umgehen, da sie bereits über Erfahrung im Umgang mit diesen verfügen, und somit eine höhere Bewältigungskapazität besitzen.

Mit der Entwicklung des Leitfadens wurde ein Instrument für Kommunen geschaffen, das nicht nur die Anpassung an den Klimawandel mit der Vorbereitung auf häufiger auftretende Extremwetterereignisse unterstützen kann. Er stellt darüber hinaus ein zentrales Werkzeug für die Reduktion der kommunalen Ver-

wundbarkeit dar und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Katastrophen- und Bevölkerungsschutz. Ihre Praxisrelevanz verdankt die Publikation den zahlreichen Praxispartnern, die an der Entwicklung und Diskussion des vorliegenden Leitfadens – und des KIBEX Projektes – beteiligt waren.

Der Leitfaden soll zur Diskussion und Entwicklung von Strategien zum Risikomanagement und insbesondere der Verwundbarkeitsreduktion im Zusammenhang mit dem Klimawandel und sich parallel verändernden gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen beitragen, die für integrative Strategien gemeinsam betrachtet werden müssen. Durch Best Practice Beispiele soll der Leitfaden praktische Hinweise zur Abschätzung der Verwundbarkeit von Kommunen liefern. Und nicht zuletzt soll er zur Vernetzung von und Kooperation zwischen den verschiedenen Akteuren beitragen. In dieser Hinsicht freuen wir uns auf eine breite Leserschaft und weitere Anregungen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Rhyner', is centered on the page. The signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Prof. Dr. Jakob Rhyner,
Direktor des Instituts für Umwelt und menschliche
Sicherheit der Universität der Vereinten Nationen
(UNU-EHS)

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt zunächst dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), welches das Vorhaben nicht nur durch die finanzielle Förderung möglich gemacht, sondern auch inhaltlich begleitet und mit vielen wertvollen Hinweisen unterstützt hat.

Des Weiteren ist insbesondere den Praxispartnern aus den Städten Köln, Wuppertal und Karlsruhe bzw. dem Landkreis Stendal zu danken, namentlich Frau Möhlendick (Stadt Köln, internationale Angelegenheiten), Herrn Werner (Polizei Köln), Herrn Dr. Schmidt (Feuerwehr Köln), Herrn Werker (Stadtentwässerungsbetriebe Köln), Herrn Prof. Dr. Wiesmüller (Stadt Köln, Infektions- und Umwelthygiene), Herrn Hartwig (Stadt Köln, Umweltamt), Frau Wieland und Frau Recht (Stadt Köln, Einwohnermeldeamt), Herrn Breuer, Herrn Romotzky, Herrn Asselborn und Frau Berg (Stadt Köln, Amt für Stadtentwicklung und Statistik), Herrn Wächter und Herrn Arnold (Stadt Wuppertal, Ressort Umweltschutz), Herrn Brütsch, Herrn Fischer, Herrn Schucka, Herrn Ridder und Herrn Wächter (Feuerwehr Wuppertal), Herrn Beck und Herrn Czickus (Ingenieurbüro Reinhard Beck)¹, Herrn Lauersdorf, Herrn Breslauer, Herrn Wagner und Herrn Kirchner (WSW Energie & Wasser AG), Herrn Scheibel (Wupperverband), Herrn Hacker und Herrn Hogenmüller (Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz), Frau Rosemeier (Stadt Karlsruhe, Amt für Stadtentwicklung), Herrn Kratz und Frau Preisnitz (Nachbarschaftsverband Karlsruhe), Herrn Dr. Friebe und Herrn Dr. Wagner (Landratsamt Karlsruhe, Gesundheitsamt), Herrn Schleyer, Herrn Gropp, Frau Ahrens, Frau Erdrich, Herrn Wenz (Stadtwerke Karlsruhe GmbH), Herrn Dr. Trauth (Stadtwerke Karlsruhe Netze GmbH), Herrn Dr. Franke (Ansprechpartner LK Stendal), Frau Theil (Stellvertretende Landrätin, Stendal), Herrn Diebel (Sachgebietsleiter Naturschutz, LK Stendal), Frau Hallmann (Sachgebietsleiterin Wasserwirtschaft, LK Stendal), Frau Tesching (Abteilungsleiterin Abwasser, Wasserverband Stendal), Frau Ahrens (Betriebsingenieur für Trinkwasser, Stendal), Herrn

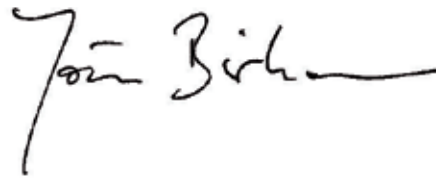
Müller (Straßenbau LK Stendal), Herrn Dr. Schaffer (Amtstierarzt Stendal), Herrn Bilang (Polizeirevier Stendal), Herrn Sültmann (Leiter des Forstamtes Nordöstliche Altmark), Herrn Dietrich (Bereichsleiter im Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten (ALFF), Altmark), Herrn Dittmann (Untere Forstbehörde im Umweltamt Stendal), Frau Prüß (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt), Frau Glöß (Straßenverkehrsamt Stendal), Frau Dr. Schubert (Amtsärztin LK Stendal), Herrn Falkhofen (Amtsleiter Ordnungsamt Stendal), Herrn Schneider (Sachgebietsleiter Brand- und Katastrophenschutz/Rettungswesen Stendal), Herrn Cario (Kreisbereitschaftsführer und Einsatzleiter DRK, LK Stendal), Herrn Bärthel und Herrn Gabriel (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Magdeburg), Herrn Henning (Direktor Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt), Frau Kaiser (Reederei Kaiser, Tangermünde), Frau Hallmann (Sachgebietsleiterin Wasserwirtschaft, LK Stendal), Frau Zäadow (Sachgebietsleiterin Abfallwirtschaft und Bodenschutz, LK Stendal), Frau Pietruschka (Sachbearbeiterin im Sachgebiet Straßenbau, LK Stendal), Herrn Krüger (Landesbetrieb Bau Nord, Sachsen-Anhalt), Herrn Dr. Reckling (Fachbereichsleiter Veterinärmedizin des Landesamtes für Verbraucherschutz, LK Stendal), Herrn Dr. Ewert (Dezernatsleiter des Fachbereichs Veterinärmedizin des Landesamtes für Verbraucherschutz, LK Stendal), Herrn Blum (Leiter des Amtes für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten ALFF, Altmark), Herrn Dr. Windmann (Geschäftsführer Johanniter-Krankenhaus, Stendal), Herrn Schröder (Geschäftsführer Wasserverband Stendal-Osterburg), Herrn Granitzki (Forstamt Nordöstliche Altmark), Herrn Bräuer (Geschäftsführer Stadtwerke Stendal), Herrn Barniske (Geschäftsführer Innovations- und Gründerzentrum BIC Altmark GmbH), Herrn Wichmann (Leiter Polizeirevier Stendal) und Frau Schwabe-Hagedorn (Referatsleiterin Klimafolgen, Klimawandel im Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt).

¹ Insbesondere möchten wir uns für die enge und gute Kooperation zur Abschätzung der Senken im Wuppertaler Stadtgebiet bedanken sowie die Bereitstellung von Daten, Textbeiträgen und Abbildungen für das Kapitel 5.

Wir möchten zudem den Teilnehmerinnen und Teilnehmern an Projekt-Workshops zur Validierung und Diskussion der Projektergebnisse sowie all jenen danken, die diesen Leitfaden kommentiert und wertvolle Hinweise gegeben haben. Dies sind neben einigen der oben bereits erwähnten Vertreter der Kommunen namentlich Herr Zentel, Frau zum Kley und Herr Heisterkamp (Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV)), Herr Riegel und Frau Maximini (RWTH Aachen), Herr Prof. Rothstein (FH für Forstwirtschaft Rottenburg), Herr Daschkeit (Umweltbundesamt), Herr Reinhard Vogt (Hochwasserschutzzentrale Köln), Herr Dr. von Kraack (Landkreistag NRW), Frau Dr. Brienen (Deutscher Wetterdienst) und Herr Lembeck (Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren), Herr Endreß (Uni Witten-Herdecke), Herr Karsten (BBK), Herr Genenger (Stadtwerke Duisburg), Herr Hartl (Feuerwehr Köln), Herr Kutschker (Feuerwehr Offenbach), Herr Beermann (GEO-NET Umweltconsulting GmbH) Frau Schmid-Adelmann (Gesundheitsamt Karlsruhe) sowie Herr Münzberg (Karlsruhe Institute of Technology, KIT).

Mein besonderer Dank gilt dem wissenschaftlichen Konsortium, das den Kern des Leitfadens entwickelt und verfasst hat. Nicht unerwähnt bleiben sollen dabei die wissenschaftlichen Hilfskräfte, Frau Raupp, Herr Hüsener, und Herr Blätgen (UNU-EHS), die das Gelingen des Projektes unterstützt haben, sowie die zahlreichen Interviewer, mit deren Hilfe die Haushaltsbefragungen in Köln, Karlsruhe und Wuppertal durchgeführt werden konnten.

Für das Autorenteam

A handwritten signature in black ink, reading "Jörn Birkmann". The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.

PD Dr.-Ing. Jörn Birkmann, Projektleiter

Das Autorenteam

Bach, Claudia (UNU-EHS)

Birkmann, Jörn (UNU-EHS, Projektleiter)

Kropp, Jürgen (PIK)

Olonscheck, Mady (PIK)

Setiadi, Neysa (UNU-EHS)

Vollmer, Maike (UNU-EHS)

Walther, Carsten (PIK)

Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen und Starkregen

Inhalt

- 1 Vorworte
- 1 *Christoph Unger*
- 3 *Prof. Dr. Jakob Rhyner*

- 5 Danksagung
- PD Dr.-Ing. Jörn Birkmann*

- 7 Das Autorenteam

I. Kapitel Zusammenfassung

II. Kapitel Hintergrundinformationen zum Leitfaden

17 2.1 Das Projekt KIBEX: Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(-schutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse

19 2.2 Der Leitfaden im Kontext (inter-)nationaler Prozesse

21 2.3 Definitionen, Begriffe und Konzepte

21 2.3.1 Das Verwundbarkeitskonzept

22 2.3.2 Kritische Infrastrukturen

24 2.4 Verwendung von Indikatoren und Kriterien

25 2.5 Veränderung von Extremwetterereignissen

27 2.6 Anwendung und Nutzergruppen des Leitfadens

28 2.7 Aufbau des Leitfadens

III. Kapitel Methodik

31 3.1 Differenzierung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen

33 3.2 Zweistufiges Verfahren zur Abschätzung der Gesamtverwundbarkeit

IV. Kapitel	Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen
37	4.1 Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeinseleffekts
39	4.1.1 Abschätzung anhand von Wetterstationsdaten
41	4.1.2 Abschätzung anhand von Fernerkundungsdaten
42	4.1.3 Abschätzung anhand von Stadtklimamodellen
46	4.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hitzewellen
47	4.2.1 Exposition
49	4.2.2 Anfälligkeit
54	4.2.3 Bewältigungskapazität
64	4.3 Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen
64	4.3.1 Verwundbarkeit sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen
66	4.3.2 Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung
V. Kapitel	Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber Starkregen
73	5.1 Methodik zur Abschätzung von Senken
73	5.1.1 Berechnung von Senken anhand eines digitalen Höhenmodells
74	5.1.2 Annahmen zur Geländeoberfläche für die Senkenberechnung
76	5.1.3 Berücksichtigung von Senkentiefen
78	5.1.4 Kosten
79	5.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Starkregen
81	5.2.1 Exposition
86	5.2.2 Anfälligkeit
89	5.2.3 Bewältigungskapazität
94	5.3 Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber Starkregen
94	5.3.1 Verwundbarkeit sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen
97	5.3.2 Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung
VI. Kapitel	Abschätzung der Verwundbarkeit der Kommune gegenüber Stromausfällen: Durchführung des 2. Assessmentschritts mittels qualitativer Kriterien
112	6.1 Kommunikation und Kooperation zwischen Kommune und Betreiber
117	6.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Stromausfällen
117	6.2.1 Abhängigkeit

118	6.2.2 Vorbereitungsgrad
123	6.3 Verwundbarkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) gegenüber Stromausfällen
124	6.3.1 Abhängigkeit
125	6.3.2 Vorbereitungsgrad
130	6.4 Verwundbarkeit von Betreibern Kritischer Infrastrukturen und Betrieben gegenüber Stromausfällen
130	6.4.1 Abhängigkeit
131	6.4.2 Vorbereitungsgrad
VII. Kapitel	Entwicklung von Maßnahmen auf kommunaler Ebene
137	7.1 Umgang mit den Assessmentergebnissen
139	7.2 Zusätzliches Informationsmaterial
142	Literaturverzeichnis
154	Abkürzungsverzeichnis
158	Abbildungsverzeichnis
162	Tabellenverzeichnis

I. Kapitel

Zusammenfassung

Der vorliegende Leitfaden stellt Möglichkeiten einer Verwundbarkeitsabschätzung von Bevölkerung und Kritischen Infrastrukturen gegenüber den beiden Naturgefahren Hitzewellen und Starkregen vor. Schrittweise wird der Leser an die Abschätzung von Verwundbarkeit herangeführt und erhält erste Hinweise und Empfehlungen für Schutz- und Vorsorgemaßnahmen.

Der Leitfaden richtet sich als Arbeitsgrundlage an Vertreter kommunaler Verwaltungseinrichtungen (z. B. Umwelt- oder Stadtplanungsämter) und stellt zudem ein Informationsdokument für Betreiber von Kritischen Infrastrukturen (z. B. Elektrizitäts- und Wasserversorger) dar. Insgesamt erfordert sowohl die Verwundbarkeitsabschätzung als auch die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion der Verwundbarkeit eine enge Zusammenarbeit verschiedener Stellen und Behörden – neben den Verwaltungseinrichtungen und Betreibern von Infrastrukturen sind dies auch die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) (z. B. Feuerwehr und Rettungsdienste), letztendlich aber auch der einzelne Bürger.

Der Leitfaden ist ein Produkt des vom BBK geförderten Forschungsprojektes *Kritische Infrastrukturen und Bevölkerungs(-schutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse (KIBEX)*. In ähnlichem thematischen Kontext erschien bereits die Publikation „Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene“², die im Rahmen des Vorgängerprojektes entstanden ist. In beiden Leitfäden folgen die Methoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit demselben Verständnis von Verwundbarkeit mit den drei Bestandteilen *Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität*.

- **Exposition:** das physische *Ausgesetztsein* gegenüber einer Naturgefahr
- **Anfälligkeit:** Wahrscheinlichkeit, im Falle des Eintretens einer Naturgefahr Schaden durch dieses Ereignis davonzutragen
- **Bewältigung:** Verfügbarkeit von Ressourcen und Fähigkeiten zur Minimierung negativer Auswirkungen von Naturgefahren

Die Leitfäden besitzen zudem einen ähnlichen strukturellen Aufbau. Deshalb können sie als gemeinsame Arbeitsgrundlage für die Kommune dienen. Sie weichen jedoch zwangsläufig in der methodischen Analyse voneinander ab, da sie ein gefahrenbezogenes Vorgehen (z. B. Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser oder Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen) empfehlen. Auf bestimmte, naturgefahrenspezifische Besonderheiten für die Abschätzung der genannten Verwundbarkeitsbestandteile wird jeweils eingegangen.

Zur Bestimmung der Exposition von Bevölkerung oder Komponenten Kritischer Infrastrukturen werden zunächst die räumlichen Unterschiede der Einwirkung der Naturgefahr identifiziert. Hierfür werden Faktoren betrachtet, die eine Bestimmung von Expositionsunterschieden gegenüber Hitzewellen bzw. Starkregenereignissen ermöglichen. Im Falle von Hitzewellen beruhen diese Faktoren v. a. in Städten auf Unterschieden bezüglich des urbanen Hitzeinselleffekts (UHI), während beim Starkregen topographische Aspekte, insbesondere Senken, eine wichtige Rolle für die Expositionsbeurteilung spielen. Für den urbanen Hitzeinselleffekt liegen im Idealfall bereits Er-

² Birkmann, J., Dech, S., Gähler, M., Krings, S., Kühling, W., Meisel, K., Roth, A., Schieritz, A., Taubenböck, H., Vollmer, M., Welle, T., Wolfertz, J., Wurm, M., Zwenzner, H. (2010a): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevolkerungsschutz/Band_4_Hochwasser-Kom-Ebene.pdf?__blob=publicationFile.

gebnisse aus stadtklimatischen Untersuchungen vor, aber auch eine Abschätzung anhand von Wetterstations- oder Satellitendaten ist möglich. Mithilfe eines Digitalen Geländemodells können Senken identifiziert werden, in denen im Falle eines Starkregenergie Ereignisses Überschwemmungen auftreten können.

In einem nächsten Schritt werden Anfälligkeiten und Bewältigungskapazitäten betrachtet. Da sich, ebenso wie bei der Exposition, auch aus der Analyse dieser beiden Teilaspekte der Verwundbarkeit gezielte Schutz- und Vorsorgemaßnahmen ableiten lassen, werden entsprechende Analysen sowohl für den Bereich Bevölkerung, als auch für Kritische Infrastrukturen durchgeführt. Beispielsweise lässt sich die Anfälligkeit und Bewältigungskapazität der Bevölkerung mithilfe von Indikatoren in erster Näherung darstellen, wie bspw. dem Anteil der Bevölkerung, der alleinlebend und über 65 Jahre alt ist, oder dem Anteil der Bevölkerung, der bereits über Erfahrungen im Umgang mit einer Hitzewelle verfügt (näherungsweise ermittelt über die Wohndauer). Für diese Indikatoren liegen in den untersuchten Kommunen Daten auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertelebene) vor. Insgesamt können Indikatoren, die sich mit Hilfe von allgemein verfügbaren Daten darstellen lassen, erste Anhaltspunkte zur Verwundbarkeit liefern. Zusätzlich sollten aber auch *Kriterien* betrachtet werden, zu denen entsprechende Daten nur vereinzelt vorliegen, bzw. in eigenen Erhebungen erfasst werden müssten (z. B. Personen, die in Dachgeschosswohnungen leben; bauliche Vorkehrungen zum Schutz vor eindringendem Wasser; Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung). Diese Kriterien können soweit möglich in das Verwundbarkeitsassessment aufgenommen werden, und sollten insbesondere im Rahmen von Empfehlungen, und zur Information der Bevölkerung u. ä. herangezogen werden (vgl. Kapitel 4.2 bzw. 5.2).

Anfälligkeiten und Bewältigungskapazitäten von **Kritischen Infrastrukturen** sind, je nach Sektor, durch verschiedene Faktoren bestimmt. Die Abschätzung der Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen wird hier für sog. sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen (z. B. Krankenhäuser oder Kindergärten³) sowie für die Elektrizitätsversorgung vorgenommen, die aufgrund ihrer Rolle als Basisinfrastruktur beispielhaft für die Entwicklung von Analysemethoden ausgewählt wurde. Für die sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen ist ihre Exposition besonders wichtig, eine prinzipiell erhöhte Anfälligkeit bzw. geringere Bewältigungskapazität von Personen, die sich in den entsprechenden Einrichtungen aufhalten, ist bereits durch die Auswahl dieser Einrichtungen gegeben. Die Anfälligkeiten und Bewältigungskapazitäten der Elektrizitätsversorgung sind durch technische und organisatorische Aspekte bestimmt. So spielen z. B. die Erzeugungstechnologien und ihre Abhängigkeit von Kühlwasser eine Rolle. Aber auch die Frage nach der technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit von Komponenten beeinflusst die Gesamtverwundbarkeit der Versorgungssysteme.

Um abschließend mögliche Auswirkungen von Stromausfällen auf Kommunen abschätzen zu können, wurde ein umfangreicher Kriterienkatalog entwickelt. Dieser behandelt insbesondere die Verwundbarkeit wesentlicher Akteure – der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, der Bevölkerung sowie der Betreiber Kritischer Infrastrukturen und kommunal ansässiger Betriebe gegenüber solchen Ausfällen.

³ Kindergärten sind keine Kritischen Infrastrukturen i. S. d. BMI. Bei ihrem Ausfall ist nicht mit der Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung bzw. nachhaltig wirkenden Versorgungsempfängern zu rechnen. Auf Ebene der Kommunen werden diese dennoch mitberücksichtigt, da sie ein hohes Schadenspotenzial bergen und gleichzeitig eine Vielzahl von Einsatzkräften binden können, wenn sie bspw. überflutet werden.

II. Kapitel

Hintergrundinformationen zum Leitfaden

2.1 Das Projekt KIBEX: Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(sschutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse

Das Projekt *Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(sschutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse* (KIBEX), in dessen Rahmen der vorliegende Leitfaden erstellt wurde, ist durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) gefördert worden. Es wurde vom Institut für Umwelt und menschliche Sicherheit der Universität der Vereinten Nationen (UNU-EHS) in Kooperation mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) durchgeführt. Zusätzlich wurde durch die Zusammenarbeit mit den Praxispartnern der Städte Karlsruhe, Wuppertal und Köln, sowie dem Landkreis Stendal der Einbezug von Kenntnissen und Erfahrungen aus der Praxis ermöglicht. KIBEX schließt an das Projekt *INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren* an, aus dem der Leitfaden „Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene“⁴ hervorgegangen ist. Während im INDIKATOREN-Projekt auf die Vulnerabilität gegenüber der Naturgefahr Hochwasser fokussiert wurde und dabei die Bereiche Kritische Infrastrukturen (KRITIS), Bevölkerung und Umwelt betrachtet wurden, standen im Projekt KIBEX die Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber den Naturgefahren Hitzewellen und Starkregen im Mittelpunkt. Dabei wurde zunächst die direkte Betroffenheit der beiden Bereiche gegenüber der jeweiligen Naturgefahr, aber auch sog. *Auswirkungen zweiter Ordnung* oder *indirekte Auswirkungen* analysiert. Eine stetig wachsende Abhängigkeit der Bevölkerung von KRITIS-Leistungen und ein geringes Problembewusstsein können dazu führen, dass

Ausfälle von KRITIS weitreichende Folgen haben. Entsprechende Methoden zur Abschätzung direkter und indirekter Verwundbarkeit von Kommunen sind daher in den Leitfaden eingeflossen.

Das Forschungsprojekt KIBEX stützte sich auf vier verschiedene methodische Grundlagen, die zur Herleitung der hier dargestellten Methoden verwendet wurden:

1. Eine umfangreiche Analyse der bestehenden Forschung sowie Durchführung von
2. Experteninterviews,
3. Haushaltsbefragungen sowie
4. Gruppendiskussionen und Runden Tischen.

Zu den Experten zählten dabei

- Vertreter von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), bspw. aus den Partnerkommunen Köln, Wuppertal und Karlsruhe oder dem Landkreis Stendal
- Vertreter lokaler Ver- bzw. Entsorgungsbetriebe aus den Bereichen Wasser und Elektrizität
- Vertreter lokaler Behörden wie bspw. Umwelt-, Straßen- oder Gesundheitsämter bzw. Wasserverbände
- Vertreter aus der Wissenschaft

⁴ Vgl. Fußnote 2 bzw. Birkmann et al. 2010a.

Insgesamt wurden im Projektverlauf etwa 50 Experteninterviews durchgeführt, die wichtige Erkenntnisse zu allgemeinen Wirkzusammenhängen im Kontext von Hitzewellen bzw. Starkregenereignissen liefern konnten. Ein Großteil der Experten stammte dabei aus den Partnerkommunen.

Die Gruppendiskussionen und Runden Tische, an denen diverse Vertreter der Kommunen teilnahmen, dienten dazu, die generierten Ergebnisse zu validieren und auf ihre Anwendbarkeit hin zu prüfen. In Karlsruhe, Wuppertal und Stendal wurden insgesamt 8 Runde Tische durchgeführt, deren Diskussionsergebnisse jeweils in die weitere Projektbearbeitung eingeflossen sind und so eine hohe Praxisrelevanz der Forschungsergebnisse gewährleisten.

2.2 Der Leitfaden im Kontext (inter-)nationaler Prozesse

Der Leitfaden nimmt mit seinen Ausführungen zur Abschätzung der kommunalen Verwundbarkeit Bezug auf verschiedene Trends, die in Zukunft die Aufgaben des Bevölkerungsschutzes beeinflussen werden. Konkret thematisiert wird schwerpunktmäßig der Klimawandel. Doch auch der Technologiewandel und eine zunehmende Abhängigkeit und Vernetzung der Stromversorgung bestimmen die Bedeutung des Leitfadens. All diese Trends ereignen sich auf einer globalen Skala, ihre Ausprägung kann lokal jedoch sehr unterschiedlich sein. Dieser Leitfaden bezieht sich dabei auf Kommunen in Deutschland, es bestehen jedoch Parallelen zu vielen anderen europäischen und außereuropäischen Regionen.

Eine globale Herausforderung ist zunächst der Klimawandel, der u. a. Häufigkeit und Intensität von bestimmten extremen Wetterereignissen verändert. So kommt das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in einem Special Report (IPCC 2012) zu dem Ergebnis, dass es *sehr wahrscheinlich* ist, dass die Länge, Häufigkeit und/ oder Intensität von Hitzewellen in den meisten Regionen zunehmen werden. Für Starkniederschläge wird es als *wahrscheinlich* angesehen, dass die Häufigkeit der Ereignisse zunehmen wird – hier allerdings nur in *vielen* Regionen. Coumou & Rahmstorf (2012) fanden heraus, dass es für Hitzewellen und Niederschlagsextreme mittlerweile klare Belege für den Zusammenhang spezifischer Ereignisse bzw. deren Häufigkeitszunahme und dem menschlichen Einfluss auf das Klima gibt. Coumou et al. (2013) ermittelten, dass es inzwischen fünfmal häufiger extrem heiße Monate gibt als ohne die langfristige globale Erwärmung zu erwarten gewesen wären.

Auf die klimawandelbedingten Veränderungen und hieraus resultierende Anpassungsanforderungen nimmt bereits die Deutsche Anpassungsstrategie Bezug. Sie macht deutlich, dass der Klimawandel regional durchaus unterschiedliche Auswirkungen haben kann und viele Maßnahmen somit auf lokaler und regionaler Ebene ergriffen werden müssen (Bundes-

regierung 2008). KRITIS-Bereiche wie Energie- und Wasserwirtschaft zählen zu den Sektoren, die von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind, und für die Handlungsnotwendigkeiten gesehen werden. Der Bevölkerungsschutz wird in diesem Zusammenhang explizit als Querschnittsbereich der betroffenen Sektoren genannt, wobei der Schutz Kritischer Infrastrukturen eine wichtige Rolle spielt. Zwar befinden sich diese zum Großteil in privater Hand, jedoch ist insbesondere im Krisenfall eine Zusammenarbeit im Sinne der staatlichen Verantwortung für die zuverlässige Versorgung der Bürger unabdingbar (ebd.). Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe unterstreicht die Bedeutung der regionalen und lokalen Ebene im Schnittfeld von Klimawandel und Bevölkerungsschutz (BBK 2012a).

Anknüpfend an die Deutsche Anpassungsstrategie haben sich die Bundesländer mit dem Thema Klimawandel auseinandergesetzt und in vielen Bereichen bereits regionale Anpassungsstrategien entworfen. „Langfristiges Ziel der Landesregierung (NRW, Anm. d. Autoren) [...ist es, dabei bspw. ...] die Anfälligkeit der Menschen und der Umwelt [...] zu verringern“ (MUNLV 2009, S. 9). Der deutsche Städtetag bezieht sich mit seinem Positionspapier zum Klimawandel (Deutscher Städtetag 2012) explizit auf stadtspezifische Auswirkungen des Klimawandels. Er geht auf die Problemfelder Infrastrukturausbau und Stadtklima bzw. deren Bedeutung bspw. für Bauen, Verkehr oder Gesundheit ein. Der Leitfaden knüpft hieran an, indem eine Vielzahl von Akteuren, wie Umweltämter, Stadtplanung, Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben oder Versorger einbezogen werden. Dies ist auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass viele für die Abschätzung der Verwundbarkeit benötigten Daten und Informationen an unterschiedlichen Stellen in der Kommune vorgehalten werden und eine Kooperation schon aus diesem Grund nötig sein wird. Für die erfolgreiche Entwicklung von Maßnahmen bspw. im Bereich der Frühwarnung oder der Stadtentwicklung ist eine interbehördliche/-institutionelle Kooperation notwendig.

Neben dem Klimawandel spielen weitere Prozesse eine wichtige Rolle im Hinblick auf die sich verändernden Risiken für Bevölkerung und KRITIS. Hierzu gehört vor allem die bereits beschriebene Zunahme der Abhängigkeit von Infrastrukturdienstleistungen. So wird beispielsweise in einem Bericht des Büros für Technikfolgenabschätzung darauf hingewiesen, dass ein großflächiger Stromausfall über mehrere Tage einer nationalen Katastrophe gleichkäme (vgl. Petermann et al. 2010). Denn fast alle Bereiche unseres gesellschaftlichen Lebens fußen auf einer nahezu unterbrechungsfreien Stromversorgung. Gerade die Stromversorgung selber steht momentan durch die Umstrukturierung hin zu einem System der nachhaltigen Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien und dem dadurch notwendigen „Smart Grid“ vor großen Herausforderungen, die es in den nächsten Jahrzehnten zu meistern gilt. Hierzu gehört z. B. die Zusammenarbeit zwischen Kommune und Betreibern, die neben Herausforderungen auch neue Möglichkeiten birgt. Ein Beispiel ist die mögliche Priorisierung bei Abschaltmaßnahmen im Strombereich (vgl. z. B. Münzberg et al. 2013).

Ein weiterer, in diesem Leitfaden zwar nicht fokussierter, aber dennoch immanent wichtiger Trend ist der demographische Wandel. Er schafft durch die sich in einigen Regionen verringerten Bevölkerungszahlen bzw. einen steigenden Anteil älterer Menschen neue Anforderungen an Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz.

Zu den relevanten Akteuren, die vor dem Hintergrund der genannten Veränderungen in die Analyse und Reduktion der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS einbezogen werden müssen, gehören neben den in den Bevölkerungsschutz eingebundenen Behörden und Organisationen in erster Linie auch die Bürger sowie private Unternehmen. Dies gilt insbesondere für die Betrachtung möglicher Strom-

ausfälle. Zum einen sind Unternehmen als Versorger, zum anderen aber auch als Verbraucher von Stromausfällen betroffen. Gleichzeitig übernehmen sie als überwiegend private Versorger wichtige Aufgaben des Zusammenlebens. Wenn die Pflichten bzw. Krisenmanagementsysteme der Betreiber versagen, kann das dramatische Auswirkungen auf die Bevölkerung haben. Dies hat eindrücklich das Tohoku Erdbeben in Japan im März 2011 gezeigt. Der Betreiber des durch den Tsunami zerstörten Atomkraftwerkskomplexes hatte das Tsunamirisiko falsch eingeschätzt; vorhandene Krisenmanagementmaßnahmen waren unzureichend, sodass die Regierung die durch die Strahlung betroffenen Bürger evakuieren musste. Nicht nur bei solch dramatischen Ereignissen stellt sich neben der Frage nach der Verwundbarkeit der KRITIS selbst auch die Frage nach einer möglichen Betroffenheit der Bevölkerung durch den Ausfall von bzw. den Schaden an KRITIS sowie nach möglichen Maßnahmen zur Verwundbarkeitsreduktion. Zudem zeigt sich die große Bedeutung eines gemeinsamen Vorgehens im Risiko- und Krisenmanagement. Der vorliegende Leitfaden betont deshalb an vielen Stellen die Bedeutsamkeit der Kooperation zwischen Betreibern und Kommunen. Ein in Checklistenform beigefügter Fragebogen dient hier als erste Annäherung im Bereich Stromversorgung.

Eine solche Gesamtbetrachtung ist sowohl für die Abschätzung der Verwundbarkeit selbst, als auch für die, aus der Verwundbarkeitsabschätzung ableitbaren, Handlungsmaßnahmen wichtig. Im Rahmen eines länger anhaltenden, großflächigen Stromausfalls werden bspw. die Kapazitäten des Bevölkerungsschutzes an ihre Grenzen stoßen. Es muss daher geprüft werden, welche Aufgaben die Bevölkerung bzw. die Betreiber Kritischer Infrastrukturen selbst übernehmen können und an welcher Stelle öffentliche Hilfe nötig bzw. möglich ist.

2.3 Definitionen, Begriffe und Konzepte

2.3.1 Das Verwundbarkeitskonzept

Grundlegender Ansatz im KIBEX-Projekt, der sich im Aufbau des Leitfadens widerspiegelt, ist der Ansatz der *Verwundbarkeit*, zu dem verschiedene Definitionen und Verständnisse existieren (siehe bspw. Thywissen 2006, Birkmann 2006, Füssel und Klein 2006, Parry et al. 2007 oder UN/ISDR 2009). Die Verwundbarkeit gegenüber einer Naturgefahr beschreibt im Allgemeinen die Summe aller Faktoren und Prozesse, die das Ausmaß der durch die Naturgefahr ausgelösten möglichen Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen bestimmt. Diese Faktoren und Prozesse können unterschiedliche Formen annehmen, wie die Fragilität von Objekten (z. B. KRITIS), oder schlechte Management- und Governance-Strukturen. Es wird also davon ausgegangen, dass die Folgen einer Naturgefahr nicht allein von deren Intensität bzw. ihrer räumlichen Ausdehnung abhängen, sondern insbesondere durch die Vulnerabilität bestimmt werden.

Im KIBEX-Projekt wurde einem Verwundbarkeitsverständnis gefolgt, nach dem *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* die drei Komponenten darstellen, die die Verwundbarkeit eines Systems bestimmen. Das räumliche und zeitliche „Ausgesetztsein“ gegenüber einer Naturgefahr wird mit der *Exposition* erfasst. *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* beschreiben die Faktoren, die ein Objekt/einen Sektor/eine Gesellschaft anfällig machen (bspw. fehlende oder mangelhafte Baustandards) bzw. ihre Kapazitäten zur Bewältigung des Ereignisses charakterisieren (bspw. Vorhandensein sozialer Netzwerke und/oder Versicherungen) (vgl. UN/ISDR 2009, Birkmann 2006).

Verwundbarkeit lässt sich danach also als Funktion aus Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität definieren:

Oftmals wird im Zusammenhang mit Verwundbarkeitsanalysen auch die Anpassungskapazität des jeweiligen Systems betrachtet, die teilweise nur schwer von der Bewältigungskapazität abzugrenzen ist. Im Rahmen des Projekts wurde die Frage der Anpassungskapazität der beiden untersuchten Bereiche jedoch nicht direkt thematisiert, sondern die Verwundbarkeit sowie entsprechende Maßnahmen zu ihrer Reduktion in den Fokus gerückt. Anpassungskapazität unterscheidet sich von der Bewältigungskapazität insbesondere in ihrem Zeithorizont und damit in der Art der möglichen Maßnahmen. Während die Bewältigungskapazität eher den kurzfristigen Umgang mit einer Naturgefahr umfasst, bezieht sich die Anpassungskapazität auf langfristige Entwicklungen, die zumeist einen grundlegenden Wandel erfordern (vgl. Birkmann 2011). Die Anpassung von Versorgungsnetzen und damit eine Reduktion der Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung gegenüber Naturgefahren kann bspw. die Restrukturierung der Netze umfassen. Kurzfristige Bewältigungsmaßnahmen hingegen beziehen sich, wie auch in Kapitel 4 und 5 dargestellt, u. a. auf den Vorbereitungsgrad der Versorger und ihre Möglichkeiten, Komponenten ggf. zu ersetzen bzw. Notschaltungen einzurichten. Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die die negativen Effekte des Naturereignisses so gering wie möglich halten sollen.

Für den Bereich Bevölkerung sind die Übergänge zwischen Bewältigungs- und Anpassungskapazität fließend. Wesentliche Maßnahmen, die zur Erhöhung der Bewältigungskapazität gegenüber Hitzewellen und Starkregenereignissen beitragen, bestehen in baulichen Veränderungen wie Isolierungen und Rückstausicherungen, sowie in finanziellen Kapazitäten,

$$f \text{ (Verwundbarkeit)} = \text{Exposition} \times \text{Anfälligkeit} \times \text{Bewältigungskapazität}$$

etwa dem Abschluss einer entsprechenden Versicherung, die durchaus auch als Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel verstanden werden können. Die Anpassungs*kapazität* würde in diesem Sinne insbesondere Ressourcen umfassen, die eine Umsetzung dieser Vorkehrungen ermöglichen. Hierbei haben

auch Wahrnehmung/ Risikoeinschätzung bzw. das vorhandene Wissen zu möglichen Maßnahmen einen großen Einfluss darauf, ob vorhandene Ressourcen für Anpassungsmaßnahmen auch tatsächlich genutzt werden.

2.3.2 Kritische Infrastrukturen

Das Verwundbarkeitskonzept kann grundsätzlich auf diverse Bereiche angewendet werden, wie bspw. ökologische, ökonomische und soziale Systeme (vgl. Birkmann 2006). In dem vorliegenden Leitfaden stehen die direkten Auswirkungen auf die Bevölkerung durch die genannten Naturgefahren (Hitzewellen und Starkniederschläge) sowie die indirekten Folgen durch den möglichen Ausfall von Kritischen Infrastrukturdienstleistungen im Fokus. Letztere umfassen gemäß dem deutschen Bundesministerium des Innern (BMI)

22

„Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“
(BMI 2009).

Sie lassen sich in technische Basisinfrastrukturen sowie sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen unterteilen, wie Tabelle 1 zeigt. Im Fokus des Leitfadens steht zum einen die Elektrizitätsversorgung als Basisinfrastruktur, die auch für das Funktionieren vieler weiterer Infrastrukturen von essentieller Bedeutung ist. Zum anderen werden jene Dienstleistungsinfrastrukturen betrachtet, in denen eine Vielzahl von verwundbaren Menschen betreut wird, die sich ggf. nicht selber helfen können. Hierzu zählen bspw. Kindergärten, Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime bzw. Einrichtungen, in denen Menschen mit Behinderung betreut werden. Diese werden auf föderaler Ebene nicht explizit benannt. Da die Kritikalität von Infrastrukturen (vgl. hierzu bspw. auch Fekete 2011) jedoch von der räumlichen Betrachtungsebene abhängt, werden sie im Rahmen des Leitfadens unter die sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen auf lokaler Ebene gefasst.

Tabelle 1: Definition Kritischer Infrastrukturen

<u>Technische Basisinfrastrukturen:</u>	<u>Sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen:</u>
Energie	Transport und Verkehr
Informationstechnik und Telekommunikation	Finanz- und Versicherungswesen
Gesundheit	Staat und Verwaltung
Wasser	Medien und Kultur
Ernährung	Kindergärten, Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime bzw. Einrichtungen, die Menschen mit Behinderung betreuen

Quelle: eigene Darstellung nach Bundesministerium des Innern, 2009, S. 8. und BSI und BBK 2013.

Insgesamt ist die Bedeutung der Kritischen Infrastrukturen in den letzten Jahren deutlich gewachsen. Dies beruht u. a. auf den Ereignissen vom 11. September 2001 sowie den Sommerhochwassern in Deutschland 2002, die die Verwundbarkeit von Infrastrukturen nicht zuletzt durch die entstandenen Schäden verdeutlichten. Ferner lässt sich die Bedeutungszunahme auch durch Entwicklungen erklären, denen insbesondere die technischen Basisinfrastrukturen unterworfen sind, und die sich auf deren Verwundbarkeit auswirken. Hierzu kann bspw. die wachsende Bedeutung erneuerbarer Energien gezählt werden.

Zudem lässt sich für die Elektrizitätsversorgung auch die fortlaufende europäische Vernetzung, die die technische Komplexität des Systems steigert, als weiteres Beispiel nennen. Aber auch die Anzahl der Akteure im Bereich der Elektrizitätsversorgung hat sich im Rahmen der Privatisierung und europäischen Marktliberalisierung deutlich erhöht (vgl. IRGC 2006, Kröger 2008). Dadurch werden neue Herausforderungen an die Netzsteuerung gestellt. Gleichzeitig führen diese Entwicklungen dazu, dass Ausfälle großflächige Folgen haben können. Dies war bspw. im November 2006 der Fall, als das fehlerhafte Abschalten einer Starkstromleitung zu einem europaweiten Stromausfall führte, von dem ca. 10 Mio. Menschen in Deutschland, Frankreich, Italien, Belgien, Spanien und Portugal betroffen waren (UCTE 2007).

Neben der Verwundbarkeit der Infrastruktur als solcher, ist die wachsende *Abhängigkeit* von Menschen, gesellschaftlichen Prozessen und Sektoren von der Elektrizitätsversorgung zu betrachten. Diese bestimmt maßgeblich darüber, wie sich ein Stromausfall auswirkt. Bedingt durch eine sehr hohe Versorgungssicherheit⁵ rechnen Bürger nicht mit einem größeren Ausfall und es ist davon auszugehen, dass die Vorbereitung auf entsprechende Notfallsituationen unzureichend ist.

„In dem Maße, in dem ein Land in seinen Versorgungsleistungen weniger stör anfällig ist, wirkt sich jede Störung umso stärker aus“

(BMI 2009, S. 11).

Dies betrifft dabei nicht nur die Versorger oder den Bund, sondern auch und insbesondere die Kommunen, die hierauf reagieren müssen (vgl. BBK und DST 2010). Um diesen Umständen im Rahmen des Assessments gerecht zu werden, wurde eine Methode für eine qualitative Abschätzung der Auswirkungen eines Stromausfalls auf die Kommune entwickelt (vgl. Kapitel 6).

⁵ 2011 lag der Wert der Unterbrechungen bei ca. 15 Min/a (Bundesnetzagentur 2012).

2.4 Verwendung von Indikatoren und Kriterien

Um das Konzept der Verwundbarkeit für die Bereiche Bevölkerung und KRITIS anwendbar und messbar zu machen, wurden relevante Aspekte der Verwundbarkeit in *Indikatoren* bzw. *erweiterte Kriterien* übersetzt, die sich hinsichtlich ihrer Messbarkeit bzw. Datenverfügbarkeit unterscheiden. Indikatoren basieren dabei auf messbaren Werten, und beziehen sich auf Daten, die üblicherweise in der kommunalen Statistik verfügbar sind. Durch Indikatoren können Faktoren der Anfälligkeit und Bewältigungskapazität abgeschätzt werden, ohne dass diese direkt gemessen werden. Indikatoren sind also Stellvertretergrößen. Der Indikator *Anteil der Bevölkerung, der alleinlebend und über 65 Jahre alt ist* repräsentiert beispielsweise einen wichtigen Faktor der Anfälligkeit der Bevölkerung. Dieser Anteil kann – je nach Ausprägung – auf eine hohe bzw. niedrige Anfälligkeit hinweisen. Eine räumlich differenzierte Darstellung des Indikators erfolgt dabei anhand der administrativen Einheiten, auf der die Daten erhoben werden. Entsprechend können bspw. Stadtviertel miteinander verglichen und entsprechende Handlungsmaßnahmen entwickelt werden.

Erweiterte Kriterien, nach dem Verständnis in diesem Leitfaden, sind hingegen weniger quantitativ messbar, sondern beschreiben qualitativ bestimmte Zusammenhänge, die die Verwundbarkeit beeinflussen. Zu den erweiterten Kriterien liegen zumeist keine Daten auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertelebene) in der kommunalen Statistik vor. Sie beschreiben

dennoch wichtige Faktoren, die die Verwundbarkeit beeinflussen und sollten deswegen im Sinne einer differenzierten Betrachtung in die Analysen einbezogen werden. Hierzu gehören bspw. die Rückstauklappen in Häusern oder der Abschluss einer Elementarschadenversicherung (beide aus dem Bereich Bewältigungskapazität) im Kontext von Starkregenereignissen. Diese Einflussfaktoren auf die Verwundbarkeit spielen für die Entwicklung von entsprechenden Handlungsmaßnahmen (z. B. entsprechender Informationsflyer für die Bürger) eine wichtige Rolle. Teilweise können die relevanten Daten auch im Rahmen von Haushaltsbefragungen generiert und so auf der gewünschten administrativen Ebene verfügbar gemacht werden.

Sowohl Indikatoren als auch Kriterien werden im Rahmen des Leitfadens verwendet, um die direkten Auswirkungen von Naturgefahren auf bzw. die Vulnerabilität der beiden Bereiche Bevölkerung und KRITIS zu beschreiben. Die indirekten Folgen möglicher Ausfälle von Infrastrukturdienstleistungen bzw. die Verwundbarkeit von Kommunen gegenüber Stromausfällen werden hingegen ausschließlich mithilfe von Kriterien abgebildet, da diese sich kaum quantitativ messen lassen. Sowohl Indikatoren, als auch Kriterien bieten für die Kommunen wertvolle Informationen, um Bevölkerungsschutzmaßnahmen zu entwickeln und besonders verwundbare Gruppen und Sektoren zielgerichtet zu adressieren.

2.5 Veränderung von Extremwetterereignissen

Im Leitfaden werden Methoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber Hitzewellen bzw. Starkniederschlagsereignissen⁶ vorgestellt. Hierbei handelt es sich um extreme Wetterereignisse, die die Kommunen innerhalb ihres Gebiets unterschiedlich stark betreffen können. Dies wird für die jeweilige Naturgefahr unter dem Aspekt der Exposition betrachtet. So führt der Urbane Hitzeinseleffekt (UHI) beispielsweise dazu, dass es in den stark versiegelten Innenstädten wesentlich wärmer sein kann als in Randbezirken (siehe z. B. Bornstein 1968, Aniello et al. 1995 oder Golden 2004). Beeinflusst durch den Klimawandel ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Intensität bzw. die Häufigkeit von Extremwetterereignissen verändert (siehe Kapitel 2.2). Während im Abschlussbericht⁷ zur Analyse möglicher zukünftiger klimatischer Bedingungen Projektionen unterschiedlicher Klimamo-

delle verwendet werden, wird an dieser Stelle nur die Veränderung von Extremwetterereignissen in der Vergangenheit untersucht. Anhand der beiden Kommunen Karlsruhe und Wuppertal, die im Rahmen des Forschungsprojekts Praxispartner waren, sind beispielhaft die Veränderungen dargestellt, die für Hitzewellentage⁸ bzw. Starkniederschlagsereignisse festgestellt werden konnten. Abbildung 1 zeigt für die Wetterstation Karlsruhe-Hertzstraße, wie sich die Häufigkeit von Hitzewellentagen über den Zeitraum 1876 bis 2008 verändert hat. Über den betrachteten Zeitraum ergibt sich ein stark signifikanter Anstieg von 0,1 Hitzewellentagen pro Jahr. Während die durchschnittliche jährliche Anzahl der Hitzewellentage im Zeitraum 1961-1990 bei etwa 6 lag, traten im Zeitraum 1999-2008 bereits fast 18 Hitzewellentage pro Jahr auf.

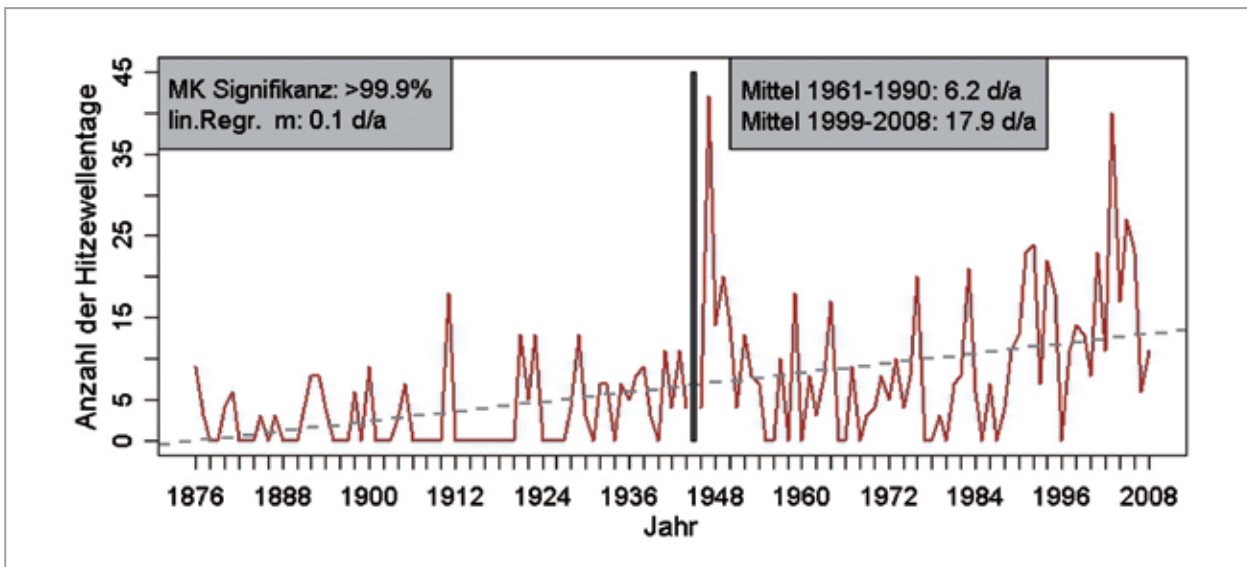


Abbildung 1: Jährliche Anzahl Hitzewellentage basierend auf beobachteten Klimadaten an der Station Karlsruhe-Hertzstraße. Zusätzlich dargestellt sind die lineare Regressionsgrade (gestrichelt), deren Anstieg, die Signifikanzwerte des Mann-Kendall-Trend-Tests (oben links) sowie die durchschnittliche Anzahl der Hitzewellentage pro Jahr über die Zeiträume 1961-1990 und 1999-2008 (oben rechts). Der schwarze Balken markiert den Fehlwert des Jahres 1945.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf WebWerdis Daten.

⁶ Es muss berücksichtigt werden, dass sich die in Kapitel 5 vorgestellte Methode zur Abschätzung der Verwundbarkeit explizit auf Starkregenereignisse bezieht. Hier dargestellt werden jedoch Starkniederschlagsereignisse, die auch Hagel und Schneefall umfassen können.

⁷ Weitere Ausführungen hierzu können dem wissenschaftlichen Abschlussbericht entnommen werden, der in der Reihe „Forschung im Bevölkerungsschutz“ des BBK erscheinen wird.

⁸ Ein Hitzewellentag wird hier als einer von mindestens drei Tagen in Folge mit einer Maximaltemperatur von über 30°C definiert (vgl. auch Lissner et al. 2012).

Eine vergleichbare Analyse wurde für das Auftreten von Starkniederschlagsereignissen in Wuppertal durchgeführt (vgl. Abbildung 2). Für die Station Wuppertal-Buchenhofen, welche am dichtesten am Stadtzentrum liegt, zeigt sich für den Zeitraum 1951 bis 2008 ein leicht signifikanter Trend hinsichtlich der jährlichen Veränderung des Auftretens von täglichem Starkniederschlag (≥ 20 mm pro Tag). Während die

jährliche Anzahl der Starkniederschlagstage im Zeitraum 1961-1990 bei 6 Tagen lag, betrug sie zwischen 2001 und 2010 mehr als 8⁹. Diese Analysen beziehen sich auf spezifische Wetterstationen. Allerdings ist, für bestimmte Regionen in Deutschland – je nach Naturraum – mit vergleichbaren Entwicklungen für die Zukunft zu rechnen (vgl. Zebisch 2005, Rannow et al. 2010).

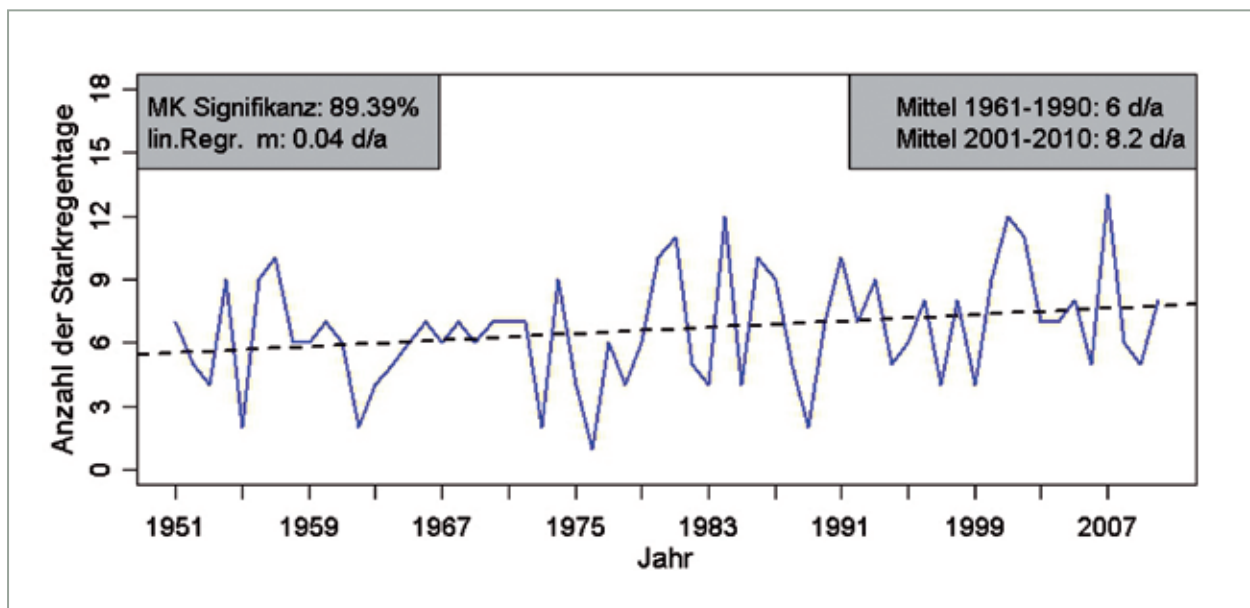


Abbildung 2: Jährliche Anzahl der Starkniederschlagstage basierend auf beobachteten Klimadaten an der Station Wuppertal-Buchenhofen

Zusätzlich sind die lineare Regressionsgerade (gestrichelt), deren Anstieg, die Signifikanzwerte des Mann-Kendall-Trend-Tests (oben links) sowie die durchschnittliche Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr über die Zeiträume 1961-1990 und 2001-2010 (oben rechts) dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf WebWerdis Daten.

⁹ Es muss in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, dass hier Tageswerte betrachtet wurden, da zeitlich höher aufgelöste Daten nicht durchgängig für die Analysezeiträume zur Verfügung standen. Starkregenereignisse zeichnen sich jedoch insbesondere durch hohe Niederschlagsmengen aus, die innerhalb einer kleinen Zeiteinheit (z.B. einer Stunde) fallen (vgl. DWD 2010).

2.6 Anwendung und Nutzergruppen des Leitfadens

Der Leitfaden wendet sich explizit an Kommunen, die auf lokaler Ebene neue Herausforderungen aufgrund des Klimawandels – auch unter dem Aspekt des Bevölkerungsschutzes – adressieren müssen. Da dies nur in Zusammenarbeit mit den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) bzw. mit den KRITIS-Betreibern vor Ort gelingen kann, hat der Leitfaden zwei grundlegende Ziele: Zunächst stehen die Abschätzung der Verwundbarkeit in den Bereichen Bevölkerung und Kritische Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen und Starkregen, sowie die Verwundbarkeit der Kommune gegenüber Stromausfällen im Vordergrund. Da effektive Strategien zur Reduktion der Verwundbarkeit jedoch nur durch gemeinsame und kohärente Maßnahmen entwickelt werden können, soll Ziel der Umsetzung auch eine verbesserte Kooperation innerhalb der Kommune sein. Diese wird sich zum einen aus den benötigten Daten und Informationen ergeben, die ggf. untereinander ausgetauscht werden müssen. Zum anderen wird aber auch die Umsetzung der Maßnahmen eine Kooperation innerhalb der Kommune erfordern, bspw. zwischen Stadtentwässerung und der Feuerwehr bzgl. der Reduktion der Verwundbarkeit gegenüber Starkregenereignissen. Eine intensive Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure bei der Verwundbarkeitsabschätzung erhöht vielfach die Qualität der Ergebnisse und steigert die Akzeptanz von entwickelten Maßnahmen. Zum anderen besteht ein grundlegender Mehrwert der Ermittlung der Verwundbarkeit in der dabei notwendigen Kommunikation der Einrichtungen und Behörden untereinander. Häufig lassen sich Synergien erzeugen bzw. bereits bestehende Erkenntnisse und Maßnahmen übertragen, deren Potenziale mangels interkommunalen Austauschs oft ungenutzt bleiben. Mit der Analyse der kommunalen Verwundbarkeit sollte daher nach Möglichkeit auch die Einrichtung von überfachlichen Gesprächsplattformen einhergehen.

Um eine umfassende Analyse für die Kommune durchzuführen, bietet sich die Anwendung des gesamten Leitfadens, den einzelnen Kapiteln folgend, an. Je nachdem, welche Naturgefahr(en) für die

Kommune relevant ist bzw. sind, und je nach dem, inwiefern sich die Kommune bereits engagiert hat, können jedoch auch nur einzelne Abschnitte in die Abschätzung und Arbeit einfließen.

Inhaltlich werden in einigen Bereichen verschiedene Möglichkeiten zur Durchführung der Abschätzung der Verwundbarkeit dargestellt. Damit soll den jeweiligen Möglichkeiten und Bedarfen der Kommunen Rechnung getragen werden. Die verschiedenen Methoden unterscheiden sich dabei zumeist in Arbeitsaufwand und Kosten. In einigen Bereichen, wie bspw. der Abschätzung der Exposition gegenüber Hitzewellen, wurde auch auf die sehr unterschiedliche Datenlage in den einzelnen Kommunen Bezug genommen.

Potenziale der (auch von Bund und Ländern geforderten¹⁰) Verwundbarkeitsabschätzung liegen zunächst in einer darauf aufbauenden Verbesserung des Schutzes der Bevölkerung und damit der Sicherheit der Kommune. Gleichzeitig bilden sie auch ein anerkanntes Mittel zur Anpassung an den Klimawandel (vgl. Bundesregierung 2008). Insgesamt können durch die Vulnerabilitätsabschätzung auch Synergien erzeugt und Einspareffekte durch das Übertragen bestehender Maßnahmen erzielt werden. Durch die innovative Entwicklung von Maßnahmen können auch teilweise zusätzliche Ressourcen generiert werden. Die Partnerstadt Wuppertal bspw. konnte durch die Teilnahme an Wettbewerben wie dem Innovationspreis für Feuerwehren (IF Star 2012) oder dem „Blauen Kompass 2011“, der durch das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt (UBA) verliehen wird, Mittel gewinnen, die nun in die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion der Verwundbarkeit fließen. Unabhängig hiervon wurde auf die Entwicklung verschiedener, möglichst kostengünstiger Methoden geachtet. Sofern technische Möglichkeiten zur Erzielung eines genaueren Ergebnisses bestehen, so werden diese alternativ vorgestellt und erläutert. Die Kommune kann demzufolge je nach Budget und Bedarf des Detaillierungsgrads eine passende Methode auswählen.

¹⁰ Vgl. Bundesregierung 2008, S. 4 oder MUNLV 2009, S.155.

2.7 Aufbau des Leitfadens

Im Rahmen der Publikation werden anhand des Verwundbarkeitskonzepts mit den drei genannten Teilaspekten Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität Möglichkeiten zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung sowie von KRITIS gegenüber den Naturgefahren Hitzewelle bzw. Starkregen vorgestellt. Die Methoden werden getrennt für die Naturgefahren Hitzewelle (Kapitel 4) und Starkregen (Kapitel 5) dargestellt. Damit kann je nach

Relevanz der Naturgefahren für die Kommune ggf. nur eine der Naturgefahren analysiert werden, wobei jedoch mögliche klimawandelbedingte Veränderungen in Betracht gezogen werden sollten. Die beiden Kapitel werden weiter nach den Bereichen Bevölkerung und KRITIS untergliedert. Für beide Naturgefahren und den jeweils betrachteten Bereich wird die Analyse der Verwundbarkeitsaspekte (Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) erläutert.

Übersicht zur Anwendung des Leitfadens durch die Kommunen:

Während die Kapitel 2 und 3 den Rahmen des Leitfadens abstecken, und das Konzept sowie den Adressatenkreis näher beleuchten, stellen die Kapitel 4 bis 6 die erarbeiteten Methoden für die Verwundbarkeitsabschätzung vor, die durch die Kommune zur Anwendung kommen sollen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen, wobei dieses in die Bereiche Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeinseleffekts (4.1), Verwundbarkeit der Bevölkerung (4.2) und Verwundbarkeit von Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen (4.3) untergliedert ist.

Kapitel 5 teilt sich in die gleichen Analysebereiche auf. Hier wird für die Naturgefahr Starkregen zunächst die Methode zur Identifikation von Senken (5.1) erläutert, anschließend folgen die Bereiche Verwundbarkeit der Bevölkerung (5.2) und der Kritischen Infrastrukturen (5.3).

Kapitel 6 erläutert abschließend die Abschätzung der Verwundbarkeit von Kommunen gegenüber Stromausfällen und entsprechende Handlungsmöglichkeiten.

III. Kapitel

Methodik

3.1 Differenzierung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen

Der konzeptionelle Rahmen der Verwundbarkeit kann für verschiedene Extremwetterereignisse Anwendung finden, obwohl sich deren Wirkungen auf das System KRITIS-Mensch unterscheiden. Diese sind abhängig von der Art der Naturgefahr, die entweder *schleichend* oder *plötzlich* eintreten kann. Das Starkregenereignis als *plötzliche* Naturgefahr zeichnet sich z. B. dadurch aus, dass es mit großer physischer Zerstörungskraft, insbesondere bei starkem Gefälle, einhergeht. Es ist räumlich und zeitlich begrenzt (Gaume et al. 2004).

Die eher *schleichende* Naturgefahr Hitzewelle hingegen ist in ihrer zeitlichen und räumlichen Ausdehnung wesentlich weitgreifender und hat neben direkten Auswirkungen, z. B. wenn sie einen Hitzschlag verursacht, oftmals indirekte Auswirkungen (McGregor et al. 2005). Die Bevölkerung ist vielfach nicht, wie bspw. bei Starkregen, durch Zerstörung von Eigentum betroffen. Infrastrukturkomponenten werden nicht physisch zerstört, sondern in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt. So treten z. B. Probleme in der Stromerzeugung auf, bspw. durch die Abschaltung von Kraftwerken zur Vermeidung eines weiteren Anstiegs der Wassertemperaturen in Flüssen und der damit einhergehenden Ökosystems Schäden (siehe z. B. Rothstein et al. 2008). Eine eingeschränkte Stromerzeugung kann während einer Hitzewelle einem erhöhten Verbrauch gegenüberstehen (z. B. Einsatz von Klimaanlage), was zu einem Ungleichgewicht von Angebot und Nachfrage und damit zu Engpässen in der Versorgung führen kann (siehe bspw. BAG 2003, BfG 2006, Lönker 2003 oder Bundesregierung 2008). Insgesamt unterscheiden sich also die direkten und indirekten Wirkpfade der Naturereignisse, sodass unterschiedliche Methoden zur Abschätzung

der Verwundbarkeit entwickelt wurden (siehe Abbildung 3).

Insbesondere die Abschätzung des Teilaspekts der Verwundbarkeit *Exposition* unterscheidet sich je nach Naturgefahr. Eine klare räumliche Grenze einer Hitzewelle existiert vielfach nicht (z. B. im Vergleich zu einem Hochwasser), jedoch können kleinräumige Unterschiede in der Exposition z. B. aufgrund des urbanen Hitzeinsel-Effektes (UHI) bestimmt werden. Für Starkregen sind v. a. die topographischen Senken in der Kommune relevant, da sich hier Wasser sammeln und zu lokalen Überschwemmungen führen kann. In einem zweiten Schritt muss dann geprüft werden, inwieweit auch Menschen bzw. Einrichtungen oder Versorgungskomponenten *exponiert*, also der jeweiligen Gefahr physisch ausgesetzt sind. Dies geschieht in der Regel durch die Verschneidung der Ergebnisse zum UHI bzw. zu den topographischen Senken mit Bevölkerungsdaten bzw. Geo-Daten zu öffentlichen Einrichtungen oder Komponenten der Versorgung (z. B. Strom, Wasser), die bei den örtlichen Versorgern, bei der Feuerwehr, oder den kommunalen Statistik-, Liegenschafts- oder Katasterstellen vorgehalten werden.

Aber auch in den Bereichen Anfälligkeit und Bewältigung unterscheiden sich die Methoden nach Naturgefahr und Analyse-Sektor, wie Abbildung 3 zeigt. Sie umfassen neben der Verwendung von Indikatoren und Kriterien insbesondere die qualitative Abschätzung möglicher Wirkfolgen. Die einzelnen Methoden sind in den Kapiteln 4 und 5 dargestellt und näher erläutert, bevor Kapitel 6 dann – naturgefahrenunabhängig – die Verwundbarkeit von Kommunen gegenüber Stromausfällen beschreibt.

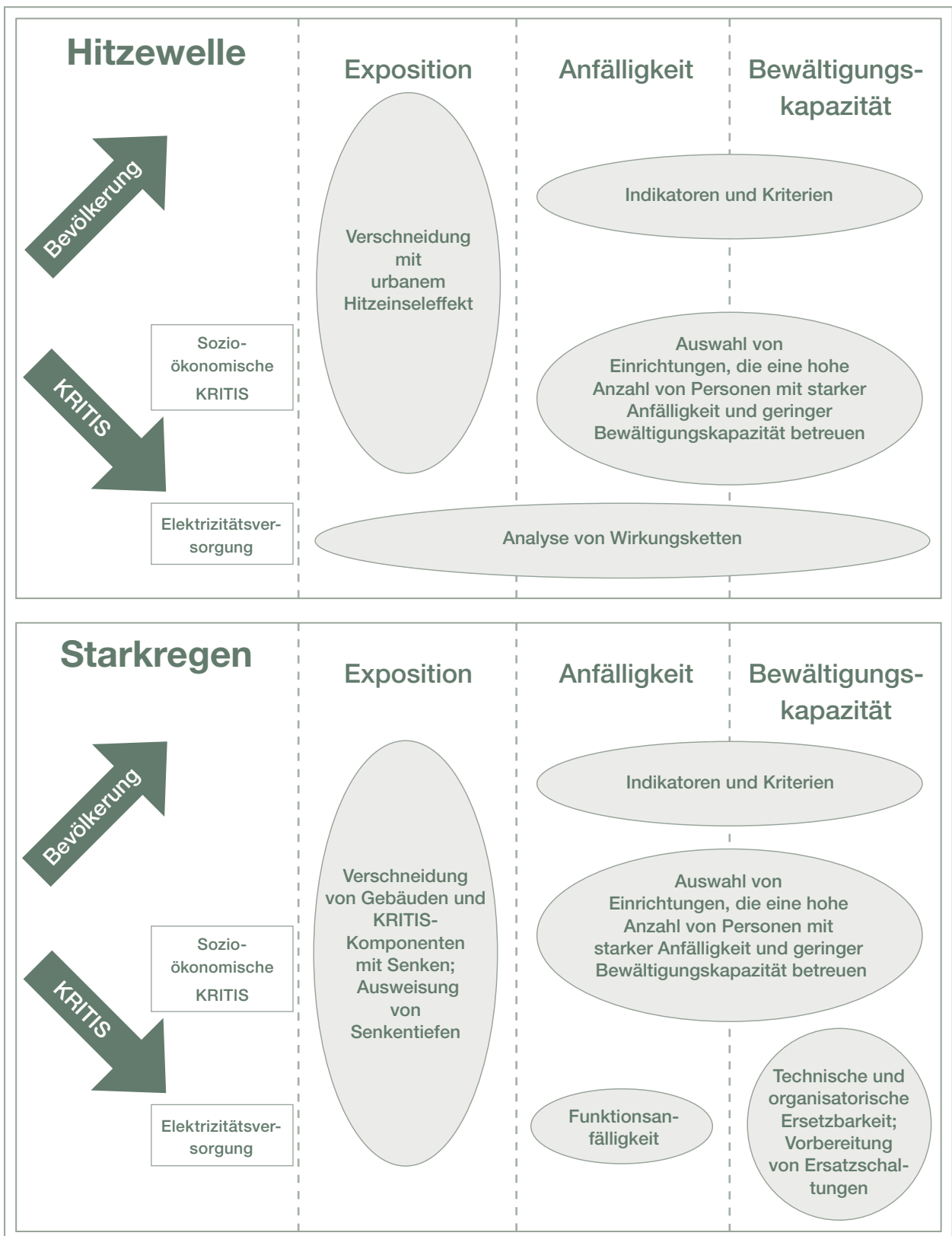


Abbildung 3: Methoden zur Analyse der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber Hitzewellen bzw. Starkregen in der Übersicht¹¹

Quelle: eigene Darstellung.

¹¹ Die Elektrizitätsversorgung wurde als Basisinfrastruktur beispielhaft ausgewählt. Da sie einen Input für viele weitere Infrastrukturen liefert, ist bei ihrem Ausfall mit weitreichenden Folgen zu rechnen.

3.2 Zweistufiges Verfahren zur Abschätzung der Gesamtverwundbarkeit

Zur Anwendung des Leitfadens und zur Durchführung der kommunalen Verwundbarkeitsabschätzung gegenüber Hitzewellen und Starkregen wurde ein zweistufiges Verfahren erarbeitet, das die Betrachtung der beiden Bereiche *Bevölkerung* und *Kritische Infrastrukturen* ermöglicht, und die Analyse von Auswirkungen eines (teilweisen) Zusammenbruchs der

Elektrizitätsversorgung auf die Kommune einbindet.

Für die jeweilige Naturgefahr (sowohl Hitzewelle als auch Starkregen) wird zunächst eine *direkte* Abschätzung der Verwundbarkeit von KRITIS bzw. der Bevölkerung durchgeführt (vgl. Kapitel 4 und 5 bzw. Abbildung 4).

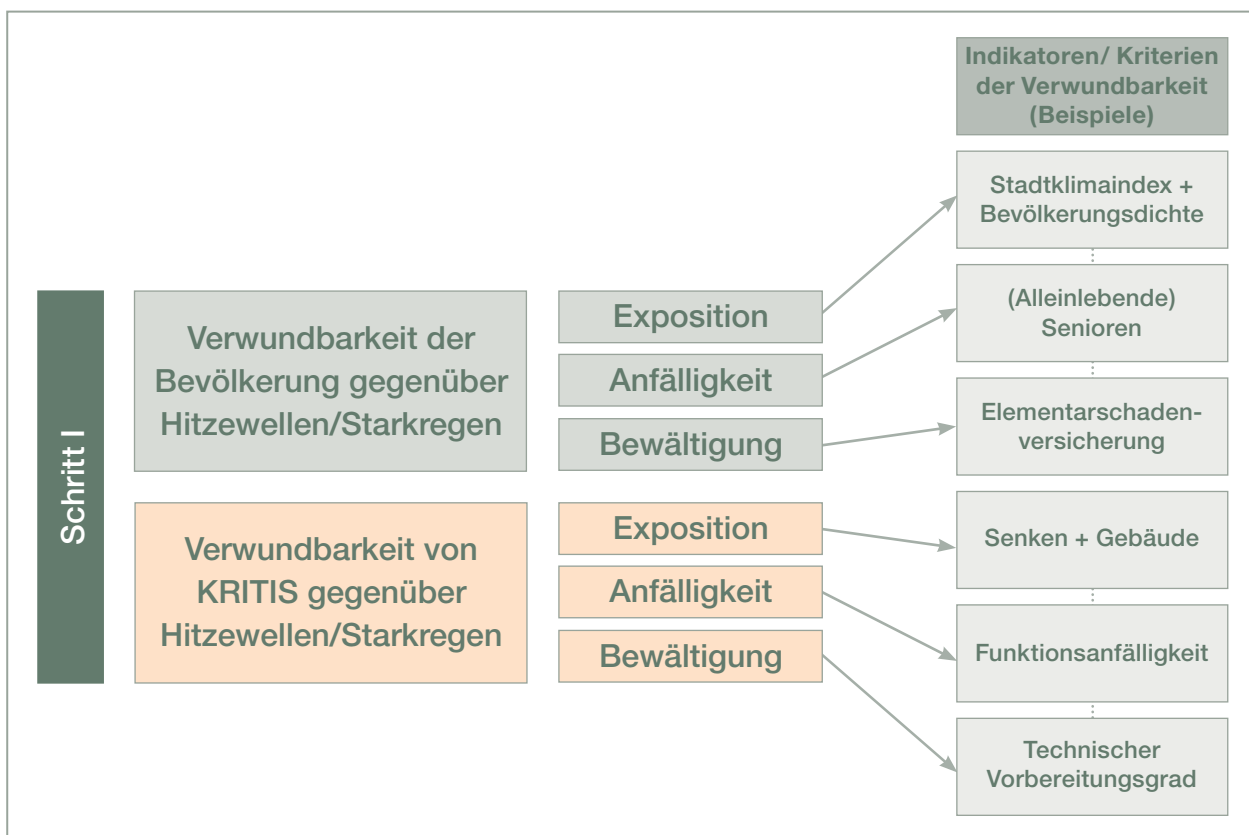


Abbildung 4: Abschätzung der direkten Verwundbarkeit der Bereiche Bevölkerung bzw. KRITIS

Quelle: eigene Darstellung.

Um Wechselwirkungen zwischen den beiden Bereichen zu berücksichtigen, bedarf es anschließend eines zweiten Schritts, der die *indirekten* Auswirkungen von Naturgefahren analysiert. Im Fokus des Leitfadens steht dabei die Frage, wie sich der Ausfall

einer Infrastrukturdienstleistung, hier der Elektrizitätsversorgung, auf die Kommune und insbesondere die ggf. betroffenen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) auswirkt (vgl. Abbildung 5).

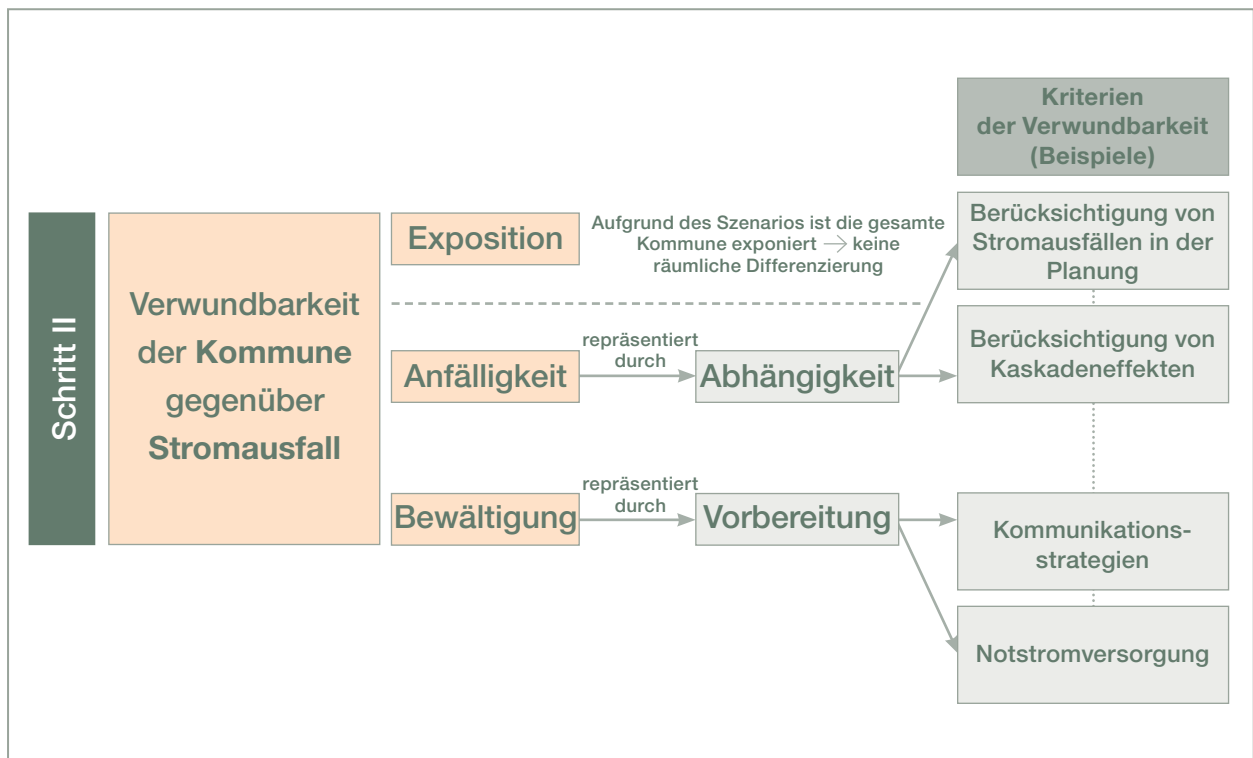


Abbildung 5: Abschätzung indirekter Verwundbarkeit einer Kommune am Beispiel Stromausfall

Quelle: eigene Darstellung.

Die Abschätzung der indirekten Verwundbarkeit der Kommune bzgl. möglicher Ausfälle/Beeinträchtigungen von Infrastrukturdienstleistungen am Beispiel der Elektrizitätsversorgung wird in Form von Checklisten durchgeführt (vgl. Kapitel 6), um so die unterschiedliche Abhängigkeit (Anfälligkeit) bzw. den Vorbe-

reitungsgrad von BOS, Bevölkerung und Betrieben (Bewältigung) zu erfragen. Die Checklisten und Kriterien sind als Hilfestellungen für die Kommunen gedacht, um mögliche Problemlagen zu antizipieren und entsprechende Maßnahmen zu diskutieren, zu entwickeln und ggf. zu üben.

IV. Kapitel

Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und
Kritischen Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen

4.1 Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeinseleffekts

Eine Hitzewelle ist eine längere Periode mit ungewöhnlich hohen Temperaturen, wobei verschiedene Definitionen zur Bestimmung von Häufigkeit und Dauer einer Hitzewelle existieren. Die Möglichkeit der Spezifizierung von regionalen klimatischen Gegebenheiten und der Einbeziehung der Akklimatisierungsfähigkeit der Menschen an ihr Klima bieten relative Indizes. Hier verwendet wird jedoch ein absoluter Index, der sog. Hitzewellentag (siehe Lissner et al. 2012), für den an mindestens drei Tagen in Folge eine Maximaltemperatur von über 30°C herrschen muss. Grundsätzlich ist für die Definition bzw. die Analyse von Hitzewellen(tagen) auch die Verwendung weiterer Indizes wie die Anzahl warmer Nächte (Minimaltemperatur über 20°C) (siehe Alexander et al. 2006) möglich. Letztere spielen bei der Betrachtung der Auswirkungen von Hitzewellen auf die Gesundheit eine besondere Rolle, da sie den Menschen die Möglichkeit der Erholung von einem heißen Tag in der kühlen Nacht nehmen. Komplexere Definitionen beziehen die relative Luftfeuchte mit ein und tragen damit der größeren Last heißer Temperaturen unter hoher Luftfeuchtigkeit Rechnung¹².

Die Exposition gegenüber Hitzewellen ist insbesondere in urbanen Gebieten unterschiedlich stark ausgeprägt, wobei im Allgemeinen eine besondere Belastung in den Stadtzentren vorliegt (urbaner Hit-

zeinseleffekt – UHI). Um diese unterschiedlich starke Belastung der Kommune in Betracht zu ziehen, erfolgt zunächst eine Abschätzung des UHI, wofür im Folgenden verschiedene Methoden vorgeschlagen werden.

Die Wärmebelastung in ländlichen Räumen kann ebenfalls durch naturräumliche Heterogenität variieren, jedoch sind diese als Ursache für Temperaturunterschiede innerhalb einer Kommune weniger bedeutsam.

Für die Abschätzung des UHI gibt es verschiedene Möglichkeiten. Im Folgenden werden die Methoden

- a) Abschätzung anhand von Wetterstationsdaten,
- b) Abschätzung mittels Fernerkundung, sowie
- c) Abschätzung mit Stadtklimamodellen

vorgestellt. Sie unterscheiden sich nach ihrer Datengrundlage, dem Bearbeitungsaufwand, den benötigten Kenntnissen und Ressourcen sowie ihrer Genauigkeit (vgl. Tabelle 2). Sie werden einzeln erläutert, sodass die betroffenen Kommunen ihren Ressourcen und Bedürfnissen entsprechend eigene Abschätzungen vornehmen können.

¹² Dieser Indikator wird in der Literatur auch als *gefühlte Temperatur oder apparent temperature* bezeichnet (Steadman 1984).

Tabelle 2: Unterscheidung der verschiedenen Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeinseleffekts

	Wetterstations- daten	Fernerkundungs- daten	Stadtklimamodelle
Benötigte Datengrundlage	Wetterstationsdaten (bspw. DWD-Daten); für die statistische Bearbeitung nötige erklärende Variablen (bspw. Höhe).	Hoch aufgelöste thermale Fernerkundungsdaten aus Befliegungen oder Satellitendaten; MODIS-Daten sind zwar frei verfügbar, haben jedoch eine sehr grobe Auflösung von ca. 1 km x 1 km, die für eine kommunale Betrachtung evtl. zu grob ist.	Stadtklimamodell
Bearbeitungsaufwand	Statistische und geokodierte Bearbeitung der Daten; mittlerer Bearbeitungsaufwand.	Statistische und geokodierte Bearbeitung der Daten; mittlerer Bearbeitungsaufwand.	Einfache mathematische Berechnungen basierend auf Geodaten zum Stadtklima; geringer Bearbeitungsaufwand.
Kosten	Einfache Datenakquisition, relativ geringe Kosten.	Hoch, falls Befliegung erst durchgeführt werden muss; bei Verwendung der kostenlosen MODIS-Daten: sehr grobe Auflösung.	Gering; Existenz eines Stadtklimamodells wird vorausgesetzt.
Benötigte Kenntnisse	Kenntnisse zur Klimadatenbearbeitung; zur Geokodierung der Wetterstationen und Gemeindekarten; zur Umsetzung der Regressions- und Interpolationsverfahren; zur Geostatistik.	Kenntnisse zur Bearbeitung der Satellitendaten; zum Umgang mit Fernerkundungs- bzw. Geodaten; zur Geokodierung.	Kenntnisse zur Aggregation von Daten auf Stadtvierelebene.
Genauigkeitsgrad	Räumliche Auflösung bis zu 100 m x 100 m; gute zeitliche Auflösung der Daten; Bevölkerungsdichte kann Abweichungen von realen Werten aufweisen, da es sich um disaggregierte Daten handelt, die vorher nur auf kommunaler Ebene vorlagen (Gallego, 2010).	Räumliche Auflösung der Satellitendaten von 1 km x 1 km; höhere Auflösung bei Befliegung möglich (aber mit hohen Kosten verbunden); zeitliche Verfügbarkeit der Daten begrenzt; nur Oberflächentemperatur erhältlich.	Daten beruhen auf Messungen und Modellierungen; der Genauigkeitsgrad ist daher hoch.

Quelle: eigene Darstellung.

Es muss berücksichtigt werden, dass mit den dargestellten Methoden eine *Abschätzung* eines möglichen Hitzeinseleffekts in der Kommune ermöglicht werden soll¹³. Insbesondere Abschätzungen anhand von Wetterstations- bzw. Fernerkundungsdaten ermöglichen dabei eine zeitnahe und kostengünstige Abschätzung. Grundsätzlich führen jedoch alle Methoden, die Daten auf Stadtviertelebene (oder höher) aggregieren, zu einer Vereinfachung der Darstellung und damit zu einer Verzerrung. Eine möglichst hochaufgelöste Darstellung, z. B. auf Baublockebene, verringert diese Effekte. Die hier dargestellten Methoden wurden für die Stadtviertel-Ebene angewendet und bilden die Realität daher nur *näherungsweise* ab¹⁴.

Die anwendende Kommune kann die Methode auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Ressourcen und des gewünschten Genauigkeitsgrads auswählen. Eine möglichst detailgetreue Abbildung kann z. B. auch durch Feldmessungen, Windkanalstudien oder Simulationsmodelle (vgl. z. B. NVK 2011) erreicht werden, bringt jedoch einen entsprechenden Aufwand mit sich. Unabhängig davon, für welche Methode zur Abschätzung des UHI sich die Kommune entscheidet, bildet diese die Grundlage für die weitere Betrachtung der *Exposition* von Bevölkerung und KRITIS (vgl. Kapitel 4.2 und 4.3).

4.1.1 Abschätzung anhand von Wetterstationsdaten

Zur Abschätzung der Hitzeexposition der Bevölkerung muss die Temperaturverteilung mit möglichst hoher räumlicher Auflösung bekannt sein, da diese von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird und daher auf der Fläche eines Stadtgebietes stark variieren kann. Bei dieser Methode werden zur Abschätzung des UHI einer Stadt Wetterstationsdaten aus dem Umkreis, in unserem Beispiel der Stadt Karlsruhe, verwendet. Durch die Kombination aus Regressions- und Interpolationsverfahren kann die üblicherweise sehr geringe räumliche Auflösung (zur Verfügung stehende Wetterstationen sind meist dutzende Kilometer voneinander entfernt) auf die höhere Auflösung der erklärenden Variablen (z. B. Bevölkerungsdichte) gebracht werden.

Obwohl auch andere Klimaelemente wie Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer, Strahlungsleistung, Luftfeuchte o. Ä. bei der Abschätzung der momentanen Belastung von Hitze für den menschlichen Organismus eine Rolle spielen (z. B. Kjellstrom 2009), kommt hier beispielhaft lediglich das Klimaelement Temperatur zur Anwendung. Hierfür werden leicht zugängliche WebWerdis-Daten¹⁵ verwendet. Die Wetterdaten der Stationen werden dann zu oben genannten Hitzeindizes aggregiert, wobei für das Beispiel Karlsruhe der Hitzewellentag gewählt wurde. Es kommen also in diesem Fall die Tageshöchsttemperaturen der Stationen im Umkreis der Beispielstadt Karlsruhe zur Anwendung.

¹³ Weitere Ausführungen hierzu können dem wissenschaftlichen Abschlussbericht entnommen werden, der in der Reihe „Forschung im Bevölkerungsschutz“ des BBK erscheinen wird.

¹⁴ Für die Stadt Karlsruhe bspw. liegt mit der existierenden Klimafunktionskarte eine wesentlich detailgetreue Darstellung des Stadtklimas vor. Dies ist jedoch für die wenigsten deutschen Kommunen der Fall, deshalb werden auch die anderen Methoden (am Beispiel der Stadt Karlsruhe) dargestellt.

¹⁵ Datenplattform des DWD: <http://www.dwd.de/webwerdis>

Die grundlegende Idee besteht nun darin, die an den einzelnen Stationen gemessenen Hitzewellen mit den sie umgebenden Einflussfaktoren zu erklären. Dafür werden hoch aufgelöste Daten (100 m x 100 m) wie bspw. zur Topographie und Bevölkerungsdichte verwendet. Diese sind zumeist frei zugänglich (siehe oben WebWerdis-Daten bzw. CORINE-Daten auf <http://www.eea.europa.eu/>). Die Topographie kann, aufgrund des physikalischen Zusammenhangs zwischen Höhe und Temperatur einer Luftmasse, zur Beschreibung der Temperaturverteilung in einer Region verwendet werden. Die Bevölkerungsdichte hingegen dient als Proxy (stellvertretende Variable) für verschiedene temperaturbeeinflussende Fakto-

ren, wie die Menge an wärmespeichernden Gebäuden, oder anthropogenen Hitzeemissionen, der Anteil an versiegelten Böden u. a. (siehe oben, UHI). Die beeinflussenden Faktoren um eine Station werden über sogenannte *Buffer*, also Einflussgebiete von einer zu definierenden Größe, gemittelt. Beispielhaft wählen wir hier einen Radius von 2500 m. Durch Anwendung der in der linearen Regression gefundenen Parameter auf die mittlere Höhe und die Bevölkerungsdichte in den Stadtvierteln ergibt sich die stadtviertelspezifische Hitzeexposition. Sowohl die Höhe als auch die Bevölkerungsdichte werden dabei als erklärende Variablen für den UHI verwendet (vgl. Abbildung 6).

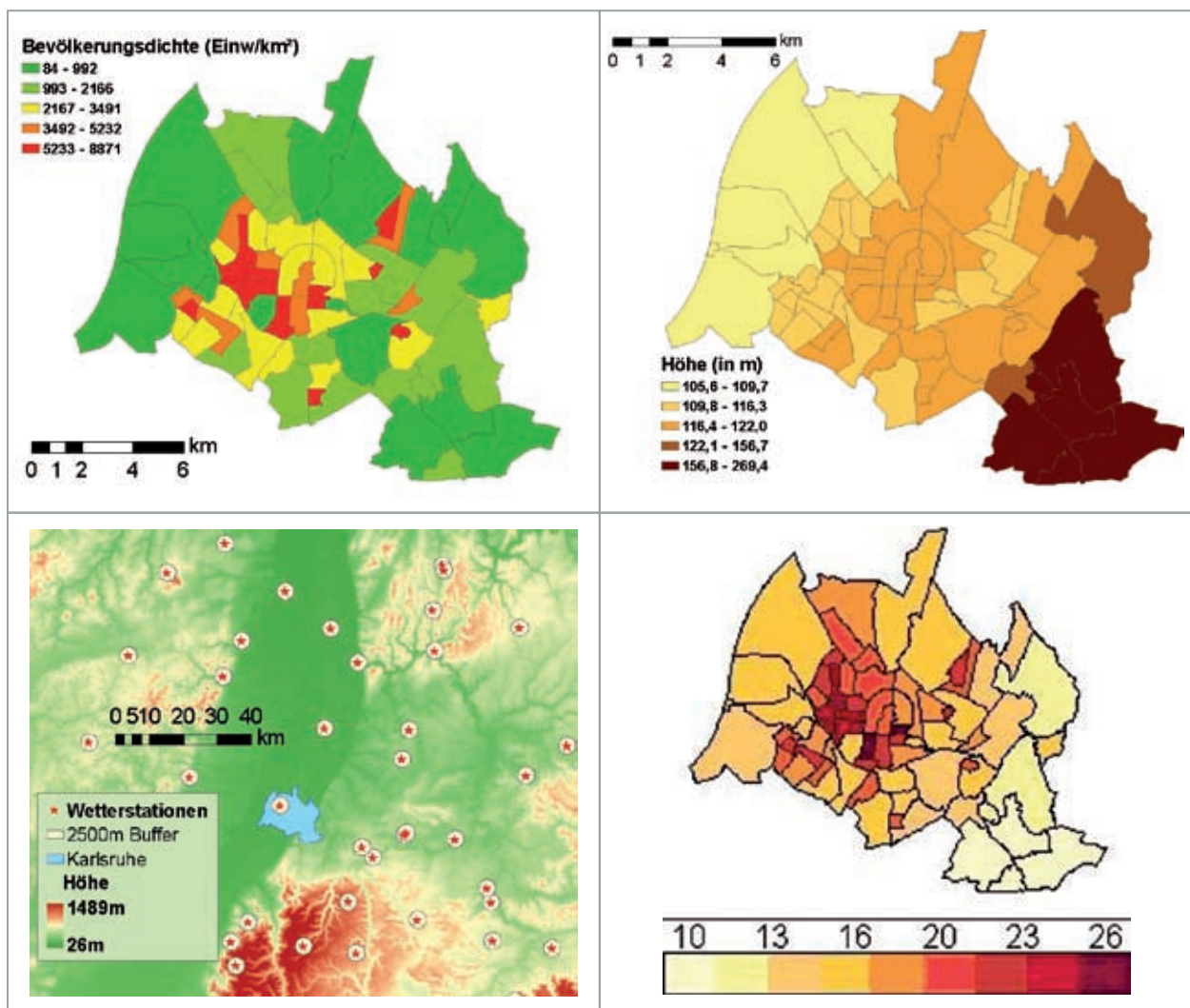


Abbildung 6: Höhe, Bevölkerungsdichte und Hitzeindizes in Karlsruhe

Links unten ist die erklärende Variable „Höhe“ in der Umgebung Karlsruhes dargestellt. Zusätzlich sind hier Beispielstationen mit Buffern von 2500m Durchmesser eingezeichnet. Oben links und rechts befinden sich die stadtviertelgemittelten Werte der erklärenden Variablen Bevölkerungsdichte und Höhe in der Stadt Karlsruhe. Die stadtviertelspezifischen Hitzeindizes, welche auf Grundlage von „Höhe“ und „Bevölkerungsdichte“ berechnet wurden, sind rechts unten dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf WebWerdis bzw. CORINE-Daten.

4.1.2 Abschätzung anhand von Fernerkundungsdaten

Als weitere Möglichkeit der Abschätzung der Exposition gegenüber Hitze im Stadtgebiet können Satellitendaten genutzt werden. Diese sind oft frei zugänglich, jedoch nicht ohne Aufwand und Kenntnisse zu bearbeiten. In diesem Beispiel werden kostenfreie MODIS Landoberflächentemperaturdaten (LST) mit einer räumlichen Auflösung von ca. 1 km genutzt. Die zeitliche Auflösung der Daten ist vom Überflug des Satelliten über die entsprechende Region gekennzeichnet (in diesem Fall immer um 10.30 Uhr lokaler Zeit). Aufgrund von Datenlücken durch bspw. Wolkenbedeckung liegen die Daten nur in einer 8-Tage gemittelten Auflösung vor. Exemplarisch wurden die

Daten für den Monat Juni der Jahre 2006-2011 gemittelt. In Abbildung 7 sind die Oberflächentemperaturmittel sowie die Stadtviertel Karlsruhes dargestellt. Es ist deutlich ein Zusammenhang zwischen erhöhter Oberflächentemperatur (rot) und dichter besiedelten Räumen Karlsruhes bzw. des Umlandes zu erkennen. Aufgrund der oben beschriebenen Einflussfaktoren, wie anthropogene Hitzeemissionen, wärmespeichernde Materialien, geringere Emission von Feuchte durch versiegelte Böden bzw. weniger Vegetation, kommt es zu einer messbar höheren Oberflächentemperatur in diesen Räumen.

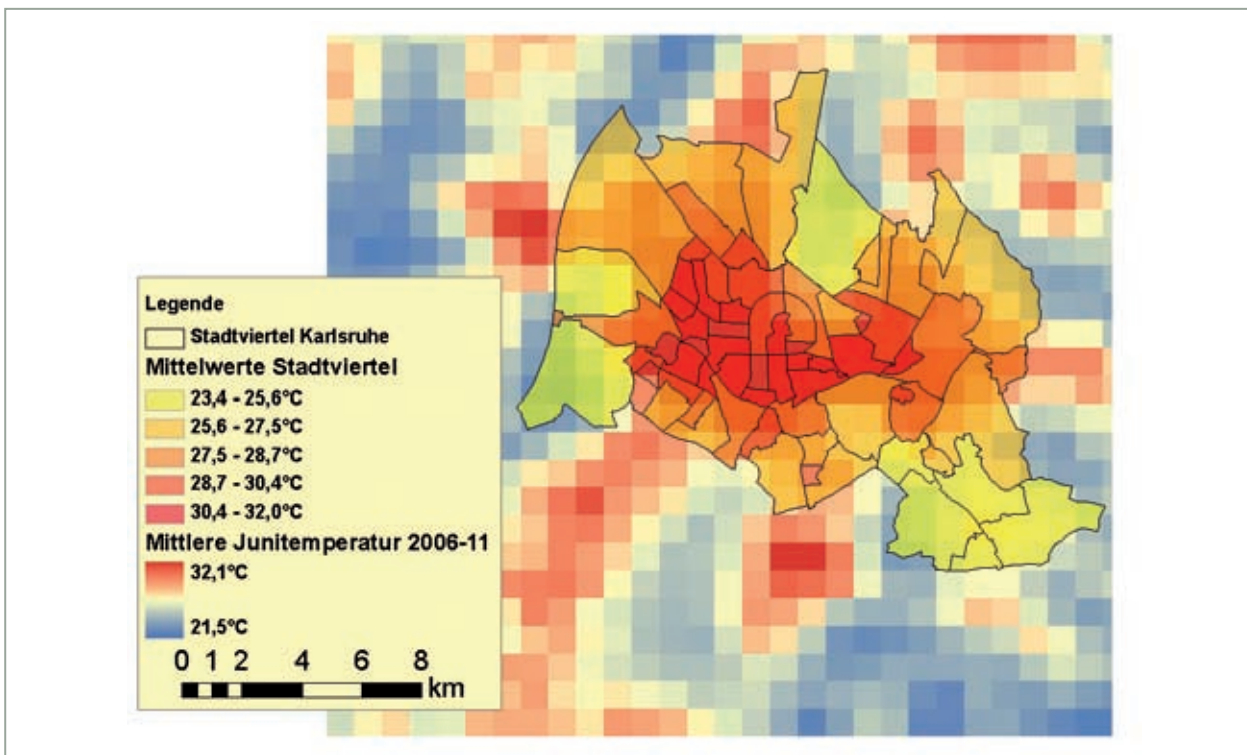


Abbildung 7: Oberflächentemperaturmittel im Juni in der Region Karlsruhe

Zusätzlich sind die Mittelwerte dieser Größe über die Stadtviertel Karlsruhes dargestellt.

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf MODIS-Daten.

4.1.3 Abschätzung anhand von Stadtklimamodellen

Die Methode zur Abschätzung des UHI basierend auf Stadtklimamodellen setzt voraus, dass sich die Kommune bereits in der Vergangenheit intensiver mit Fragestellungen zum lokalen Klima auseinandergesetzt hat und entsprechende Karten, möglichst auch in digitaler Form, vorhanden sind. Da das Stadtklima zumeist unabhängig von administrativen Einheiten erhoben wird, werden entsprechende Informationen hier auf Stadtviertelebene aggregiert. Dies erlaubt eine Verschneidung mit statistischen Daten, die in entsprechenden administrativen Einheiten vorliegen, und somit die Abschätzung der Verwundbarkeit.

Die entwickelte Methode basiert auf dem lokalen Klimamodell der Stadt Karlsruhe (NVK 2011), das eine Zuordnung der unterschiedlichen Räume des Stadt-

gebiets zu a) Belastungszonen oder b) Flächen mit Ausgleichswirkung erlaubt (vgl. Tabelle 3). Belastungszonen und Flächen mit Ausgleichswirkung untergliedern sich nach Kriterien der Lufthygiene bzw. der thermischen Effekte (NVK 2011). Die beiden Kategorien (thermische Effekte bzw. Lufthygiene) konnten sowohl für die Belastungszonen als auch für die Flächen mit Ausgleichswirkung miteinander verschritten werden, wie die Tabellen 4 und 5 zeigen. Je nach lufthygienischer Belastung wurde der thermische Funktionswert der Fläche entweder beibehalten (nicht Teil einer Luftleitbahn bzw. nicht Teil einer Zone mit erhöhter lufthygienischer Belastung) oder um eine Einheit erhöht, falls die Lufthygiene einen Einfluss hatte (Teil einer Luftleitbahn/ Lage in lufthygienischer Belastungszone).

Tabelle 3: Klassifikation der Flächen des Karlsruher Stadtgebiets gemäß klimatischer/lufthygienischer Effekte

Flächenfunktion	Lufthygiene/ thermische Belastung
Belastungszonen	Zonen erhöhter lufthygienischer Belastung
	Flächen thermischer Belastung
Flächen mit Ausgleichswirkung	Flächen mit Kaltluftproduktions-/ Kaltluftliefervermögen
	Flächen für Luftaustausch

Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle 4: Bewertungsklassen für Belastungszonen in der Stadt Karlsruhe

<u>Fläche thermischer Belastung</u>	Belastungszone	
	<u>Zone erhöhter lufthygienischer Belastung</u>	
	Ja	Nein
Sehr hoch (4)	Sehr hoch (5)	Hoch (4)
Hoch (3)	Hoch (4)	Mäßig (3)
Mäßig (2)	Mäßig (3)	Gering (2)
Gering (1)	Gering (2)	Sehr gering (1)

Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle 5: Bewertungsklassen für Flächen mit Ausgleichswirkung in der Stadt Karlsruhe

	Ausgleichswirkung	
<u>Kaltluftproduktionsvermögen</u>	<u>Fläche für Luftaustausch (Teil einer Luftleitbahn)</u>	
	Ja	Nein
Sehr hoch (4)	Sehr hoch (5)	Hoch (4)
Hoch (3)	Hoch (4)	Mäßig (3)
Mäßig (2)	Mäßig (3)	Gering (2)
Gering (1)	Gering (2)	Sehr gering (1)

Quelle: eigene Darstellung.

Die Werte der Kategorien „Ausgleichsfunktion“ und „Belastungszone“, verschnitten aus den Unterkategorien „Lufthygiene“ bzw. „thermische Effekte“ werden anschließend in einer Gesamtmatrix zusammenge-

führt. Um das Stadtklima aus Ausgleichsfunktionen und Belastungszonen auf Stadtviertelebene darzustellen, werden die beiden Werte über die folgende Formel verknüpft:

$$\frac{\text{Anteil Flächen mit Luftbelastung} \cdot \text{gewichteter Durchschnittswert Belastungszone}}{\text{Anteil Flächen mit Kaltluftproduktionsvermögen} \cdot \text{gewichteter Durchschnittswert Ausgleichswirkung}}$$

Da die Werte Ausgleichsfunktion und Belastungszonen jeweils 5 Wertestufen annehmen können, er-

geben sich 25 Verschneidungswerte, wie Tabelle 6 zeigt.

Tabelle 6: Klassifizierung der Werte aus Belastungszonen und Zonen mit Ausgleichswirkung

Ausgleich						
5	0,2	0,4	0,6	0,8	1	
4	0,25	0,5	0,75	1	1,25	
3	0,33	0,66	1	1,33	1,66	
2	0,5	1	1,5	2	2,5	
1	1	2	3	4	5	
	1	2	3	4	5	Belastung

Quelle: eigene Darstellung.

Für die Unterteilung der Werte in 5 Klassen des Stadtklimaindex (grün bis rot) wurde ein mittleres Stadtklima angenommen, wenn der Wert der Flächen mit Ausgleichsfunktionen in etwa dem Wert der belasteten Flächen entspricht, und ungefähr einen Wert von eins annimmt (gelb dargestellt). Überwiegt der Anteil der Ausgleichsflächen (Werte < 0,8), so wird der Stadtklimaindex als *ausgleichend* (Grün) dargestellt; überwiegen die Werte der belasteten Flächen

(Werte > 1,25), ist das Gesamtklima stärker belastet und wird orange bzw. rot dargestellt.

Um innerhalb der beiden Gruppen (günstiges Stadtklima, grüne Darstellung bzw. ungünstiges Stadtklima, orange/rote Darstellung), die Zuordnung der Werte möglichst gleich zu verteilen, wurde die Klassifizierung gemäß Tabelle 7 gewählt:

Tabelle 7: Zuordnung der verschnittenen Werte aus Ausgleichsfunktion und belasteter Fläche zum Stadtklimaindex

Indexwert		
1	≤ 0,4	
2	≥ 0,4 < 0,8	
3	≥ 0,8 ≤ 1,25	
4	> 1,25 < 2,5	
5	≤ 2,5	

Quelle: eigene Darstellung.

Bildet man diesen Index nun auf Stadtviertelebene ab (vgl. Abbildung 8), werden Unterschiede im Stadt-

klima auf Stadtviertelebene für die Stadt Karlsruhe schnell deutlich.

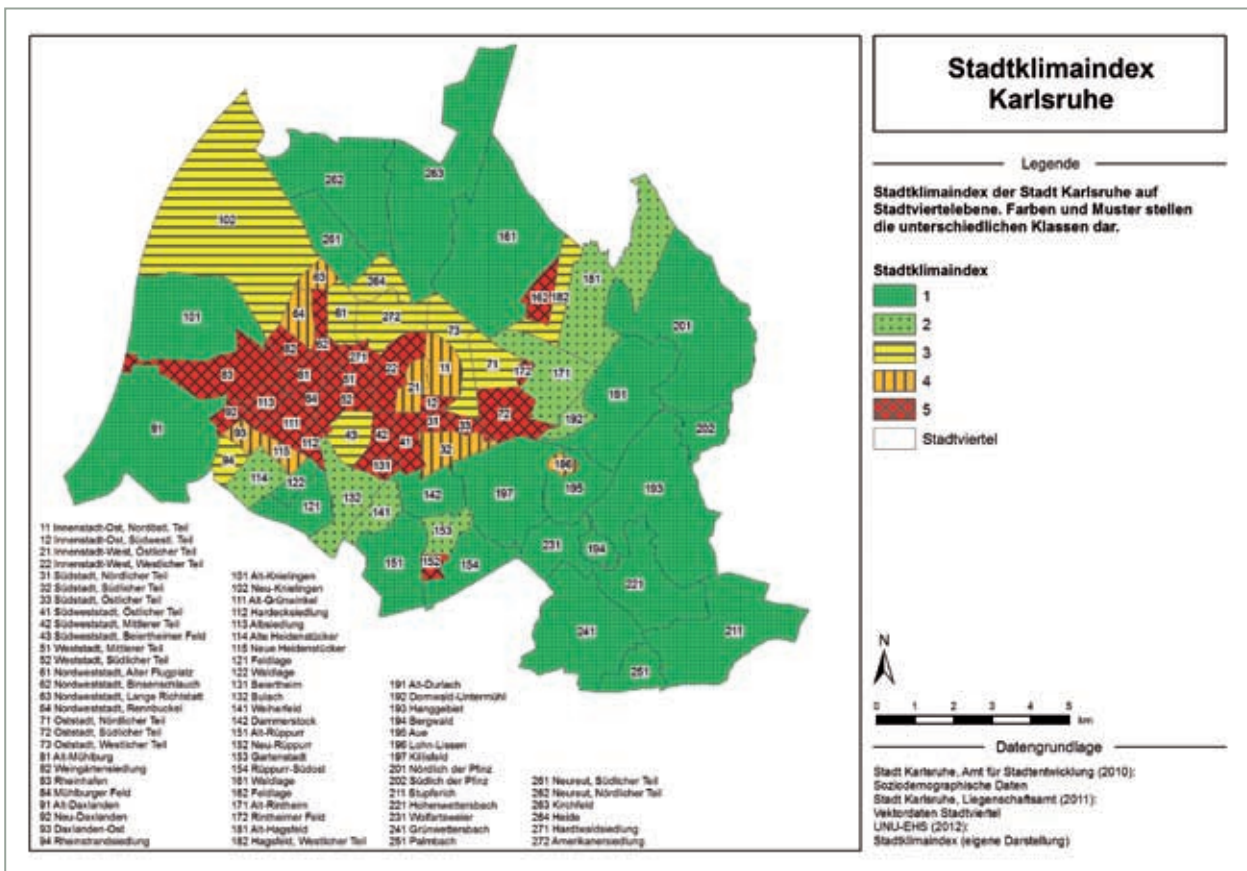


Abbildung 8 : Kartographische Darstellung des Stadtklimaindex basierend auf Belastungszonen und Flächen mit Ausgleichsfunktion, Karlsruhe¹⁶

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe und des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe.

Die in der Karte verwendete Schraffur wird in den thematischen Karten im Bereich Anfälligkeit und Be-

wältigungskapazität zur Darstellung des Stadtklimaindex verwendet.

¹⁶ Die abgebildete Karte zeigt in einigen Stadtvierteln Abweichungen bzw. Widersprüchlichkeiten des Stadtklimas zu anderen Untersuchungen wie sie bspw. im Rahmen des städtebaulichen Rahmenplans Klimaanpassung in Karlsruhe durchgeführt wurden und werden. Dies liegt daran, dass auf Stadtviertelebene jeweils Mittelwerte abgebildet werden. Im Einzelfall können Teile der Stadtviertel stark belastet sein, obwohl sie – bedingt durch Grünflächen in anderen Teilen – nicht als solche ausgewiesen werden. Eine entsprechende Aggregation der Informationen aus der Stadtklimakarte (NKV 2011) wurde dennoch als sinnvoll erachtet, um den UHI anschaulich und mittels der relevanten administrativen Grenzen darzustellen und letztendlich eine Verschneidung mit Verwundbarkeitsindikatoren, deren Daten in der offiziellen Statistik auf Stadtviertelebene verfügbar sind, zu ermöglichen.

4.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hitzewellen

Die Verwundbarkeit der Bevölkerung wird dem in Kapitel 2.3.1 erläuterten Konzept folgend getrennt nach *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* abgeschätzt. Abbildung 9 zeigt die für den

Bereich Bevölkerung relevanten Themenfelder, Indikatoren und Kriterien im Überblick, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

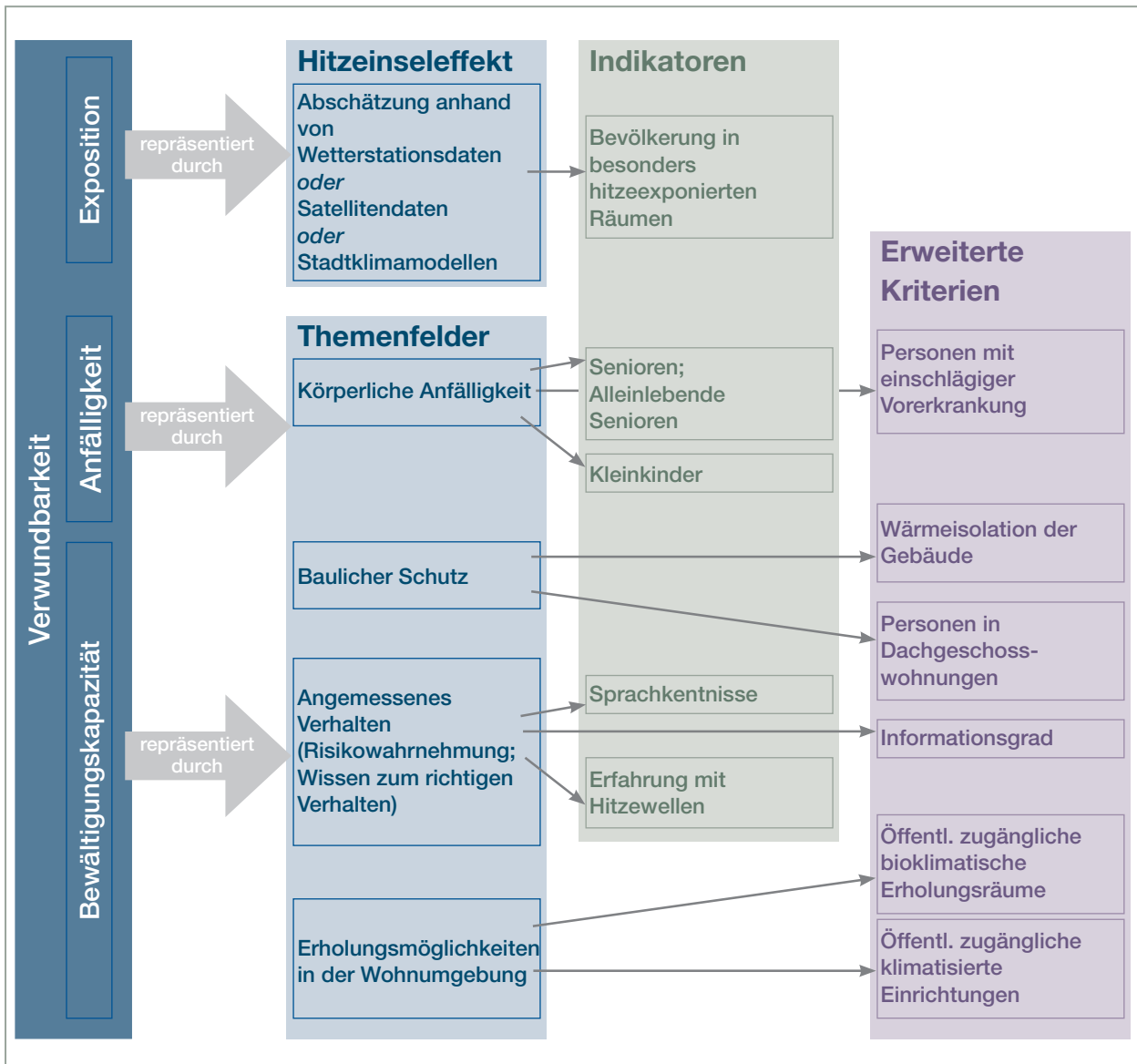


Abbildung 9: Themenfelder, Indikatoren und Kriterien zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hitzewellen

Quelle: eigene Darstellung.

Auf Grundlage intensiver Literaturrecherche sowie der Workshops mit Praxispartnern aus den Kommunen und Experteninterviews wurden zunächst „Themenfelder“ identifiziert, die für die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazitäten der Bevölkerung gegenüber Hitzestress relevant sind (vgl. Abbildung 9).

Die Anfälligkeit der Bevölkerung wird repräsentiert durch das Themenfeld *körperliche Anfälligkeit*, also die körperlichen Voraussetzungen (Alter, Gesundheit), die die Empfindlichkeit des Körpers gegenüber Hitzestress bestimmen.

Für die Bewältigungskapazität wurden die Themenfelder *baulicher Schutz*, also bauliche Bedingungen, die das Eindringen der Hitze in die Wohnung verringern oder begünstigen, *angemessenes Verhalten* (*Risikowahrnehmung/ Wissen zum richtigen Verhalten*) sowie *Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung* (bioklimatische Erholungsräume bzw. klimatisierte Einrichtungen) verwendet.

Für jedes Themenfeld wurden Indikatoren und/ oder erweiterte Kriterien identifiziert, die in den folgenden Unterkapiteln jeweils in einem Kasten vorgestellt werden. Indikatoren sollen Aussagen über das eigentlich

interessierende Indikandum (hier die Vulnerabilität) ermöglichen, wenn dieses selbst nicht direkt messbar ist (vgl. z. B. Birkmann 2013). Die hier gewählten Indikatoren können für gewöhnlich unter Verwendung von Daten der kommunalen Statistik räumlich differenziert z. B. auf Stadtviertelebene dargestellt werden. Für eine Verwundbarkeitsabschätzung sind jedoch auch „erweiterte Kriterien“ wichtig, die in den meisten Kommunen nicht allein auf Grundlage von Daten aus der kommunalen Statistik abgebildet werden können, weil eine entsprechende Datengrundlage auf z. B. Stadtviertelebene nicht vorhanden ist. Die Unterscheidung „Indikatoren“ und „erweiterte Kriterien“ wurde also aufgrund der Operationalisierbarkeit vorgenommen; sie spiegelt keinesfalls eine unterschiedliche Wichtigkeit der Sachverhalte wider. Daten zu den „erweiterten Kriterien“ werden in einzelnen Fällen/ einigen Kommunen auch bereits erfasst, oder könnten zukünftig erfasst werden. Grundsätzlich können entsprechende Daten durch eine speziell durchgeführte Erhebung verfügbar gemacht werden (z. B. Haushaltsbefragung). Des Weiteren ist die Berücksichtigung dieser Kriterien im Rahmen von Maßnahmen wie Informationskampagnen zur Aufklärung der Bevölkerung o. Ä. von Bedeutung.

4.2.1 Exposition

Basierend auf den vorgestellten Methoden zur Bestimmung des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI) kann nun in einem zweiten Schritt die Exposition der

Bevölkerung abgeschätzt werden. Als Basis hierfür kann jede der vorgestellten Methoden dienen (vgl. Tabelle 2).

Indikator: Exposition – Bevölkerung in besonders hitzeexponierten Gebieten

Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel

Maßeinheit: Bevölkerungsdichte in Stadtvierteln mit einem hohen Stadtklimaindex

Relevanz: Die Exposition, hier der Anteil der Bevölkerung, der in besonders hitzeexponierten Gebieten wohnt, ist ein wichtiger Teilaspekt der Verwundbarkeit. Die Identifikation von Gebieten mit einem hohen UHI und der hier lebenden Bevölkerung ist eine grundlegende Information für Maßnahmen zum Schutz vor den Auswirkungen einer Hitzewelle. Mit Hilfe dieser Information können gezielt Maßnahmen zur Minderung des UHI, sowie für einen besseren Umgang mit den Auswirkungen einer Hitzewelle ergriffen werden.

Technische Hinweise:

Um die Exposition der Bevölkerung gegenüber dem UHI zu identifizieren, werden die Ergebnisse zu den räumlich unterschiedlichen Auswirkungen des UHI (Abschätzung des UHI mittels Fernerkundung oder mit Stadtklimamodellen, s. Kapitel 4.1) mit Bevölkerungsdaten verschnitten. Zu beachten ist, dass bei der unter 4.1.1 dargestellten Methode zur Abschätzung des UHI anhand von Wetterstationsdaten die Bevölkerungsdichte bereits als eine der erklärenden Variable in die Abschätzung des UHI einfließt. Damit ist hier bereits der Aspekt der Exposition im Ergebnis der Abschätzung des UHI enthalten.

Die Bestimmung der Exposition wird hier auf die Wohnbevölkerung bezogen, da keine verlässlichen und aktuellen Daten zu den Arbeitsplätzen je Raumeinheit vorliegen. Außerdem beziehen sich auch die weiteren Indikatoren und Kriterien auf die Wohnbevölkerung. Dennoch wäre es sinnvoll, neben der Wohnbevölkerung (*Nachtbevölkerung*) auch die Menschen mit exponiertem Arbeitsplatz (*Tagbevölkerung*) zu erheben und in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen.

Datenquelle: Kommunale Statistik; für Datenquellen zur Bestimmung des UHI vgl. Kapitel 4.1.

Im folgenden Beispiel der Stadt Karlsruhe (vgl. Abbildung 10) basiert die Abschätzung der Exposition auf den Berechnungen des urbanen Hitzeinseleffekts anhand eines Stadtklimamodells. In der Karte wurden Daten zur Bevölkerungsdichte mit den Werten zum Stadtklimaindex überlagert.

Sollte für die Abschätzung des UHI die Bevölkerungsdichte als erklärende Variable einbezogen worden sein, entfällt dieser Schritt. Die Bevölkerungsdichte repräsentiert dann gleichzeitig Unterschiede im UHI sowie die Exposition der Bevölkerung.

In Stadtvierteln mit einem hohen Wert des Stadt-

klimaindex und einer gleichzeitig hohen Bevölkerungsdichte sind damit besonders viele Menschen gegenüber Hitzestress exponiert. Abbildung 10 ist zu entnehmen, dass dies auf einzelne Stadtviertel im innerstädtischen Bereich in Karlsruhe zutrifft. Einzelne Stadtviertel sind aber auch als Räume mit hohem urbanem Hitzestress gekennzeichnet, wohingegen die durchschnittliche Bevölkerungsdichte relativ niedrig ist (z. B. „Rheinhafen“ im westlichen Teil von Karlsruhe). Inwieweit sich Arbeitsplätze oder Einrichtungen sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen wie z. B. Altenheime in diesen exponierten Stadtvierteln befinden, muss im Einzelfall geprüft werden.

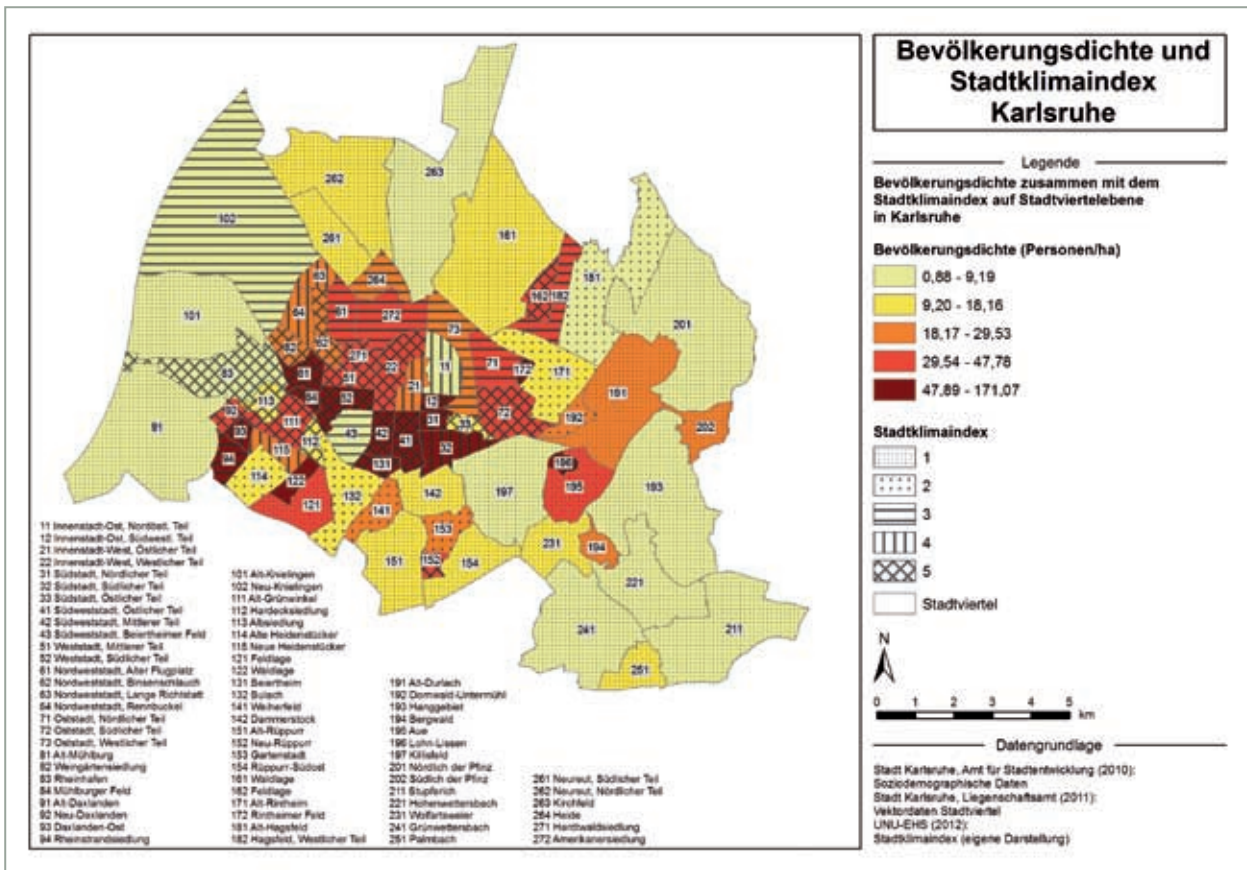


Abbildung 10: Exposition gegenüber Hitzewellen: Bevölkerungsdichte und Stadtklima in Karlsruhe

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene zur Reduktion des urbanen Hitzeinseleffektes:

Möglichkeiten seitens der Kommune zur Reduktion der Exposition gegenüber Hitzestress bestehen insbesondere in Maßnahmen zur Reduktion des urbanen Hitzeinseleffektes durch bauliche bzw. raumplanerische Maßnahmen (Memon et al. 2008; Gill et al. 2007;

Solecki et al. 2005; Corburn 2009). Eine Reihe solcher Maßnahmen, wie das Festlegen von Bebauungsgrenzen oder der Erhalt und die Schaffung von Grün-/Freiluftflächen ist beispielsweise auch im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) aufgeführt.

4.2.2 Anfälligkeit

Im Folgenden wird das Themenfeld *körperliche Anfälligkeit* der Bevölkerung gegenüber Hitzestress mit den Indikatoren

- *Senioren; alleinlebende Senioren*
- *Kleinkinder*

und dem erweiterten Kriterium

- *Personen mit einschlägiger Vorerkrankung*

(vgl. auch Abbildung 9) erläutert.

Themenfeld: Körperliche Anfälligkeit

Die körperliche Anfälligkeit gegenüber Hitzestress ist hoch, wenn Blutzirkulation und Transpiration nur erschwert erhöht werden können, um den Körper

bei Hitzeeinwirkung kühl zu halten. Davon betroffen sind besonders ältere Menschen, Kinder, Übergewichtige, Bettlägerige, Menschen mit bestimmten

Erkrankungen, z. B. Menschen, die bestimmte Medikamente einnehmen, sowie Personen, die Drogen oder Alkohol konsumieren (EPA 2006, S. 17).

Räumlich differenzierte Informationen zur Anzahl der genannten Personengruppen wären wünschenswert, um die räumliche Verteilung der körperlichen Anfälligkeit darzustellen. Auf kleinräumiger Ebene, also z. B. Stadtteilebene oder kleiner, liegen meist alters-

bezogene Daten vor, nicht jedoch zu den weiteren Personengruppen, wie z. B. Personen mit relevanten Vorerkrankungen oder Personen, die bestimmte Medikamente einnehmen. Daher werden in erster Näherung die Indikatoren (*alleinlebende*) *Senioren* sowie *Kleinkinder* vorgeschlagen. Bei den alleinlebenden Senioren wird zusätzlich die Problematik alleinlebender Personen (s. u.) berücksichtigt.

Indikator: (Alleinlebende) Senioren	
Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel	Maßeinheit: Anteil (alleinlebender) Senioren (65 und älter) an der Bevölkerung
<p>Relevanz: Ältere Menschen sind gesundheitlich anfälliger gegenüber Hitzestress, da der natürliche Wärmeausgleich des Körpers nicht mehr so gut funktioniert und z. B. Kreislaufstörungen leichter auftreten können (siehe hierzu ausführlicher u. a. Lissner et al. 2012; Diaz et al. 2002; Medina-Ramón & Schwartz 2007). Daneben ist bei älteren alleinlebenden Menschen die Wahrscheinlichkeit größer, dass eine notwendige Versorgung (z. B. Flüssigkeitsversorgung) ausbleibt oder Symptome einer überhöhten Hitzeexposition nicht rechtzeitig erkannt werden (EPA 2006; Johnson et al 2005). Hinzu kommen möglicherweise bestehende Vorerkrankungen oder körperliche Einschränkungen, die ein Anpassungsverhalten während Hitzestress erschweren.</p>	
<p>Technische Hinweise: Die Festlegung einer eindeutigen Altersgrenze ist schwierig. Bei dem vorliegenden Indikator wurde auf Studien der WHO (2005 und 2009) sowie Diaz et al. (2002), Jones et al. (1982) und Medina-Ramón et al. (2006) zurückgegriffen. In anderen Studien wurden allerdings auch andere Altersgrenzen identifiziert, z. B. > 60 J. (Applegate et al. 1981) oder 70-79 J. (Ellis et al. 1980). Aus den genannten Gründen wird empfohlen, sowohl die räumliche Verteilung der Senioren, als auch zusätzlich die Personengruppe der alleinlebenden Senioren zu betrachten. Zudem kann es sinnvoll sein, dabei auch weitere Faktoren wie die Baustruktur einzubeziehen: In einer Untersuchung in Kassel beispielsweise wurden als Stadtgebiete mit einem hohen Anteil alleinlebender über 60jähriger überwiegend solche Gebiete identifiziert, in denen viele von Gärten umgebene, gut beschattete Einfamilienhäuser liegen, die die Möglichkeit bieten, ins Grüne oder das Erdgeschoss auszuweichen (Blättner et al. 2010). Des Weiteren ist bei der Interpretation des Indikators ist zu beachten, dass auch Personen z. B. in Altenheimen mitgezählt werden, deren Verwundbarkeit sich aufgrund der gegebenen Betreuung von denen in privaten Haushalten unterscheidet. Für den Fall, dass Daten einer Vorausrechnung der Bevölkerungsveränderung nach Altersgruppen auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertel) vorliegen, ist die Integration dieser Daten in die Verwundbarkeitsabschätzung als zusätzliche Information sinnvoll, um entsprechende Informationen in Planungsprozesse einbinden zu können.</p>	
Datenquelle: Kommunale Statistik	

Abbildung 11 zeigt den Anteil der Senioren (65 J. und älter) auf Stadtviertelebene in Karlsruhe in Kombination mit dem Stadtklimaindex. Die Spannweite

des Seniorenanteils reicht von unter 6 % bis über 33 %, so dass durchaus Unterschiede im Stadtgebiet ausgemacht werden können. Z. B. haben die Stadt-

viertel Nr. 162 „Feldlage“ im Nordosten sowie Nr. 112 „Hardecksiedlung“ im Südwesten der Innenstadt einen hohen Stadtklimaindex, gleichzeitig lebt hier ein

hoher Anteil an Senioren, so dass in diesen Räumen besonders viele anfällige Menschen von einer Hitze- welle betroffen sein könnten.

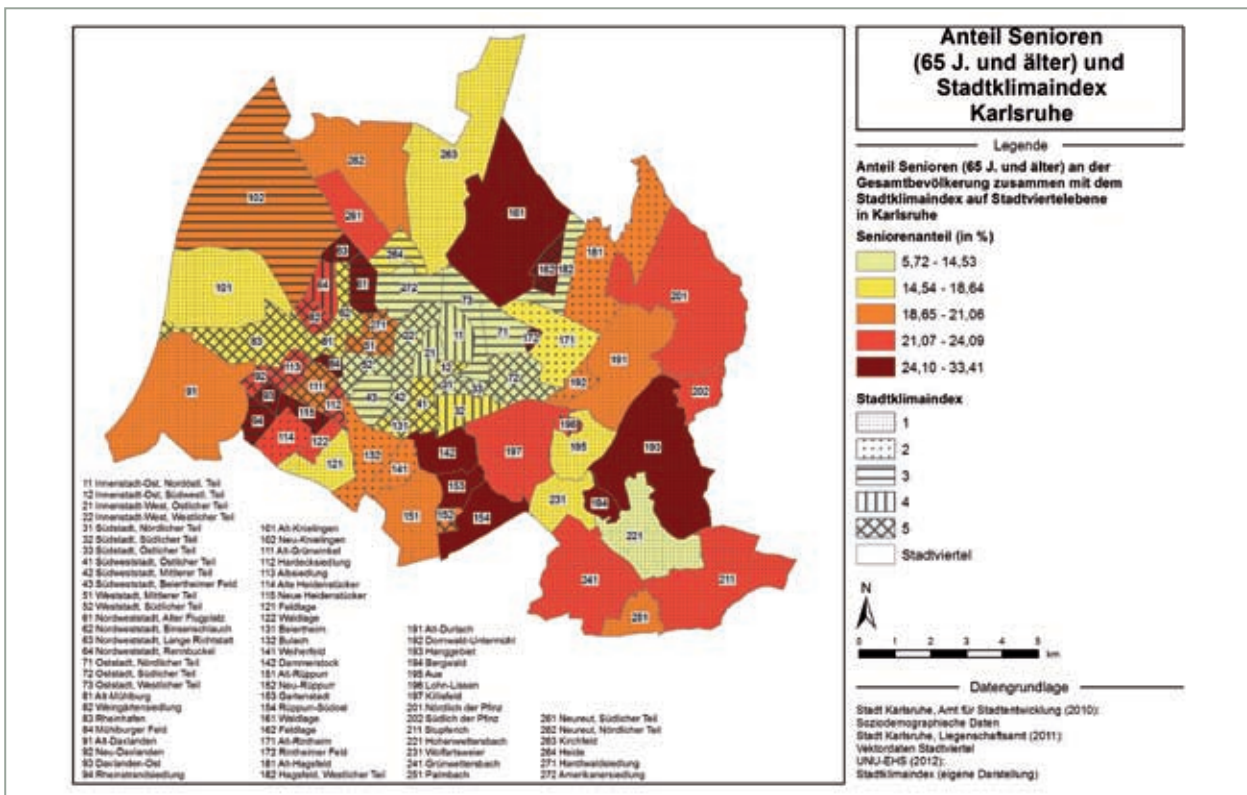


Abbildung 11: Anteil der Senioren und Stadtklimaindex in Karlsruhe

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Indikator: Kleinkinder	
Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel	Maßeinheit: Anteil der Kleinkinder (0-4 Jahre alt) an der Bevölkerung
<p>Relevanz: Auch Kleinkinder sind gesundheitlich anfälliger gegenüber Hitze, da der natürliche Wärmeausgleich noch instabil ist. Aufgrund des größeren Oberflächen-Masse-Verhältnisses kann mehr Hitze von außen in den Körper transferiert werden, außerdem ist die Fähigkeit zu schwitzen bei Kleinkindern deutlich geringer als bei Erwachsenen (Yaron und Niemeyer 2004).</p>	
<p>Technische Hinweise: Der Begriff „Kleinkinder“ ist nicht einheitlich definiert. Studien zeigen ein erhöhtes Risiko von Kindern zwischen 0 und 4 Jahren (Yaron und Niemeyer 2004; Danks et al. 2004; RKI 2003; Nakai et al. 1999), daher wurde hier ebenfalls diese Altersgruppe gewählt. Für den Fall, dass Daten einer Vorausrechnung der Bevölkerungsveränderung nach Altersgruppen auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertel) vorliegen, ist die Integration dieser Daten in die Verwundbarkeitsabschätzung sinnvoll, um entsprechende Informationen in Planungsprozesse einbinden zu können.</p>	
Datenquelle: Kommunale Statistik	

Abbildung 12 zeigt den Anteil der Kleinkinder in den Stadtteilen Karlsruhes. Der Anteil (zwischen 2,5 und 7 %) erscheint insgesamt relativ gering. Zusammen mit anderen Faktoren können aber durchaus Unterschiede ausgemacht werden. Beispielsweise weist

der Stadtteil „Albsiedlung“ bei einem hohen Stadtklimaindex sowohl einen relativ hohen Anteil an Kleinkindern als auch an Senioren auf, so dass hier insgesamt mit einer höheren Verwundbarkeit gerechnet werden kann.

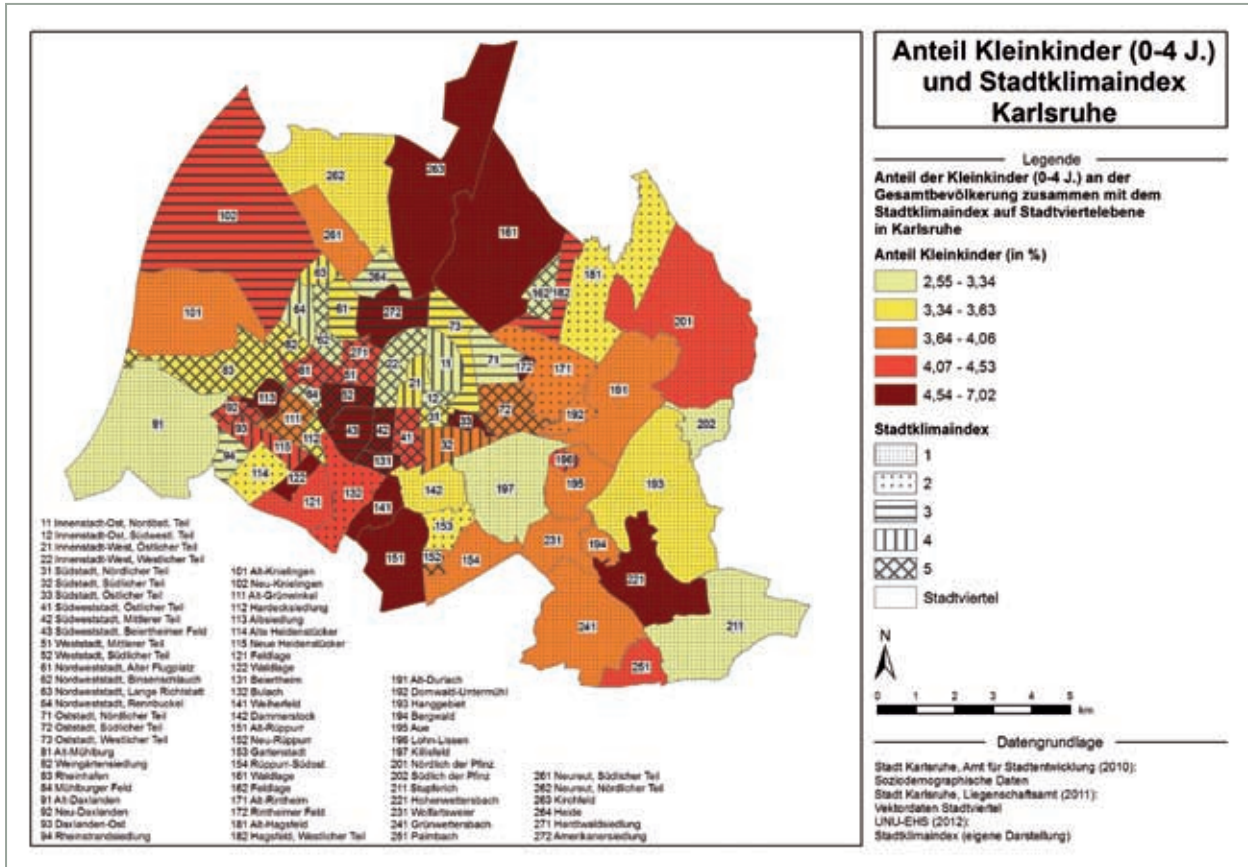


Abbildung 12: Anteil der Kleinkinder und Stadtklimaindex in Karlsruhe

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Für die *Personen mit einschlägiger Vorerkrankung* sind in den meisten Kommunen keine räumlich differenzierten statistischen Daten verfügbar. Deshalb werden diese als Kriterium, nicht aber als Indikator aufgeführt. Eine Messung und räumlich differenzierte

Darstellung wäre also nur durch eigene kommunale Erhebungen möglich, das Kriterium spielt aber für Maßnahmen, beispielsweise die Bereitstellung von Informationen sowie Warnungen im Ereignisfall eine wichtige Rolle.

Kriterium: Personen mit einschlägiger Vorerkrankung

Relevanz: Der natürliche Wärmeausgleich des Körpers funktioniert auch bei Menschen mit bestimmten Erkrankungen (z. B. Herzerkrankung, Diabetes) sowie Menschen, die bestimmte Medikamente einnehmen (z. B. zur Behandlung von Bluthochdruck, Depression oder Schlafstörungen) nur eingeschränkt (EPA 2006; Bouchama et al. 2007; Vandentorren et al. 2006; Medina-Ramón et al. 2006). Im Allgemeinen sind statistische Daten zu den einschlägigen Vorerkrankungen und/oder Medikamenteneinnahme auf kleinräumiger Ebene jedoch kaum verfügbar.

Folgende Aspekte spielen im Zusammenhang mit der körperlichen Anfälligkeit ebenfalls eine Rolle, konnten aber nicht, oder nur indirekt, in die Indikatoren/Kriterien einbezogen werden:

Eine eingeschränkte Mobilität, etwa auch bettlägeriger Personen, ist von Nachteil, da kühlere Orte nur erschwert erreicht werden können (Bouchama et al. 2007; RKI 2003; Vandentorren et al. 2006). Bzgl. rationaler Entscheidungen, die Handlungen zur Minderung von Hitzeexposition, oder das Erkennen von hitzebedingten Symptomen bestimmen, sind auch Einschränkungen durch z. B. kognitive Störungen zu berücksichtigen. Dies betrifft z. B. den Einfluss durch Drogen- oder Alkoholkonsum (Kilbourne et al. 1982; Mücke et al. 2009). Neben älteren alleinlebenden Personen sind auch andere sozial isolierte Personen, z. B. Obdachlose, zusätzlich dadurch gefährdet, dass

möglicherweise hitzebedingte Symptome nicht oder verspätet erkannt werden (EPA 2006; Ramin und Svoboda 2009; Kovats und Ebi 2006).

Armut (bzw. ein niedriger sozioökonomischer Status) wurde in den USA als eine wichtige Determinante der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen erkannt (Curriero et al. 2002). In Studien zur Hitzewelle 2003 in Europa konnte aber kein signifikanter Zusammenhang zwischen Armut und Hitzesterblichkeit festgestellt werden (Kovats und Hajat 2008; WHO 2009). Insgesamt besteht jedoch ein Zusammenhang insofern, als dass in der Gruppe der Personen mit niedrigem Einkommen eher chronische Krankheiten oder andere medizinische Risikofaktoren wie Übergewicht oder psychische Krankheiten auftreten, sowie prekäre Wohnbedingungen vorliegen (Kovats und Hajat 2008).

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld *körperliche Anfälligkeit*:

Um die körperlichen Anfälligkeiten zu adressieren, stehen insbesondere Maßnahmen der Frühwarnung bzw. Information und Sensibilisierung der Bevölkerung sowie Beschäftigten in relevanten Einrichtungen zur Verfügung.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat ein Hitzewarnsystem eingeführt, aufgrund dessen Hitzewarnungen auf Landkreisebene herausgegeben werden. Eine Warnung erfolgt dann, wenn eine starke Wärmebelastung, d. h. eine gefühlte Temperatur von ca. 32°C am frühen Nachmittag, für mindestens zwei Tage in Folge vorhergesagt wird. Für diese Warnungen kann landkreisspezifisch ein Newsletter abonniert werden (DWD 2012). Für eine Kommune sind Hitzewarnungen wichtig, um diese an die Bevölkerung weitergeben zu können, aber auch, um selbst vorbereitet zu sein und Maßnahmen ergreifen zu können. Dabei

sollte auf die besonders hitzevulnerablen Gruppen hingewiesen werden, bzw. es ist zu empfehlen, diese bzw. ihre Betreuer direkt anzusprechen (s. hierzu auch Themenfeld *Angemessenes Verhalten*).

Empfehlungen zum Umgang mit Hitze, insbesondere für besonders anfällige Personengruppen bzw. deren Betreuer, werden bereits von verschiedenen kommunalen Stellen (z. B. Gesundheitsämtern) angeboten. Um anfällige Personen (bzw. ihre Betreuer) in Pflegeeinrichtungen erreichen zu können, sollte ein entsprechender Informationsaustausch gewährleistet werden. Dafür ist die Pflege aktueller Daten zu Einrichtungen, in denen sich besonders verwundbare Menschen (z. B. Ältere, Obdachlose) aufhalten wichtig. So können diese im Vorfeld einer Hitzewelle direkt adressiert werden, und während einer Hitzewelle unterstützt werden (EPA 2006).

4.2.3 Bewältigungskapazität

Für die Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hitzestress werden die folgenden Indikatoren und erweiterten Kriterien (vgl. auch Abbildung 9) herangezogen und erläutert:

Im Themenfeld *Baulicher Schutz* die erweiterten Kriterien

- *Wärmeisolation der Gebäude*
- *Personen in Dachgeschosswohnungen;*

im Themenfeld *Angemessenes Verhalten (Risiko-wahrnehmung; Wissen zum richtigen Verhalten)* die Indikatoren

Themenfeld: Baulicher Schutz

Das Raumklima in den Wohnräumen und damit die thermische Isolation von Wohnhäusern spielt eine bedeutende Rolle für die Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hitzestress. Jedoch liegen nur unzureichende Daten über den Zusammenhang zwischen der Art des Hauses (und des thermischen Verhaltens) und der Vulnerabilität vor. Demgegenüber konnten Zusammenhänge zwischen Wohnen im Dachgeschoss und einer erhöhten Sterblichkeit während einer Hitzewelle z. B. in Studien in Frankreich und Philadelphia nachgewiesen werden (Vandentorren et al. 2006; Mirchandani et al. 1996; Kovats und Hajat 2008).

Eine Klassifizierung von Wohngebäuden nach Gebäudetypen, die jeweils ein bestimmtes thermisches Verhalten der Gebäude repräsentieren, kann für die Erfassung des baulichen Schutzes im Kontext von Hitzewellen hilfreich sein. Eine vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU) erstellte Gebäudetypologie zur Bestimmung des energetischen Einsparpotenzials durch Wärmeschutzmaßnahmen für den deutschen Gebäudebestand beruht auf Baualter und Gebäudegröße des Bestands. Das Baualter spielt eine bedeutende Rolle, weil sich in jeder Bauepoche übliche Konstruktionsweisen, aber auch typische Bauteilflä-

- *Sprachkenntnis*
- *Erfahrung mit Hitzewellen*

sowie das erweiterte Kriterium

- *Informationsgrad;*

im Themenfeld *Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung* die erweiterten Kriterien

- *Öffentlich zugängliche Erholungsräume*
- *Öffentlich zugängliche klimatisierte Einrichtungen.*

chen (z. B. Fenstergrößen) finden lassen, die einen Einfluss auf die thermischen Bedingungen des Gebäudes haben. Die Gebäudegröße beeinflusst die Fläche der thermischen Hülle und ihre Aufteilung auf die verschiedenen Bauteile (IWU 2005). 2010 wurde mit Hilfe einer repräsentativen Stichprobenerhebung von Wohngebäuden in Deutschland das Vorkommen der einzelnen Typen sowie der jeweilige Sanierungsstand erfasst (IWU 2011). Eine Erfassung dieser Wohngebäudetypen auf kommunaler Ebene könnte auch einen Hinweis auf den baulichen Schutz im Kontext von Hitzewellen geben.

Ein Zusammenhang zwischen dem Baujahr der Häuser und einem erhöhten Risiko durch Hitzeeinwirkung konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden (Vandentorren et al. 2006; Blättner et al. 2010; Lecomte und Penanster 2004), allerdings wurden in den Studien unterschiedliche Baujahre identifiziert. Untersuchungen der Stadt Köln bspw. ergaben, dass für Köln drei Zeitperioden unterschieden werden können:

- Vor 1975: eher guter Isolierungszustand, aufgrund nachträglicher Sanierung

- 1975-2004: eher schlechter Isolierungsgrad, da nicht nachträglich saniert
- Ab 2005: guter Isolierungsgrad, aufgrund neuer gesetzlicher Regelungen¹⁷ (Stadt Köln 2011).

In einer Studie zur Hitzewelle 2003 in Frankreich dagegen wurden Gebäude von vor 1975 als in diesem Zusammenhang problematisch identifiziert (Vandentorren et al. 2006). Bei Untersuchungen in Kassel zu hitzebedingten Gesundheitsrisiken wurden Mehrfamilienhäuser aus den 1970er, 1980er und 1990er Jahren als thermisch besonders ungünstig bezeichnet (Blättner et al. 2010). Entsprechende Zusammenhänge zwischen Baujahr und thermischen Wohn-

verhältnissen müssen zunächst von der Kommune untersucht werden, bevor das Kriterium Anwendung finden kann.

In amerikanischen Studien wird oftmals auch die Verfügbarkeit einer Klimaanlage in der Wohnung als risikominimierender Faktor genannt (z. B. Semenza et al. 1996). In den meisten Ländern Europas sind Klimaanlagen in Wohngebäuden (noch) kaum verbreitet (Kovats und Hajat 2008, WHO 2009) und werden deshalb hier nicht als Indikator oder Kriterium berücksichtigt. In der Zukunft ist allerdings mit einer Zunahme der Anzahl dieser Anlagen zu rechnen, so dass das Kriterium auch für Europa relevant werden könnte (Adnot et al. 2008).

Kriterium: Wärmeisolation der Gebäude

Relevanz: Die Wärmeisolation von (Wohn-)Gebäuden ist von wesentlicher Bedeutung für die Verwundbarkeit ihrer Bewohner. Die Wärmeisolation hängt nach verschiedenen Studien (bspw. IWU 2011) mit dem Baujahr zusammen, jedoch unterscheidet sich die Art der Zusammenhänge je nach Untersuchungsraum. D. h. es kann kein allgemein gültiger Zeitraum für Baujahre guter bzw. schlechter Wärmeisolation bestimmt werden. Ein Zusammenhang Baujahr – Wärmeisolation muss also kommunalspezifisch bestimmt werden. Daten zum Baujahr wurden deutschlandweit im Rahmen der Gebäude- und Wohnungszählung/Zensus 2011 abgefragt, sind aber ansonsten i. d. R. nicht allgemein verfügbar.

Eine Verbesserung der Datengrundlage zur thermischen Isolation kann durch eine Erfassung der Energiebedarfs- bzw. Energieverbrauchskennwerte (laut Energieausweis) erreicht werden. Auch die oben beschriebene Typologie gemäß des Baujahres kann hierzu einen Beitrag leisten.

¹⁷ gesetzliche Regelungen mit erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Energieeinsparungen (EnEV 2004 in Anlehnung an Richtlinie der EU zur Energieeinsparung bei Gebäuden).

Kriterium: Personen, die in Dachgeschosswohnungen leben

Relevanz: Dachgeschosswohnungen (insbesondere solche mit Dachschrägen) sind besonders hitzeexponiert. Besteht keine Ausweichmöglichkeit in tiefere Geschosse, ist von einer erhöhten Verwundbarkeit der Bewohner aufgrund ihrer Wohnsituation auszugehen (Vandentorren et al. 2006; Mirchandani et al. 1996; Lecomte und Penanster 2004). Auch die UNU-EHS Haushaltsbefragungen zeigten eine sehr signifikante Korrelation zwischen der Betroffenheit im Wohnhaus bei vergangenen Hitzewellen und dem Wohnen in einer Dachgeschosswohnung. In Karlsruhe fühlten sich 52 % der Befragten, die in einer Dachgeschosswohnung wohnen, im Bereich Wohnhaus betroffen, in Wohnungen die nicht im Dachgeschoss liegen, nur 20 %.

Im Allgemeinen sind statistische Daten zu Dachgeschosswohnungen nicht verfügbar. Eine Erfassung über die Etagenanzahl wäre nicht ausreichend, da die Räumlichkeiten möglicherweise gar nicht bewohnt sind, oder die Wohnung sich über mehrere Etagen erstreckt, und eine Ausweichmöglichkeit gegeben ist. Dennoch ist das Kriterium für die Abschätzung der Vulnerabilität sehr relevant.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld *baulicher Schutz*:

Um den Wärmeschutz in Wohnungen zu fördern, stehen verschiedene bauliche Maßnahmen zur Verfügung. Dazu gehört zunächst die Wärmedämmung, die eigentlich der Energieeinsparung dient, aber auch das Eindringen von Wärme von außen über einen bestimmten Zeitraum mindert (siehe hierzu bspw. die zahlreichen Projekte des Instituts Wohnen und Umwelt¹⁸). Des Weiteren kann eine Hauswandverschattung durch Vegetation oder bauliche Elemente (Akbari et al. 2001), sowie die Verwendung von hellen Baumaterialien bzw. heller Hauswandfarbe das Aufheizen von Gebäuden mindern (Gill et al. 2007). Auch begrünte Gebäudedächer können sich in thermischer Hinsicht positiv auf Gebäude auswirken

(Kumar und Kaushik 2005; Palomo und Barrio 1998; Castleton et al. 2010). Diese und weitere bauliche/raumplanerische Maßnahmen zur Minderung von Hitzebelastung sind auch im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) zusammengestellt.

Eine gesteigerte Umsetzung der genannten Maßnahmen kann einerseits mit finanziellen Anreizen durch Förderprogramme erreicht werden, andererseits durch Festsetzungen in Bebauungsplänen, z. B. Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Baugebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB (MUNLV 2010).

Themenfeld: Angemessenes Verhalten während einer Hitzewelle (Risikowahrnehmung; Wissen zum richtigen Verhalten)

Für den Themenbereich „Angemessenes Verhalten“ spielen die Risikowahrnehmung bzw. das Risikoverständnis sowie das Wissen bzgl. eines angemessenen Verhaltens eine zentrale Rolle. Für das Verständnis von Frühwarnungen und Verhaltensempfehlungen

sind Sprachkenntnisse wichtig. Für das Verhalten während oder im Vorfeld einer Hitzewelle werden insbesondere der Informationsgrad sowie entsprechende Erfahrungswerte im Umgang mit einer Hitzewelle als relevant angesehen. Daher werden für

¹⁸ <http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/>

dieses Themenfeld in erster Näherung die *Sprachkenntnisse* sowie die *Erfahrung im Umgang mit Hitzewellen* als Indikatoren vorgeschlagen, und der *Informationsgrad* als weiteres Kriterium genannt. Dabei lässt sich der Indikator *Sprachkenntnisse* nur

indirekt über den Anteil ausländischer Mitbürger erheben, unter der Annahme, dass die Deutschkenntnisse in dieser Gruppe tendenziell schlechter ausgeprägt sind.

Indikator: Sprachkenntnis – erste Näherung: Anteil ausländischer Mitbürger	
Analyseneinheit: Stadtviertel	Maßeinheit: Anteil ausländischer Mitbürger (= Personen ohne deutsche Staatsangehörigkeit) an der Bevölkerung
<p>Relevanz: Oftmals werden Informationen zur Vorbereitung auf ein Ereignis sowie im Ereignis selbst nur in deutscher Sprache kommuniziert, was insbesondere für ausländische Mitbürger im Ereignis zum Nachteil werden kann. Bevölkerungsgruppen mit geringeren Kenntnissen der deutschen Sprache haben dann schlechtere Möglichkeiten sich vorzubereiten bzw. im Ereignis den Verhaltensempfehlungen entsprechend zu handeln (vgl. z. B. Geenen 2010, Wilhelmi und Morss 2012, McGeehin und Mirabelli 2001).</p> <p>Obschon auch zahlreiche Personen mit nicht-deutscher Staatsangehörigkeit über gute Deutschkenntnisse verfügen, und wiederum einige Personen mit deutscher Staatsangehörigkeit nur wenig Deutsch sprechen, besteht ein Zusammenhang zwischen der Nationalität und den Deutschkenntnissen.¹⁹ Da direkte Daten zu Sprachkenntnissen meist nicht vorliegen, kann dieser Zusammenhang in erster Näherung genutzt werden, um z. B. Stadtviertel zu identifizieren, in denen fremdsprachige Informationen zu Hitzestress hilfreich sein könnten.</p>	
<p>Technische Hinweise:</p> <p>Neben der Sprache werden teilweise auch weitere Zusammenhänge zwischen ausländischen Mitbürgern und Verwundbarkeiten gesehen, etwa in Bezug auf ökonomische Ressourcen, kulturelle Bedeutungszusammenhänge, oder familiäre Strukturen (vgl. z. B. Geenen 2010, Medina-Ramón et al. 2006, Schwartz 2005). Auswirkungen der genannten Faktoren auf die Verwundbarkeit konnten jedoch im Rahmen des KIBEX-Projekts nicht hinreichend nachgewiesen werden und wurden deshalb für das Indikatorenset nicht weiter berücksichtigt.</p>	
Datenquelle: Kommunale Statistik	

¹⁹ Der Anteil der ausländischen Mitbürger, die höchstens mittelmäßig gut Deutsch sprechen können (auf einer Skala von 1 bis 5, 3=mittelmäßig), beträgt in den UNU-EHS Haushaltsbefragungen insgesamt 38,7 %. Im sozioökonomischen Panel (SOEP) wurden vergleichbare Zahlen gefunden – 1999 konnten danach 35 % der ausländischen Mitbürger nicht gut Deutsch sprechen (http://www.diw.de/deutsch/wb_24/01_deutsche_sprachfaehigkeit_und_umgangssprache_von_zuwanderern/30819.html, 28.02.13).

Abbildung 13 zeigt den Anteil der ausländischen Mitbürger auf Stadtviertelebene in Karlsruhe, in Kombination mit dem Stadtklimaindex. Der Anteil schwankt zwischen unter 4 % und über 30 %. Insbesondere in den Stadtvierteln mit einem hohen Anteil ausländischer Mitbürger könnten also z. B. fremdsprachige Informationen sinnvoll sein. In Experteninterviews

wurde in diesem Zusammenhang eine Verbreitung von Informationen zur Prävention in Fremdsprachen befürwortet. Auch in Köln zeigte sich bei der Durchführung der Haushaltsbefragungen, dass insb. in Vierteln mit einem hohen Anteil an ausländischen Mitbürgern Informationsmaterial in anderen Sprachen im Sinne einer Prävention erforderlich wäre.

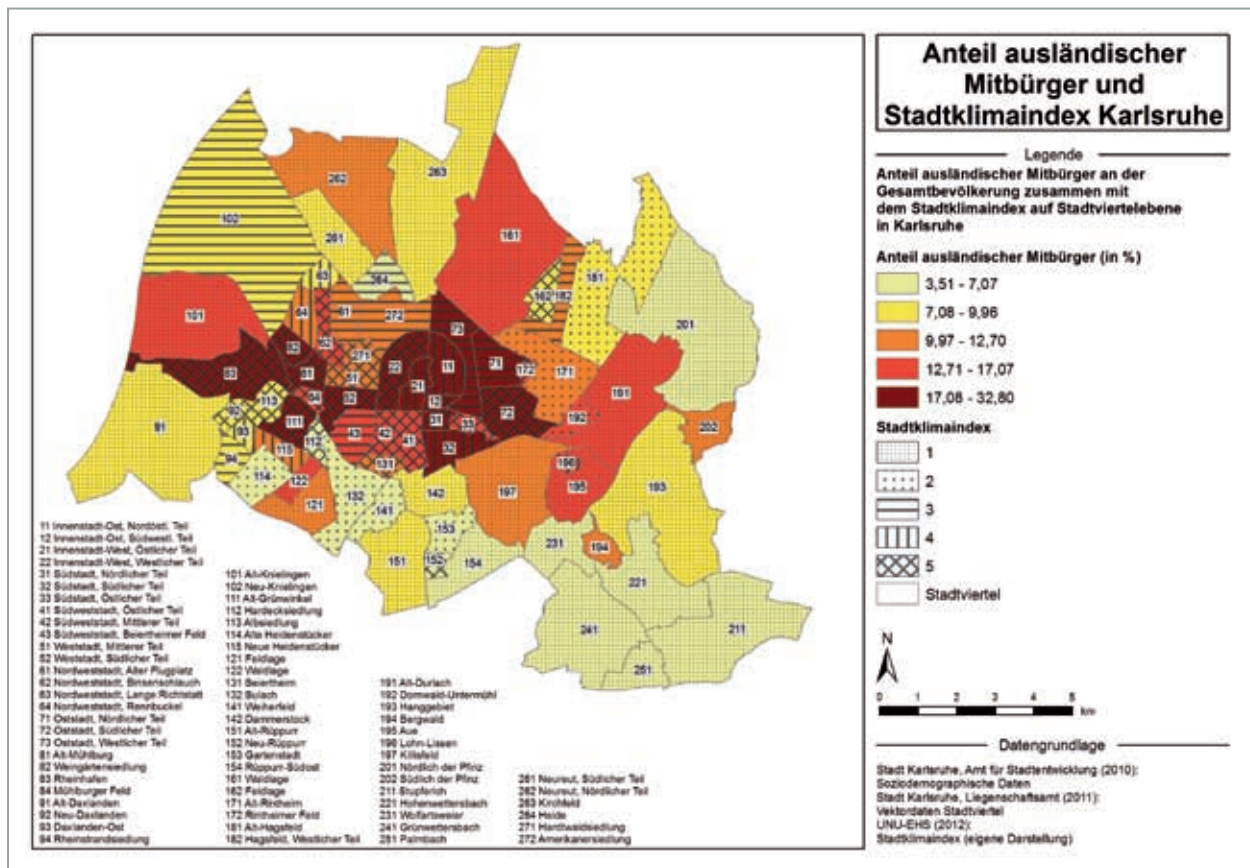


Abbildung 13: Anteil ausländischer Mitbürger und Stadtklimaindex in Karlsruhe
 Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Für das Verhalten im Umgang mit einer Naturgefahr spielt es oftmals eine Rolle, ob die betroffenen Personen ein solches Ereignis schon einmal erlebt haben.

Deshalb wird die *Erfahrung im Umgang mit Hitze-wellen* als relevanter Indikator angesehen:

Indikator: Erfahrung im Umgang mit Hitzewellen – Wohnen in der Stadt/ Kommune mindestens seit dem letzten Hitzewellenereignis

Analyseneinheit: Stadtviertel

Maßeinheit: Anteil der Personen, die mindestens seit dem letzten Hitzewellenereignis in der Stadt/ der Kommune leben

Relevanz: Die UNU-EHS Haushaltsbefragungen konnten belegen, dass Menschen, die eine Hitzewelle bereits erlebt haben, eher in der Lage sind, angemessen zu reagieren. Sie neigen eher dazu, ihr Verhalten im Alltag für einen besseren Umgang mit einer Hitzewelle zu ändern.

Für eine entsprechende Abschätzung kann – unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, s.u. – die Wohndauer am Wohnort im Zusammenhang mit einem Referenzereignis verwendet werden. Das Referenzereignis kann z. B. mit Hilfe hitzeassoziiertes Übersterblichkeit in der Hitzewellenperiode ausgewählt werden (Übersterblichkeit = eine gegenüber der erwarteten Sterberate erhöhte Sterberate einer bestimmten Bevölkerungsgruppe). Das Gesundheitsamt Köln zeigt beispielsweise eine Zunahme der Sterblichkeit im August 2003 um 16,5 % im Vergleich zu vergangenen Jahren auf (Koppe et al. 2004).

Technische Hinweise:

Für Karlsruhe liegen beispielsweise vorklassifizierte Daten (<2 Jahre, 2 bis <5 Jahre bzw. 5 bis <10 Jahre; Berichtsjahr 2009) zur Wohndauer vor. Da als Referenzereignis die Hitzewelle von 2003 herangezogen werden sollte, wurde zwischen "wohnhaft seit 2004 oder früher" und "andere" unterschieden.

Der Indikator kann je nach kommunalem Kontext zu gewissen Ungenauigkeiten führen, z. B. durch Zugezogene, die andernorts bereits eine Hitzewelle erlebt haben. Des Weiteren kann auch das Alter der Personen einen deutlichen Einfluss auf die Erfahrungswerte haben. Zudem sind möglicherweise nur Daten zur Wohndauer in der derzeitigen Wohnung verfügbar, so dass innerstädtische Umzüge nicht berücksichtigt werden können.

Aus den genannten Gründen wurde dieser Indikator in den Experteninterviews und -workshops im Rahmen des KIBEX-Projekts kontrovers beurteilt. Nach überwiegender Auffassung der Experten können diese Ungenauigkeiten aber in Kauf genommen werden, da die Berücksichtigung des Aspekts *Erfahrung* als sehr wichtig bewertet wurde.

Datenquelle: Kommunale Statistik

Abbildung 14 zeigt den Anteil der Einwohner in Karlsruhe, die seit 2004 oder früher in der Stadt wohnen (unter Verwendung der o. g. vorklassifizierten Daten, in Bezug auf das Referenzereignis der Hitzewelle 2003). Die Karte zeigt eine deutliche Gliederung mit einer relativ geringen Wohndauer in der Innenstadt, einer höheren Wohndauer im Osten/ Südosten und

den höchsten Werten in den südlichen Stadtteilen. Gerade die innerstädtischen Stadtgebiete mit einem hohen Stadtklimaindex und einer hohen Zahl an Zugezogenen stellen Gebiete mit einer in diesem Sinne höheren Anfälligkeit aufgrund geringerer Erfahrungswerte dar.

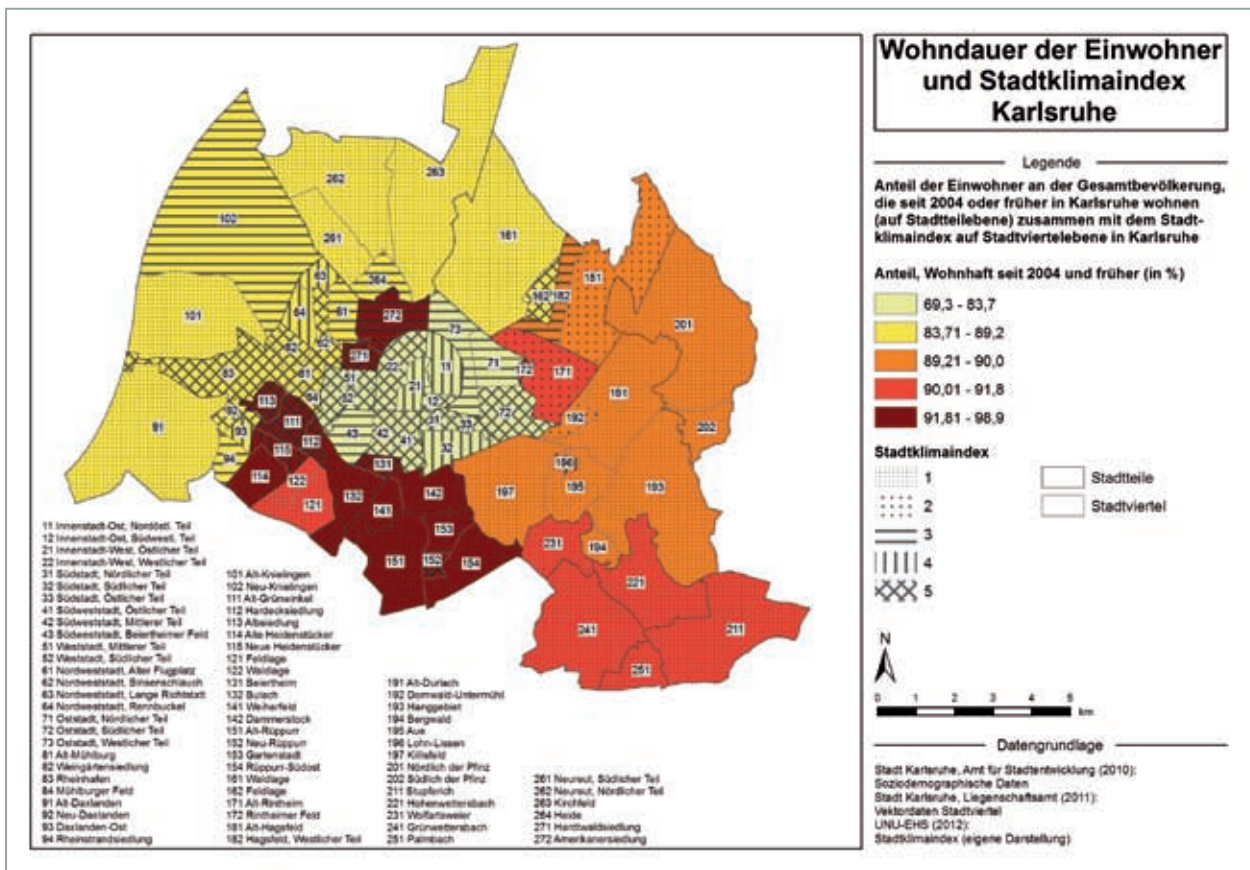


Abbildung 14: Anteil der Einwohner, die seit 2004 oder früher in Karlsruhe leben, zusammen mit dem Stadtklimaindex

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Der Informationsgrad im Kontext von Hitzewellen ist ebenfalls für ein angemessenes Verhalten von wesentlicher Bedeutung, kann aber i. d. R. nicht mit

statistischen Daten auf kleinräumiger Ebene dargestellt werden:

Kriterium: Informationsgrad zum Umgang mit Hitzewellen – Bildungsgrad

Relevanz: Der Zugang zu Informationen wird als wichtiger Faktor für die Verwundbarkeit gegenüber einer Naturgefahr angesehen (Cutter et al. 2003). In den UNU-EHS Haushaltsbefragungen im Rahmen des KIBEX-Projektes konnte gezeigt werden, dass Personen mit einem höheren Bildungsgrad eher ihr Verhalten im Alltag für einen angepassten Umgang mit einer Hitzewelle ändern würden. Dabei hängt der Bildungsgrad (sowohl die Art des Schulabschlusses, als auch die Art des höchsten Ausbildungsabschlusses) stark mit dem Informationsgrad der Befragten zum Thema Klimawandel zusammen, so dass, falls vorhanden, Daten zum Bildungsgrad in erster Näherung auch Aussagen zum Informationsgrad erlauben. Daten zum Bildungsgrad der Bevölkerung sind jedoch zumeist nicht auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertelebene) statistisch erfasst.

In verschiedenen Studien wird der Bildungsgrad als Indikator verwendet, weil er ein Maß für den sozioökonomischen Status von Personen darstellt, der mit der Anfälligkeit gegenüber Hitzewellen zusammen hängt (z. B. O'Neill et al. 2003). Curriero et al. (2002) und Medina-Ramón et al. (2006)

zeigen für den US-amerikanischen Raum einen signifikanten Zusammenhang zwischen Personen mit geringer Bildung²⁰ und erhöhter hitzebedingter Sterblichkeit auf. Vermutlich ist dieser Zusammenhang mit weiteren Faktoren gekoppelt, wie z. B. einem durchschnittlich schlechteren Gesundheitszustand bzw. schlechteren Wohnbedingungen mit geringerem baulichem Schutz vor Hitze (Medina-Ramón et al. 2006). Zudem ist diese Personengruppe eher in körperlich anstrengenden Berufen beschäftigt (Greenberg et al. 1983, O'Neill et al. 2003).

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld Angemessenes Verhalten:

Zur Information bzgl. eines angemessenen Verhaltens durch die Kommune gibt es verschiedene Möglichkeiten. Im Rahmen der Prävention können bspw. Faltblätter, die in öffentlichen Einrichtungen (z. B. Bibliotheken, Schulen, Bürgerzentren) zur Verfügung gestellt werden, oder Internetseiten genutzt werden. Zur Frühwarnung und Verbreitung aktueller Informationen während einer Hitzewelle hingegen sind insbesondere Radio und Fernsehen als Kommunikationsmittel empfehlenswert. In Bezug auf den Indikator *Erfahrung im Umgang mit Hitzewellen* könnte es insbesondere für Städte mit hoher Hitzewellen-Exposition (starke Ausprägung des UHI) sinnvoll sein, in erster Linie Zugezogene auf die Problematik hinzuweisen.

Die Stadt Köln bietet allgemeine Informationen und Tipps²¹ zum Umgang mit Hitzestress auf ihrer Internetseite an. Des Weiteren kann diesbzgl. ein Leitfaden²² speziell für Seniorinnen und Senioren, Kranke und Hilfebedürftige und deren Betreuerinnen und Betreuer heruntergeladen werden. Entsprechende Informationen sind auch für die Stadt Karlsruhe erhältlich. Auf ihrer Internetseite bietet die Stadt beispielsweise Hinweise²³ zur Unterstützung älterer, insbesondere alleinlebender Menschen für Angehörige, Freunde und Nachbarn bei Hitzestress. Darüber hinaus können Informationen für Alten- und Pflegeheim²⁴, sowie für ambulante Dienste und Angehörige²⁵ heruntergeladen werden.

²⁰ Bei Medina-Ramón et al. 2006 wird hierunter ein High School Abschluss im US-amerikanischen System oder weniger verstanden.

²¹ Stadt Köln (o.J.a): Sommerhitze. Verfügbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/3/gesundheit/sommerhitze/> (10.01.2013).

²² Stadt Köln (o.J.b): Was tun bei Hitze? Informationen und Hinweise für Seniorinnen und Senioren, Kranke und Hilfebedürftige und deren Betreuerinnen und Betreuer. Verfügbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/mediaasset/content/pdf53/1-6.pdf> (10.01.2013).

²³ Stadt Karlsruhe (2011): Hitzeprophylaxe. Verfügbar unter: <http://www.karlsruhe.de/b3/soziales/personengruppen/senioren/seniorenwegweiser/unterstuetzung/sicherheit/hitzeprophylaxe.de> (10.01.2013)

²⁴ Landkreis Karlsruhe (2006a): Was ist bei großer Hitze zu beachten? Verfügbar unter: http://www.landkreis-karlsruhe.de/media/custom/1076_139_1.PDF (10.01.2013).

²⁵ Landkreis Karlsruhe (2006b): Was ist bei großer Hitze zu beachten? II. Verfügbar unter: http://www.landkreis-karlsruhe.de/media/custom/1076_138_1.PDF (10.01.2013).

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Umgangs mit Hitzewellen in der Bevölkerung ist das Einrichten einer Telefonhotline, über welche bei hitzebezogenen Fragen Auskunft bezogen werden kann. Zudem sind aufgrund der genannten möglichen

Sprachbarrieren auch fremdsprachige Hinweise für z. B. Stadtviertel mit einem besonders hohen Anteil ausländischer Mitbürger oder mit einem hohen Anteil an Menschen mit Migrationshintergrund sinnvoll.

Themenfeld: Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung

Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung werden in erster Linie in *öffentlich zugänglichen bio-*

klimatischen Erholungsräumen sowie *öffentlich zugänglichen klimatisierten Einrichtungen* gesehen.

Kriterium: Öffentlich zugängliche bioklimatische Erholungsräume in Wohnungsnähe

Relevanz: Öffentliche Grünflächen in der näheren Umgebung von Wohnungen mindern durch nächtliche Kaltluftproduktion den urbanen Wärmeinseleffekt (z. B. Henschel et al. 1969, Vandentorren et al. 2006) und können tagsüber als Erholungsort genutzt werden. Flächen mit Kaltluftproduktionsvermögen fließen bereits in die Abschätzung des UHI (vgl. Kap. 4.1) und damit die Expositionsanalyse ein. Für die Bewältigungskapazität ist aber zusätzlich auch die Erholungsfunktion entsprechender Flächen von Bedeutung. Dabei sind jedoch mehrere Faktoren wichtig, so dass eine einfache Messbarkeit auf Grundlage administrativer Einheiten unter Verwendung der üblicherweise verfügbaren Daten nicht möglich ist.

Damit eine Fläche der Erholung bei Hitzestress dienen kann, sollte diese schattenspendend, öffentlich zugänglich, sowie fußläufig und barrierefrei erreichbar sein. Offene Wasserflächen verbessern das Mikroklima zusätzlich. Gegebenenfalls kann auch eine strukturelle Vielfalt der Erholungsräume das Wohlbefinden des Besuchers verbessern.

Für die Stadt Karlsruhe werden derzeit unter Berücksichtigung einiger der o. g. Kriterien die öffentlich zugänglichen Grünflächen hinsichtlich ihrer bioklimatischen Erholungsfunktion bewertet.²⁶ Grundlage hierfür bilden Vektor- und Rasterdatensätze im GIS-Format, u. a. aus ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem), dem Landschaftsplan, einem Baumkataster sowie Luftbildern. Die Bewertung beruht dabei insbesondere auf der öffentlichen Zugänglichkeit, der fußläufigen Erreichbarkeit, dem Verschattungsanteil und dem Vorhandensein von offenen Wasserflächen.

Die Genauigkeit des Ergebnisses kann je nach verfügbaren Daten und finanziellen Mitteln variieren. Zur finanziellen Unterstützung könnten ggf. Möglichkeiten einer öffentlichen Förderung im Bereich der Klimaanpassung geprüft werden.

²⁶ Erarbeitung durch GEO-NET Umweltconsulting GmbH und berchtoldkrass space&options in Zusammenarbeit mit dem Stadtplanungsamt Karlsruhe im Rahmen des Projekts KLIMOPASS, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/69206/> (11.02.13)

Kriterium: Öffentlich zugängliche klimatisierte Einrichtungen

Relevanz: Klimatisierte Räumlichkeiten bieten Zufluchtsorte bei starker Hitzebelastung. Klimaanlage in Wohnungen sind in Deutschland nicht weit verbreitet, so dass öffentlich zugängliche Einrichtungen mit klimatisierten Räumlichkeiten eine Möglichkeit bieten, sich zu erholen und der Hitzebelastung vorübergehend zu entkommen.

Entsprechende Daten, also zur Lage, Erreichbarkeit und Zugänglichkeit der Einrichtungen, sind meist nicht verfügbar, könnten aber erhoben und – in Absprache mit den jeweiligen Einrichtungen – in einer Karte dargestellt werden. Öffnungszeiten und Erreichbarkeit der Einrichtungen sollten dabei in Betracht gezogen werden. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass es sich hierbei nur um eine kurzfristige Bewältigungsmaßnahme handeln kann, da die Klimaanlage zum einen den Stromverbrauch ansteigen lassen und gleichzeitig gesundheitliche Probleme durch den abrupten Temperaturwechsel entstehen können. Langfristig sollten eher bautechnische Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die eine nachhaltigere Lösung darstellen.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld *Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung:*

Eine Förderung der Erholungsmöglichkeiten in der Wohnumgebung in Form von öffentlich zugänglichen bioklimatischen Erholungsräumen kann ggf. im Zusammenhang mit Maßnahmen für andere Ziele (u. a. Minderung des urbanen Hitzeinseleffekts) erreicht werden. Nutzungskonkurrenzen beschränken i. d. R. die Ausdehnung von innerstädtischen Grünflächen. Möglichkeiten zur Sicherung von geeigneten Flächen bestehen in entsprechenden Darstellungen im Regionalplan, Flächennutzungsplan sowie Festsetzungen in Bebauungsplänen (z. B. von Parkanlagen, Waldflächen) (MUNLV 2010).

Für Erholungsmöglichkeiten im Sinne von klimatisierten Räumlichkeiten könnte evaluiert werden, ob geeignete Einrichtungen wie klimatisierte Bürgerzen-

tren, Einkaufszentren etc. mit ihrer Lage und ihren Öffnungszeiten erfasst und der Bevölkerung als Information bereitgestellt werden können. Beispielsweise werden in Philadelphia, USA, im Falle extremer Hitzebelastung öffentliche und auch bestimmte private klimatisierte Gebäude als „cooling shelters“ definiert und ein entsprechender Transport zu den Gebäuden bereitgestellt. Des Weiteren werden Öffnungszeiten klimatisierter öffentlicher Gebäuden verlängert. Eine Liste der Einrichtungen mit Adressen und Öffnungszeiten ist im Internet abrufbar (EPA 2006; Philadelphia Office of Emergency Management 2012). Bei Maßnahmen dieser Art ist auf den Zielkonflikt zwischen Energieeinsparung/ Klimaschutz und der Verwendung von Klimaanlage hinzuweisen.

4.3 Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen

Wie bereits eingangs beschrieben (vgl. Kap. 2.3.2), fallen unter die Definition Kritischer Infrastrukturen verschiedene Organisationen und Einrichtungen. Hierzu gehören zum einen die sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen, wobei im Folgenden jene Einrichtungen im Fokus stehen, in denen sich üblicherweise eine Vielzahl an anfälligen Menschen

aufhält, die im Falle einer Hitzewelle ggf. auf Hilfe angewiesen sind. Im Hinblick auf die technischen Basisinfrastrukturen steht die Elektrizitätsversorgung im Fokus der weiteren Analysen, deren Ausfall das Funktionieren der Gesellschaft bzw. Kommune stark beeinträchtigen würde und somit Auswirkungen auf die Bevölkerung hätte.

4.3.1 Verwundbarkeit sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen

Die Analyse der Verwundbarkeit von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen geht von der Annahme aus, dass diese Hot Spots der sozialen Verwundbarkeit darstellen können, wenn entsprechende Einrichtungen gegenüber Hitzewellen exponiert sind. Dabei werden zwar Gebäude als mögliche *verwundbare Elemente* betrachtet, die mit dem UHI verschnitten werden können. Letztlich steht jedoch die Verwundbarkeit der sich in den Gebäuden aufhaltenden Menschen im Vordergrund.

Wie bei der Abschätzung der Exposition der Bevölkerung, basiert auch die Expositionsabschätzung von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen auf der Berechnung des urbanen Hitzeeinseleffekts. Es wird der Stadtklimaindex (vgl. Kap. 4.1.3) als Basis verwendet, mit dem sich die entsprechenden Dienstleistungsinfrastrukturen verschneiden lassen²⁷.

Als relevante Strukturen wurden dabei Einrichtungen identifiziert, in denen sich eine Vielzahl an anfälligen Personen aufhält. Wie im vorhergehenden Kapitel erläutert, handelt es sich hierbei insbesondere um

Kleinkinder bzw. ältere Menschen, deren natürlicher Wärmeausgleich noch nicht oder nicht mehr optimal unter der Einwirkung von Hitzestress funktioniert. Entsprechend wurden Kindergärten (Kindertagesstätten) sowie Alten- und Pflegeheime als anfällige Einrichtungen definiert. Darüber hinaus gelten Menschen mit bestimmten Vorerkrankungen, wie bspw. Herz-Kreislauferkrankungen als besonders anfällig gegenüber Hitze. Deshalb wurden auch Krankenhäuser als anfällige Dienstleistungsinfrastrukturen klassifiziert. Die genannten Personenkreise sind zudem oftmals in ihrer Mobilität eingeschränkt und können ggf. keine kühleren Bereiche aufsuchen bzw. sind für die Bewältigung ihres Alltags auf Hilfe/Pflege angewiesen. Vorteilhaft ist zwar die vorhandene Betreuung in den genannten Dienstleistungsinfrastrukturen, durch die die anfälligen Personen besser betreut und versorgt werden, als wenn sie sich alleine zu Hause aufhalten würden. Gleichzeitig muss jedoch auch davon ausgegangen werden, dass das Pflegepersonal ggf. selbst durch die Hitze eingeschränkt ist und durch den zusätzlichen hitzebedingten Anfall an Pflegebedarf an die Leistungsgrenzen kommen kann, wie aus den Experteninterviews im KIBEX Projekt hervorging.

²⁷ Um eine konsistente Darstellung zu gewährleisten, wird erneut auf den Stadtklimaindex zurückgegriffen. Selbstverständlich können jedoch auch die Ergebnisse der anderen Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeeinseleffekts für die Verschneidung verwendet werden.

Aus den genannten Gründen ist es wichtig, den unterschiedlichen Expositionsgrad der Einrichtungen zu kennen, um gezielt Maßnahmen ergreifen zu können. Außerdem könnte das Stadtklima bei der Auswahl der Standorte von entsprechenden Neubauten als ein Kriterium berücksichtigt werden, obwohl dies nur bedingt möglich ist, um die Nähe zum Bedarf in Gebieten mit einer hohen Bevölkerungsdichte zu

gewährleisten. Abbildung 15 zeigt beispielhaft die Exposition sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen in Karlsruhe. Unabhängig von der Exposition kann die Kommune auf vorhandene Hitze-warndienste, wie bspw. den des DWD aufmerksam machen, bei denen Einrichtungen sich anmelden können.

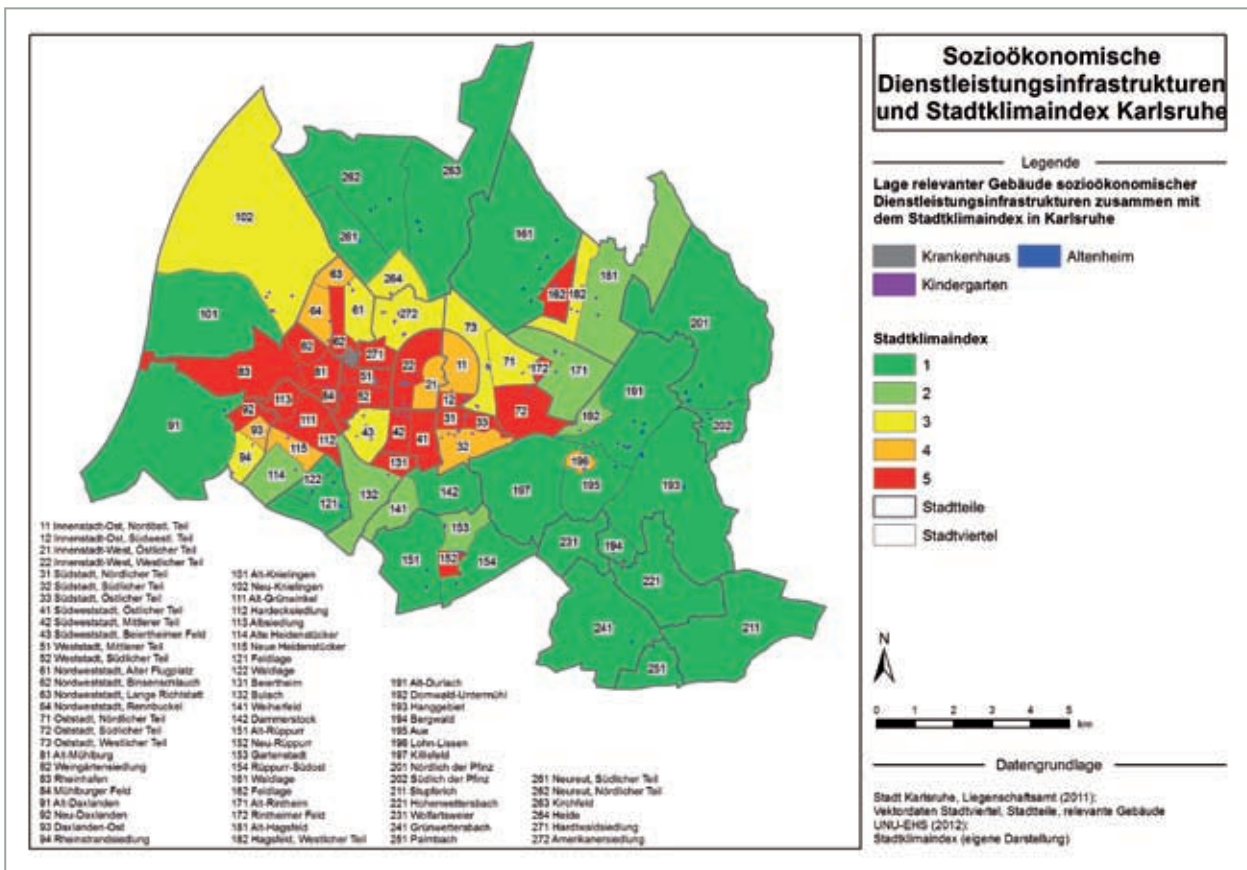


Abbildung 15 : Exposition von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen gegenüber Hitze

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Datengrundlagen der Stadt Karlsruhe.

Auffällig ist, dass sich insbesondere Krankenhäuser (fast 90 %) und Altenheime (55 %) in Stadtvierteln befinden, die stark klimatisch bzw. lufthygienisch belastet sind, wie auch Tabelle 8 veranschaulicht. Zu

beachten ist hier allerdings, dass die tatsächliche Auswirkung der Hitzeexposition auch vom Vorhandensein von Klimaanlage in den Gebäuden abhängt.

Tabelle 8: Anzahl und Anteil der Gebäude sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen in verschiedenen Klassen des Stadtklimas in Karlsruhe

Gebäude	Anzahl gesamt	Stadtklimaindex				
		1	2	3	4	5
Krankenhäuser	50	2	0	4	0	44
Kindergärten	151	49	12	23	13	54
Schulen	246	68	29	31	20	98
Altenheime	65	21	2	3	3	36
Gebäude	Anteilig in %	Stadtklimaindex				
		1	2	3	4	5
Krankenhäuser	100	4	0	8	0	88
Kindergärten	100	32	8	15	9	36
Schulen	100	28	12	13	8	40
Altenheime	100	32	3	5	5	55

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Daten der Stadt Karlsruhe.

4.3.2 Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung

Wie eingangs beschrieben, kann die Verwundbarkeit von unterschiedlichen Sektoren in der Regel nach den Teilaspekten *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigung* analysiert werden. Diese Form der Analyse lässt sich für den Bereich der Elektrizitätsversorgung und ihrer Verwundbarkeit jedoch nur bedingt gegenüber Hitzewellen jedoch so nicht direkt übertragen. Dies liegt insbesondere daran, dass die Systemkomponenten kaum physisch durch Zerstörung betroffen sind, sondern Hitze, insbesondere in Kombination

mit gleichzeitig auftretender Trockenheit, viel eher längerfristig auf die Prozesse des Gesamtsystems einwirkt. Gleichzeitig haben Hitzewellen in den meisten Fällen eine sehr weite räumliche Ausdehnung. Im Sommer 2003 bspw. war ganz (West-) Europa dem Hitzestress ausgesetzt. Kleinräumige Unterschiede, wie sie bspw. im Rahmen des UHI zu finden sind, haben auf die Prozesse der Elektrizitätsversorgung vielfach keine wesentliche Auswirkung.

Im Hinblick auf Anfälligkeit und Bewältigung des Systems lassen sich dennoch einige wichtige Kriterien definieren, die die Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung gegenüber Hitzewellen/ Trockenperioden bestimmen. Diese haben allerdings in erster Linie überörtliche Relevanz. Eine Schlüsselrolle spielen in diesem Zusammenhang die Pegel von Flüssen sowie deren Wassertemperaturen. Niedrige Flusspegel wirken sich auf die Schifffahrt und somit insbesondere auf Kohlekraftwerke aus, deren Belieferung eingeschränkt sein kann. Die Wassertemperaturen der Flüsse beeinflussen die Kühlung von Kraftwerken. Um eine weitere Erwärmung der durch die Hitze und niedrige Pegel ohnehin schon warmen Flüsse zu verhindern, kann es während einer starken und langanhaltenden Hitzewelle zu einer Drosselung der Einleitung von Kühlwasser kommen²⁸ (vgl. auch Kropp et al. 2009). Folglich kann der Betrieb der Kraftwerke eingeschränkt bzw. unterbrochen sein. Im Sommer 2003 mussten konventionelle deutsche Kraftwerke um durchschnittlich 45 % zurückgefahren werden. Gleichzeitig konnten auch Wasser- und Windkraft aufgrund geringer Wasser- und Windaufkommen nicht zum Ausgleich des Defizits beitragen (BfG 2006). Diesem z. B. durch Hitze/ Trockenheit verringerten Angebot kann gleichzeitig ein erhöhter Bedarf an Strom in Industrie und Handel sowie bei Privatpersonen, z. B. bedingt durch Klimaanlage, (Bundesregierung 2008; Olonscheck et al. 2011) gegenüberstehen, was die *Anfälligkeit* erhöht. Solche Defizite könnten grundsätzlich über das Europäische Verbundnetz ausgeglichen werden. Da jedoch durch das großflächige Auftreten von Hitze/ Trockenheit ggf. weitere Länder neben Deutschland betroffen sein können, ist auch dies nur in begrenztem Maße möglich. Im Sommer 2003 bspw. mussten die Schweiz und Frankreich ihre Stromexporte um 15 – 20 % reduzieren (BfG 2006).

Diesen ggf. auftretenden Systembilanzstörungen aufgrund von Erzeugungsmangel stehen nur geringe *Bewältigungskapazitäten* gegenüber. Als eine der

wenigen möglichen Maßnahmen gilt das Abkoppeln von Verbrauchern vom Netz (siehe VKU und BDEW 2012), um die Systemsicherheit zu erhalten und unkontrollierte Vorfälle mit möglicherweise kaskadenartigen Konsequenzen zu verhindern.

Da Anfälligkeit bzw. Bewältigungskapazität der Stromversorgung gegenüber Hitzewellen in weitem Maße vom Aufbau der Versorgung, also der Anzahl und Art der ggf. in ihrer Funktionsweise eingeschränkten Erzeugungsquellen, abhängig sind, ist davon auszugehen, dass der stattfindende Netzbau auch die Verwundbarkeit der Versorgung beeinflusst (vgl. z.B. Hadjipaschalis et al. 2009 oder Divya und Østergaard 2009). Für die Entwicklung längerfristiger, verwundbarkeitsreduzierender Anpassungsstrategien an Hitzewellen sollte daher geprüft werden, inwieweit sich die Dezentralisierung der Versorgung auch im Hinblick auf neue Anforderungen an die Netzsteuerung positiv auswirken kann (vgl. Sperling et al. 2011).

Gleichzeitig haben Kommunen auf den Auf- bzw. Umbau der Versorgungssysteme nur einen sehr begrenzten Einfluss (z.B. durch den Betrieb von Stadtkraftwerken), der im Zuge von Liberalisierungs- und Privatisierungsprozessen weitgehend an private Betreiber übergegangen ist (vgl. z.B. Monstadt 2008), wobei der Staat seine Infrastrukturaufgaben durch staatliche Beaufsichtigung und Kontrolle bzw. strategische Förderung wahrnimmt (ibid.).

Ihre Handlungsmöglichkeiten bewegen sich eher im Bereich der präventiven Planung zum Umgang mit möglichen Versorgungsengpässen bzw. –ausfällen, wie bspw. der Vorbereitung von Stromsparplänen oder Kommunikationsstrategien. Die Thematik möglicher Stromausfälle und entsprechender kommunaler Verwundbarkeiten wird daher in Kapitel 6 aufgegriffen, und zeigt kommunale Handlungsfelder im Umgang mit Stromausfällen auf.

²⁸ Die Einleitung von Kühlwasser muss ab einer bestimmten Wassertemperatur gedrosselt werden, um keine Gefährdung für das Erreichen bzw. den Erhalt des guten oder sehr guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials der Gewässer darzustellen. In bestimmten Fällen können jedoch Ausnahmeregelungen gelten, um einen energiewirtschaftlichen Engpass zu vermeiden, wie bspw. im Sommer 2003 in Baden-Württemberg (vgl. Landtag von Baden-Württemberg 2003).

Besondere Problemlagen ergeben sich, wenn eine Naturgefahr einen Stromausfall auslöst, bzw. mit diesem (auslöserunabhängig) zusammenfällt. Im Falle eines Zusammentreffens von Hitzewelle und Stromausfall wird insbesondere der Ausfall von Kühlvorrichtungen und -prozessen eine Herausforderung darstellen. Neben dem Ausfall von Klimaanlage und Ventilatoren kann auch der Ausfall von elektrisch betriebenen Jalousien bzw. Tür- und Fensteranlagen die Steuerung der Raumtemperaturen unmöglich machen. Dies kann nicht nur bei anfälligeren Personen wie bspw. Kindern, Kranken, oder Älteren (vgl. auch Kapitel 4.2.2) zu Überhitzung und damit verbundenen Risiko führen, sondern auch weniger empfindliche Personen in Alltagssituationen wie im Büro oder in (liegenbleibenden) Zügen beeinträchtigen. Auch

im Bereich der Landwirtschaft kann ein Ausfall der Lüftungsanlagen in Nutztierställen zur Überhitzung und damit zum Verenden von Tieren führen.

Ein Ausfall von Kühlsystemen wirkt sich einerseits direkt auf die Menschen aus, zudem führt ein länger anhaltender Ausfall auch zum Verderben von Lebensmitteln und Medikamenten, die eine Kühlung erfordern. Nicht zuletzt können ein gleichzeitig auftretender Stromausfall und eine Hitzewelle Auswirkungen auf den Wassersektor haben. Zum einen kann ein erhöhter Wasserbedarf möglicherweise nicht gedeckt werden, wenn die Versorgungsinfrastruktur ausfällt. Zum anderen besteht die Gefahr einer Belastung des Trinkwassers mit Keimen infolge hoher Temperaturen und des Stillstandes des Wassers in den Leitungen.

V. Kapitel

Abschätzung der Verwundbarkeit von Bevölkerung und
Kritischen Infrastrukturen gegenüber Starkregen

Urbane Gefahren durch Starkregen bestehen insbesondere durch die Ansammlung großer Wassermengen, die sich je nach Topographie auch zu Sturzfluten entwickeln können, wenn vorhandene natürliche oder künstliche Abflussmöglichkeiten überlastet sind. Kleine Bäche können innerhalb kürzester Zeit über die Ufer treten und zu Überschwemmungen führen. Aber auch ohne Fließgewässer kann Starkregen eine Gefahr darstellen. Dann sind insbesondere Hanglagen sowie darunter liegende Senken betroffen, aber

auch Senkenlagen in relativ flachen Gebieten, wo das Wasser nicht ausreichend abfließen kann (vgl. z. B. Kron 2005, Böhm et al. 2011).

Ein Beispiel für ein Starkregenereignis mit immensen Folgen sowohl für KRITIS als auch die Bevölkerung ist der sogenannte „Jahrhundertregen“, welcher sich am Samstag, den 26.06.2008 in Dortmund und im gesamten östlichen Ruhrgebiet ereignete:

Der „Jahrhundert-Regen“ in Dortmund, 26.06.2008

Die Niederschläge während des Ereignisses erreichten lokal eine Höhe von über 200 mm pro m² (Ciemiński und Brede 2008), wobei hauptsächlich der Südwesten, Westen und Süden von Dortmund betroffen war. Besonders die Stadtteile Dorstfeld und Marten sind aufgrund ihrer Senkenlage gegenüber Starkregen exponiert und hatten auch die größten Schäden zu verzeichnen. Ein wichtiger Faktor in diesem Zusammenhang war auch die Flächenversiegelung und Wasserkanalisation. So trugen die hohe Versiegelung, das Wegfallen von Rückhalteräumen sowie durch Blätter und Erde verstopfte Abflüsse dazu bei, dass das Naturereignis erhebliche Schäden verursachte (Allebrodt und Sponholz 2008).

Folgen für die Bevölkerung

Neben einigen Verletzten kam es primär zu Schäden an Privateigentum, an öffentlichen Einrichtungen und an Unternehmen. Keller liefen voll, Geschäfte standen bis zu 1,5 m unter Wasser und Straßen waren bis zu einer Höhe von 1,8 m überflutet (dpa/lnw 12.08.2008). Als sekundäre Folgen hatten Ladenbesitzer und ihre Angestellten Einkommensausfälle zu verzeichnen (dpa 2008). Gewerbetreibende

und Hausbesitzer in Marten erlitten insgesamt einen Schaden in Höhe von rund 2 Millionen Euro (Büchel 2008).

Folgen für Kritische Infrastrukturen

Die Abwassersysteme waren deutlich überlastet. In einem Pumpwerk der Emschergenossenschaft fielen zwei von drei Pumpen aus, als diese unter Wasser standen (Ciemiński und Brede 2008). Ein Stromausfall von 30-60 Minuten betraf rund 1500 Haushalte. Im Bereich **Verkehr** wurden Gleise unterspült, Straßen überflutet und Autos konnten nicht weiterfahren (Linnhoff 2008). Der **Bevölkerungsschutz** war stark belastet, da am Samstag innerhalb von sechs Stunden 4600 Notrufe bei der Feuerwehr eingingen, die bis Sonntagabend 810 Einsätze durchführte. Rettungskräfte wurden von benachbarten Kreisen unterstützt, u. a. durch die Lieferung von Sandsäcken (dpa 2008).

Zudem ist anzumerken, dass die Stadt zuvor noch keine Erfahrung mit größeren Starkregenereignissen hatte (Grünewald 2009).

Ein Starkregenereignis wie in Dortmund kann als Referenzereignis für die hier vorgestellte Methode gelten. Sie wurde in Kooperation mit der Stadt Wuppertal entwickelt, auch wenn dort bisher keine Schäden durch Starkregen entstanden sind, die das Schadenspotenzial von Starkregen so eindrücklich verdeutlichen, wie das genannte Beispiel. Neben den

geschilderten Überflutungen kann Starkregen auch sog. Sturzfluten auslösen, die weitere Konsequenzen haben können. Von Starkregen spricht man zunächst bei großen Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit. Der DWD (2013) warnt vor Starkregen in zwei Stufen (wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden):

- Regenmengen ≥ 10 mm / 1 Std. oder ≥ 20 mm / 6 Std. (Markante Wetterwarnung)
- Regenmengen ≥ 25 mm / 1 Std. oder ≥ 35 mm / 6 Std. (Unwetterwarnung)

Ausschlaggebend für die Auswirkungen eines Starkregens sind dabei verschiedene Faktoren, wozu insbesondere die örtliche Topographie zählt. Aber auch die Bodenbeschaffenheit und der Anteil der versiegelten Fläche bzw. die Art der Landnutzung sind wichtige Charakteristika, die das Auftreten von lokalen Überflutungen durch Starkregen mitbestimmen (vgl. z. B. Bartels 1997, Naef et al 1998, Perry 2000, Kelsch et al. 2001, Barredo 2007). Sturzfluten zeichnen sich – im Gegensatz zu „einfachen“ Überflutungen in flachen Gebieten – durch ihre hohe Dynamik aus. Innerhalb kürzester Zeit können Gewässerstände dramatisch ansteigen und Menschen und Gebäude mit sich reißen. 1996 starben beispielsweise bei einer Sturzflut im spanischen Biescas 87 Menschen, (vgl. Barredo 2007). Sowohl Starkregen als auch Sturzfluten können zudem Bodenerosionen verursachen und Hangrutschungen oder Schlammlawinen auslösen. Eine Vielzahl der bereits in Deutschland aufgetretenen Ereignisse ist in der URBAS Datenbank (2011) erfasst²⁹.

Im Zusammenhang mit dem Ergreifen von Schutzmaßnahmen vor den Auswirkungen von Starkregen ergeben sich einige Herausforderungen. So treten Starkregenereignisse nur selten und sehr lokal auf (siehe z. B. Gaume et al. 2004 oder Montz und Gruntfest 2002), sodass das Bewusstsein für und die Vorbereitung gegenüber solchen Naturereignissen meist gering ist. Oftmals ist die Bereitschaft Investitionen zu tätigen aufgrund der geringen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten und der mangelnden Erfahrung mit diesen Naturgefahren begrenzt. Diese Tendenz wird durch die kurzen Reaktionszeiten verstärkt, die z. B. kommunale Behörden nutzen können, um Maßnahmen im Rahmen von Frühwarnungen zu ergreifen (Montz und Gruntfest 2002). Eine weitere Herausforderung im Umgang mit Starkregenereignissen besteht schließlich in den Grenzen der Modelle zur Wettervorhersage und den Beobachtungsstationen,

deren Aussagen bzgl. Starkregenereignissen mit Unsicherheiten behaftet sind (Creutin et al. 2009 oder Marchi et al. 2010). Aus diesen Gründen ist es von besonderer Bedeutung, mögliche Verwundbarkeiten im Vorfeld zu analysieren und durch gezielte Maßnahmen zu reduzieren.

Im Rahmen der Entwicklung des Leitfadens stellte sich dabei die Frage, in welcher Form diesen Anforderungen sowie einer Unterscheidung zwischen *Überflutungen durch Starkregen* und *Sturzfluten* entsprochen werden kann – insbesondere vor dem Hintergrund der Diversität der Kommunen, in denen es teilweise größere Gefälle gibt, in vielen Fällen aber kaum Höhenunterschiede vorherrschen. Aus diesem Grunde bezieht sich die entwickelte Methode hauptsächlich auf Überflutungen durch Starkregen und vernachlässigt zunächst dynamische Aspekte, die bei Sturzfluten eine entscheidende Rolle spielen. Gleichzeitig werden jedoch sturzflutenspezifische Aspekte, die insbesondere die körperliche Anfälligkeit von Personen betreffen, berücksichtigt. Diese Art der Betrachtung ist damit auch der Ursache geschuldet, dass zwar grundsätzlich die Möglichkeit der hydrologischen Modellierung, z. B. kleiner Flussläufe, besteht, um die Auswirkungen von Sturzfluten abschätzen zu können. Allerdings sind diese Methoden sehr aufwändig und damit kostenintensiv. Wird davon ausgegangen, dass der Starkregen durch direkte Abflüsse (z. B. durch Straßen) zu Sturzfluten führen kann und somit theoretisch das gesamte Gebiet der Kommune betroffen sein kann, wird deutlich, dass entsprechende Betrachtungen die Ressourcen der meisten Kommunen übersteigen würden. Die hier vorgestellte Methode erlaubt in diesem Zusammenhang, lokale Hot Spots zu identifizieren und so Teilgebiete festzustellen, die mittels dynamischer Modellierungen weiter analysiert werden können. Da das Starkregenrisiko in vielen Kommunen bisher kaum wahrgenommen wird, sollte die entwickelte Methode zudem als erster Ansatz zur Berücksichtigung des Themas dienen. Insbesondere in Kommunen mit starkem Gefälle bzw. Höhenunterschieden sollte das mögliche Auftreten von zerstörerischen Sturzfluten jedoch in Betrachtungen und die vorsorgende Planung einbezogen werden.

²⁹ http://www.urbanesturzfluten.de/ereignisdb/ereignisse/ereignisse_view.

5.1 Methodik zur Abschätzung von Senken

In der hier vorgestellten Methode wurden lokale Senken identifiziert, in denen sich im Falle eines Starkregens Wasser sammeln kann. Das Ergebnis wurde als Basis für die Abschätzung der Exposition von Bevölkerung (Wohngebäuden) bzw. KRITIS verwendet, die ggf. lokal überflutet werden können. Um der Komplexität von Starkregenereignissen und ggf. hieraus resultierenden Sturzfluten gerecht zu werden, wird zusätzlich empfohlen, die zu den Senken gehörigen Fließwege mit zu betrachten. Diese können beispielsweise in Form von Polygonlinien in Geo-Informationssysteme eingepflegt werden und so ebenfalls in die Expositionsabschätzung einfließen. Gleiches gilt für Bach- und Flussläufe. Zudem kann die Hangneigung als Indikator für Gebiete mit hohen Abflussgeschwindigkeiten genutzt werden.

In der Beispielkommune Wuppertal ist ein Großteil der Bachläufe unterirdisch verrohrt. Hieraus ergibt sich die besondere Problematik, dass insbesondere an den Übergängen von offenen zu verrohrten Gewässern Überflutungen entstehen, weil die Rohreingänge durch vom Gewässer mitgeführte Äste, Blätter etc. verstopfen können. An diesen Stellen sind lokale

Senken vorhanden, die als Überflutungsflächen mit in die Analysen eingehen. Die Kanalisation wird in der hier vorgestellten Methode nicht weiter berücksichtigt. Dies bedeutet zum einen, dass durch Überlastung austretendes Wasser nur berücksichtigt wird, wenn es in eine Senke fließt. Zum anderen wird aber auch der Abfluss von Wasser aus Senken durch die Kanalisation nicht eingebunden, sodass *Worst Case* Szenarien generiert werden.

Basierend auf der Analyse weiterer Verwundbarkeitsparameter können gezielt Maßnahmen bspw. im Rahmen der kommunalen Entwässerung (z. B. Priorisierung der teilgebietsweisen Fortschreibung der Generalentwässerungsplanung), der Ertüchtigung bestimmter Gebäude und Komponenten bzw. die Einrichtung von Ingenieurumbaumaßnahmen wie Rückhaltebecken durchgeführt werden. Auch können hierauf aufbauend in bestimmten Teilgebieten, die als Hot Spots der Verwundbarkeit identifiziert wurden, detailliertere hydrologische Analysen durchgeführt werden, die z. B. auch dynamische Parameter, wie sie im Falle von Sturzfluten eine wichtige Rolle spielen, einbeziehen.

5.1.1 Berechnung von Senken anhand eines digitalen Höhenmodells

Um die beschriebenen Geländesenken zu identifizieren, bedarf es zunächst der Erstellung eines fein aufgelösten digitalen Höhenmodells (DHM). Dafür werden aus den, vom jeweiligen Bundesland gelieferten, Laserscandaten mit der höchstmöglichen Punktdichte (DGM_1L, für NRW: 1-4 Pkt./m²) regelmäßige Raster-

DHM interpoliert, sodass über die unregelmäßigen Laserscandatenpunkte ein 25 x 25 cm Raster aufgespannt werden kann (vgl. Abbildung 16). Für Rasterzellen, die einen Laserscandatenpunkt beinhalten, wurde dabei die Höhe des Datenpunktes näherungsweise auf die Rasterzelle übertragen.

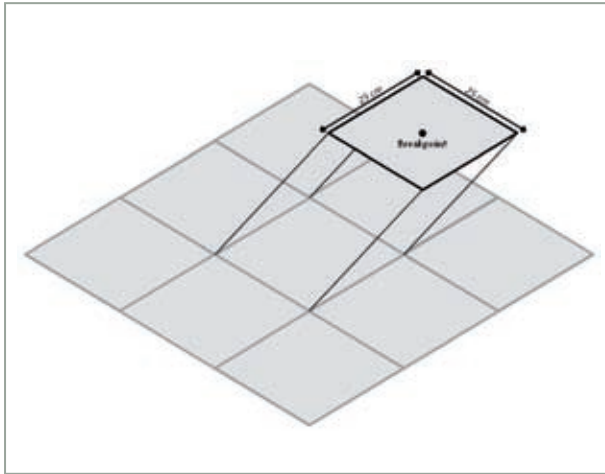


Abbildung 16: Bestimmung von Höhenwerten durch Interpolation aus Laserscandatenpunkten

Quelle: Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG 2012.

Das Gesamtmodell für die Kommune ergibt sich bei der Verwendung dieser Methodik aus zwei partiellen Raster-DHM. Mit den sogenannten Last-pulse Boden-Datenpunkten (LpB-Datenpunkte) wird das Gelände ohne Bewuchs und Bebauung erzeugt. Aus den Last-pulse Nichtboden-Datenpunkten (LpnB-Datenpunkte) werden die Dachflächen der Gebäude modelliert. Das Zusammenfügen beider Teilraster ergibt das fertige Raster DHM der Stadt. Aufgrund der Durchströmbarkeit von Bewuchs und um die Ausgabe nicht plausibler Senken zu vermeiden, wurde die Vegetation nicht im Höhenmodell abgebildet. Über die Identifikation lokaler Tiefpunkte und unter Berücksichtigung des umgebenden Geländes können Senken identifiziert werden. Diese würden im *Worst Case* Szenario bis zu ihrem Überlaufpunkt mit Wasser gefüllt werden.

5.1.2 Annahmen zur Geländeoberfläche für die Senkenberechnung

Genauigkeit der Senken

Grundsätzlich bergen digitale Höhenmodelle leichte Ungenauigkeiten in sich. Die Daten werden mittels an einem Flugzeug befestigten Laserscanner gewonnen. Der Sensor sendet Laserimpulse aus, die von der Oberfläche reflektiert und vom Scanner wieder aufgenommen werden. Anhand der Laufzeit des Impulses kann so die genaue Lage jedes reflektieren-

den Punktes festgestellt werden. Laut Überprüfung digitaler Höhenmodelle mittels terrestrischer Messverfahren weichen die Höhenmodelle bis zu 20 cm in den Werten ab. Diese Ungenauigkeiten finden sich somit auch in dem erstellten digitalen Geländemodell wieder und sollten bei der Bewertung der Senken berücksichtigt werden.

Straßen- und Bahndämme sowie Brücken

Entscheidend für die Bestimmung der Senken ist die Abbildung von Durchlässen, Unterführungen, Brücken, und anderen Durchflussmöglichkeiten. Bei Durchlässen in Straßen- oder Bahndämmen wird im Höhenmodell in der Regel die Dammkrone aus den LpB-Datenpunkten abgebildet. Das hat zur Folge,

dass vor dem Damm eine Senke identifiziert wird, die in der Realität durch den Durchlass nicht entsteht. Demnach muss der Damm im Höhenmodell eingeschnitten werden, sodass sich an dieser Stelle kein Gegengefälle mehr ergibt. Ähnliches gilt für Brücken.

Einpfelegen von Häusern

Gebäude wurden nachträglich in das Modell eingepflegt.

Bereinigung des Datensatzes

Geschlossene Innenhöfe sowie einige Dächer (z. B. Flachdächer) werden durch die vorgestellte Methode zunächst als Senken angezeigt. Diese lassen sich allerdings durch eine automatisierte GIS-Abfrage aus dem Datensatz entfernen. Abbildung 17 stellt die

Senken in einem Ausschnitt der Stadt Wuppertal be-
reingt bzw. mit Innenhöfen und Dächern dar. Für
die weitere Bearbeitung wurde der bereinigte Daten-
satz verwendet.

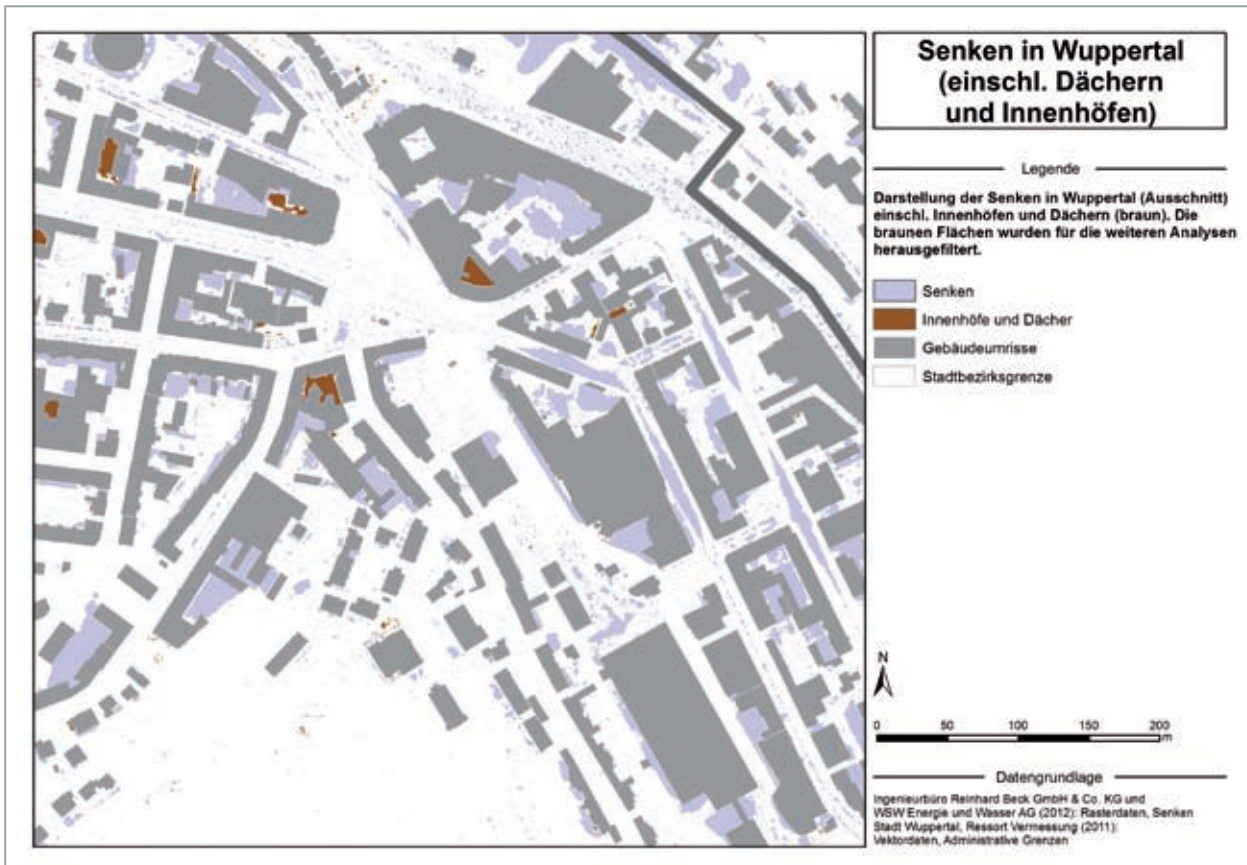


Abbildung 17: Darstellung der Senken in Wuppertal einschließlich Dächern und Innenhöfen

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Betrachtung von Abflüssen

Im erstellten Senken-Datensatz, der auch für die weiteren Betrachtungen verwendet wurde, wurden Bachverrohungen und Straßeneinläufe in die Kanalisation vernachlässigt, um ein *Worst Case* Szenario zu betrachten. Im Rahmen der weiteren Abschätzungen

können so maximale Überflutungstiefen betrachtet werden. Sollte die Kommune entsprechende Abflüsse einbeziehen wollen, ist dies durch das *Einschneiden* der entsprechenden Fließwege in das Modell möglich.

Ausweisung von überflutungsgefährdeten Senken

Bislang besteht keine gesetzliche Grundlage zur Berechnung und Ausweisung durch Starkregen gefährdeter Gebiete. Die EU-Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken und entsprechende Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (§§ 72-81), beziehen sich explizit auf „Hochwasser“. Hiermit sind i. S. d. Richtlinie Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser gemeint. Direkte Folgen von Starkregen bzw. Überflutungen aus Abwassersystemen fallen jedoch nicht hierunter. Während gem. § 74 I WHG Risiko- und Gefahrenkarten für Hochwasser erstellt werden müssen, fehlen vergleichbare Regelungen für Starkregen bzw. hiermit

verbundene, fließgewässerunabhängige Abflüsse.

Aus diesen Gründen muss durch die Kommune geprüft werden, inwieweit Daten zur Exposition gegenüber starkregenbedingten lokalen Überflutungsflächen der Öffentlichkeit auch unter Berücksichtigung von Datenschutz- und versicherungstechnischen Aspekten zugänglich gemacht, bzw. in die offiziellen Planungen der Stadt einbezogen werden können. In weiten Teilen ist unklar, ob bzw. inwieweit Geodaten bzw. grundstücksbezogene Daten unter das Datenschutzrecht fallen (vgl. z. B. Weichert 2007). Eine Möglichkeit zur Lösung des Datenschutzproblems könnte die Bereitstellung von Informationen zu Senken nach expliziter Anfrage der Grundstückseigentümer sein.

5.1.3 Berücksichtigung von Senkentiefen

Neben der Abbildung der Senken als Risikoflächen für lokale Überflutungen, können diesen auch Tiefenwerte zugewiesen werden, was insbesondere für die weitere Abschätzung der möglichen Verwundbar-

keit von Menschen und Infrastrukturkomponenten relevant sein kann. Wie Abbildung 18 zeigt, wurden diese beispielhaft in vier Kategorien zwischen < 20 cm und > 100 cm eingeteilt.



Abbildung 18: Darstellung von Senkentiefen in einem beispielhaften Teilausschnitt der Stadt Wuppertal

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Eine Klassifizierung der Senkentiefe kann die Grundlage für den Ausschluss bestimmter Senken aus der weiteren Betrachtung bilden. Für Wuppertal bspw. wurde als Ergebnis eines Runden Tisches angenommen, dass jene Senken, deren Oberflächen weniger als 1 m² betragen und deren Senkentiefe kleiner ist als 20 cm, zu vernachlässigen sind³⁰. Eine Definition der zu vernachlässigenden Senken ist dabei wichtig, um mittels möglicher Filter (Puffer um die Gebäu-

de) die Exposition von Gebäuden und KRITIS einzugrenzen. Wie im weiteren Verlauf gezeigt wird, ermöglicht dies die Identifikation von Gebäuden (z. B. sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen) oder Komponenten, die vorrangig näher untersucht werden sollen. Eine entsprechende Eingrenzung ermöglicht so die Einzelfallbetrachtung, die nötig ist, um Aussagen über die Entwässerung von Senken, bzw. die Anfälligkeit der Infrastruktur zu treffen.

³⁰ Grundsätzlich können auch kleine Senken über ein Schadenspotenzial verfügen, wenn diese bspw. direkt in einen Keller-schacht entwässern und sich im Zuge eines Starkregenereignisses konstant weiter füllen. Im Sinne der Operationalisierbarkeit der Exposition, wurde für den Leitfaden dennoch dieses Ausschlussverfahren gewählt. Das Schadenspotenzial der Senken kann durch die Einbeziehung von Einzugsgebieten zusätzlich plausibilisiert werden.

5.1.4 Kosten

Die bisher aufgeführten Bearbeitungsschritte kann die Kommune durch ein Ingenieurbüro durchführen lassen, wo die Fachkenntnisse und insbesondere auch die Kapazitäten für die teilweise recht umfangreichen Rechenprozesse vorhanden sind. Damit die

Kommune eine erste Abschätzung bzgl. der entstehenden Kosten treffen kann, sind einige Richtwerte in Tabelle 9 dargestellt. Entscheidend für den Kostenaufwand ist dabei die Fläche der Kommune, für die die Senken zu berechnen sind.

Tabelle 9: Ungefähre Kosten für die Berechnung von Senken in Abhängigkeit von der Flächengröße der Kommunen

Gebietsgröße [km ²]	Ungefähre Kosten [€] ³¹
10	3.000 – 4.000
100	5.000 – 6.000
500	12.000 – 14.000

Quelle: Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG 2012.

Die oben bereits beschriebene Bereinigung des Datensatzes um Brücken bzw. Innenhöfe, sowie die Zusammenfassung von Punktdaten in Polygone, also Flächen, verursacht weitere Kosten, (ca. 4.000 € zusätzlich zu den in der Tabelle genannten Kosten für die Senkenberechnung), sodass sich die Gesamt-

kosten bei mittelgroßen Kommunen auf etwa 10.000 - 20.000 € belaufen. Insbesondere die Umwandlung in flächenbezogene Daten ist jedoch sinnvoll, um Senken jenseits bestimmter Flächen-Schwellenwerte herausfiltern zu können und so lediglich *relevante* Senken im Stadtgebiet zu betrachten.

Die Kosten von ca. 10.000 - 20.000 € mögen auf den ersten Blick hoch erscheinen. Im Zuge der Kosten-Nutzen-Abwägung sollten jedoch ggf. entstehende Möglichkeiten für strukturelle Schutzmaßnahmen,

wie bspw. Regenüberlaufbecken, in Betracht gezogen werden, die eingespart bzw. gezielter eingesetzt werden können.

³¹ Unverbindliche Kostenabschätzung; Stand 2012.

5.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Starkregen

Abbildung 19 zeigt die für den Bereich Bevölkerung relevanten Themenfelder, Indikatoren und erweiterten Kriterien³², die auf Grundlage intensiver Literaturrecherche sowie Experteninterviews für die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazitäten der Bevölkerung gegenüber Starkregen identifiziert wurden und in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Indikatoren sind dabei grundsätzlich von wichtiger Bedeutung für die vorsorgende Planung, da sie insbesondere mittels räumlicher Darstellung lokale *Hot Spots* aufzeigen können. Diese können bspw. im Zuge von Stadtplanungsprozessen oder in der Einsatzplanung der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) berücksichtigt werden. Im Zusammenhang mit Starkregenereignissen erweist sich die Verwendung von Indikatoren zur räumlich differenzierten Darstellung der Verwundbarkeit privater Haushalte jedoch als besonders schwierig. Dies liegt sowohl an der stark punktuellen räumlichen Betroffenheit, als auch an der mangelnden Verfügbarkeit räumlich differenzierter relevanter Daten. So werden bspw. Daten zu Gebäuden, in denen eine Rückstausicherung installiert wurde, nicht in der kommunalen Statistik erfasst. Entsprechende Informationen könnten großflächig nur z. B. durch (kostenintensive) Haushaltsbefragungen erhoben werden. Die punktuelle Betroffenheit ist dabei zum einen durch das meist nur sehr kleinräumige Auftreten von Starkregenereignissen begründet, was sich zudem schwierig vorhersagen lässt (bzgl. der Vorhersage von Starkregen siehe auch Creutin et al. 2009 oder Marchi et al. 2010). Zum anderen sind auch die topographischen Gegebenheiten (v. a. Senken, Hangneigung und Landnutzung), die die Auswirkungen eines Starkregens bestimmen, kleinräumig sehr unterschiedlich. Die punktuelle Expositionsverteilung mindert die Aussagekraft eines Verwundbarkeitswer-

tes bspw. auf Stadtviertelebene, lässt aber sehr wohl Einzelfallbetrachtungen und damit eine Bestimmung der Exposition von Einrichtungen des sozialen Bereichs zu, in denen sich besonders verwundbare Personen aufhalten (z. B. Altenheime, Krankenhäuser, Kindergärten), sodass eine Fokussierung auf diese Einrichtungen zu empfehlen ist (vgl. Kapitel 5.3.1). Die Überflutung von Senken kann in erster Linie zu Gebäudeschäden führen (vgl. Jonkman 2005), u. a. durch das Volllaufen von Räumen im Untergeschoss, (siehe hierzu z. B. URBAS-Datenbank). Je nach Nutzungsart der Untergeschosse z. B. in Kindergärten, Schulen, oder Krankenhäusern (teilweise befinden sich Aufenthaltsräume oder Operationssäle etc. im Untergeschoss), können jedoch auch relativ geringe Wassermassen im Keller verhältnismäßig große Schäden verursachen. Gleichzeitig kann Starkregen in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten auch zu Sturzfluten führen (s. o.), in deren Kontext die körperliche Anfälligkeit eine entscheidende Rolle spielt (Jonkman 2005).

Die UNU-EHS Haushaltsbefragungen konnten nur wenige signifikante Korrelationen zwischen wesentlichen Faktoren der Verwundbarkeit (z. B. Risikowahrnehmung; Informationsgrad) und üblicherweise in der kommunalen Statistik verfügbaren Daten aufzeigen. Aus diesen Gründen sollte eine Verwundbarkeitsabschätzung, die auf den hier dargestellten Indikatoren beruht, durch die erweiterten Kriterien, wie z. B. *Schutz von Häusern vor eindringendem Wasser durch Rückstauklappen*, ergänzt werden. Da die Erhebung entsprechender Daten sehr aufwändig sein kann, besteht die Möglichkeit, die Erhebung nur in den im Rahmen der Expositionsabschätzung identifizierten relevanten Gebieten durchzuführen.

³² Zur Unterscheidung zwischen „Indikatoren“ und „Erweiterte Kriterien“ s. Kap. 2.4

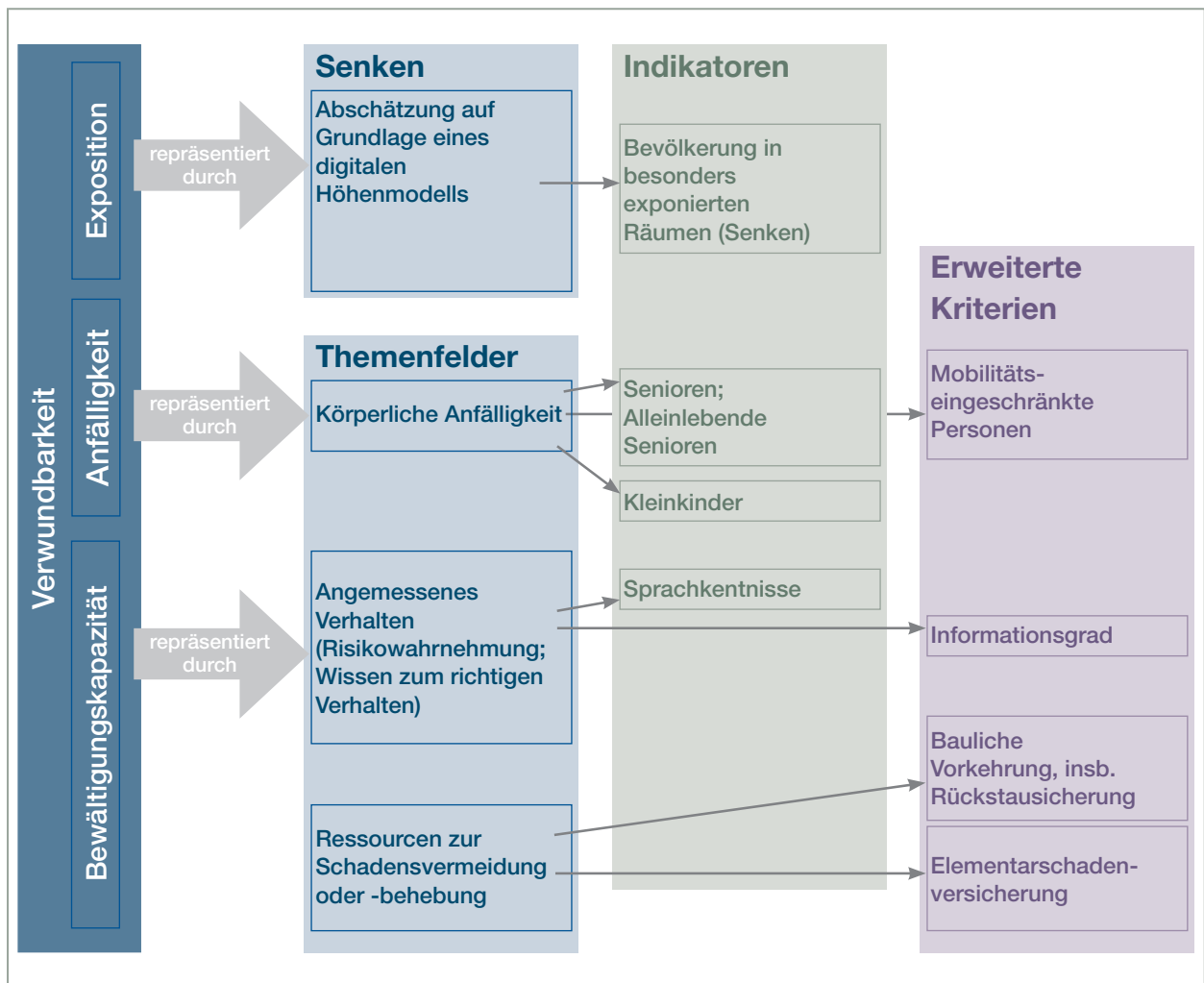


Abbildung 19: Themenfelder, Indikatoren und Kriterien zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Starkregenereignissen

Quelle: eigene Darstellung.

In weiten Teilen überschneiden sich Indikatoren und erweiterte Kriterien mit den Einflussfaktoren, die für die Naturgefahr Hitzewelle identifiziert worden sind (vgl. Kapitel 4.2). Dies lässt sich dadurch begründen, dass besonders wichtige Einflussfaktoren, wie z. B. die *körperliche Anfälligkeit* grundsätzlich die Verwundbarkeit von Personen bestimmen und z. T. auch als naturgefahrenunabhängig bezeichnet werden können (vgl. z. B. ICSU-LAC 2010, Schneiderbauer und Ehrlich 2006). Dennoch sind die Aspekte, unter denen die Indikatoren und Kriterien relevant werden (teilweise) starkregenspezifisch und werden im Folgenden für jeden Indikator/jedes Kriterium erläutert. Im Rahmen der körperlichen Anfälligkeit bspw. ist im Kontext von Starkregen insbesondere die Mobilität von Personen von Bedeutung, die für die Fortbewegung, aber auch das Ergreifen präventiver Maßnahmen relevant ist. Für die meisten Ereignis-

nisse geringeren Ausmaßes, die in erster Linie kleinere Sachschäden verursachen, ist diese körperliche Anfälligkeit von untergeordneter Bedeutung. Hat der Starkregen allerdings größere Überschwemmungen oder eine Sturzflut mit hohen Fließgeschwindigkeiten zur Folge, erhält die körperliche Anfälligkeit eine hohe Relevanz.

Für die Bewältigungskapazität wurden die beiden starkregenspezifischen Themenfelder *Angemessenes Verhalten (Risikowahrnehmung/ Wissen zum richtigen Verhalten)* sowie *Ressourcen zur Schadensvermeidung oder -behebung* (bauliche Vorkehrungen bzw. finanzielle Absicherung gegenüber Schäden durch Starkregen/ Sturzfluten) identifiziert. Letztere sind im Kontext von Starkregen besonders relevant, während sie für die Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen kaum eine Rolle spielen.

5.2.1 Exposition

Die Exposition wird durch die Verschneidung von Wohngebäudedaten mit den Daten zur Lage, Größe und Tiefe von Senken bestimmt. Im Folgenden

werden sowohl Einzelfallbetrachtungen als auch die Expositionsbestimmung auf Stadtviertelebene in Betracht gezogen.

Indikator: Exposition – Bevölkerung in besonders exponierten Gebieten (Senken)	
Analyseneinheit: einzelne Gebäude (Einzelfallbetrachtung) oder z. B. Stadtviertel	Maßeinheit: Einzelfallbetrachtung oder Anteil der Wohngebäude, die an eine Senke (z. B. mit einer Mindestdiefe von 21 cm und einer Mindestfläche von 1 m ²) grenzen
<p>Relevanz: Die Exposition, die Wohngebäude, die an eine Senke grenzen, ist ein wichtiger Teilaspekt der Verwundbarkeit. Die Identifikation von Wohngebäuden, die bei Starkregen von eindringendem Wasser betroffen sein könnten, stellt eine grundlegende Information für Maßnahmen zum Schutz vor den Auswirkungen eines Starkregens dar. Mit Hilfe dieser Information können gezielt Maßnahmen zum Schutz vor eindringendem Wasser, sowie für einen besseren Umgang mit den Auswirkungen einer Überflutung infolge eines Starkregens ergriffen werden.</p>	
<p>Technische Hinweise: Für die Exposition gegenüber Starkregenereignissen spielen grundsätzlich mehrere Faktoren eine Rolle, wobei hier insbesondere auf die Lage von Gebäuden in Angrenzung an (eine) Senke(n) Bezug genommen wurde. Um die entsprechende Exposition zu identifizieren, werden Senkendaten (vgl. Kapitel 5.1) mit Gebäudedaten verschnitten, die eine Analyse auf Gebäude-/ Baublockebene ermöglicht. Hiermit wird der Kleinräumigkeit des Naturereignisses, das z. B. im Vergleich zu einer Hitzewelle oftmals nur sehr lokal auftritt, Rechnung getragen. Um einen Überblick über das gesamte Gebiet der Kommune bspw. auf Stadtviertelebene darzustellen, können die Daten zu den Gebäuden und ihrer Exposition aggregiert werden. Bei Vorliegen weiterer Informationen wie Hangneigung, Fließwege, oder Bach- und Flussläufe kann mit Hilfe dieser Daten die Genauigkeit des Ergebnisses verbessert werden (vgl. Kapitel 5.1). Die Bestimmung der Exposition wird hier auf Wohnhäuser bezogen. Büros und Betriebe wurden dabei vernachlässigt, um eine Verzerrung der Darstellung der Exposition der Bevölkerung durch die Abbildung z. B. von Lagerhallen zu vermeiden. Gleichzeitig werden auch in den weiteren Betrachtungen zu Anfälligkeit und Bewältigung sozioökonomische Daten verwendet, die den Wohnorten zugeordnet sind, so dass eine Abschätzung konsistent erfolgen kann. Dennoch wäre es sinnvoll, neben der Wohnbevölkerung (<i>Nachtbevölkerung</i>) auch die Menschen mit exponiertem Arbeitsplatz (<i>Tagbevölkerung</i>) zu erheben und in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen.</p>	
<p>Datenquelle: Kataster- oder Vermessungsamt; für Datenquellen zur Bestimmung von Senken vgl. Kapitel 5.1.</p>	

Grundsätzlich ist die Analyse der Exposition auf Basis von Einzelfallbetrachtungen ratsam. Nur so kann geprüft werden, wo der tiefste Punkt der kleinteiligen Senken liegt bzw. ob ggf. Abflüsse, Tiefgaragen oder Untergeschosse vorhanden sind, in die das Wasser fließen würde (siehe LANUV NRW 2013). Um eine entsprechende Analyse durchzuführen, wurden

um alle Wohngebäude sogenannte *Puffer* gelegt, die eine Fläche rund um die Gebäude darstellen, die für die Bewertung der Exposition verwendet wird. Liegt innerhalb dieser Pufferzonen (1 m) eine Senke mit mind. 20 cm Tiefe und einer Oberfläche von mind. 1 m² (s.o.), so wird das Gebäude als exponiert bewertet (vgl. Abbildung 20).

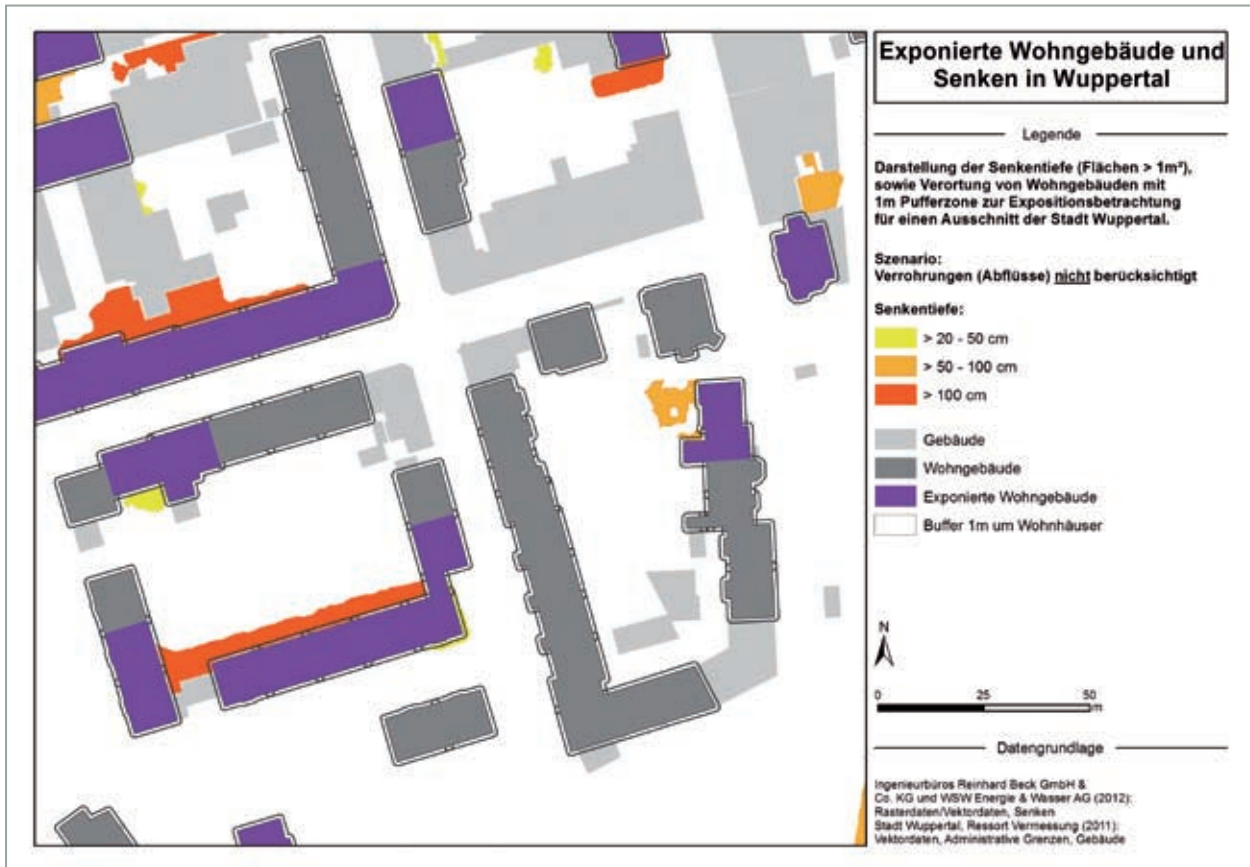


Abbildung 20: Abschätzung exponierter Wohngebäude am Beispiel eines Ausschnitts der Stadt Wuppertal

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Die Analyse der Exposition von Wohngebäuden führt in Abhängigkeit von der Wahl der Schwellenwerte für Tiefe und Oberflächengröße der Senken bereits

zu einer Eingrenzung jener Gebäude, die für eine Einzelfallbetrachtung herangezogen werden sollten, wie Tabelle 10 zeigt.

Tabelle 10: Anteil der exponierten Gebäude in Wuppertal unter Berücksichtigung verschiedener Senkentiefen

	alle Senkentiefen (Mindestfläche 1 m ²)	Senken ab 21 cm Tiefe (Mindestfläche 1 m ²)	Senken ab 101 cm Tiefe (Mindestfläche 1 m ²)
Puffer um Gebäude (in m)	1		
Anzahl der exponierten Wohnhäuser	41.544	18.584	3.729
Anteil der exponierten Wohnhäuser	80 %	36 %	7 %

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Neben der Einzelfallbetrachtung ermöglicht eine höherskalige Betrachtung z. B. auf Stadtviertelebene einen Vergleich verschiedener Bereiche der Kommune, um bspw. die Priorisierung von größeren, strukturellen Maßnahmen zu unterstützen. Mit einer vergleichenden Darstellung lassen sich Heterogenitäten in

der Kommune abbilden, wobei der Detaillierungsgrad abnimmt. Hierfür werden die nach Tiefe und Oberflächengröße gefilterten Senken-Polygone anteilig an der Gesamtfläche der jeweiligen Stadtviertel dargestellt (vgl. Abbildung 21).

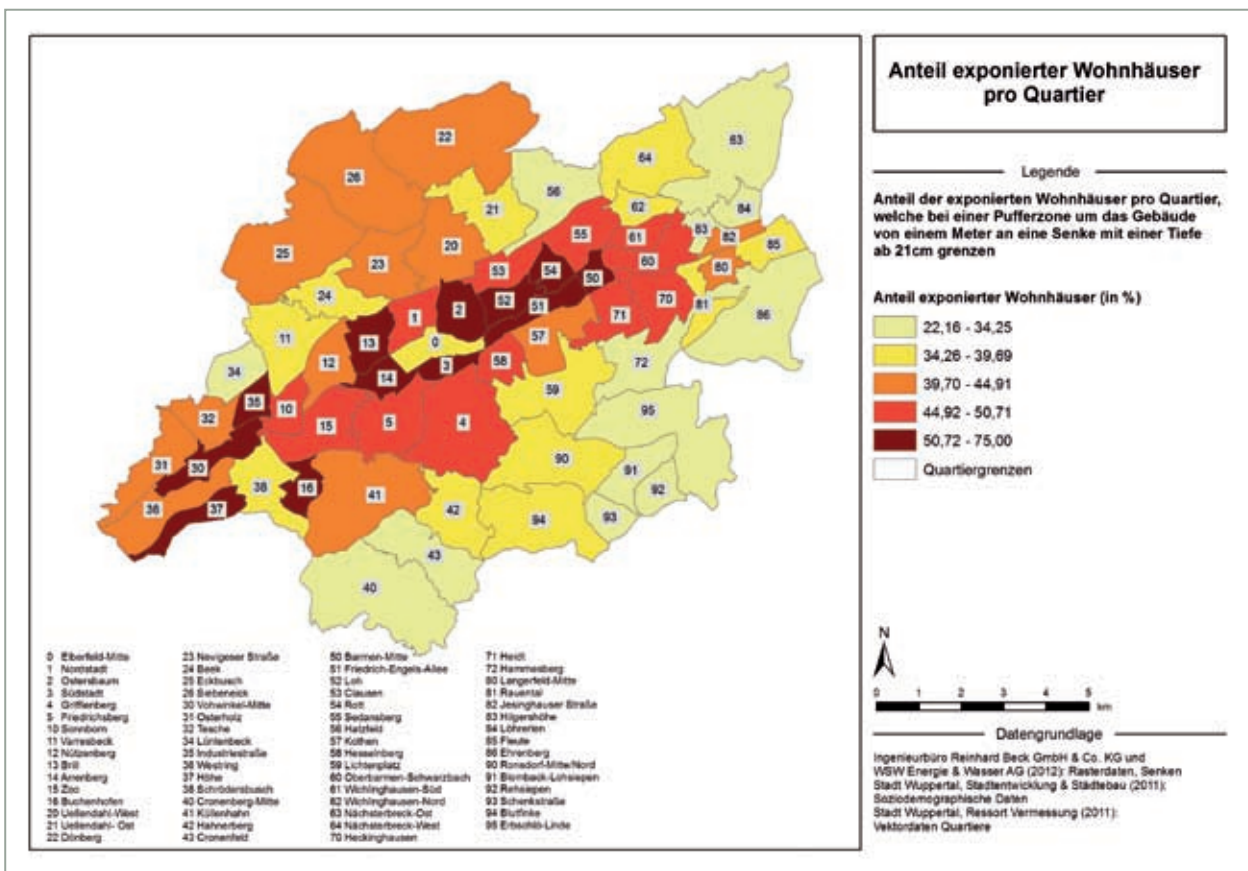


Abbildung 21: Exposition der Bevölkerung gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal. Beispielhafte Darstellung für eine Senkentiefe ab 21 cm auf Quartiersebene.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Exkurs: Berücksichtigung von Landbedeckung und Hangneigung im Rahmen von Expositionsbetrachtungen

Da sich ein Starkregenereignis in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (z. B. Stärke und Dauer des Ereignisses, örtliche Topographie und Landnutzung) auch zu einer Sturzflut entwickeln kann (siehe z. B. Bartels 1997, Naef et al 1998, Perry 2000, Kelsch et al. 2001, Barredo 2007), ist es sinnvoll, diese Faktoren neben den Senken in die Expositionsbetrachtungen einzubeziehen, sofern

die Möglichkeit besteht. Eine Erfassung von Landnutzung bzw. Hangneigung ist dabei mithilfe von Fernerkundungsmethoden möglich (siehe hierzu ausführlich den Abschlussbericht zum KIBEX-Projekt, der in der Reihe "Forschung im Bevölkerungsschutz" erscheinen wird) und lässt sich für die Untersuchungsgebiete anhand von Karten darstellen, wie die Abbildungen 22 und 23 zeigen.

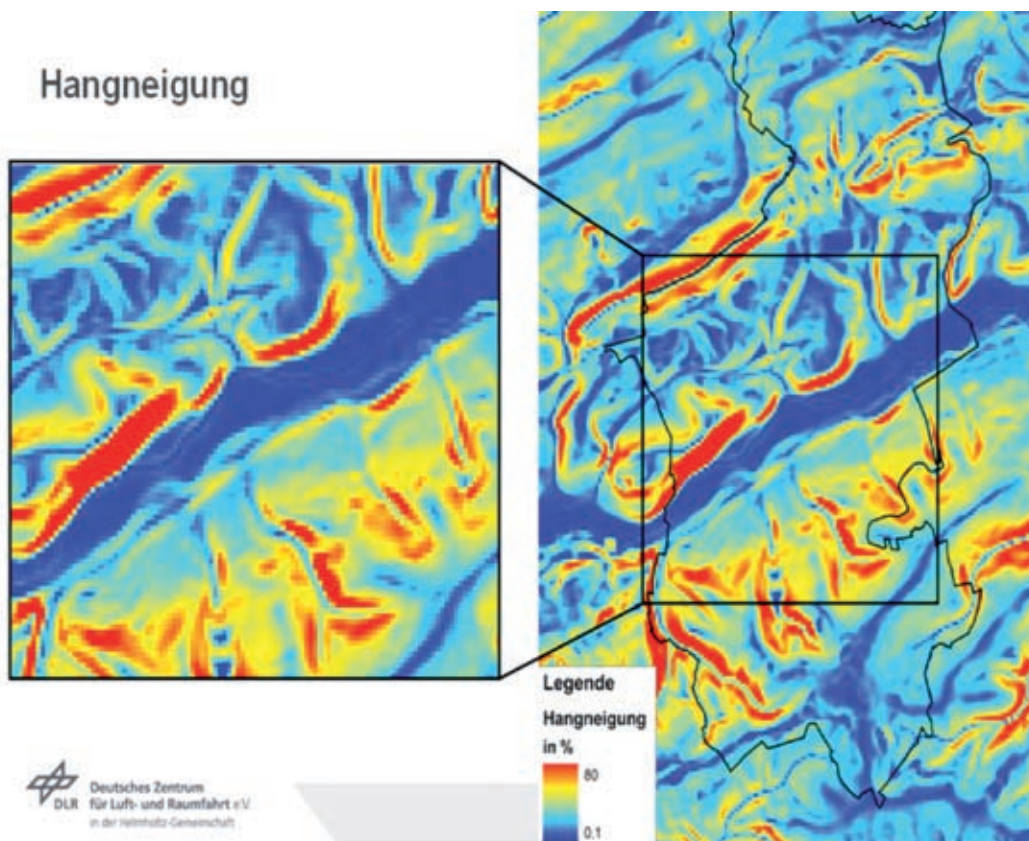


Abbildung 22: Darstellung der Hangneigung auf Basis des digitalen Geländemodells

Quelle: Klein 2011.

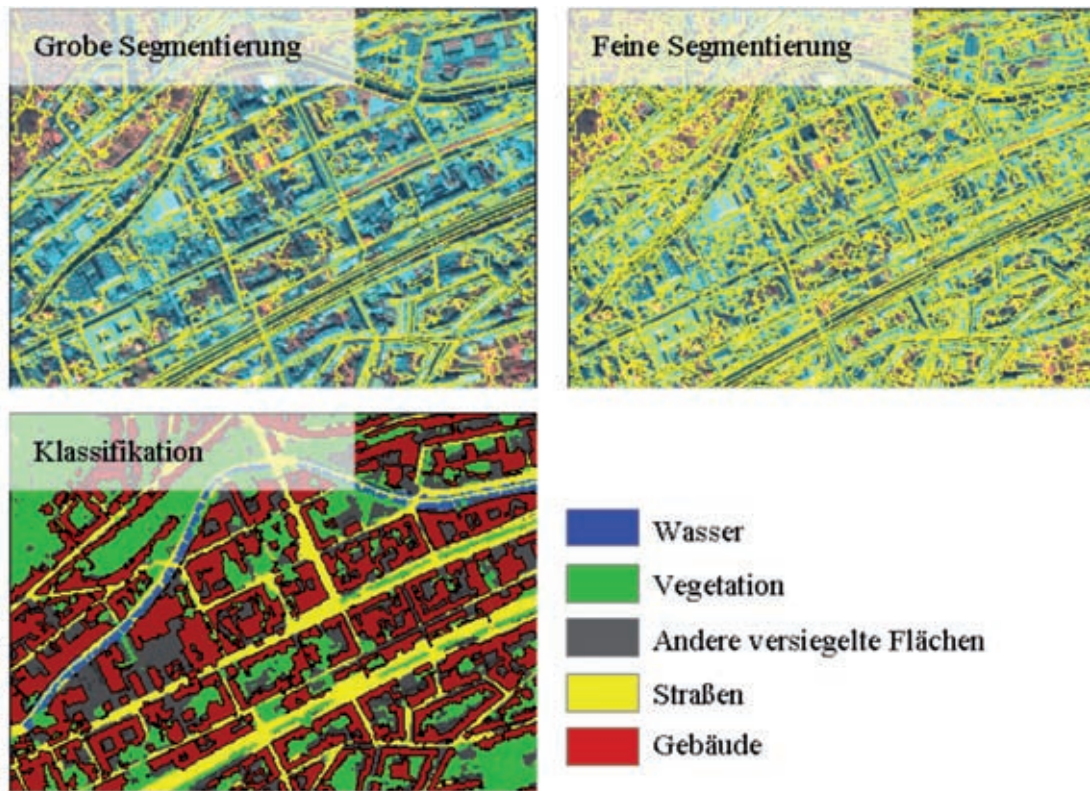


Abbildung 23: Hierarchische objektorientierte Landbedeckungsklassifikation

Quelle: Taubenböck et al. 2011.

Konkrete, quantifizierbare Zusammenhänge zwischen bspw. dem Grad der Hangneigung oder der Landbedeckungsklassifikation und der Exposition im Sinne von Fließgeschwindigkeiten konnten im

Rahmen des Projekts nicht hergestellt werden. Daher sind diese Faktoren nicht weiter in die Methodenentwicklung eingeflossen.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene zur Reduktion der Exposition gegenüber Starkregen:

Um die Exposition der Bevölkerung gegenüber Starkregen zu reduzieren, liegen die Möglichkeiten der Kommune insbesondere in baulichen bzw. raumplanerischen Maßnahmen zur Förderung des Wasserabflusses, wie sie beispielsweise im „Handbuch Stadtklima“ (MUNLV 2010) dargestellt werden.

Dazu gehören z. B. der Rückbau versiegelter Flächen bzw. der Einsatz von wasserdurchlässigen Oberflächenbefestigungen oder die Ausweisung von Zwischenspeichern für Niederschlagswasser (z. B. auf öffentlichen Plätzen wie Sport- oder Parkplätzen)

und Notwasserwegen (z. B. einzelne Straßen mit erhöhtem Bordstein) (siehe z.B. LANUV NRW 2013). Möglichkeiten zur Sicherung entsprechender Flächen bestehen in Festsetzungen im Bebauungsplan, z. B. einer nicht baulichen Nutzung, oder der Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB (MUNLV 2010). Auch kann die Abschätzung zur Priorisierung bestimmter Gebiete für die Fortschreibung der Generalentwässerungsplanung genutzt werden.

5.2.2 Anfälligkeit

Die körperliche Anfälligkeit gegenüber Starkregen ist, wie bereits erwähnt, insbesondere bei größeren Ereignissen relevant, bei denen Menschen direkt in Gefahr geraten. In Extremfällen wie z. B. der Sturmflut in Südfrankreich 2002 können die Unterschiede in der Betroffenheit aufgrund unterschiedlicher körperlicher Anfälligkeiten aber auch wieder verwischt werden, weil in einem solchen Fall in erster Linie Menschen auf der Straße betroffen sind, und zwar auch vermehrt gesunde und prinzipiell gering anfällige Menschen (Ruin et al. 2008). Allerdings spielt die körperliche Anfälligkeit nicht nur im Sinne der Fähigkeit, dem Überflutungsereignis physisch standzuhalten, eine Rolle. Vielmehr sind auch weitere Faktoren, wie bspw. die Fähigkeit zum Ergreifen präventiver Maßnahmen und zum Schutz des Eigentums relevant.

Themenfeld: Körperliche Anfälligkeit

Während im Kontext von Hitzewellen im Themenfeld *Körperliche Anfälligkeit* in erster Linie direkte gesundheitliche Anfälligkeiten im Vordergrund stehen, ist vor dem Hintergrund von Starkregenereignissen insbesondere die Mobilität der Personen relevant. Dies gilt hinsichtlich der Möglichkeit, Maßnahmen zu ergreifen oder hinsichtlich im Extremfall notwendiger (und möglicher) Evakuierungen (Kazmierczak und Cavan 2011, Birkmann et al. 2010b Cutter 2000). Hinzu kommt eine höhere gesundheitliche Anfälligkeit (Kazmierczak und Cavan 2011, Cutter 2000). Deshalb

Das Themenfeld *körperliche Anfälligkeit* mit den Indikatoren

- *Senioren; alleinlebende Senioren*
- *Kleinkinder*

und dem erweiterten Kriterium

- *Mobilitätseingeschränkte Personen*

(vgl. auch Abbildung 19) wird im Folgenden erläutert.

werden (*alleinlebende*) *Senioren* und *Kleinkinder* als Indikatoren verwendet (analog zum Thema Hitzewelle, wobei sich die Begründung für die Auswahl dieser Indikatoren wie erläutert leicht unterscheiden). Die Abbildungen 24 und 25 stellen die Indikatoren am Beispiel von Wuppertal dar. Beispielsweise ist diesen Karten zu entnehmen, dass in den Quartieren Nr. 50 (Barmen-Mitte) oder Nr. 70 (Heckinghausen) der relative Anteil sowohl alleinlebender Senioren als auch der Kleinkinder hoch ist, und diesbzgl. mit einer erhöhten Anfälligkeit zu rechnen ist.

Indikator: (Alleinlebende) Senioren

Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel

Maßeinheit: Anteil (alleinlebender) Senioren (65 und älter) an der Bevölkerung

Relevanz: Ältere Menschen könnten aufgrund einer möglicherweise eingeschränkten Mobilität stärker auf Hilfe angewiesen sein, insbesondere wenn eine schnelle Fortbewegung nötig ist (vgl. z. B. Birkmann et al. 2010b, Wilhelmi und Morss 2012). Zudem könnten sie Schwierigkeiten haben, ihr Eigentum zu schützen oder andere präventive Maßnahmen zu ergreifen (Clark et al. 1998 oder Kaźmierczak und Cavan 2011). Hinzu kommt eine höhere gesundheitliche Anfälligkeit z. B. gegenüber Verletzungen oder Wasserverschmutzung (Kaźmierczak und Cavan 2011, Cutter 2000). Eine mangelnde direkte Unterstützungsmöglichkeit durch weitere Haushaltsmitglieder kann die Verwundbarkeit alleinlebender Senioren zusätzlich erhöhen.

Technische Hinweise:

Bei der Interpretation des Indikators ist zu beachten, dass auch Personen z. B. in Altenheimen mitgezählt werden, deren Verwundbarkeit sich aufgrund der gegebenen Betreuung von denen in privaten Haushalten unterscheidet.

Falls Daten zur prognostizierten Bevölkerungsveränderung nach Altersgruppen vorliegen, ist die Integration dieser Daten in die Verwundbarkeitsabschätzung als zusätzliche Information sinnvoll, um entsprechende Informationen in Planungsprozesse einbinden zu können.

Datenquelle: Kommunale Statistik

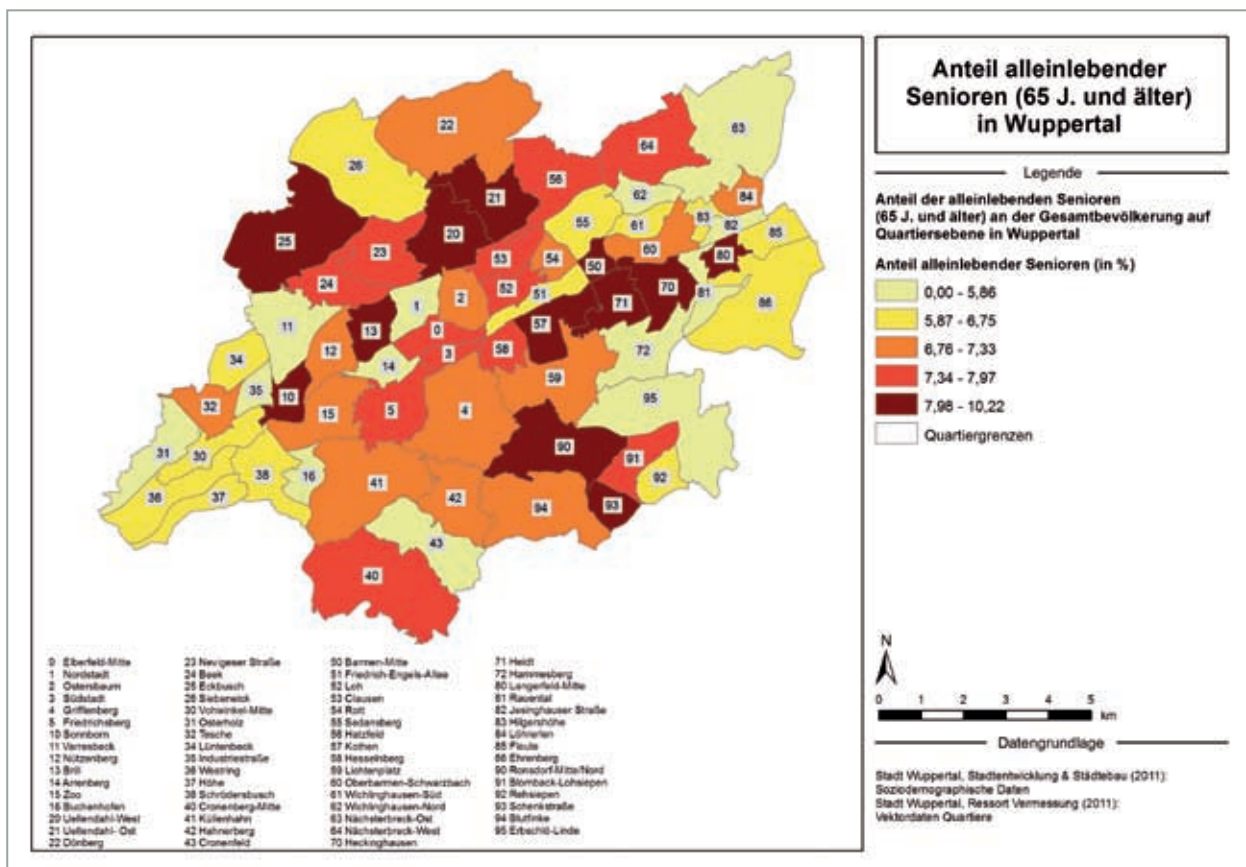


Abbildung 24: Menschen über 65, alleinlebend, in der Stadt Wuppertal auf Quartiersebene

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der Stadt Wuppertal.

Indikator: Kleinkinder

Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel

Maßeinheit: Anteil der Kleinkinder (0-4 Jahre alt) an der Bevölkerung

Relevanz: Kleinkinder sind auf Hilfe angewiesen und bereits bei geringen Überflutungstiefen gefährdet. Zudem kann beispielsweise die Geschwindigkeit bei einem notwendigen Verlassen der Wohnung/ des Gebäudes eine bedeutende Rolle spielen, die in Haushalten mit Kleinkindern oftmals verlangsamt ist (Birkmann et al. 2010b, Cutter et al. 2000). Hinzu kommt, wie bei älteren Menschen, eine höhere gesundheitliche Anfälligkeit z. B. gegenüber Verletzungen oder Wasserverschmutzung (Kazmierczak und Cavan 2011, Cutter 2000).

Technische Hinweise:

Für den Fall, dass Daten einer Vorausschätzung der Bevölkerungsveränderung nach Altersgruppen auf kleinräumiger Ebene (z. B. Stadtviertel) vorliegen, ist die Integration dieser Daten in die Verwundbarkeitsabschätzung sinnvoll, um entsprechende Informationen in Planungsprozesse einbinden zu können.

Datenquelle: Kommunale Statistik

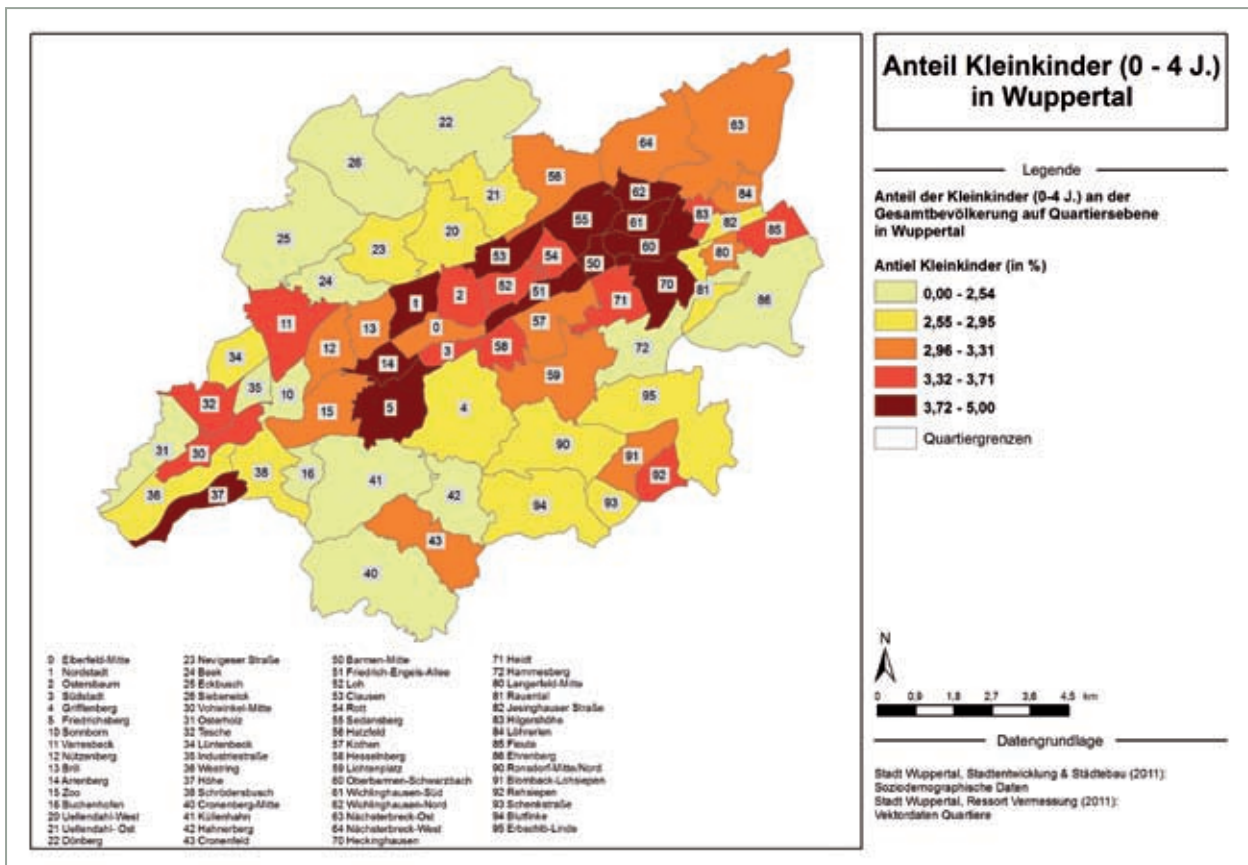


Abbildung 25: Anteil der Kleinkinder an der Gesamtbevölkerung in Wuppertal auf Quartiersebene

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der Stadt Wuppertal.

Kriterium: Mobilitätseingeschränkte Personen

Relevanz: Mobilitätseingeschränkte Personen sind insbesondere gefährdet, wenn Wassermassen schnell und unerwartet eintreffen, und ein Verlassen der Wohnung/ des Gebäudes notwendig ist. Hier ist mit einem erhöhten Bedarf an Hilfe zu rechnen.

Die Daten (z. B. zur „Gehbehinderung“) sind nicht immer verfügbar, liegen aber teilweise in den Städten (z. B. auf Grundlage von kommunalen Bürgerumfragen) vor. Aufgrund der besonderen Anfälligkeit der genannten Personengruppen sollten Hot Spots untersucht werden, in denen sich eine Vielzahl solcher Personen aufhält (vgl. Kap. 5.3.1), also bspw. Alten- und Pflegeheime, Krankenhäuser oder Einrichtungen, in denen Menschen mit Behinderung betreut werden.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld Körperliche Anfälligkeit:

Frühwarnungen vor Starkregenereignissen sind häufig kaum möglich, da Wetterwarnungen nicht detailliert genug sind, um vor sehr lokal auftretenden Wetterereignissen wie Starkregen gezielt zu warnen. Sie sind häufig unzutreffend, sodass kommunale Entscheider bestehende Warnungen zu möglichen Starkregenereignissen nur sehr bedingt berücksichtigen.

Die Betrachtung der räumlichen Verteilung körperlich anfälliger Gruppen kann zunächst als Ausgangspunkt für weitere Einzelfallbetrachtungen dienen, also eine genauere Betrachtung der Exposition sowie weiterer

Verwundbarkeitsaspekte in ausgewählten Stadtgebieten. Durch Informationen zu Gebieten mit einem besonders hohen Bedarf an Hilfskräften, insbesondere für Einrichtungen wie Altersheime, Kindergärten etc. können des Weiteren entsprechende Planungen für Rettungsmaßnahmen vorgenommen werden. Für den Bedarf an externen Hilfskräften ist auch das Betreuungsverhältnis relevant, d. h. die Zahl der Betreuer pro Person, aber auch die Art der Betreuung, da diese einen Einfluss darauf haben, ob und wie viel zusätzliche Hilfe benötigt wird.

5.2.3 Bewältigungskapazität

Für die Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Starkregen werden die folgenden Indikatoren und erweiterten Kriterien (vgl. auch Abbildung 19) herangezogen und erläutert:

Im Themenfeld *Angemessenes Verhalten (Risikowahrnehmung; Wissen zum richtigen Verhalten)* der Indikator

- *Sprachkenntnis*

und das erweiterte Kriterium

- *Informationsgrad;*

im Themenfeld *Ressourcen zur Schadensvermeidung oder-behebung* die erweiterten Kriterien

- *Bauliche Vorkehrung, insb. Rückstausicherung*
- *Finanzielle Vorkehrung, insb. Elementarschadenversicherung.*

Themenfeld: Angemessenes Verhalten (Risikowahrnehmung; Wissen zum richtigen Verhalten)

Während die Sprachkenntnisse im Kontext von Hitzewellen sowohl für präventive Verhaltensempfehlungen als auch für Frühwarnungen relevant sind, spielen sie im Kontext von Starkregen insbesondere für präventive Informationen eine Rolle, da Frühwarnungen kaum möglich sind. Da entsprechende In-

formationsmaterialien häufig nur in deutscher Sprache verfügbar sind, haben Menschen mit geringeren Kenntnissen der deutschen Sprache nur bedingt die Möglichkeit, sich entsprechendes Wissen anzueignen und vorsorgende Maßnahmen zu ergreifen.

Indikator: Sprachkenntnis – erste Näherung: Anteil ausländischer Mitbürger

Analyseneinheit: z. B. Stadtviertel

Maßeinheit: Anteil ausländischer Mitbürger (= Personen ohne deutsche Staatsangehörigkeit) an der Bevölkerung

Relevanz: Oftmals werden Informationen zur Vorbereitung auf ein Ereignis sowie im Ereignis selbst nur in deutscher Sprache kommuniziert, was gerade für ausländische Mitbürger zum Nachteil werden kann. Bevölkerungsgruppen mit geringeren Kenntnissen der deutschen Sprache haben dann schlechtere Möglichkeiten sich vorzubereiten bzw. im Ereignis den Verhaltensempfehlungen entsprechend zu handeln (vgl. z. B. Geenen 2010, Wilhelmi und Morss 2012).

Obschon auch zahlreiche Personen mit nicht-deutscher Staatsangehörigkeit über gute Deutschkenntnisse verfügen, und wiederum einige Personen mit deutscher Staatsangehörigkeit nur wenig Deutsch sprechen, besteht ein starker Zusammenhang zwischen der Nationalität und den Deutschkenntnissen.³³ Da direkte Daten zu Sprachkenntnissen meist nicht vorliegen, kann dieser Zusammenhang in erster Näherung genutzt werden, um z. B. Stadtviertel zu identifizieren, in denen fremdsprachige Informationen zum Thema Starkregen hilfreich sein könnten.

Technische Hinweise:

Neben der Sprache werden teilweise auch weitere Zusammenhänge zwischen ausländischen Mitbürgern und Verwundbarkeiten gesehen, etwa in Bezug auf ökonomische Ressourcen, kulturelle Bedeutungszusammenhänge, oder familiäre Strukturen (vgl. z. B. Geenen 2010, Medina-Ramón et al. 2006, Schwartz 2005). Diese Zusammenhänge konnten jedoch im Rahmen des KIBEX-Projekts nicht hinreichend nachgewiesen werden und wurden deshalb für das Indikatorenset nicht weiter berücksichtigt.

Datenquelle: Kommunale Statistik

Abbildung 26 zeigt den Anteil der ausländischen Mitbürger auf Quartiersebene in Wuppertal. Der recht hohe Diversifikationsgrad (von unter 8 % bis über 55 %) weist auf Unterschiede in der Bewältigungs-

kapazität aufgrund möglicher Sprachbarrieren hin. In Experteninterviews wurde in diesem Zusammenhang eine Verbreitung von Informationen zur Prävention in Fremdsprachen befürwortet.

³³ Der Anteil der ausländischen Mitbürger, die höchstens mittelmäßig gut Deutsch sprechen können (auf einer Skala von 1 bis 5, 3=mittelmäßig), beträgt in den UNU-EHS Haushaltsbefragungen insgesamt 38,7 %. Im sozioökonomischen Panel (SOEP) wurden vergleichbare Zahlen gefunden – 1999 konnten danach 35 % der ausländischen Mitbürger nicht gut Deutsch sprechen (http://www.diw.de/deutsch/wb_24/01_deutsche_sprachfaehigkeit_und_umgangssprache_von_zuwanderern/30819.html, 28.02.13).

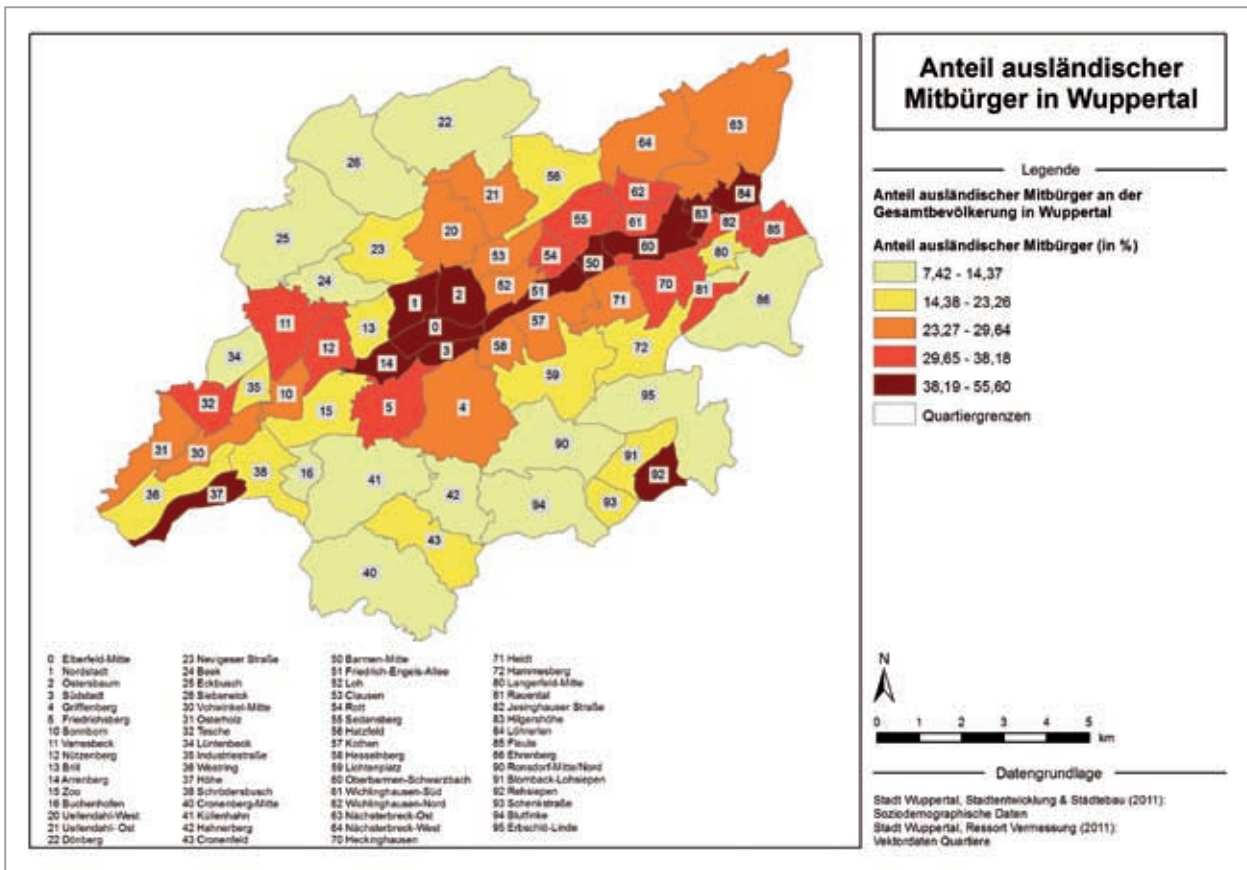


Abbildung 26: Anteil der ausländischen Mitbürger in Wuppertal
Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der Stadt Wuppertal.

Kriterium: Informationsgrad zum Umgang mit Starkregen – Bildungsgrad

Relevanz: Der Zugang zu Information wird als wichtiger Faktor für die Verwundbarkeit gegenüber einer Naturgefahr angesehen (Cutter et al. 2003, Kaźmierczak und Cavan 2011). Wie auch im Kontext von Hitzewellen konnte in den UNU-EHS Haushaltsbefragungen gezeigt werden, dass Personen mit einem höheren Bildungsgrad eher Maßnahmen ergreifen würden, die einen besseren Umgang mit den Auswirkungen eines Starkniederschlags erlauben und außerdem eher von einer zukünftigen Zunahme von Extremereignissen ausgehen. Dabei korreliert der Bildungsgrad (sowohl die Art des Schulabschlusses, als auch die Art des höchsten berufsbildenden Abschlusses) stark mit dem Informationsgrad der Befragten zum Thema Klimawandel, sodass, falls vorhanden, Daten zum Bildungsgrad den Informationsgrad in erster Näherung indizieren könnten.

Des Weiteren hängt der Bildungsgrad mit dem sozioökonomischen Status zusammen, der wiederum den Zugang zu Ressourcen für die Bewältigung eines Starkregenereignisses indiziert (z. B. Wilhelmi und Morss 2012).

Sowohl Daten zu Schulabschlüssen als auch zum höchsten Ausbildungsabschluss liegen oftmals nicht kleinräumig (z. B. auf Stadtteilebene) vor. Eine Erfassung entsprechender Daten ist jedoch prinzipiell denkbar, teilweise liegen auch Daten aus einer kommunalen Bürgerumfrage vor.

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld angemessenes Verhalten:

Für die Verhaltensvorsorge ist die Information der Bevölkerung wesentlich. Da Frühwarnungen im Falle von Starkregen relativ unzuverlässig sind (z. B. Creutin et al. 2009 oder Marchi et al. 2010), sind allgemeine Informationen im Vorfeld umso wichtiger. Entsprechende Informationen werden in einigen Kommunen schon bereitgestellt. Ein Informationsblatt der Stadt Wuppertal beispielsweise informiert

über Starkregengefahren, Aktivitäten der Stadt, gibt Anleitung zur Überprüfung der eigenen Betroffenheit, und gibt Tipps zur eigenen Vorsorge sowie zu Handlungen im Ereignisfall. Der Problematik einer möglichen Sprachbarriere könnte auch hier durch die Bereitstellung von fremdsprachigen Informationen begegnet werden, bspw. auch stadtviertelspezifisch.

Themenfeld: Ressourcen zur Schadensvermeidung oder -behebung

Für dieses Themenfeld sind zum einen *bauliche Vorkehrungen* zum Schutz der Gebäude, wie z. B. eine *Rückstausicherung*, relevant. Zum anderen spielen

finanzielle Vorkehrungen eine Rolle (*Elementarschadenversicherung*), wenn Schäden am Gebäude oder am Hausrat sich nicht vermeiden lassen.

Kriterium: Bauliche Vorkehrung - Rückstausicherung

Relevanz: Für den Schutz der Gebäude ist neben der Absicherung gegen eindringendes Wasser von außen (z. B. Abdichtungen, höher gelegene Eingänge) insbesondere der Schutz vor durch die Kanalisation eindringendem Wasser notwendig (z. B. Rückstauklappen). Fehlen derartige Schutzvorrichtungen, haften die Eigentümer für dadurch entstehende Schäden, des Weiteren besteht in diesen Fällen meist kein Versicherungsschutz.

Statistische Daten zu Rückstauklappen oder anderen baulichen Vorkehrungen sind in der Regel nicht verfügbar. Das Fehlen derartiger Vorkehrungen ist jedoch maßgeblich für die Verwundbarkeit der Bewohner bzw. des Eigentümers.

Kriterium: Finanzielle Vorkehrung - Elementarschadenversicherung

Relevanz: Für die finanzielle Bewältigung von Schäden am Gebäude oder dem Hausrat ist es von wesentlicher Bedeutung, ob diese Schäden von einer Versicherung übernommen werden. Notwendig dafür ist der Abschluss einer Elementarschaden-Versicherung, die im Rahmen der Wohngebäude- sowie der Hausratversicherung als zusätzliche Versicherung abgeschlossen werden kann. Neben der finanziellen Absicherung können Versicherungsbedingungen auch Anreize zur Eigenvorsorge schaffen, wie z. B. die Einrichtung einer Rückstauklappe (siehe Kriterium *Bauliche Vorkehrung*; Birkmann et al. 2010b).

Mögliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene im Themenfeld Ressourcen zur Schadensvermeidung oder -behebung:

Auch eine Förderung der baulichen und finanziellen Vorkehrung von privaten Haushalten kann in erster Linie durch gezielte Informationsbereitstellung erreicht werden. Anregungen dazu werden in den genannten Informationsblättern bereitgestellt, außerdem existieren in einigen Kommunen Leitfäden zum privaten Objektschutz, insbesondere zum Einbau und Unterhalt von Rückstauklappen (MUNLV 2010). Beispiele hierfür sind die im Internet verfügbaren Informationsbroschüren der Städte Hamburg (Hamburg Wasser 2012) und Wuppertal (Wupperverband, Stadt Wuppertal und WSW Energie & Wasser AG n.a.) oder des BBK (BBK 2013), die Anleitungen zum Schutz von Gebäuden vor Oberflächenwasser, Bodenfeuch-

tigkeit, Grundwasser und Sickerwasser geben, und Hinweise zur Verhaltensvorsorge enthalten.

Wie aus Experteninterviews hervorging, erfordern Starkregenereignisse oftmals viele Ressourcen der Feuerwehr, auch wenn sie weniger eine direkte Gefährdung von Menschen, aber dafür umso mehr z. B. vollgelaufene Keller zur Folge haben. Insbesondere eine hohe Zahl an Einsatzkräften wird oftmals für mehrere Stunden gebunden und steht somit für anderweitige Einsätze nicht zur Verfügung. Auch aus diesem Blickwinkel ist eine kommunale Förderung der Prävention durch private Haushalte wichtig.

5.3 Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen gegenüber Starkregen

5.3.1 Verwundbarkeit sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen

Die Analyse der Verwundbarkeit von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen geht von der Annahme aus, dass diese Hot Spots der sozialen Verwundbarkeit darstellen können, wenn sie exponiert sind. *Anfällig* sind insbesondere solche Personen, die eher körperliche Schäden erleiden können (siehe Ausführungen zur Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Starkregen). Dies geht häufig mit einer mangelnden Fähigkeit einher, vor eindringendem Wasser flüchten bzw. sich selbst in Sicherheit bringen zu können. Diese kann einer geringen Anzahl von Betreuungspersonal gegenüberstehen. Eine Vielzahl von Menschen mit den genannten Einschränkungen

hält sich u. a. in Kindergärten, Alten- und Pflegeheimen, Krankenhäusern sowie Heimen bzw. Betreuungseinrichtungen für Menschen mit Behinderung auf, die für das weitere Vorgehen als *Hot Spots* ausgewählt wurden. Gleichzeitig können die betrachteten Einrichtungen in besonderem Maße durch eindringendes Wasser gefährdet sein. Teilweise befinden sich z. B. Aufenthaltsräume, Operationsäle oder Notstromanlagen im Untergeschoss, sodass auch relativ geringe Wassermassen im Keller verhältnismäßig große Schäden und negative Folgewirkungen verursachen können.

Identifizierung möglicher *Hot Spots*

Diese erste Aufstellung für mögliche Hot Spots darf nicht als abschließend verstanden werden.

Neben den hier genannten Einrichtungen können bspw. auch Tiefgaragen oder Betriebe, die Chemikalien lagern, mit in die Betrachtung einbezogen werden. Zwar stellen diese keine Kritischen Infrastrukturen i.S.d. BMI (vgl. Kapitel 2.3.2) dar, jedoch können sie im Falle von Starkregen eine Gefahr für die Bevölkerung sein. Um eine Auswahl entsprechender Einrichtungen zu treffen, können die Brandschau-Listen der Feuerwehr als Anhaltspunkt gewählt werden. Die im Folgenden beschriebene Methode kann analog auf weitere Einrichtungen angewendet werden.

Schaffung von Datengrundlagen

Ein Hauptproblem bei der Identifikation der entsprechenden Gebäude ist die Beschaffung einer Datengrundlage. So unterscheiden sich bspw. die Kategorien und Datengrundlagen, die in der Kommune an verschiedenen Stellen vorhanden sind, teilweise stark. Daten zu den, für den Bevölkerungsschutz relevanten, Gebäuden liegen bei der Feuerwehr sowie beim Katasteramt und ggf. an weiteren Stellen der Verwaltung vor. Die Schaffung einer gemeinsamen Datenbasis ist jedoch aus Gründen der Effizienz in der Durchführung und der besseren Verwendbarkeit der Ergebnisse der Verwundbarkeitsanalyse erstrebenswert.

Methodisch wird im weiteren Verlauf zunächst die Exposition dieser Hot Spots untersucht. Die *Bewältigungskapazität* der sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen wird im Anschluss an diese Analysen gesondert betrachtet.

Ähnlich wie bei der Exposition der Bevölkerung, ist auch für die Verwundbarkeit der sozioökonomischen

Dienstleistungsinfrastrukturen eine Einzelfallbetrachtung der betroffenen Gebäude notwendig, um konkrete Handlungsempfehlungen zu entwerfen. Eine erste Verschneidung aller relevanten Gebäude mit den zuvor berechneten Senken kann jedoch die Anzahl der priorisiert zu betrachtenden Infrastruktureinrichtungen reduzieren. Abbildung 27 zeigt hierzu das Beispiel eines Ausschnitts der Stadt Wuppertal.

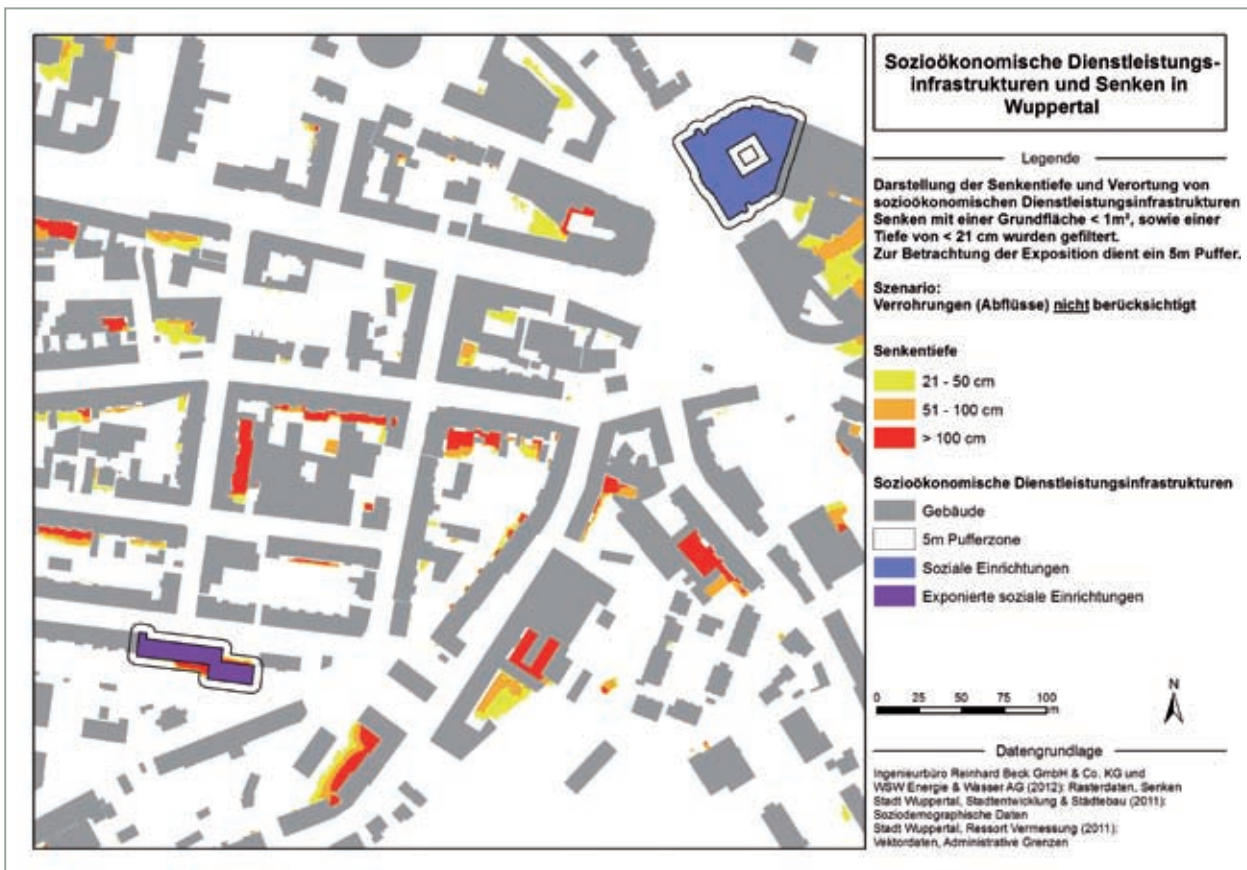


Abbildung 27: Exposition sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen am Beispiel eines Ausschnitts der Stadt Wuppertal

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Um die Exposition der Gebäude bestimmen zu können, wurden auch hier *Pufferzonen* um die relevanten Gebäude herum eingerichtet. Liegen in dieser Pufferzone Senken, so wurde die Einrichtung als exponiert definiert. Im Gegensatz zu den Wohngebäuden (1 m Pufferzone) wurde hier eine 5 m breite Pufferzone gewählt. Dies lässt sich dadurch begründen, dass sozioökonomische Dienstleistungsinfrastruktu-

ren zumeist über größere Außenflächen verfügen, wodurch ebenfalls Menschen betroffen sein können. Dies gilt bspw. für Zufahrten/-gänge von Krankenhäusern oder Kindergärten. Diese sollten zunächst in die Analyse mit einbezogen werden. Im Zuge der nachfolgenden Einzelfallbetrachtungen mag festgestellt werden, dass diese nicht betroffen sind und können dann wieder ausgeschlossen werden.

Eine Analyse der für das Beispiel Wuppertal ausgewählten Einrichtungen (Altenpflegeheime, Krankenhäuser, Kindertagesstätten (KITAs) und Schulen) zeigt, dass nur ein Teil der Einrichtungen exponiert ist. Tabelle 11 verdeutlicht dies anhand verschiede-

ner verwendeter Radien und Senkentiefen zur Expositionsbestimmung. Bei einem Radius von 5 m und einer Senkentiefe von mindestens 1 m liegt der Anteil der exponierten KITAs bspw. bei ca. 18 %.

Tabelle 11: Exponierte sozioökonomische Dienstleistungsinfrastruktureinrichtungen am Beispiel der Stadt Wuppertal

Einrichtungen	Gesamtzahl für Wuppertal gem. Brand-schaulisten	Senkentiefe > 20 cm (Mindest-fläche 1 m ²)			Senkentiefe > 100 cm (Mindest-fläche 1 m ²)		
		5	2	1	5	2	1
Puffer um Gebäude (in Metern)		5	2	1	5	2	1
Anzahl der exponierten Gebäude							
Wohnheime	8	6	6	6	0	0	0
Altenheime	20	15	15	15	11	11	11
KITAs	145	86	80	78	30	27	27
Grundschulen	54	34	33	32	22	21	20
Krankenhäuser	10	9	9	8	7	7	7
Anteil der exponierten Gebäude							
Wohnheime	100 %	75 %	75 %	75 %	0 %	0 %	0 %
Altenheime	100 %	75 %	75 %	75 %	55 %	55 %	55 %
KITAs	100 %	59 %	55 %	54 %	21 %	19 %	19 %
Grundschulen	100 %	59 %	57 %	55 %	38 %	37 %	37 %
Krankenhäuser	100 %	90 %	90 %	90 %	70 %	70 %	70 %

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Auf Basis der Analyse können an exponierten Gebäuden nun entsprechende (strukturelle) Maßnahmen ergriffen werden. Die Betrachtung der Exposition der einzelnen Gebäude kann z. B. Aufschluss darüber geben, welche Seite des Gebäudes besonders betroffen ist. Gleichzeitig sollte auch die Nutzungsart z. B. der Kellerräume geprüft werden bzw. das Vorhandensein von Tiefgaragen, die ggf. geflutet werden könnten.

Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Betrachtung der *Bewältigungskapazität* der Einrichtungen von Bedeutung. So spielt für Krankenhäuser bzw. teilweise auch für Altenpflegeheime für die Bewältigung von Gefahren insbesondere die Funktionstüchtigkeit der Elektrizitäts- und Wasserversorgung eine Rolle. Sollte der Einsatz der Notstromversorgung notwendig werden, muss diese problemlos funktionieren. Zum einen sollte sie daher regelmäßig

gewartet und getestet werden. Zum anderen ist aber auch der Ort der Installation entscheidend. Häufig befinden sich Notstromanlagen im Keller, der ggf. überflutet wird, sodass die Funktionsfähigkeit des Notstroms nicht gewährleistet werden kann (vgl. auch BBK 2008b; siehe hierzu auch Kap. 5.3.2 bzw. Birkmann et al. 2010b). Auch befinden sich häufig wichtige Räume oder Objekte in unteren Geschossen, die von eindringendem Wasser betroffen sein können, z. B. Krankenhaus-Zufahrten, Operationssäle oder medizinisch-technische Geräte.

Grundsätzlich wurde in den Expertengesprächen unterstrichen, dass die Verfügbarkeit von Betreuungspersonen für anfällige Menschen eine große Bedeutung für die Bewältigungskapazität hat. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Personen ansonsten auf sich allein gestellt wären. Im Krisenfall wird das Verhältnis von Betreuern zu Betreuten die Bewältigungskapazität mitbestimmen. Die Frage, inwieweit Pflege-/Betreuungspersonal selbst durch eine Naturgefahr betroffen ist, spielt dabei auch eine Rolle (siehe hierzu z. B. Kap. 5.2).

Bislang besteht keine gesetzliche Grundlage zur Berechnung und Ausweisung durch Starkregen betref-

fenere Gebiete (s. o.). Folglich liegt es in der Hand der Kommune, wie mit den Ergebnissen der Verwundbarkeitsanalyse verfahren wird. Als freiwillige Leistung könnte die jeweils zuständige Feuerwehr die Thematisierung mit in ihre Brandschauen einbinden. Dies bietet die Möglichkeit, mit der jeweiligen Einrichtung in einen Dialog zu treten, Bewusstsein für das Risiko zu schaffen und Maßnahmen zu empfehlen. Eine solche Lösung erscheint auch deswegen sinnvoll, weil die Ressourcen der Feuerwehr in einer Krisensituation begrenzt sind und diese den Einrichtungen dann möglicherweise nicht direkt Unterstützung leisten kann. Die Möglichkeit der Einbindung der Analyse verwundbarer Einrichtungen in die Brandschauen der Feuerwehr ist mit dem Konzept verbunden, möglichst ressourcensparend und effizient zu arbeiten. Derzeit bestehen allerdings keine rechtlichen Grundlagen zur Ausweisung von starkregengefährdeten Gebieten bzw. deren Operationalisierbarkeit, sodass unklar ist, wer innerhalb der Kommune mit der entsprechenden Aufgabe betraut werden sollte. Es ist daher sinnvoll zu prüfen, inwieweit Feuerwehr und kommunale Entwässerungsbetriebe und auch die Stadtplanung diese Aufgabe gemeinsam bewältigen können.

5.3.2 Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung

Wie eingangs dargestellt, bildet die Elektrizitätsversorgung die Basis moderner Gesellschaften. Ihr Ausfall kann Kaskadeneffekte auf eine Vielzahl weiterer Infrastrukturen, wie bspw. Trinkwasserversorgung, Transport und Gesundheitsversorgung haben. Die Bevölkerung kann dabei sowohl durch direkte Folgen (Ausfall der Stromversorgung und damit einer Vielzahl elektrischer Geräte), als auch durch indirekte Folgen (Ausfall weiterer Infrastrukturen und ggf. Betroffenheit der BOS) betroffen sein.³⁴

Starkregen bzw. lokal entstehende Überflutungen können dabei den Ausfall einzelner Komponenten

verursachen. Da ein solcher Ausfall aufgrund des punktuellen Auftretens von Starkregenereignissen eher begrenzt sein wird, sollte innerhalb der Kommune geprüft werden, welche Komponenten im Ereignisfall betroffen sein können und wie hiermit im Rahmen von präventiven Maßnahmen umgegangen werden kann.

Die vorgestellte Methode untersucht zunächst die Exposition der vorhandenen Komponenten, um diese anschließend auf ihre *Anfälligkeit* bzw. die technische und organisatorische *Bewältigungskapazität* zu prüfen.

³⁴ Zusätzliche Informationen zu Auswirkungen von Stromausfällen sind im Bericht des Deutschen Bundestages (Drucksache 17/5672) „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung“ (<http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf>) bzw. im Handbuch „Krisenmanagement Stromausfall“ (IM Ba-Wü und BBK 2010) (Kurzfassung: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Krisenhandbuch_Stromausfall_Kurzfassung_pdf.pdf?__blob=publicationFile) enthalten.

Exposition

Ebenso wie bei den ausgewählten öffentlichen Einrichtungen, können Infrastrukturkomponenten der Elektrizitätsversorgung mit den berechneten Senken verschnitten werden (siehe Abbildung 28). Wie am Beispiel von Wuppertal dargestellt, lässt sich so feststellen, welche Komponenten im Ereignisfall exponiert wären. Dabei wurden die Komponenten der Versorgung zunächst nach ihrem Standort *innerhalb* oder *außerhalb* von Gebäuden unterschieden. Da-

bei wurden Geoinformationen zu den Standorten der Komponenten mit den Standorten der Gebäude der Stadt verschnitten. Für alle Komponenten, die innerhalb von Gebäuden liegen, wurde dann ein 2 m breiter Radius gewählt, um die Exposition zu bestimmen. Für die außerhalb von Gebäuden liegenden Kabelverteilerschränke wurde aufgrund der geringen Größe ein Radius von 1 m gewählt, während für Trafos ein Radius von 4 m ausgewiesen wurde³⁵.

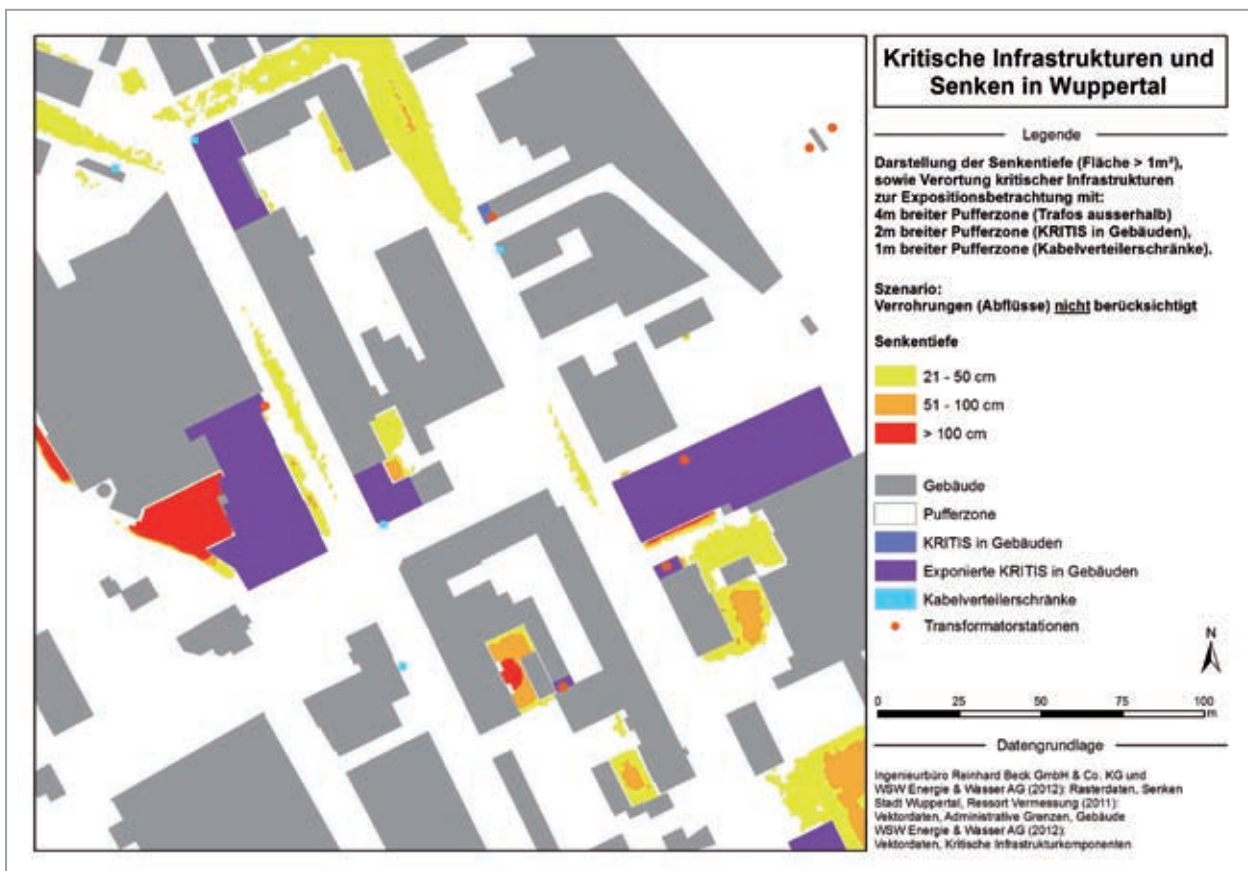


Abbildung 28: Exposition Kritischer Infrastrukturkomponenten

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

³⁵ Die Radien wurden unter der Annahme gewählt, dass die Umgebung von Gebäuden und Komponenten hinreichend, aber in Relation zu ihrer Größe und Bedeutung im Gesamtprozess der Elektrizitätsversorgung berücksichtigt werden sollte. Da für Trafo-Stationen lediglich Punktdaten vorhanden waren und ihre räumliche Ausdehnung in den vorhandenen Daten nicht mitberücksichtigt war, wurde hier ein Radius von 4m gewählt.

Auch für die Komponenten der Elektrizitätsversorgung zeigt sich, dass nur ein Teil der Komponenten exponiert ist und für weitere Analysen bzgl. Anfällig-

keit und Bewältigung in Betracht priorisiert werden kann, wie die nachfolgenden Tabellen zeigen.

Tabelle 12: Exposition von Komponenten der Elektrizitätsversorgung innerhalb von Gebäuden gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal

KRITIS innerhalb von Gebäuden	Gesamtzahl der Komponenten in Gebäuden für Wuppertal	Exponierte KRITIS in Gebäuden in Wuppertal; Senkentiefe > 20 cm (Mindestfläche 1 m ²)	Exponierte KRITIS in Gebäuden in Wuppertal; Senkentiefe > 100 cm (Mindestfläche 1 m ²)
Puffer um Gebäude (in Metern)	-	2	
Anzahl der exponierten KRITIS			
Umspannwerke	13	8	4
Netzstationen	1	0	0
Transformatorstationen	1063	540	297
Kabelverteilerschränke	1466	818	453
Anteil der exponierten KRITIS			
Umspannwerke/Pumpstationen	100 %	62 %	31 %
Netzstationen	100 %	0 %	0 %
Transformatorstationen	100 %	51 %	28 %
Kabelverteilerschränke	100 %	56 %	31 %

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Tabelle 13: Exposition von Komponenten der Elektrizitätsversorgung außerhalb von Gebäuden gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal

KRITIS außerhalb von Gebäuden	Gesamtzahl der Komponenten in Gebäuden für Wuppertal	Senkentiefe > 20 cm (Mindestfläche 1 m ²)		Senkentiefe > 100 cm (Mindestfläche 1 m ²)	
Puffer um Gebäude (in Metern)	-	4	1	4	2
Anzahl der exponierten KRITIS					
Umspannwerke	1	Einzelfallbetrachtung			
Netzstationen	1				
Transformatorstationen	613	100	-	47	-
Kabelverteilerschränke	4200	-	193	-	91
Anteil der exponierten KRITIS					
Umspannwerke/Pumpstationen	100 %	-			
Netzstationen	100 %				
Transformatorstationen	100 %	16 %	-	7 %	-
Kabelverteilerschränke	100 %	-	4 %	-	2 %

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten der WSW Energie und Wasser AG, des Ingenieurbüros Reinhard Beck GmbH & Co. KG sowie der Stadt Wuppertal.

Anfälligkeit und Bewältigungskapazität

Nachdem alle relevanten Komponenten mit den Senken verschnitten worden sind, und so deren Exposition bestimmt wurde, kann die Abschätzung weiterer Aspekte der Verwundbarkeit auf Basis des Konzepts von Krings (2010)³⁶ in angepasster Form erfolgen

(vgl. Abbildung 29). Dabei wird ebenfalls dem eingangs erläuterten Verwundbarkeitsverständnis mit den Teilaspekten Exposition, Anfälligkeit (Funktionsanfälligkeit) und Bewältigungskapazität (technische/organisatorische Ersetzbarkeit) Rechnung getragen.

³⁶ Das Konzept wurde im Rahmen des Vorgängerprojekts „INDIKATOREN zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene“ entwickelt.

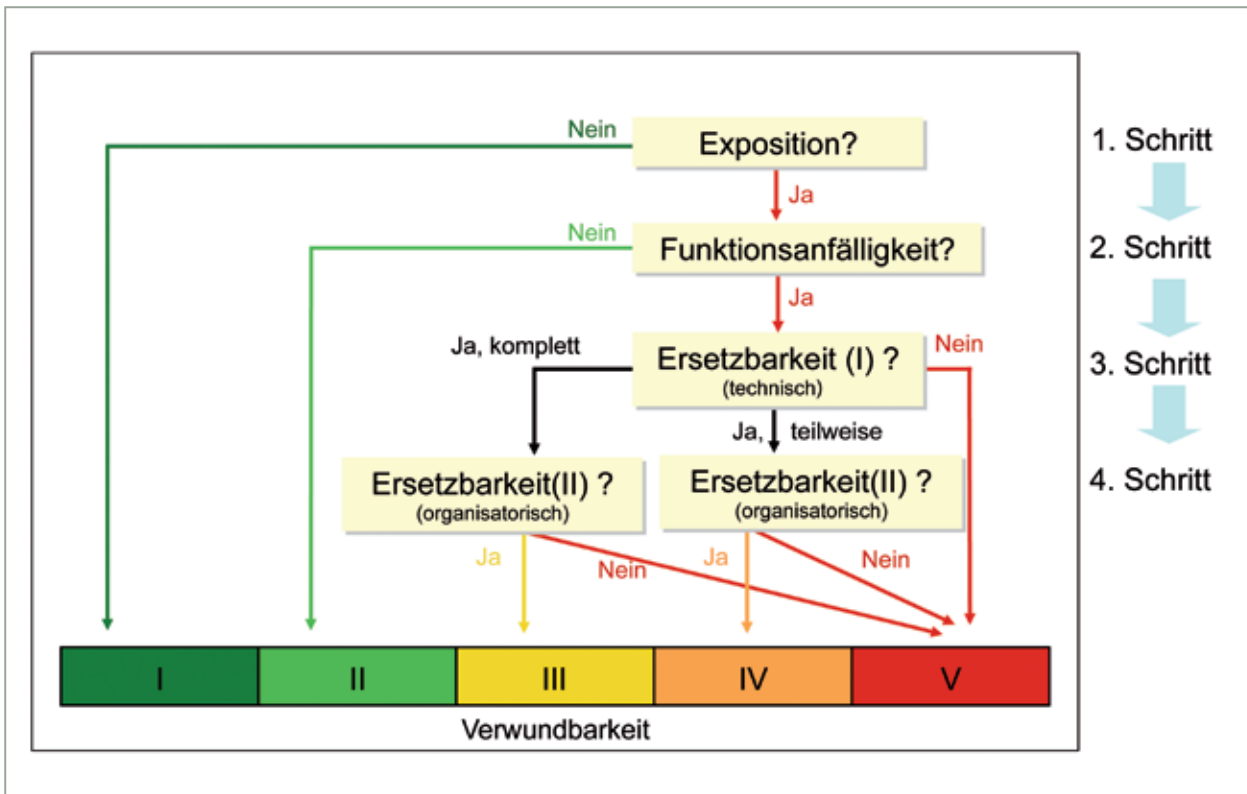


Abbildung 29: Konzept zur Verwundbarkeitsabschätzung Kritischer Infrastrukturkomponenten
 Quelle: eigene Darstellung basierend auf Krings 2010, S.25.

Die Funktionsanfälligkeit („Würde die Komponente im Falle einer Überflutung weiter funktionieren?“) bzw. die technische und organisatorische Ersetzbarkeit der Komponenten nach einem Ausfall muss mit den entsprechenden Experten vor Ort bespro-

chen werden. Jede Komponente kann sich in ihrem technischen Aufbau bzw. ihrem Alter von anderen unterscheiden und daher auch unterschiedliche Ausprägungen bzgl. Anfälligkeit und Bewältigung aufweisen.

Kooperation zwischen Kommunen und Betreibern

Am einfachsten lässt sich eine Analyse der Verwundbarkeit der Elektrizitätsversorgung realisieren, wenn die Kommune selbst am Betrieb der Versorgung beteiligt ist, bspw. über Stadtwerke. Sollte dies jedoch nicht der Fall sein, muss geprüft werden,

inwieweit eine Analyse der exponierten Versorgung hinsichtlich Anfälligkeit und Bewältigung kooperativ erfolgen kann. Informationen sollten dann an definierten Schnittstellen ausgetauscht werden.

Die Einrichtung von Runden Tischen zur Verbesserung des Bevölkerungsschutzes ist unter diesem Gesichtspunkt sinnvoll.

Es sollte grundsätzlich berücksichtigt werden, dass sich die Auswirkungen eines Ausfalles von Komponenten aufgrund ihrer Hierarchie unterscheiden. Fällt bspw. ein Umspannwerk aus, so sind mehr Menschen betroffen als beim Ausfall eines Kabelverteilers. Zudem verfügen *höherrangige* Komponenten zumeist über eine geringe Bewältigungskapazität, weil sie im Falle der Zerstörung nicht zeitnah ersetzt werden können.

Gleichzeitig bestehen jedoch meist auf den höheren Ebenen der Elektrizitätsversorgung (z. B. Kraftwerke, Umspannwerke, Trafos) Redundanzen, die durch eine entsprechende Schaltung die Versorgung betroffener Gebiete zumindest teilweise übernehmen können, falls dies die örtliche Netztopographie zulässt. Aus diesem Grund ist die Kenntnis über die Verwundbarkeit der einzelnen Komponenten von wichtiger Bedeutung. Sie kann als Grundlage für alternative Notschaltungen dienen. Im Rahmen der Verwundbarkeitsabschätzungen kann so geprüft werden, welche Komponenten im Falle eines Starkregens möglicherweise ausfallen können, um entsprechende Notschaltungen vorzubereiten.

Trotz dieser technischen Möglichkeiten ist der potenzielle Ausfall von Komponenten durch ein Starkregenereignis mit weiteren Problemen behaftet. Zum einen handelt es sich hierbei um die Frage des Zeitpunkts der *Umschaltung*. So können Versorger bspw. basierend auf Vorwarnungen oder bei Einsetzen eines starken Niederschlags eine Notschaltung aktivie-

ren. Möglich ist dabei z. B. auch die Abschaltung von Bereichen, die überflutet werden können und in denen dann das Risiko von Stromschlägen besteht. Da dies jedoch laut Aussage der Betreiber auch mit einem Ausfall für Haushalte und/oder Betriebe und entsprechenden Entschädigungen einhergehen kann, wird vielfach versucht dies zu vermeiden.

Neben der Gefahr der Stromschläge besteht außerdem die Möglichkeit, dass die Stromversorgung in einigen Bereichen zusammenbrechen kann. Mögliche Auswirkungen und entsprechende Vorbereitungen für ein entsprechendes Ereignis werden daher im Rahmen des 2. *Assessmentschritts* (vgl. Kapitel 6) behandelt. Dieser ist wichtig, um die Verwundbarkeit der Kommune zu analysieren und auch die Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen zu berücksichtigen.

Dabei sollte zusätzlich bedacht werden, dass ein, durch eine Naturgefahr ausgelöster, Stromausfall fast zwangsläufig zu besonderen Problemlagen führt, die bei einem *einfachen* Ausfall nicht auftreten würden. So ist das Auftreten von Starkregen als Auslöser von Stromausfällen oder zeitgleich mit Stromausfällen insbesondere im Zusammenhang mit dem Abpumpen von Wasser problematisch, da der Einsatz von Pumpen eine funktionierende Elektrizitätsversorgung voraussetzt. Entsprechende Situationen, die sich gegenseitig verstärken, sollten daher im Sinne der Vorbereitung bedacht werden.

VI. Kapitel

Abschätzung der Verwundbarkeit der Kommune gegenüber
Stromausfällen: Durchführung des 2. Assessmentschritts
mittels qualitativer Kriterien

Die Ereignisse im Münsterland 2005 bzw. die Auswirkungen des Orkans Kyrill im Jahr 2006 haben eindrücklich bewiesen, welche Auswirkungen Naturgefahren auf die Elektrizitätsversorgung haben können. Im Münsterland war, ausgelöst durch starken, feuchten und daher schweren Schneefall mit gleichzeitig starken Winden, eine Vielzahl von Masten und Leitungen zusammengebrochen. Etwa 250.000 Menschen waren bis zu fünf Tage ohne Strom (Bundesnetzagentur 2006; THW 2005). Der Orkan Kyrill sorgte durch umstürzende Bäume ebenfalls in Teilen Deutschlands für Stromausfälle, die gleichzeitig durch blockierte Straßen nur erschwert behoben werden konnten (vgl. z. B. Ebertz 2012).

Der im Folgenden vorgestellte Fragebogen soll Kommunen daher dabei unterstützen, mögliche Auswirkungen von Stromausfällen zu analysieren, die durch Extremwetterereignisse ausgelöst werden, wobei eine erhebliche räumliche und zeitliche Ausdehnung des Ausfalls angenommen wird. Dieses Kapitel ist dabei bewusst von den beiden Gefahren Hitze und Starkregen abgekoppelt. Im Sinne einer umfassenden Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Naturgefahren ist es wichtig, die Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen in einem zweiten Schritt mit einzubeziehen. Gleichzeitig ist eine solche Abschätzung aber auch unabhängig von der Naturgefahr sinnvoll, wenn Kommunen sich allgemein mit dem Umgang mit Stromausfällen auseinandersetzen möchten. Die Checkliste dient einer ersten Annäherung an das Thema Stromausfall.

Ist ein Gebiet aufgrund der Einwirkung von Naturgefahren von Versorgungsstörungen oder gar Infrastrukturzerstörungen betroffen, werden die verantwortlichen Versorger die schnellstmögliche Wiederherstellung der Stromversorgung (und etwaige damit einhergehende Reparaturmaßnahmen) anstreben. Für sie ist es immanent wichtig, den Auslöser des Ausfalls zu kennen. Die Gefahrenabwehr auf der anderen Seite wird sich auf die Beherrschung und Eindämmung der Auswirkungen des Stromausfalls fokussieren, hier ist es bedeutsam, die Auswirkungen und auch besonders verwundbare Gruppen der Bevölkerung zu kennen.

Um die verschiedenen Handlungsfelder der beteiligten Akteure möglichst effektiv miteinander zu verknüpfen, ist die Erarbeitung eines gemeinsamen Kommunikationskonzepts zwischen Betreiber und Kommune für den Ereignisfall sinnvoll. Hier wird festgelegt, welche Informationen (z. B. Abschätzung über die Dauer des Ausfalls, Aufruf der Bevölkerung zum Stromsparen bei Versorgungsknappheit etc.) auszutauschen bzw. welche Informationen wann und wie an die Bevölkerung zu kommunizieren sind.

Insgesamt folgt auch der Fragenkatalog dem Konzept der Verwundbarkeit (vgl. z. B. Birkmann 2006 bzw. Kapitel 3). Für die *Exposition* wird das Szenario *Stromausfall* für die gesamte Kommune als Szenario angenommen. Die *Anfälligkeit* wird durch besondere *Abhängigkeiten* von der Elektrizitätsversorgung beschrieben, während die *Bewältigungskapazität* durch den Vorbereitungsgrad der BOS/Bevölkerung/KRITIS-Betreiber bzw. Betriebe definiert wird.

Die im Folgenden vorgestellten Fragen können als Basis für die Prüfung der Verwundbarkeit der Kommune gegenüber Stromausfällen dienen. Die Fragen sind dabei als Leitfragen gedacht, die zur Identifikation von Handlungsfeldern und möglichen Maßnahmen anleiten sollen, sodass die Liste nicht als abschließend zu verstehen ist und auch nicht das Studium von Vorschriften, Leitfäden und weiteren Checklisten zu einer eingehenden Auseinandersetzung mit dem Thema ersetzt – auf entsprechende weiterführende Literatur wird im Verlauf des Kapitels hingewiesen. Die Checkliste erfasst Aspekte, die in einigen Kommunen möglicherweise bereits bekannt und entsprechend aufgearbeitet sind, während sich andere Kommunen – ggf. auch, weil Stromausfälle in größerem Ausmaß in der Vergangenheit nicht aufgetreten sind – bisher kaum mit dem Thema auseinandergesetzt haben. Sie soll dazu dienen, Kommunen für das Thema zu sensibilisieren. Es wird die mögliche Betroffenheit der verschiedenen Akteure (BOS, Bevölkerung und Betreiber/Betriebe) gezielt herausgestellt, um systematisch gegenseitige Abhängigkeiten aufzuzeigen. Ziel ist die Schaffung von Bewusstsein für diese Abhängigkeiten sowie die Förderung der Kooperation untereinander, da ein vorsorgender

Bevölkerungsschutz im Hinblick auf Stromausfälle nur interfachlich und akteursübergreifend gelingen kann.

Weitere Infrastrukturen, wie bspw. die Trinkwasserversorgung oder die Informations- und Kommunikationstechnik, sind in unterschiedlichem Maß von der Elektrizitätsversorgung abhängig. Sinnvoll ist es deshalb, mit den Betreibern der Stromversorgung und den verschiedenen KRITIS-Betreibern an einem Runden Tisch die genauen Abhängigkeiten spezifisch für die Kommune zu erheben. Für eine vorbe-

reitende Analyse der Kommune bezüglich möglicher Auswirkungen von Stromausfällen können hierfür der Bericht des Deutschen Bundestages (Drucksache 17/5672) „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung“³⁷ bzw. das Handbuch „Krisenmanagement Stromausfall“ (IM Ba-Wü und BBK 2010)³⁸ herangezogen werden. Mögliche Effekte auf weitere Infrastrukturbereiche sowie Anhaltspunkte zu zeitlichen Verläufen von Auswirkungen werden dort aufgezeigt.

Exkurs: Regelungsbereiche der Elektrizitätsversorgung

Grundsätzlich bestehen verschiedene Regelungsbereiche bzgl. (teilweiser) Stromausfälle. Treten Störungen oder Gefährdungen der Sicherheit oder Zuverlässigkeit der Energieversorgung auf, so liegt es zunächst in der Systemverantwortung der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), Maßnahmen zu ergreifen. Diese bestehen gem. § 13 I EnWG zunächst in

- netzbezogenen Maßnahmen, insbesondere durch Netzschaltungen, und
- marktbezogenen Maßnahmen, wie insb. dem Einsatz von Regelenergie, vertraglich vereinbarte abschaltbare und zuschaltbare Lasten, Infor-

mation über Engpässe und Management von Engpässen sowie Mobilisierung zusätzlicher Reserven.

Lässt sich eine Gefährdung oder Störung durch die Maßnahmen nicht oder nicht rechtzeitig beseitigen, so sind Betreiber von Übertragungsnetzen im Rahmen der Zusammenarbeit nach § 12 I EnWG berechtigt und verpflichtet, sämtliche Stromeinspeisungen, Stromtransite und Stromabnahmen in ihren Regelzonen den Erfordernissen eines sicheren und zuverlässigen Betriebs des Übertragungsnetzes anzupassen oder diese Anpassung zu verlangen (§ 13 II EnWG), wie in Abbildung 30 dargestellt.

³⁷ Verfügbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf>

³⁸ Die Kurzfassung ist unter http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Krisenhandbuch_Stromausfall_Kurzfassung_pdf.pdf?__blob=publicationFile verfügbar.

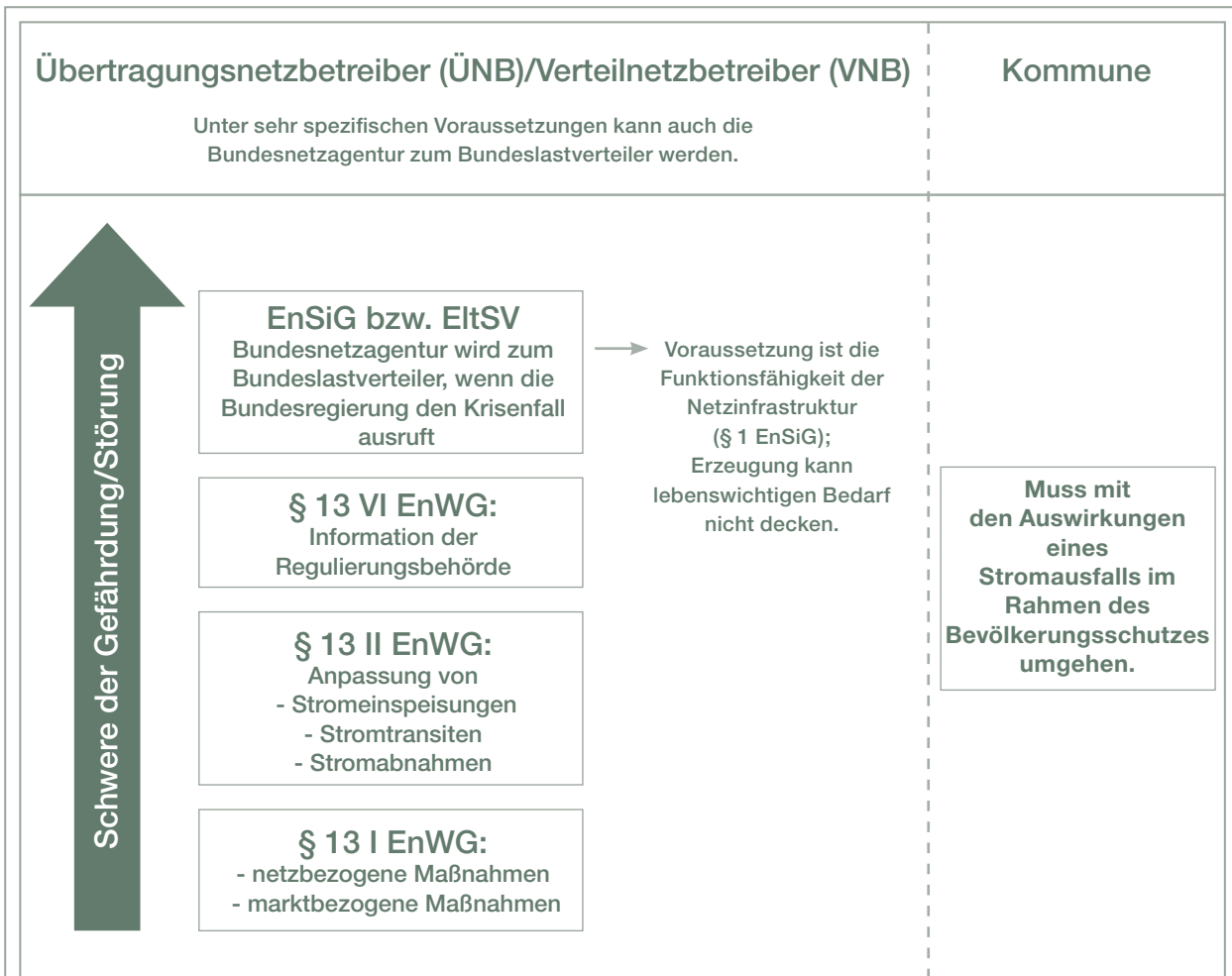


Abbildung 30: Maßnahmen bei Gefährdung/Störung der Elektrizitätsversorgung

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Experteninterviews.

Mögliche Lastabwürfe werden durch den Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zur Gewährleistung der Netzfrequenz im Rahmen des in Tabelle 14 dargestellten 5-Stufen-Plans³⁹ durchgeführt.

Tabelle 14: 5-Stufen Plan zur Beherrschung von Großstörungen mit Frequenzeinbruch

Stufe 1:	49,8 HZ	Alarmierung des Personals und Einsatz der noch nicht mobilisierten Erzeugungsleistung auf Anweisung des ÜNB.
Stufe 2:	49,0 HZ	Unverzögerter Lastabwurf von 10 - 15 % der Netzlast.
Stufe 3:	48,7 HZ	Unverzögerter Lastabwurf von weiteren 10 - 15 % der Netzlast.
Stufe 4:	48,4 HZ	Unverzögerter Lastabwurf von weiteren 15 - 20 % der Netzlast.
Stufe 5:	47,5 HZ	Abtrennen aller Erzeugungsanlagen vom Netz.

Quelle: VDN 2007.

³⁹ Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber" (TransmissionCode)

Die Lastabwürfe werden im Vorfeld anhand entsprechender Schaltungen vorbereitet. Die Betreiber orientieren sich hierbei insbesondere an den Fragen des technisch Umsetzbaren sowie der Frage der Effektivität, da ggf. innerhalb kürzester Zeit bis zu 50 % der Last abgeworfen werden müssen. In diesem Zusammenhang bestehen verschiedene Möglichkeiten zum Umgang mit notwendigen Lastabwürfen, wie zum Beispiel übereinkommene Regelungen zur Abschaltung von großen Lasten⁴⁰.

Reichen auch diese Maßnahmen nicht aus, um eine Versorgungsstörung für den lebenswichtigen Bedarf im Sinne des § 1 des Energiesicherungsgesetzes (EnSiG) abzuwenden, muss der Betreiber von Übertragungsnetzen (ÜNB) unverzüglich die Regulierungsbehörde (Bundesnetzagentur) unterrichten. In weiteren Schritten könnte bei besonderer Schwere der Störung durch die Bundesregierung das Energiesicherungsgesetz (bzw. die dazugehörige Elektrizitätssicherungsverordnung) in Kraft gesetzt werden. Unter bestimmten Voraussetzungen würde die Bundesnetzagentur zum Lastverteiler. Lastverteilung setzt allerdings die Funktionsfähigkeit der Netzinfrastruktur voraus (vgl. auch Abbildung 29). In diesem Fall käme es zu einer Minderversorgung mit Energie (Systembilanzstörung aufgrund von Erzeugungsmangel), ggf. würden die Verteilnetze (und die daran angeschlossenen Kommunen) in definierten Abständen „schwarz“ und wieder an geschaltet werden (vgl. z. B. VKU und BDEW). Dieser Fall wird hier nicht näher erläutert. Wäre allerdings – bspw. aufgrund gravierender Infrastrukturschäden auf Übertragungsebene – keine Versorgung aus dem Übertragungsnetz mehr möglich, könnten Kommunen versuchen, maximal mit Eigenleistung eine Stromversorgung im Bereich ihres Verteil-/Stadtnetzes aufzubauen.

Kommt es aufgrund von Störungen im Übertragungsnetz, Mindererzeugung von Strom oder sonstigen Fällen dazu, dass im Verteil-/Stadtnetz

Lasten herunter geregelt werden müssen, oder gar ein Schwarzfall eintritt, hat dies direkte Auswirkungen für die Bevölkerung. Um diese Auswirkungen möglichst gering zu halten, sollten die Kommunen bereits im Vorfeld auf den örtlichen Betreiber zugehen und mögliche Maßnahmen besprechen bzw. vereinbaren. Dies erhöht das Verständnis füreinander (Was macht die Gefahrenabwehr? Was passiert auf Betreiberseite beim Stromausfall?) und gemeinsam können sinnvolle Maßnahmen festgelegt werden. Dazu gehört zum Beispiel die Aufforderung der Bevölkerung zum Stromsparen bei Versorgungsengpässen. Zum anderen können Kommunikationswege für die Krise festgelegt und gefestigt werden. Einige deutsche Verteilnetzbetreiber informieren bspw. standardmäßig die zuständigen Behörden über geplante und auch nicht geplante Abschaltungen. Sind diese geplant, liegt es in der Verantwortung des Versorgers, die Bevölkerung zu warnen.

Sollte es auf Ebene der örtlichen Verteilnetzbetreiber zu Abschaltungen kommen (müssen), könnte die Kommune in Kooperation mit dem Netzbetreiber wichtige Einrichtungen definieren, die (falls technisch möglich) durch entsprechende Schaltungen möglichst prioritär versorgt werden. Gemäß EnWG ist es die Aufgabe der Netzbetreiber, für einen sicheren und stabilen sowie diskriminierungsfreien Netzbetrieb zu sorgen. Gleichzeitig sind die Gemeinden gemäß des Rechts der jeweiligen Bundesländer verpflichtet (durch den Unterhalt von Feuerwehren) bei Unglücksfällen und bei öffentlichen Notständen Hilfe zu leisten, die durch Naturereignisse, Explosionen oder ähnliche Vorkommnisse verursacht werden. Die übergeordneten (Land-)Kreise leiten und koordinieren Einsätze dann, wenn das Leben oder die Gesundheit zahlreicher Menschen gefährdet, und eine rückwärtige Unterstützung der Einsatzleitung erforderlich ist, die von der Gemeinde nicht geleistet werden kann (Großschadensereignis) (vgl. bspw. § 1 FSHG⁴¹).

⁴⁰ Auf Basis von § 13 IVa EnWG i. V. m. Verordnung zu abschaltbaren Lasten (AbLaV).

⁴¹ Gesetz über den Feuerschutz und die Hilfeleistung des Landes Nordrhein-Westfalen.

Innerhalb dieses Spannungsfeldes sollten Kommunen und Verteilnetzbetreiber im Sinne des Bevölkerungsschutzes bestmöglich kooperieren.

„Zur Vorsorge vor und zur Überbrückung von bedenklichen Störungen und gravierenden Schadensereignissen bedarf es daher einer institutionalisierten, organisierten Zusammenarbeit von Staat und Wirtschaft in etablierten Sicherheitspartnerschaften.“

(BMI 2009, S.8)

Übersicht der Handlungsfelder zum Umgang mit Stromausfällen

Der Fragenkatalog zur Erfassung der Verwundbarkeit von Kommunen gegenüber Stromausfällen basiert auf 15 iterativ geführten Experteninterviews und ist in vier Bereiche untergliedert. Der erste Bereich kann als *Kommunikation bzw. Kooperation zwischen Kommune und Betreiber* definiert werden und behandelt allgemein den Aufbau der Energieversorgung in der Kommune sowie die Zusammenarbeit zwischen Kommune und Betreiber(n). Bei den weiteren drei Bereichen handelt es sich um *Akteure*, die im Zusammenhang mit Stromausfällen eine Rolle spielen, namentlich die *Bevölkerung* bzw. wichtige

Einrichtungen wie Krankenhäuser oder Pflegeheime, *BOS* sowie *KRITIS-Betreiber und in der Kommune ansässige Betriebe*.

Für alle drei Akteure wird die Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen erfasst, indem die Abhängigkeit von der Versorgung (Anfälligkeit) und die bestehenden Vorbereitungsmaßnahmen (Bewältigungskapazität) betrachtet werden. Die unterschiedlichen Analysebereiche lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. Tabelle 15):

Tabelle 15: Übersicht der Handlungsfelder zum Umgang mit Stromausfällen

Kommunikation bzw. Kooperation zwischen Kommune und Betreiber
Kontakt zum Versorgungsnetzbetreiber
Aufbau der kommunalen Energieversorgung
Gemeinsame Planung von BOS und Verteilnetzbetreibern (Einsatzplanung, Kommunikation, Definition verwundbarer Einrichtungen, Übungen)
Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Stromausfällen
Abhängigkeit
Identifikation besonders abhängiger Personen und Einrichtungen von der Elektrizitätsversorgung
Vorbereitungsgrad
Mögliche Stromversorgung für besonders abhängige Personen und Einrichtungen (Notstrom, prioritäre Versorgung)
Kommunikation mit der Bevölkerung
Anlaufstellen für die Bevölkerung
Versorgung der Bevölkerung
Verwundbarkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) gegenüber Stromausfällen
Abhängigkeit
Abhängigkeit der BOS von der Stromversorgung
Alarmierung der Mitarbeiter während Stromausfällen
Vorbereitungsgrad
Verfügbarkeit von Notstrom innerhalb der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
Kommunikation während eines Stromausfalls (z. B. Satellitenkommunikation, Funkverbindungen)
Einsatzpläne und Definition von Aufgaben
Verpflegung von Mitarbeitern
Kraftstoffbedarf und alternative Kraftstoffversorgung
Verwundbarkeit von Betreibern Kritischer Infrastrukturen und Betrieben gegenüber Stromausfällen
Abhängigkeit
Berücksichtigung von Stromausfallszenarien bei KRITIS-Betreibern und Betrieben sowie Einschätzung wirtschaftlicher Folgen
Berücksichtigung von Kaskadeneffekten
Vorbereitungsgrad
Verfügbarkeit einer Notstromversorgung
Personelle und organisatorische Vorbereitung

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Experteninterviews.

Für die vier Bereiche

1. Kommunikation und Kooperation zwischen Kommune und Betreiber
2. Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Stromausfällen
3. Verwundbarkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) gegenüber Stromausfällen sowie
4. Verwundbarkeit von Betreibern Kritischer Infrastrukturen und Betrieben gegenüber Stromausfällen

werden in den folgenden vier Unterkapitel Fragen aufgeführt, die die Kommune bei der Abschätzung ihrer Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen anleiten. Zudem bieten die Fragen auch Hinweise auf mögliche Handlungsfelder zur Reduktion der Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen. In die Abschätzung der Verwundbarkeit der Kommune gegenüber Stromausfällen sollten alle Analysebereiche einbezogen werden, wobei die Fragen dabei der Rei-

he nach beantwortet werden sollten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass auch, wenn eine Vielzahl der Fragen mit *Ja* beantwortet wird, nie eine absolute Sicherheit erreicht werden kann, da jeder Stromausfall mit Unsicherheiten verbunden ist.

Im Zuge der Bearbeitung der Checkliste sollten die gewonnenen Erkenntnisse dokumentiert und für weitere Bearbeiter zugänglich gemacht werden. Dies kann bspw. im Zuge einer Handakte, also bspw. einem Ordner geschehen, in dem offene Fragen und bestehendes Wissen sowie sachdienliche Hinweise aufgenommen werden. Um dieses Vorgehen zu erleichtern, ist in der Checkliste Platz für Notizen enthalten. Hier können z. B. relevante Ansprechpartner bzw. Verantwortlichkeiten und Ablageorte etc. festgehalten und ggf. später in die Handakte übertragen werden. Im Verlauf der Checkliste kann es dabei möglich sein, dass Fragen durch die Kommune nicht eindeutig zu beantworten sind, weil z. B. Maßnahmen noch nicht vollständig umgesetzt sind oder dem Bearbeiter/der Bearbeiterin entsprechende Informationen nicht vorliegen. Dies sollte dann zum Anlass genommen werden, weitere Informationen einzuholen bzw. Maßnahmen anzuregen.

6.1 Kommunikation und Kooperation zwischen Kommune und Betreiber

Kontakt zum Versorgungsnetzbetreiber

1. *Besteht Kontakt zum Versorgungsnetzbetreiber/zu den Versorgungsnetzbetreibern?*
 - Ja. → Wer ist der Ansprechpartner für die Kommune im Hinblick auf das Krisenmanagement? (Entsprechende Kontaktdaten sollten in einem Notfallordner verfügbar sein)
 - Nein. → Sie sollten im Sinne des Katastrophenschutzes Kontakt zum Versorgungsnetzbetreiber aufnehmen. (evtl. können bereits bestehende Kontakte anderer Bereiche der öffentlichen Verwaltung genutzt werden)
2. *Besteht ein Kommunikationskonzept zwischen den BOS und dem Versorger zur Sicherstellung der Kommunikation im Falle eines Stromausfalls? Wurde der gegenseitige Informationsbedarf erhoben und wurden technische Rückfallebenen der Kommunikation festgelegt?*
 - Ja.
 - Nein. → Da während eines Stromausfalls nach relativ kurzer Zeit auch die Kommunikation zusammenbrechen kann, sollte die verbleibende Zeit möglichst effektiv genutzt werden. Ein entsprechendes Kommunikationskonzept kann hierzu hilfreich sein.

Aufbau der kommunalen Energieversorgung

3. *Ist Ihnen die Struktur der Energieversorgung in Ihrer Kommune bekannt? Kennen Sie die Gebietsaufteilung der örtlichen Versorger bzw. die Anzahl der Einspeisepunkte aus dem Übertragungsnetz für die lokale Elektrizitätsversorgung?*
 - Ja. → Sie sollten dennoch berücksichtigen, dass diese Strukturen einem steten Wandel unterworfen sind, sodass die Informationen in regelmäßigen Abständen überprüft werden sollten. Zudem reicht die Information über den Netzaufbau noch nicht für ein effektives Krisenmanagement aus (siehe hierzu auch die weiteren Fragen).
 - Nein. → Sie sollten sich bei dem zuständigen Verteilnetzbetreiber über entsprechende Strukturen informieren, da diese mögliche Risiken sowie entsprechende Handlungsmaßnahmen grundlegend beeinflussen. Hierzu gehört neben der Anzahl der Einspeisepunkte aus dem Übertragungsnetz insbesondere die ggf. vorhandene Anzahl und Art von Kraftwerken. Diese bestimmen die möglichen alternativen Versorgungsstrategien bspw. beim Ausfall eines Einspeisepunktes bzw. die Möglichkeit zum Inselbetrieb.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

4. *Wissen Sie, ob örtliche Stromerzeugungsanlagen (z. B. Heizkraftwerke) in ihrer Kommune vorhanden sind?*
- Ja. → Um wie viele handelt es sich und wo befinden sich diese?
 - Nein. → Sie sollten mit dem/den für ihre Kommune zuständigen Betreiber(n) klären, inwiefern entsprechende Anlagen vorhanden sind.
5. *Wissen Sie, ob diese Teile des Stromnetzes Ihre Gemeinde im Inselbetrieb versorgen könnten?*
- Ja. → Sie sollten dennoch berücksichtigen, dass diese Strukturen einem steten Wandel unterworfen sind, sodass die Informationen in regelmäßigen Abständen überprüft werden sollten.
 - Nein. → Die Förderung dezentraler Anlagen kann vielfach die Verwundbarkeit der Kommune gegenüber Stromausfällen verringern. Hierzu gehören insbesondere solche Kraftwerke (z. B. Heizkraftwerke), die schwarzstartfähig sind, also unabhängig vom Stromnetz angefahren werden und somit ggf. einen Inselbetrieb ermöglichen können. Die Auswirkungen auf die Verwundbarkeit der Kommune sollten daher beim Abbau solcher Redundanzen (z. B. aus Kostengründen) berücksichtigt werden.
6. *Als Lastabwurf wird die Trennung eines Verbrauchers vom Stromnetz bezeichnet, die bei diesem zum Stromausfall führt. Ein Lastabwurf ist ein Instrument zur Netzstabilisierung, das nach einem diskriminierungsfreien Verfahren erfolgt. Kennen Sie die angestrebten Lastabwürfe des Betreibers im Falle von geplanten bzw. ungeplanten Abschaltungen von Verbrauchern? Wissen Sie, welche Einrichtungen/Betriebe/Stadteile ggf. zunächst abgeschaltet würden, um eine effiziente Lastabsenkung zu gewährleisten?*
- Ja, die Lastabwürfe sind bekannt und die entsprechenden Einrichtungen wurden identifiziert. → Sie sollten sicherstellen, dass dieses Wissen auch in die vorsorgende Planung einfließt bzw. die entsprechenden Einrichtungen/Betriebe sich ihrer Situation bewusst sind.
 - Nein. → Sie sollten die geplanten bzw. möglichen Lastabwürfe in Erfahrung bringen bzw. (noch besser) im Rahmen der technischen Möglichkeit, mit dem Versorger durchsprechen.
7. *Welche Einrichtungen werden als gegenüber Stromausfällen besonders verwundbar identifiziert und bedürfen daher im Falle eines Stromausfalls besonderer Aufmerksamkeit? (Bei den angeführten Einrichtungen handelt es sich um Beispiele; die Liste ist nicht abschließend.)*
- BOS
 - Krankenhäuser
 - Kindergärten
 - Altenpflegeheime
 - Weitere technische Basisinfrastrukturen (z. B. Wasserver-, Abwasserentsorgung, Transport einschl. ÖPNV, Informations- und Kommunikationstechnologien etc.)
 - Arztpraxen
 - Dialysezentren
 - Öffentliche Verwaltung
 - Gerichtswesen

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungs-erfordernisse)

- Banken
- Justizvollzugsanstalten
- Museen (ggf. Verlust von Kulturgut durch Stromausfall)
- Zoos (Temperierung von Gehegebauten durch Stromausfall ggf. nicht mehr möglich)
- Notfalleinrichtungen/“Wärmestuben“, in denen die Bevölkerung während eines Stromausfalls versorgt werden kann
- Sonstige

Es muss berücksichtigt werden, dass einige Einrichtungen bzw. Organisationen wie bspw. Krankenhäuser zwar über eine Notstromversorgung verfügen, diese jedoch ggf. nicht funktioniert oder bei länger anhaltendem Stromausfall nicht mit Kraftstoff versorgt werden kann, da Pumpen an Tankstellen ausfallen. Zudem stellt die Notstromversorgung auch keinen vollständigen Ersatz der regulären Stromversorgung dar. Häufig werden nur die wichtigsten Teile des Krankenhauses versorgt. Außerdem sollte geprüft werden, inwieweit die Notstromversorgung den baulichen und technischen Entwicklungen im Krankenhaus angepasst wurde.

Zum Hintergrund: Zwar werden bspw. Notstromversorgungen in Krankenhäusern regelmäßig getestet, jedoch wird die vollständige Umschaltung auf die Notstromversorgung häufig aus Sicherheitsgründen nicht durchgeführt. Die Einrichtung bleibt parallel an das örtliche Versorgungsnetz angeschlossen. Ob eine vollständige Umschaltung auf ein Notstromsystem im Krisenfall wirklich funktioniert, ist in diesen Fällen daher nicht sicher. Soweit möglich sollten BOS im Rahmen von Tests eine vollständige Umstellung auf den Notstrombetrieb üben.

Unabhängig hiervon muss auch geprüft werden, inwieweit externe Dienstleister, z. B. für die Lebensmittelversorgung, die Wäsche oder für Sterilgut, auf die das Krankenhaus angewiesen ist, auch während eines Stromausfalls funktionieren würden. Gleichzeitig können sich Einschränkungen in der Wasserversorgung, die durch den Stromausfall verursacht werden, auch in hygienischer Hinsicht negativ in besonderer Weise auswirken.

8. *Befinden sich hierunter Einrichtungen, die von einem Lastabwurf betroffen sein würden?*

- Ja. → Es sollte geprüft werden, inwieweit diese Einrichtungen im Falle eines Engpasses prioritär mit Elektrizität versorgt werden können bzw. anhand welcher Kriterien eine solche Versorgung festgelegt werden kann.
- Nein. → Es muss davon ausgegangen werden, dass die Einrichtungen – obwohl technisch möglich – ggf. nicht prioritär mit Strom versorgt werden.

Es sollte berücksichtigt werden, dass die Verantwortung des Netzbetriebs beim Betreiber verbleibt, jedoch mögliche, freiwillige Kooperationen zur Verbesserung des Bevölkerungsschutzes angestrebt werden können.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

9. Sind dem Netzbetreiber die besonders anfälligen Einrichtungen (z. B. Krankenhäuser) bekannt?

- Ja. → Ist die Möglichkeit einer prioritären Versorgung gemeinsam diskutiert worden?
- Nein. → Es sollte eine gemeinsame Übersicht der entsprechenden Einrichtungen erstellt und die Möglichkeit einer Priorisierung diskutiert werden.

10. Haben Sie innerhalb der Kommune Fragen der Netzentwicklung und entsprechende Auswirkungen auf die Sicherheit der Energieversorgung bzw. die technisch mögliche Aufrechterhaltung der Versorgung für bestimmte Einrichtungen (Priorisierung) im Sinne des Bevölkerungsschutzes diskutiert?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten die Pläne des Betreibers bspw. hinsichtlich weiterer Netzentwicklung (Netztopologie) und der sich hieraus ggf. entwickelnden technischen Schalmöglichkeiten diskutieren.

Gemeinsame Planung von BOS und Verteilnetzbetreiber

11. Besteht eine gemeinsame Einsatzplanung zwischen BOS und Verteilnetzbetreiber für den Umgang mit Stromausfällen, die die Zuständigkeiten bzw. Kooperationen regelt?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten prüfen, inwiefern eine gemeinsame Einsatzplanung möglich ist, und diese umsetzen. Entsprechende Einsatzpläne können sich an bestehenden Konzepten, wie sie ggf. in Kooperation mit der chemischen Industrie entwickelt wurden, orientieren. Die Definition verschiedener Eskalationsstufen ist dabei sinnvoll, um die Einsatzpläne möglichst situationsspezifisch anzupassen.

12. Welche Versorger gehören zum Krisenstab der Kommune, der während eines Stromausfalls eingesetzt wird? Welche Versorger werden ggf. auch in entsprechende Übungen eingebunden (siehe hierzu z. B. „Hinweise zur Bildung von Stäben der administrativ – organisatorischen Komponente“ (Verwaltungsstäbe - VwS) bzw. die DV 100? (Entsprechende Kontaktdaten sollten sie in Ihrem Notfallordner verorten.)

- Strom
- Gas
- Wasser
- Abwasser
- Fernwärme
- Telekommunikation
- Sonstige

13. Ist die Abgrenzung zwischen Krisenstab und Einsatzleitung der BOS klar definiert?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten die Zuständigkeiten zwischen Krisenstab und Einsatzleitung für das Szenario Stromausfall abgrenzen.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

14. Sind Übungen/Stabsrahmenübungen zum Szenario Stromausfall durchgeführt worden?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten eine solche Übung durchführen und alle relevanten Akteure, insbesondere auch die Versorgungsnetzbetreiber sowie andere Infrastrukturbetreiber einbeziehen (vgl. z. B. Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen des BBK).

Beachten Sie dabei, dass ggf. verschiedene Arbeitsschichten durch den Ausfall betroffen sein können bzw. ein ständiger Wechsel von Mitarbeitern stattfindet. Um eine möglichst hohe Anzahl von Mitarbeitern mit dem Thema vertraut zu machen, müsste die Übung ggf. mehr als einmal durchgeführt werden.

Berücksichtigen Sie zudem, dass neben der Kooperation im Krisenstab und der Verbesserung des Umgangs mit solchen Krisenlagen durch Übungen auch die Definition von Eskalationsstufen hilfreich sein kann. Ab welchem Zeitpunkt (z. B. Ausfall in Minuten) bzw. welchem Ausmaß des Ausfalls (z. B. 30 % der Versorgungsleistung) soll der Krisenstab aktiv werden?

Zudem können Überlegungen zu ortsspezifischen Schwellenwerten bzgl. des Ausfalls weiterer Infrastrukturen wie bspw. der Trinkwasserversorgung bereits im Voraus zur Identifikation weiterer Problemlagen im zeitlichen Verlauf führen.

Nachsorge

15. Haben Sie die Nachsorge an einen Stromausfall geplant?

- Ja. → Für welche Bereiche wurde geplant?
- Nein. → Sie sollten auch den Übergang zum Normalzustand planen. Beispielsweise müssen Mitarbeiter informiert werden. Vielleicht müssen Reparaturen durchgeführt bzw. Infrastruktursysteme wieder in Betrieb genommen werden. Möglicherweise sind große Mengen von Abfall (z. B. durch den Ausfall von Kühlschränken und -truhen verdorbene Lebensmittel) zu entsorgen (vgl. hierzu z. B. auch Kapitel N-A-1 bis N-A-3 des Krisenhandbuchs Stromausfall).

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

6.2 Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Stromausfällen

Neben der Vorbereitung der BOS, die in Kapitel 6.3 behandelt wird, sollen auch die potenziellen Folgen eines Stromausfalls für die Bevölkerung so gut wie möglich abgeschätzt werden, um entsprechende vorbereitende Maßnahmen treffen zu können. Die Identifikation von besonders anfälligen Personen im

Vorhinein ist dabei besonders wichtig, um ggf. *gemeinsam* mit Ihnen Vorsorgemaßnahmen entwickeln zu können. Hilfsbedürftige Personen können während eines Stromausfalls nicht zwangsläufig mit sofortiger Hilfe von außen rechnen, da möglicherweise auch die BOS überlastet sind.

„Derzeit ist kein einheitliches Risiko- und Krisenmanagement bei Unternehmen, Staat und anderen Akteuren erkennbar. Der Sensibilisierungsgrad ist gering, die Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung kaum ausgeprägt.“

(Reichenbach et al. 2008, S.27)

6.2.1 Abhängigkeit

Identifikation besonders abhängiger Personen und Einrichtungen

1. *Verfügen Sie in Ihrer Kommune über einen Überblick über Menschen, die in besonders starkem Maße von der Stromversorgung abhängig sind? Insbesondere sind dies Einwohner, die vom Betrieb elektrischer medizinischer Geräte abhängig sind? Dies können z. B. Dialyse- oder Beatmungspatienten, oder Patienten, die in ambulanten Praxen operiert werden und ggf. bei Stromausfall aus der Narkose erwachen, sein. Hinzu kommen Menschen, die besonders auf die unterbrechungsfreie Versorgung mit Trinkwasser und Lebensmitteln angewiesen sind, wie bspw. Kleinkinder.*

- Ja.
- Nein. → Grundsätzlich ist die Kenntnis über besonders verwundbare Personen für die Schwerpunktsetzung in der Einsatzplanung von Bedeutung. Im Hinblick auf die Vielzahl der Personen können diese während eines Stromausfalls ggf. auch nicht alle versorgt werden. Im Sinne der vorsorgenden Planung können die genannten Personenkreise jedoch über bestimmte Problemlagen aufgeklärt werden, um selbst eine Vorbereitung in Betracht zu ziehen. Allerdings ist die Datenverfügbarkeit bzgl. besonders anfälliger Personengruppen sehr unterschiedlich. Während bspw. die Häuser von Intensivpatienten angemeldet sind, sind zumeist keine Daten zu Menschen

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

in häuslicher Pflege vorhanden. Bei ambulanten Praxen ist die Datenlage kommunal unterschiedlich. Daten zu pflegebedürftigen Menschen können bspw. bei Sozialämtern vorliegen. Privathaushalte sollten darauf aufmerksam gemacht werden, dass elektrisch betriebene medizinische Geräte über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung verfügen sollten.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

6.2.2 Vorbereitungsgrad

Neben der besonderen Anfälligkeit gegenüber Stromausfällen kann auch der Vorbereitungsgrad und der Bewältigungskapazität eine wichtige Informationsquelle für die Entwicklung von Maßnahmen sein. Aus diesem Grund können gezielte Informationskampagnen zum Thema Stromausfall das Bewusstsein der Bevölkerung schärfen und zu vorsorgenden Maßnahmen wie bspw. dem Anlegen von Vorräten anregen.⁴²

Eine besondere Herausforderung für die Stärkung des Vorbereitungsgrads und der Bewältigungskapazität stellen dabei das geringe Problembewusstsein der Bevölkerung sowie der entsprechende Mangel an Handlungsmaßnahmen (z. B. Lorenz 2010 oder Reichenbach et al. 2008) wie das Anlegen von Trink- bzw. Lebensmittelvorräten dar. Insbesondere durch den möglichen Ausfall elektronischer Zahlungsmittel sowie von Bankautomaten und Computersystemen in Banken kann Bargeld ggf. nur in sehr beschränktem Maße vorhanden sein. Zudem ist mit dem Ausfall von Kühlsystemen und Transportmitteln zu rechnen,

sodass Lebensmittel und Getränke im Krisenfall ggf. nicht mehr gekauft werden können. Ferner ist davon auszugehen, dass auch Kassensysteme, elektrische Türen bzw. Aufzüge ausfallen und Geschäfte so teilweise nicht mehr öffnen können (siehe auch Reichenbach et al. 2008).

Die Selbsthilfefähigkeit ist allerdings räumlich sehr unterschiedlich stark ausgeprägt. So wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die Bewältigungskapazität auf dem Land höher ist als in der Stadt, was u. A. durch geringere Abhängigkeit von just-in-time Prozessen und weniger gravierenden hygienischen Problemen, die durch den Ausfall von Entsorgungsleistungen entstehen können bedingt ist (Lorenz 2010). Gleichzeitig muss jedoch auch bedacht werden, dass viele landwirtschaftliche Betriebe nur noch mithilfe von Elektrizität betrieben werden können (z. B. strombetriebene Melkstände), und sich unter Einbeziehung der Viehhaltung die Hilfsbedürftigkeit um ein Vielfaches erhöht.

Mögliche Stromversorgung für besonders abhängige Personen und Einrichtungen

1. Können die besonders abhängigen Personen(gruppen) bzw. Einrichtungen mit Notstromaggregaten versorgt werden?

- Ja. → Es sollte bereits im Vorfeld geprüft werden, wer die entstehenden Kosten trägt.
- Nein. → Die Umsetzung alternativer Handlungsstrategien (z. B. Priorisierung durch den Versorger, eigene Vorbereitungsmaßnahmen) sollte geprüft werden (vgl. auch die folgende Frage). Diese Möglichkeit sollte im Zusammenhang mit der

⁴² Siehe hierzu auch den Unterpunkt *Weiterführende Literatur* am Ende des Kapitels.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungs-
erfordernisse)

vorangegangenen Frage eins (vgl. S. 117) zur Abhängigkeit der Bevölkerung betrachtet werden.

- Teilweise. → Da voraussichtlich nur wenige Notstromaggregate zur Verfügung stehen, sollte abgestimmt werden, welche Einrichtungen sinnvollerweise mit diesen versorgt werden können.

2. Gibt es alternative Handlungsstrategien zur Versorgung von Personen und Einrichtungen mit Notstromgeräten?

- Ja. → Wie sehen diese aus?
- Nein. → Sie sollten prüfen, wie im Falle eines Stromausfalles mit den entsprechenden Einrichtungen und Personen umgegangen werden soll, wenn Notstromversorgungen nicht vorhanden sind oder ggf. nicht funktionieren und diese auch nicht durch die BOS mit Notstromgeräten versorgt werden können.

Es sollte geprüft werden, inwiefern Einrichtungen/Personen evakuiert und in notstromversorgten Anlaufstellen untergebracht werden können. Allerdings kann ggf. nicht sichergestellt werden, dass während eines großflächigen Stromausfalls alle abhängigen Personen versorgt werden können. Einrichtungen und Privatpersonen können hierauf hingewiesen und zur Eigenvorsorge motiviert bzw. über mögliche Anlaufstellen informiert werden, die sie ggf. eigenständig aufsuchen können.

3. Haben Sie die betroffenen Personen und Einrichtungen den relevanten BOS kommuniziert? Kennen diese die Strategien bei Stromausfall?

- Ja.
- Nein. → Es sollte sichergestellt werden, dass die BOS in ihrer Kommune die entsprechenden Strategien untereinander abgesprochen haben und ihre jeweiligen Zuständigkeiten kennen.

Kommunikation mit der Bevölkerung

4. Besteht Kontakt zu den lokalen Radiosendern, die wichtige Informationen im Ereignisfall an die Bevölkerung weiterleiten können?

- Ja. → Bedenken Sie, dass ggf. nur jene Bürger mit batteriebetriebenen Radios erreicht werden können.
- Nein. → Sie sollten Kontakt zu den lokalen Radiosendern aufnehmen und sicherstellen, dass wichtige Informationen im Ereignisfall übertragen werden können. Bedenken Sie dennoch, dass ggf. nur jene Bürger mit batteriebetriebenen Radio erreicht werden können.

5. Stehen Megaphone und entsprechende Batterien zur Verfügung?

- Ja. → Wo werden diese vorgehalten und wer ist hierfür verantwortlich?
- Nein. → Entsprechende Geräte und zum Betrieb benötigte Batterien sollten als alternative Kommunikationswege mit der Bevölkerung vorgehalten werden.

6. Besteht ggf. die Möglichkeit Handzettel zu produzieren und die Bevölkerung auf diesem Weg zu informieren?

- Ja. → Wie wird dies geschehen und wer ist hierfür verantwortlich? Ggf. können diese bereits als „Lückentexte“ (ggf. auch in Fremdsprachen für ausländische Mitbürger) vorbereitet werden.
- Nein. → Sie sollten alternative Kommunikationswege prüfen, die im Falle eines Stromausfalles genutzt werden können.

Anlaufstellen für die Bevölkerung

7. Ist geplant, Anlaufstellen für die Bevölkerung einzurichten?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten überlegen, welche Einrichtungen (bspw. Schulen, Gemeindehäuser, Turnhallen) als Anlaufstellen für die Bevölkerung genutzt werden können.

Beispielhaft für die Einrichtung von Versorgungsstellen kann ggf. das Konzept »Betreuungsplatz-Bereitschaft 500 NRW« (BTP-B 500 NRW) herangezogen werden.⁴³ Diese kann 500 Betroffene betreuen und verpflegen unter der Voraussetzung, dass eine geeignete bauliche Anlage (z. B. Schule, Mehrzweckhalle o. dgl.) vorgeplant zur Verfügung steht. Die Dimensionierung solcher „Wärmestuben“ ist natürlich den örtlichen Bedürfnissen anzupassen.

Es sollte außerdem berücksichtigt werden, dass bei Anlaufstellen oder sog. „Wärmestuben“ häufig an die Verwendung von Feuerwehrhäusern gedacht wird. Diese sind jedoch oft ungeeignet, da hier der Einsatzbetrieb läuft.

8. Sind diese Anlaufstellen sowohl der Bevölkerung als auch den BOS bekannt?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten sicherstellen, dass allen BOS die Anlaufstellen bekannt sind. Auch die Bevölkerung sollte die entsprechenden Anlaufstellen kennen, da dies den Kommunikationsaufwand im Krisenfall verringert.

9. Werden die Anlaufstellen beleuchtet oder anderweitig gekennzeichnet?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten überlegen, wie die Bevölkerung im Vorfeld informiert bzw. während eines Stromausfalles auf die Anlaufstellen aufmerksam gemacht werden kann.

10. Sind die Anlaufstellen mit dem Netzbetreiber abgesprochen? (siehe hierzu auch den Abschnitt 6.1 zu Kommunikation und Kooperation zwischen Kommune und Betreiber.)

- Ja. → Es sollte geprüft werden, inwieweit die Anlaufstellen – falls technisch möglich – prioritär versorgt werden können.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

⁴³ http://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/20090731_konzept_btp_b_500.pdf.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungs-
erfordernisse)

- Nein. → Es muss davon ausgegangen werden, dass die Anlaufstellen nicht mit Strom versorgt werden.

11. Verfügen die Anlaufstellen über eine Notstromversorgung?

- Ja. → In der Handakte sollten die Leistung der Aggregate und damit ihre am Verbrauch geschätzte Laufzeit vermerkt werden. Zudem ist die Nachbetankung über entsprechende Verträge und Regelungen sicherzustellen. Auch die Informationen hierzu (Kontakte, Ablaufschema) sind in der Handakte zu notieren.
- Nein. → Es sollte geprüft werden, inwieweit diese im Krisenfall durch mobile Notstromaggregate versorgt werden können.

12. Welche Bedarfe können die Anlaufstellen (ggf. auch ohne Notstrom) erfüllen? (Die folgenden Punkte sollten für jede Anlaufstelle einzeln geprüft werden.)

- Strom
 - Dialyse
 - Künstliche Beatmung
- Heizung
- Kochmöglichkeiten/warme Nahrung
- Bereitstellung von Trinkwasser bzw. Lebensmitteln
- Schlafplätze
- Bereitstellung von Medikamenten
- Weitere

13. Können die Anlaufstellen auch als Annahmestellen für Notrufe genutzt werden?

- Ja.
- Nein. → Es sollte geprüft werden, wie die Bevölkerung Notrufe während eines Stromausfalls und bei Ausfall von Informations- und Kommunikationstechnologien absetzen kann.

Versorgung der Bevölkerung

14. Ist die Bevölkerung über das mögliche Auftreten eines Stromausfalls und entsprechende Auswirkungen informiert worden?

- Ja.
- Nein. → Die Bevölkerung sollte im Rahmen der Katastrophenvorsorge über die Möglichkeit eines Stromausfalles sowie die hiermit verbundenen möglichen Folgen aufgeklärt werden.

15. Ist die Bevölkerung auf mögliche präventive Maßnahmen aufmerksam gemacht worden?

- Ja.
- Nein. → Mithilfe bestehender Materialien sollte die Bevölkerung hierüber informiert werden, um entsprechende präventive Maßnahmen wie bspw. das Anlegen von Vorräten vornehmen zu können. Siehe hierzu z. B. „Für den Notfall vorgesorgt“ des BBK (BBK 2012c) oder das „Krisenhandbuch Stromausfall“ (IM Ba-WÜ und BBK 2010).

16. Sind Medikamenten- bzw. Lebensmittel- und Trinkwasservorräte in der Kommune vorhanden, mit denen die Bevölkerung versorgt werden kann?

- Ja.
- Nein. → Es sollte geprüft werden, inwieweit solche Vorräte vorgehalten werden können. Ggf. sollte darüber nachgedacht werden, inwiefern die Bevölkerung zur eigenständigen Vorratshaltung angeregt werden kann.

17. Wurde über die Einbeziehung der Supermärkte vor Ort in die Versorgung in Krisensituationen nachgedacht?

- Ja. → Die entsprechenden Regelungen sollten in der Handakte notiert werden.
- Nein. → Eine Versorgung durch Supermärkte, die ggf. durch die BOS notstromversorgt werden, kann im Gebiet der Kommune für den Notfall geplant und organisiert werden.

18. Kann die Trinkwasserversorgung ggf. durch den örtlichen Wasserversorger sichergestellt werden?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten prüfen, ob diese alternative Strategie für den Krisenfall entwickelt werden kann. Andernfalls muss davon ausgegangen werden, dass die Bevölkerung ggf. nicht mit Trinkwasser in ausreichenden Mengen versorgt werden kann.

19. Sind Ihnen die Standorte der Notbrunnen bekannt, die ggf. eine Versorgung mit Trinkwasser sicherstellen können?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten die Standorte der Notbrunnen in ihrer Kommune verorten und diese in Papierform festhalten.

20. Ist auch die Logistik für den Transport und die Aufbereitung des Wassers gesichert?

- Ja. → Wer ist hierfür zuständig und wo sind entsprechende Behälter zu erhalten?
- Nein. → Sie sollten eine Inbetriebnahme im Ereignisfall sowohl technisch als auch organisatorisch (Schulung der Mitarbeiter, Verfügbarkeit von Transportgefäßen etc.) sicherstellen.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanforderungen)

6.3 Verwundbarkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) gegenüber Stromausfällen

Durch den Stromausfall und ggf. kaskadierende Effekte auf weitere Infrastrukturen stellt sich die Frage, inwieweit BOS selbst betroffen und damit in ihrer Handlungsfähigkeit bei gleichzeitig höherer Belas-

tung eingeschränkt sein können. Das Hilfspotenzial wird dabei durch die Ausdehnung des Stromausfalls beeinflusst, wie Abbildung 31 zeigt.

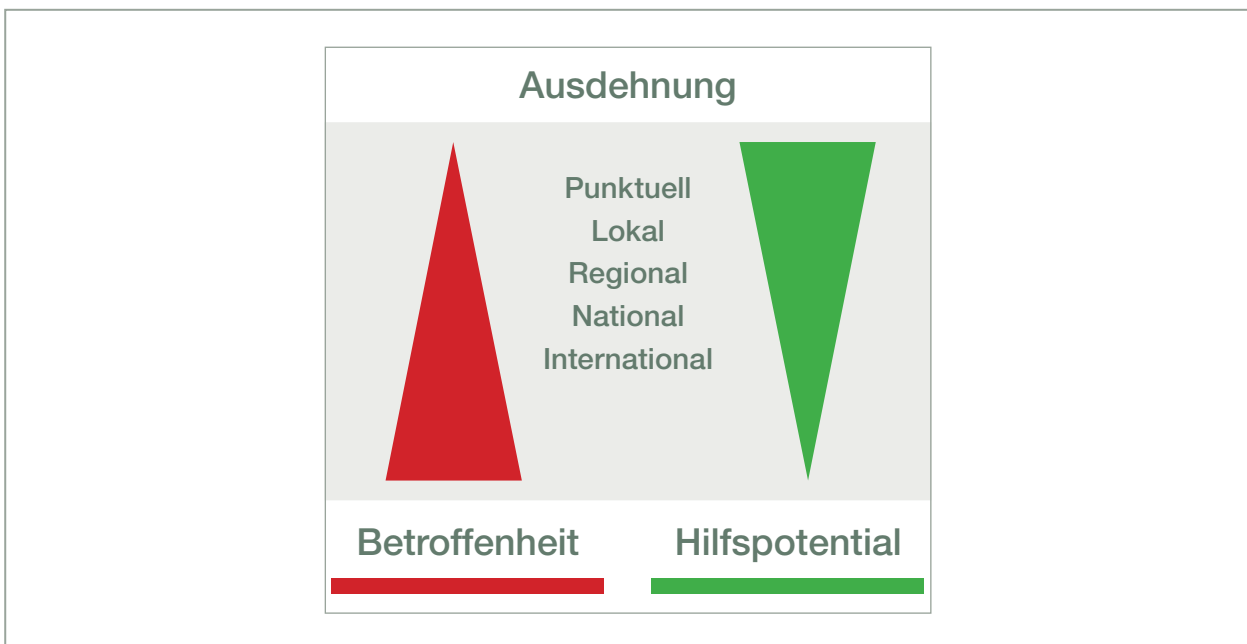


Abbildung 31 : Abnahme des Hilfspotenzials bei zunehmender räumlicher Ausdehnung des Stromausfalls

Quelle: Hartl 2012.

„Behörden, Rettungswesen und Polizei sind selbst Kritische Infrastrukturen und extrem abhängig von der Stromversorgung.“

(Reichenbach et al. 2008, S.23)

6.3.1 Abhängigkeit

Abhängigkeit der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) von der Stromversorgung

1. Welche der genannten BOS sind in ihrer Funktionsfähigkeit von der Stromversorgung abhängig? D. h. welche Einrichtung kann ihre Kernaufgaben nicht – zumindest zeitweise – stromfrei ausführen? Wie sieht es mit Abhängigkeiten von anderen Versorgungsinfrastrukturen (z. B. Tankstellen) aus?

Der Bearbeiter/die Bearbeiterin sollte die relevanten BOS auflisten und einzeln prüfen, inwieweit diese bereits ihre Abhängigkeit vom Stromnetz sowie anderen Infrastrukturen evaluiert haben. Welche zentralen Aufgaben können bspw. auch während eines Stromausfalls aufrechterhalten werden und wie lange?

- Landrat bzw. Oberbürgermeister⁴⁴
- Polizei
- Feuerwehr
- THW
- Hilfsorganisationen:
 - Arbeiter-Samariter-Bund (ASB)
 - Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG)
 - Deutsches Rotes Kreuz (DRK)
 - Johanniter-Unfall-Hilfe (JUH)
 - Malteser Hilfsdienst (MHD)
- Sonstige

Insbesondere die entsprechenden Leitstellen sollten über eine Notstromversorgung verfügen. Ein regelmäßiger Test unter Realbedingungen, also der vollständigen Trennung vom Netz ist dabei wichtig, um die Funktionsfähigkeit im Krisenfall zu sichern.

Zusätzlich sollte durch die jeweiligen BOS auch geprüft und festgehalten werden, welche externen Ressourcen, z. B. durch übergeordnete Verbände erhalten werden können. Falls Notstromgeräte zur Verfügung stehen, sollten deren Standorte sowie die Verfügbarkeit entsprechender Geräte im Verhältnis zum ggf. entstehenden Bedarf analysiert werden.

Insgesamt muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Stromausfall auch überregional sein kann, sodass auch Nachbarkommunen möglicherweise nicht

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

⁴⁴ Zu den BOS gehören die Katastrophenschutzbehörden, die auf weiteren Ebenen insbesondere auch die für den Katastrophenschutz zuständigen Ministerien oder Senatsverwaltungen sowie ggf. die mittleren staatlichen Verwaltungsebenen in den Ländern umfassen (BBK 2012b). Die Notstromversorgung dieser Behörden soll im Zusammenhang dieses Leitfadens nicht weiter geprüft werden.

in der Lage sind, unterstützend tätig zu werden. In diesem Zusammenhang sollte in der Kommune diskutiert werden, inwiefern die Grenzen des Bevölkerungsschutzes an andere Akteure wie Betriebe/Einrichtungen bzw. die Bevölkerung kommuniziert werden, sodass diese zur Eigenvorsorge motiviert werden. Gleichzeitig sollten Bewältigungsstrategien mit den eigenen Ressourcen geplant werden.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

Alarmierung der Mitarbeiter während Stromausfällen

2. *Wie legen die Mitarbeiter den Weg zwischen Arbeit und Wohnort zurück?*
 - Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) → Es kann sein, dass der ÖPNV aufgrund des Stromausfalles nicht weiter funktioniert.
 - PKW → Es sollte in Betracht gezogen werden, dass nicht notstromversorgte Pumpen an Tankstellen ausfallen können und Mitarbeiter ggf. auch nicht mehr tanken können.
 - Zu Fuß/ mit dem Fahrrad → Diese Mitarbeiter werden voraussichtlich die geringsten Schwierigkeiten haben, ihre Dienststelle zu erreichen. Sie sollten prüfen, welcher Anteil der Mitarbeiter die Dienststelle zu Fuß oder per Fahrrad erreichen kann, um einen Überblick über die potenzielle Verfügbarkeit von Mitarbeitern im Ereignisfall zu bekommen.
3. *Ist die Alarmierung der Mitarbeiter geregelt (Weiß jeder Mitarbeiter, ob und wann er sich in einer Krise z. B. zum Arbeitsplatz begeben soll)?*
 - Ja.
 - Nein. → Sie sollten sicherstellen, dass die Mitarbeiter wissen, wie sie im Krisenfall alarmiert werden und wann Dienste angetreten werden sollen, um die Verfügbarkeit von Mitarbeitern auch über einen längeren Zeitraum hinweg zu gewährleisten.

6.3.2 Vorbereitungsgrad

Verfügbarkeit von Notstrom innerhalb der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)

1. *Welche der genannten abhängigen (BOS-)Einrichtungen halten eine Notstromversorgung vor?*
 - Landrat bzw. Oberbürgermeister
 - Polizei
 - Feuerwehr
 - THW
 - Hilfsorganisationen:
 - Arbeiter-Samariter-Bund (ASB)
 - Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG)
 - Deutsches Rotes Kreuz (DRK)
 - Johanniter-Unfall-Hilfe (JUH)
 - Malteser Hilfsdienst (MHD)
 - Sonstige

Kommunikation während eines Stromausfalls

2. Halten die relevanten BOS Satellitenkommunikation vor?

- Ja. → Es muss berücksichtigt werden, dass diese im Falle eines Stromausfalls nur funktionieren können, wenn sie nicht auf ein funktionierendes Internet (Voice-over IP-Technik) angewiesen sind.
- Nein. → Sie sollten über die Einrichtungen von Satellitenkommunikation für den Krisenfall nachdenken und relevante Kontaktdaten in Papierform festhalten.

3. Sind relevante Kontaktdaten bspw. anderer BOS oder der KRITIS-Betreiber bekannt und in Papierform verfügbar?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten die Kontaktdaten der Satellitenkommunikationsgeräte mit den anderen BOS austauschen und in Papierform festhalten, da elektronische Verzeichnisse während eines Stromausfalles ggf. nicht mehr funktionieren.

Es sollte zudem geprüft werden, inwiefern Satellitenkommunikation untereinander kompatibel ist und eine Kommunikation ohne Einwahl in ein öffentliches Netz möglich ist. Das öffentliche Telefonnetz kann während eines Stromausfalls zusammenbrechen, sodass ggf. auch Satellitenkommunikation nicht funktioniert, wenn diese auf eine Einwahl angewiesen ist.

4. Kann alternativ eine Funkverbindung z. B. über Einsatzfahrzeuge aufgebaut werden?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten alternative Kommunikationswege, wie bspw. Funkverbindungen für das Auftreten eines Stromausfalles entwickeln.

5. Ist in entsprechenden Plänen berücksichtigt, dass Einsatzfahrzeuge über ausreichend Treibstoff verfügen bzw. nachgetankt werden können?

- Ja.
- Nein. → Bedenken Sie, dass die Verfügbarkeit von Treibstoff ggf. eingeschränkt sein wird, da Pumpen an Tankstellen ausfallen können. Die Funkverbindung kann daher ggf. nur für wenige Stunden aufrechterhalten werden.

6. Besteht Kontakt zu regionalen Notfunk- bzw. Amateurfunkgruppen?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten entsprechende Gruppen kontaktieren, da diese die Kommunikation der Behörden und Hilfsorganisationen in Schadenslagen unterstützen können⁴⁵.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanforderungen)

⁴⁵ Vgl. hierzu bspw. <http://www.notfunk-deutschland.de/index.html>.

7. *Haben Sie als letzte Rückfallebene auch eine nichttechnische Kommunikation geplant?*
- Ja.
 - Nein. → Sie sollten die Verwendung von Boten bzw. Megafonen etc. in ihre Planung mit einbeziehen, falls andere Kommunikationswege nicht mehr zur Verfügung stehen.
8. *Sind Schreibmaschinen bzw. Durchschlagpapier vorhanden, die für die Verbreitung von Informationen herangezogen werden können?*
- Ja.
 - Nein. → Sie sollten darüber nachdenken, entsprechende Utensilien für einen möglichen Krisenfall vorzuhalten.

Einsatzpläne und Definition von Aufgaben

9. *Sind Funktionen der Mitarbeiter während eines Stromausfalls klar definiert? Ist Schlüsselpersonal festgelegt worden?*
- Ja.
 - Nein. → Es sollte sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter ihre Aufgaben im Krisenfall kennen.
10. *Sind Listen für die zu erfüllenden Aufgaben im Falle eines Stromausfalls innerhalb bestimmter Zeiträume angelegt worden?*
- Ja.
 - Nein. → Sie sollten entsprechende Aufgaben-Listen anlegen, um die Reaktionszeiten zu verkürzen.
11. *Können Mitarbeiter ggf. in der jeweiligen Dienststelle übernachten?*
- Ja.
 - Nein. → Sie sollten über die Einrichtung von Schlafplätzen nachdenken. Falls dies nicht möglich ist, sollte überlegt werden, wie diese ggf. innerhalb kurzer Zeit hergerichtet werden können.
12. *Können Mitarbeiter ggf. in den Behörden einer Nachbarkommune eingesetzt werden, um von dort aus zu arbeiten, falls diese nicht betroffen ist?*
- Ja. → Es sollte sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter den entsprechenden Dienort im Ereignisfall auch erreichen können.
 - Nein. → Sie sollten mit der Nachbarkommune diskutieren, inwieweit eine entsprechende Kooperation möglich ist.

Verpflegung von Mitarbeitern

13. *Sind für die Mitarbeiter Lebensmittel bzw. Trinkwasservorräte vorhanden?*
- Ja.
 - Nein. → Im Krisenfall kann u.U. auch die Versorgung mit Lebensmitteln schwierig werden, da bspw. Kühl- sowie Kassensysteme, aber bspw. auch Bankautomaten nicht mehr funktionieren. Es sollte daher geprüft werden, inwiefern Mitarbeiter versorgt werden können.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

14. Wie lange halten Lebensmittel bzw. Trinkwasservorräte?

- < 1 Tag
- 1 – 2 Tage
- > 2 Tage
- Weiß nicht. → Sie sollten prüfen, wie lange Sie die Mitarbeiter während einer Katastrophe mit Lebensmitteln und Trinkwasser versorgen können, da diese sich ggf. nicht selbst versorgen können. Lebensmittelgeschäfte werden möglicherweise nicht geöffnet sein und auch die Trinkwasserversorgung kann ausfallen. Ggf. sollten die Mitarbeiter darauf aufmerksam gemacht werden, dass eine Versorgung durch den Arbeitgeber nicht sichergestellt werden kann (vgl. z. B. auch Kapitel V-A-3 bis V-A-6 Krisenhandbuch Stromausfall).

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

Kraftstoffbedarf und alternative Kraftstoffversorgung

„Treibstoff und Notstromaggregate können schon sehr kurzfristig zu einer Engpass-Ressource werden.“

(Reichenbach et al. 2008, S.25)

15. Ist der Kraftstoffbedarf der BOS in der eigenen Kommune bekannt?

- Ja.
- Nein. → Informationen zum Kraftstoffbedarf können einerseits in die vorsorgende Planung einfließen und eine Anpassung der Vorräte an tatsächliche Bedarfe bewirken. Sollte dies aus finanziellen oder technischen Gründen nicht möglich sein, ermöglicht die Analyse von Bedarfen und Vorräten zumindest eine realistische Abschätzung möglicher Konsequenzen eines Stromausfalls bzw. eine Priorisierung der Kapazitäten.

16. Sind in der Kommune notstromversorgte Tankstellen vorhanden?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten überlegen, ob die Installation einer Notstromtankstelle in Ihrer Kommune möglich ist. In diesem Zusammenhang bietet sich die Kooperation mit Tankstellenbetreibern an. Auch ist im Vorfeld anzudenken, ob die Notbestromung bestimmter Tankstellen, bspw. durch die Feuerwehr möglich wäre bzw. ob Notstromgeräte angeschafft werden können. Ggf. kann auch die Schaffung von Bewusstsein bei den jeweiligen Betreibern bereits hilfreich sein.

17. Liegt eine Liste der notstromversorgten Tankstellen allen BOS in Papierformat vor?

- Ja.
- Nein. → Sie sollten eine Liste erstellen und allen relevanten BOS zukommen lassen.

18. Ist die Kraftstoffverteilung durch notstromversorgte Tankstellen geregelt?

- Ja. → Sie sollten prüfen, ob diese auch sichergestellt werden kann.
- Nein. → Sie sollten prüfen, inwiefern Regelungen für eine priorisierte Versorgung aufgestellt und im Ereignisfall eingehalten werden können.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungsanfordernisse)

Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass

"Notstromaggregate [...] grundsätzlich nicht zur Standardausrüstung einer Tankstelle [...] gehören...], sodass eine entsprechende Ausstattung dort nicht oder nur im Einzelfall vorzufinden sein dürfte."

(Reichenbach et al. 2008, S.2)

6.4 Verwundbarkeit von Betreibern Kritischer Infrastrukturen und Betrieben gegenüber Stromausfällen

Wie bereits oben angeführt, ist die Zusammenarbeit zwischen Kommune und den Betreibern der Versorgungsnetze von besonderer Bedeutung für die Reduktion der kommunalen Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen. Hierzu zählen neben der Elektrizitätsversorgung bspw. auch die Wasserver- und Abwasserentsorger, Gasversorger, die Verkehrsbetriebe sowie die Informations- und Telekommunikationsunternehmen. Es ist in diesem Zusammenhang wichtig zu wissen, welche Vorsorgemaßnahmen die entsprechenden Betreiber ggf. ergriffen haben, um bspw. kaskadierende Effekte, ausgelöst durch einen Stromausfall, zu verhindern. Gleichzeitig sollte auch geklärt werden, auf welche Hilfeleistung durch die BOS sich die Betreiber (ggf. fälschlich) verlassen, bzw. welche Maßnahmen im Sinne der Prävention ergriffen werden können.

Neben den Betreibern der KRITIS sollten auch solche Betriebe in die Analyse einbezogen werden, die, bspw. bedingt durch ihre Produktionsvorgänge (insb. produzierendes Gewerbe), in besonderem Maße von der Stromversorgung abhängig sind, wie z. B. Papierfabriken. Mögliche Vorsorgemaßnahmen und ggf. auftretende Kapazitätsgrenzen der BOS im Falle eines größeren Stromausfalles sollten gemeinsam diskutiert werden. Die genannten relevanten Betreiber und Betriebe sollten bei der Einrichtung Runder Tische in der Kommune berücksichtigt sein, bzw. vertreten sein, und in mögliche Szenarien/Übungen eingebunden werden. Die folgenden Fragen können dabei als erste Schritte einer Verwundbarkeitsabschätzung gegenüber Stromausfällen verstanden werden.

6.4.1 Abhängigkeit

Berücksichtigung von Stromausfallszenarien bei KRITIS-Betreibern und Betrieben sowie Abschätzung möglicher wirtschaftlicher Folgen

- Haben sich die Betreiber der Elektrizitätsversorgung bzw. die in der Kommune ansässigen Betriebe mit dem Szenario Stromausfall auseinandergesetzt und geprüft, inwieweit sich ein Stromausfall auf den eigenen Betrieb auswirken würde?*
 - Ja.
 - Nein. → Sie sollten prüfen inwieweit die Betreiber/Betriebe den ggf. entstehenden Schaden in Kauf nehmen oder ggf. mit der Hilfe durch BOS rechnen.
- Können im Falle der Unterbrechung der Stromversorgung (größere) wirtschaftliche Schäden entstehen?*
 - Ja. → Es sollte geprüft werden, inwiefern diese durch entsprechende präventive Maßnahmen verhindert werden können.
 - Nein. → Die Betreiber/Betriebe sollten dazu angeregt werden, mögliche Schäden abzuschätzen und diesen – falls möglich – präventiv entgegenzuwirken.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

Berücksichtigung von Kaskadeneffekten

3. Wurde berücksichtigt, dass ggf. Kaskadeneffekte auftreten können, die weitere Infrastruktursektoren beeinträchtigen können und somit möglicherweise auch Informations- und Telekommunikationstechnologien, die Wasserver- bzw. -entsorgung oder das Transportwesen ausfallen können?
- Ja.
 - Nein. → Mögliche Kaskadeneffekte sollten in die Analysen zu potenziellen Auswirkungen auf den Betrieb einbezogen werden, um Handlungsstrategien zu entwickeln.
4. Sind sich die Betreiber/Betriebe ihrer Rolle im Zusammenhang mit möglichen Kaskadeneffekten bewusst?
- Ja.
 - Nein. → Insbesondere Betreiber weiterer Kritischer Infrastrukturen können durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen das Entstehen von Kaskadeneffekten verhindern bzw. zumindest verzögern. Sie sollten möglichst über entsprechend umfangreiche eigene Vorsorgemaßnahmen verfügen.

Unter Betrachtung der möglichen wirtschaftlichen Schäden kann die Inbetriebnahme einer Notstromversorgung für einzelne Unternehmen sinnvoll sein. Hilfreiche Informationen zu Einrichtung und Betrieb einer Notstromversorgung sind zudem auch dem entsprechenden Leitfadens des BBK zu entnehmen (BBK 2008a).

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungs-erfordernisse)

6.4.2 Vorbereitungsgrad

Verfügbarkeit einer Notstromversorgung

1. Verfügen die Betreiber/Betriebe über eine Notstromversorgung?
- Ja.
 - Nein. → Die möglichen Grenzen der BOS sollten aufgezeigt werden, sodass der Betrieb/Betreiber entsprechende Vorsorgemaßnahmen selber ergreifen kann, falls diese erforderlich sind.

Personelle und organisatorische Vorbereitung

2. Haben sich die Betreiber/Betriebe organisatorisch und personell auf einen möglichen Stromausfall vorbereitet? Sind bspw. Funktionen der Mitarbeiter in einer Krise klar definiert? Ist Schlüsselpersonal festgelegt worden?
- Ja. → Welche Maßnahmen lassen sich auch auf andere Betreiber bzw. Betriebe übertragen?
 - Nein. → Neben technischen Vorsorgemaßnahmen sollten auch die Zuständigkeiten der Mitarbeiter während einer Krise klar definiert werden.

3. *Besteht aufseiten der Betreiber/Betriebe ein funktionsfähiges Krisenmanagement?*

- Ja. → Es sollte darauf geachtet werden, dass hierzu regelmäßig Übungen durchgeführt werden.
- Nein. → Ein funktionsfähiges Krisenmanagement sollte etabliert werden.

Notizen

(z.B. für Ansprechpartner, Kontaktdaten, Handlungserfordernisse)

Weiterführende Literatur

Die Checkliste ist wie eingangs beschrieben eine erste Hilfestellung und kann zur Sensibilisierung der Kommunen mit dem Thema Stromausfall führen. Darüber hinaus sollten Planungen zur Reduzierung der

Verwundbarkeit gegenüber Stromausfällen auch mit weiterführender Literatur zum Thema Stromausfall entwickelt werden. Hierfür können u. a. die folgenden Publikationen genutzt werden:

In der alten Bundesrepublik erstellten Kreise und kreisfreie Städte sogenannte Orts- oder Kreisbeschreibungen. Spezielle Rechtsvorschriften, die dies verbindlich vorschrieben, hatte der Bund jedoch nicht erlassen. Die Beschreibungen sollten dem Hauptverwaltungsbeamten eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt in Krisenfällen als Arbeitsgrundlage und Entscheidungshilfe dienen; sie enthielten Angaben über die Struktur des Kreises, die Ressourcen und die Möglichkeiten, in Not geratenen Menschen zu helfen. Nach dem Ende des Kalten Krieges wurden diese Kreisbeschreibungen vielerorts nicht mehr weitergepflegt. Jedoch liefern auch die alten Dokumenten einen strukturierten Einstieg für die Notfallplanung. Vielleicht existiert die Orts- oder Kreisbeschreibung in Ihrem Zuständigkeitsbereich noch und kann als Grundlage für die Erstellung der Handakten herangezogen werden. Beim BBK

ist zudem die Richtlinie für die Bestandsaufnahme online erhältlich.

Richtlinie zur Bestandsaufnahme von 1975

http://fis.bbk.bund.de/aDISWeb/app;jsessionid=4F6AAE9B3D87204DB5F94A613AED2F40?service=aDISAsset/POOLBMSD_44002300_28A47E00/ZLAK_HTMLGL_1&sp=S%24OTPDF_1&sp=SMT00000001&requestCount=5

Richtlinie zur Bestandsaufnahme von 1981

http://fis.bbk.bund.de/aDISWeb/app;jsessionid=4F6AAE9B3D87204DB5F94A613AED2F40?service=aDISAsset/POOLBMSD_44002300_28A47E00/ZLAK_HTMLGL_1&sp=S%24OTPDF_1&sp=SMT00000001&requestCount=4



Abbildung 32: Krisenhandbuch Stromausfall

Der Bericht des Deutschen Bundestages (Drucksache 17/5672) „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung“ analysiert die Auswirkungen eines Stromausfalls auf eine Vielzahl abhängiger Infrastrukturdienstleistungen, wie bspw. Transport, Wasserversorgung oder das Gesundheitswesen, die durch den Ausfall der Stromversorgung beeinträchtigt wären, und zeigt Bewältigungsoptionen sowie Handlungsbedarfe auf:

Deutscher Bundestag (2011): Drucksache 17/5672 – TA-Projekt: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. Berlin. Verfügbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf> (10.01.2013).

Das Handbuch „Krisenmanagement Stromausfall“ beschreibt in seiner Langfassung (auf Anfrage erhältlich beim BBK) ausführlich die verschiedenen relevanten Bereiche im Zusammenhang mit Stromausfällen. Beispielsweise werden rechtliche Grundlagen oder die Stromversorgung als solche mit ihren Auswirkungen auf weitere Infrastrukturen beleuchtet. Zudem umfasst das Handbuch eine Vielzahl von umfangreichen Planungshilfen, u. a. für Vorsorge und Krisenbewältigung von Stromausfällen:

Innenministerium Baden-Württemberg und Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2010): Handbuch „Krisenmanagement Stromausfall“, Kurzfassung. Verfügbar unter:

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Krisenhandbuch_Stromausfall_Kurzfassung_pdf.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013)

Der Bericht des Deutschen Bundestages basiert auf dem Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung (TAB), der die Auswirkungen von Stromausfällen auf ausgewählte Kritische Infrastrukturen, sowie verhaltensbezogene Folgen analysiert, um Bewältigungsoptionen und Handlungsbedarfe aufzuzeigen:

M. und U. Riehm (2010): Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr. 141. Verfügbar unter:

<http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab141.pdf> (25.03.2013).

Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch,



Abbildung 33: Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene

Ausführungen zur Abschätzung der Auswirkungen von Hochwasser auf die Elektrizitäts- und Trinkwasserversorgung sind dem Leitfaden "Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene" zu entnehmen:

Birkmann, J., Dech, S., Gähler, M., Krings, S., Kühling, W., Meisel, K., Roth, A., Schieritz, A., Taubenböck, H., Vollmer, M., Welle, T., Wolfertz, J., Wurm, M. und H. Zwenzner (2010a): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevölkerungsschutz/Band_4_Hochwasser-Kom-Ebene.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).

<p>Methoden zur Durchführung einer Risikoanalyse können der entsprechenden Publikation des BBK entnommen werden:</p>	<p>rum, Band 8. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Wissenschaftsforum/Bd8_Methode-Risikoanalyse-BS.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).</p>
<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2010a): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz, Wissenschaftsfo-</p>	
<p>Informationen zum Umgang mit Stromausfällen sowie entsprechende Vorbereitungsmöglichkeiten für die Bevölkerung sind im Flyer „Stromausfall - Vorsorge und Selbsthilfe“ zu finden:</p>	<p>und Selbsthilfe. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Stromausfall.pdf?__blob=publicationFile (18.02.2013).</p>
<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2008c): Stromausfall. Vorsorge</p>	
<p>Das Bundesministerium des Innern (BMI) hat zwei Leitfäden für Unternehmen und Behörden herausgegeben, die sich mit dem Schutz Kritischer Infrastrukturen bzw. Krisenkommunikation auseinandersetzen:</p>	<p>DE/Broschueren/2008/Leitfaden_Schutz_kritischer_Infrastrukturen.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).</p>
<p>Bundesministerium des Innern (BMI) (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement: Leitfaden für Unternehmen und Behörden, Berlin. Verfügbar unter:</p>	<p>Bundesministerium des Innern (BMI) (2008): Krisenkommunikation: Leitfaden für Behörden und Unternehmen, Berlin. Verfügbar unter: http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2008/Krisenkommunikation.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).</p>
<p>http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/</p>	
<p>Weiterführende Informationen zum Krisenmanagement können der Broschüre „Bevölkerungsschutz in Deutschland“ bzw. im Bezug auf die Durchführung von Übungen dem „Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen“ des BBK entnommen werden. Außerdem sollte die Feuerwehr-Dienstvorschrift 100 (FwDV 100) zur Führung und Leitung im Einsatz zur weiteren Information herangezogen werden.</p>	<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2011c): Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen, Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Leitf_KM_Uebung.pdf?__blob=publicationFile (15.04.2013).</p>
<p>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2010b): Bevölkerungsschutz in Deutschland, Kompetenz im Bevölkerungsschutz. Bonn. Verfügbar unter:</p>	<p>FwDV 100 vom März 1999, u. a. verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/FIS/DownloadsRechtundVorschriften/Volltext_Fw_Dv/FwDV%20100.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).</p>
<p>http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Faltblatt_bevoelkerungsschutz.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).</p>	

VII. Kapitel

Entwicklung von Maßnahmen auf kommunaler Ebene

7.1 Umgang mit den Assessmentergebnissen

Nach der Durchführung der erläuterten Assessmentmethoden liegt eine Informations- und Datenbasis zur räumlichen Verteilung sowie der jeweiligen Ausprägung von Verwundbarkeitskriterien auf kommunaler Ebene gegenüber Hitzestress, Starkregen und Stromausfallszenarien vor. Die Ergebnisse der Abschätzungen, die anhand des Leitfadens durchgeführt werden können, stellen eine Informationsbasis zur Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen dar, um die Verwundbarkeit der Kommune, der Bevölkerung sowie kritischer Infrastrukturen gegenüber Hitzewellen und Starkregenereignissen zu reduzieren.

Im Grunde bestehen drei Möglichkeiten zum Umgang mit den Ergebnissen der Abschätzung, die je nach Fragestellung, dem angestrebten Schutzniveau, dem erforderlichen Aufwand und den zur Verfügung stehenden Ressourcen und Möglichkeiten von der Kommune gewählt werden können:

1. Die Verwundbarkeit kann akzeptiert und es kann präventiv für eine verbesserte Unterstützung im Ereignisfall gesorgt werden (z. B. bei der Unterstützung hilfebedürftiger Personen).
2. Die Exposition kann reduziert werden (z. B. Berücksichtigung der Exposition bei Neubauten von Einrichtungen sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen, oder städtebauliche Maßnahmen zur Reduktion des urbanen Hitzeeffekts).
3. Die Anfälligkeit kann reduziert und die Bewältigungskapazität kann auf verschiedenen Ebenen (Bevölkerung, BOS und Betreiber/Betriebe) erhöht werden (z. B. durch die Schaffung redundanter KRITIS-Komponenten oder die Entwicklung von Informationsmaterial in weiteren Sprachen, neben der deutschen).

Die Ergebnisse des Verwundbarkeitsassessments bieten damit eine Grundlage zur Verbesserung der vorsorgenden Planung und des Risikomanagements. Die Maßnahmen sollten in enger Zusammenarbeit der Kommunen mit Betreibern Kritischer Infrastruk-

turen sowie Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (z. B. Feuerwehr und Rettungsdienste) entwickelt und umgesetzt werden. Hinweise auf Maßnahmen wurden im Rahmen der Erläuterung der einzelnen Verwundbarkeitsaspekte gegeben, und sollten auf Grundlage der Ergebnisse und der kommunalen Rahmenbedingungen konkretisiert werden.

Das Verwundbarkeitsassessment ermöglicht dabei auch eine Prioritätensetzung bei der Umsetzung von Maßnahmen, zum einen thematisch, bzgl. besonders vulnerabler Personen oder Komponenten, zum anderen aber insbesondere auch räumlich, indem besonders gefahrenexponierte und vulnerable Räume der Kommune identifiziert werden.

Die Berücksichtigung sich verändernder Entwicklungen des Klimas bzw. von aktualisierten Erkenntnissen zur zukünftigen Entwicklung von klimabeeinflussten Extremereignissen, die Weiterentwicklung von präventiven Schutzmaßnahmen sowie die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung und relevanter Akteure sind dabei als kontinuierliche und stets anzupassende Prozesse zu verstehen. Die Durchführung von Verwundbarkeitsabschätzungen ist daher in regelmäßig wiederkehrenden Abständen anzuraten.

Insgesamt schließt dieser Leitfaden an die Publikation *Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene* (Birkmann et al. 2010a) an und analysiert die Verwundbarkeit von KRITIS und Bevölkerung gegenüber weiteren Naturgefahren (Hitzewellen und Starkregen). Mithilfe der entwickelten Methoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit bekommen Kommunen eine Handreichung, um diese Aspekte in den Bevölkerungsschutz einzubeziehen und somit auch im Hinblick auf klimawandelbeeinflusste Veränderungen eine vorsorgende Planung zu erstellen. Die Analyse der Verwundbarkeit bietet eine umfassende Grundlage zur Entwicklung entsprechender Handlungsmaßnahmen. Sie verdeutlicht aufgrund der verschiedenen Teilaspekte und Einflussfaktoren den Bedarf interfachlicher und akteursübergreifender Kooperationen.

Der zweite Assessment-Schritt, der beispielhaft den Ausfall der Elektrizitätsversorgung z. B. durch eine Hitzewelle berücksichtigt, baut teilweise auf bestehende Forschung auf (vgl. z. B. IM Ba-Wü 2010), bezieht sich aber insbesondere auf die Thematisierung des Kommunikations- und Kooperations-

bedarfs innerhalb von Kommunen. Der Austausch von Informationen und Kontakten - auch mit dem Bürger - kann die Auswirkungen von Stromausfällen wesentlich beeinflussen und sollte daher in Konzepte zur Reduktion der Verwundbarkeit gegenüber Extremereignissen integriert werden.

7.2 Zusätzliches Informationsmaterial

Da der Bevölkerungsschutz im Falle eines flächen-deckenden Stromausfalles an seine Grenzen stoßen wird, bzw. viele Maßnahmen auch im Bezug auf Starkregen und Hitzewellen nur auf individueller Ebene durchgeführt werden können, müssen sowohl Betriebe und Einrichtungen als auch die Bevölkerung selbst in die Planung einbezogen werden. Dies kann z. B. durch Informationskampagnen geschehen, in denen auf vergangene Ereignisse und deren Auswirkungen hingewiesen wird, um gleichzeitig auf Handlungsempfehlungen einzugehen. Aktive Schulungen und Weiterbildungen können den Bewusstseinsbildungsprozess unterstützen.

Basierend auf den Verwundbarkeitsabschätzungen können Maßnahmen ergriffen werden, für die bereits an verschiedenen Stellen im Leitfaden Ansätze und Beispiele gegeben wurden. Sie greifen damit teilweise *Best Practice* Beispiele auf, die von den Praxispartnern angewendet wurden. Entsprechende Empfehlungen sind als Beispiele zu verstehen und in sich nicht abschließend. Gleichzeitig besteht bereits eine Vielzahl von Ratgebern bzw. Merkblättern zu entsprechenden Maßnahmen im Kontext von Hitzewellen, Starkregen bzw. Stromausfall für verschiedene Akteure. Auf diese kann durch die Kommunen zurückgegriffen werden, so dass der Aufwand für die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen möglichst gering gehalten werden kann.

Das BBK stellt bspw. folgende Informationsblätter zur Verfügung:

Basisschutz für Katastrophenschutz und Hilfsorganisationen (2007):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Basis-schutz_HiOrg.pdf?__blob=publicationFile

Der Leitfaden soll die Verwundbarkeiten von Katastrophenschutz und Hilfsorganisationen gegenüber extremen Naturereignissen, technischem Versagen und kriminellen Handlungen verringern. Es werden bauliche, organisatorische, personenbezogene und technische Standard-Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigt.

Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement, Leitfaden für Unternehmen und Behörden (2011b):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden_Schutz-Kritis.pdf?__blob=publicationFile

Der Leitfaden stellt ein Managementkonzept für solche Einrichtungen vor, die von staatlicher Seite als Kritische Infrastrukturen bezeichnet werden. Das Konzept unterstützt die Betreiber Kritischer Infrastrukturen bei der strukturierten Ermittlung von Risiken, der darauf basierenden Umsetzung vorbeugender Maßnahmen sowie dem effektiven und effizienten Umgang mit Krisen.

Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus (2008b):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungs-schutz/Band_2_Leitfaden_Risikomanagm_Kranken-h_Kritis.pdf?__blob=publicationFile

Diese Broschüre richtet sich an die Träger von Krankenhäusern und dort an Personen, die in der Geschäftsführung, der ärztlichen sowie technischen Leitung für die Bereiche Sicherheit und Alarmplanung, Katastrophenschutz, Haustechnik und Infrastrukturversorgung eines Krankenhauses zuständig sind. Sie umreißt die wichtigsten Schritte eines Risikomanagement-Prozesses und gibt den mit der Durchführung beauftragten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern konkrete Handlungsempfehlungen.

Empfehlungen zur Sicherheit von Gebäuden (2011a):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Gebaeudesicherheit.pdf?__blob=publicationFile

Das Merkblatt beschreibt präventive Schutzmaßnahmen von Neu- und Altbauten vor Naturgefahren.

Hitze - Vorsorge und Selbsthilfe (2009):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Hitze.pdf?__blob=publicationFile

Das Merkblatt gibt Informationen zu Frühwarnung vor Hitzewellen sowie entsprechenden Vorsorge-maßnahmen.

Stromausfall - Vorsorge und Selbsthilfe (2008c):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Stromausfall.pdf?__blob=publicationFile

Der Flyer informiert über die Möglichkeit von Stromausfällen in Deutschland sowie entsprechende Vorbereitungsmöglichkeiten der Bevölkerung.

Für den Notfall vorgesorgt (2012c):

http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Brosch_FdN.pdf?__blob=publicationFile

Die Broschüre enthält Informationen zu allgemeinen Vorsorgemaßnahmen gegenüber Bränden, Unfällen oder Stromausfällen. Neben wertvollen Verhaltenstipps sind Listen mit Gegenständen enthalten, die jeder Haushalt vorhalten sollte.

Im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel ist zudem eine Reihe von Aktivitäten des Bundes für die Kommunen von Interesse. So bestehen bspw. eine Reihe von Institutionen, die für die Bündelung und die Vermittlung von Informationen zur Anpassung an den Klimawandel zuständig sind (vgl. Bundesregierung 2011). Hierzu gehören der Deutsche Wetterdienst (DWD), das „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung“ im Umweltbundesamt, das Climate Service Center (CSC) sowie die Strategische Behördenallianz. Bei Ihnen können die Kommunen weiterführende Informationen zur Entwicklung von Maßnahmen erhalten.

Ferner können das Klimabündnis⁴⁶ oder der Verband von Städten, Gemeinden und Landkreisen für nachhaltige Entwicklung und Umweltschutz "ICLEI" (Local Governments for Sustainability)⁴⁷ als Plattform zum Austausch mit anderen Kommunen dienen.

⁴⁶ <http://www.klimabuendnis.org/home.html?&L=1>

⁴⁷ <http://resilient-cities.iclei.org/>

Literaturverzeichnis

- Adnot, J., Grignon-Masse, L., Legendre, S., Marchio, D., Nermond, G., Rahim, S., Riviere, P., Andre, P., Detroux, L., Lebrun, J., L'Hoest, J., Teodorose, V., Alexandre, J. L., Sa, E., Benke, G., Bogner, T., Conroy, A., Hitchin, R., Pout, C., Thorpe, W. und S. Karatasou (2008): Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation) - Economic and Market analysis. Tech. rep., The European Commission.
- Akbari, H., Pomerantz, M. und H. Taha (2001): Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. In: *Solar Energy*, 70, 295–310.
- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahim, F., Tagipour, A., Kumar, K.R., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Agiular, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. und J.L. Vasquez-Aguirre (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. In: *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 111(5), DOI: 10.1029/2005JD006290.
- Allebrodt, B. und K. Sponholz (2008). *Nach dem Unwetter von Dortmund – Jahrbundertregen oder Folge des Klimawandels?* Nachricht vom 29.07.2008. Verfügbar unter: <http://www.derwesten.de/nachrichten/im-westen/Jahrbundertregen-oder-Folge-des-Klimawandels-id521076.html> (25.11.2011).
- Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A. and L. Newland (1995): Mapping micro-urban heat islands using LandsatTM and a GIS. In: *Computers und Geosciences*, 21(8), 965-969.
- Applegate, W. B., Runyan, J. W., Brasfield, L., Williams, M. L., Konigsberg, C. und C. Fouche (1981). Analysis of the 1980 heat wave in Memphis. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 29, 337-342.
- Barredo, J. I. (2007): Major flood disasters in Europe: 1950-2005. In: *Natural Hazards*, 42(1), 125-48.
- Bartels, H., Malitz, G. und S. Asmus (1997): Starkniederschlagshöhe für Deutschland: KOSTRA. Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach.
- Birkmann, J. (2004): Monitoring und Controlling einer nachhaltigen Raumentwicklung – Indikatoren als Werkzeuge im Planungsprozess. In: *Regio Spezial 2*. Dortmund.
- Birkmann, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: J. Birkmann (Hrsg.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*, Tokyo, 9-54.
- Birkmann, J. (2011): First- and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. In: *Natural Hazards*, 58, 811 – 840.
- Birkmann (2013): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: J. Birkmann (Hrsg.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*, 2. Auflage, Tokyo, 9-54
- Birkmann, J., Dech, S., Gähler, M., Krings, S., Kühling, W., Meisel, K., Roth, A., Schieritz, A., Taubenböck, H., Vollmer, M., Welle, T., Wolfertz, J., Wurm, M. und H. Zwenzner (2010a): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Band_4_Hochwasser-Kom-Ebene.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Birkmann, J., Vollmer, M. und J. Wolfertz (2010b): Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen. In: Birkmann, J., Dech, S., Gähler, M., Krings, S., Kühling, W., Meisel, K., Roth, A., Schieritz, A., Taubenböck, H., Vollmer, M., Welle, T., Wolfertz, J., Wurm, M. und H. Zwenzner : *Abschätzung*

- der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene.* Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn, 48-93. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Band_4_Hochwasser-Kom-Ebene.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Blättner, B., Heckenhahn, M., Georgy, S., Grewe, H. A. und S. Kupski (2010): Wohngebiete mit hitzeabhängigen Gesundheitsrisiken ermitteln – Soziodemografische und klimatische Kartierung als Planungsinstrument gezielter Prävention. In: *Bundesgesundheitsblatt*, 53, 75-81.
- Böhm, H.-R.; Kemper, T.; Riechel, R. (2011): Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Handlungskonzept für das Gersprenz-Einzugsgebiet, Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR, KLARA-Net, Darmstadt. Verfügbar unter: <http://www.klara-net.de/home/downloads> (15.01.13).
- Bouchama, A., Dehbi, M., G. and, F. M., Shoukri, M. und B. Menne (2007): Prognostic Factors in Heat Wave Related Deaths: A Meta-analysis. In: *Archives of Internal Medicine*, 167/20, 2170-2176.
- Bornstein, R. D. (1968): Observations of the urban heat island effect in New York City. In: *Journal of Applied Meteorology*, 7, 575–582.
- Büchel, M. von (2008): Hochwasser-Versammlung: Bürger schildern die Katastrophe. Verfügbar unter: <http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/dortmund/westen/Hochwasser-Versammlung-Buerger-schildern-die-Katastrophe;art2577,393913>, Nachricht vom 28.10.2008 (25.11.2011).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2007): Basisschutz für Katastrophenschutz und Hilfsorganisationen. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Basisschutz_HiOrg.pdf?__blob=publicationFile (18.02.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2008a): Leitfaden für die Einrichtung und den Betrieb einer Notstromversorgung in Behörden und anderen wichtigen öffentlichen Einrichtungen. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2008b): Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Band_2_Leitfaden_Risikomanagm_Krankenh_Kritis.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2008c): Stromausfall. Vorsorge und Selbsthilfe. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Stromausfall.pdf?__blob=publicationFile (18.02.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2009): Hitze – Vorsorge und Selbsthilfe. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Hitze.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2010a): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz, Wissenschaftsforum, Band 8. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Wissenschaftsforum/Bd8_Methode-Risikoanalyse-BS.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2010b): Bevölkerungsschutz in Deutschland, Kompetenz im Bevölkerungsschutz. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Faltblatt_bevoelkerungsschutz.pdf?__blob=publicationFile (17.04.2013).

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2011a): Empfehlung zur Sicherheit von Gebäuden. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Gebaeudesicherheit.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2011b): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden_Schutz-Kritis.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2011c): Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen, Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Leitf_KM_Uebung.pdf?__blob=publicationFile(15.04.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2012a): Klimawandel – Herausforderung für den Bevölkerungsschutz. Praxis im Bevölkerungsschutz Band 5. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2012b): Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/DE/Servicefunktionen/Glossar/_function/glossar.html?lv2=1899366&lv3=1948880.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2012c): Für den Notfall vorgesorgt. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Brosch_FdN.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2013): Sturzfluten. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Flyer_Sturzfluten.pdf?__blob=publicationFile (13.08.2013).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) und Deutscher Städtetag (DST) (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/DreiEbenen-einZiel.html (18.02.2013).
- Bundesamt für Güterverkehr (BAG) (2003): Marktbeobachtungen, Herbst 2003. Köln.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2013): Kritische Infrastrukturen – Definition und Übersicht. Verfügbar unter: http://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/einfuehrung_node.html (12.08.2013).
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2006): Niedrigwasserperiode 2003 in Deutschland. Ursachen – Wirkungen – Folgen. Koblenz.
- Bundesministerium des Innern (BMI) (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Verfügbar unter: http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Themen/Sicherheit/SicherheitAllgemein/kritis.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Bundesnetzagentur (2006): Untersuchungsbericht über die Versorgungsstörungen im Netzgebiet des RWE im Münsterland vom 25.11.2005 durch die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Verfügbar unter: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Energie/Sonderthemen/Versorgungsstoerung-Muensterland05/UntersuchungsberichtId6420pdf.pdf?__blob=publicationFile (12.01.2012).
- Bundesnetzagentur (2012): Monitoringbericht 2011. Verfügbar unter: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2011/MonitoringBericht2011.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (27.05.2013).

- Bunderegierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin. Verfügbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (10.01.2013).
- Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Berlin.
- Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B. M. und J. B. Davison (2010): Green roofs; Building energy savings and the potential for retrofit. In: *Energy and Buildings*, 42 (10), 1582-1591.
- Castro, D., Friedrichs, S., Fritz, H., Mittelstädt, R., Seltmann, J., Einfalt, T., Friedeheim, K., Kubik, A., Müller, M. und A. Wagner (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Verfügbar unter: <http://www.urbanesturzfluten.de/schlussbericht/schlussbericht/view> (31.05.13)
- Cieminski, K. und A. Brede (2008): Unwetter setzt Marten unter Wasser. Verfügbar unter: <http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/dortmund/westen/Unwetter-setzt-Marten-unter-Wasser;art2577,317260> (25.11.2011).
- Clark, G., Moser, S., Ratick, S., Dow, K., Meyer, W., Emani, S., Jin, W., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E. und H. E. Schwarz (1998): Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: The case of Revere, MA, USA. In: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3, 59–82.
- Corburn, J. (2009): Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation: Localising Global Environmental Science. In: *Urban Studies*, 46, 413–427.
- Coumou, D. und S. Rahmstorf (2012): A decade of weather extremes. In: *Nature Climate Change*, 2, 491–496.
- Coumou, D., Robinson, A. und S. Rahmstorf (2013): Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. In: *Climatic Change*, 118(3-4), 771-782.
- Creutin, J. D., Borga, M., Lutoff, C., Scolobig, A., Ruin, I. und L. Créton-Cazanave (2009): Catchment dynamics and social response during flash flood: the potential of radar rainfall monitoring for warning procedures. In: *Meteorological Applications*, 16(1), 115-125.
- Curriero, F., Heiner, K., Samet, J., Zeger, S., Strug, L., und J. Patz (2002): Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. In: *American Journal of Epidemiology*, 155, 80-87.
- Cutter, S. L., Mitchell, J. T. und M. S. Scott (2000): Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. In: *Annals of the Association of American Geographers*, 90, 713–737.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J. und W. L. Shirley (2003): Social vulnerability to environmental hazards. In: *Social Science Quarterly*, 84, 242-261.
- Danks, D. M., Webb, D. W. und J. Allen (2004): Heat illness in infants and young children – a study of 47 cases. In: *Wilderness and Environmental Medicine*, 15, 293-300.
- Deutscher Bundestag (2011): Drucksache 17/5672 – TA-Projekt: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. Berlin. Verfügbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf> (10.01.2013).
- Deutscher Städtetag (2012): Positionspapier Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen und Maßnahmen der Städte. Köln. Verfügbar unter: http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf (10.01.2013).
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2010): DWD Wetterlexikon: Starkregen. Verfügbar unter: <http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm?ID=S&DAT=Starkregen> (19.02.2013).

- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2012): Hitzewarnsystem. Verfügbar unter: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_result_page&portletMasterPortlet_i1gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FWetter__Warnungen%2FBiowetter%2FGef__Temp%2Fhitzewarnsystem__node.html%3F__nnn%3Dtrue (27.11.12)
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2013): Starkregen (Starkniederschlag), Wetterlexikon. Verfügbar unter: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_wetterlexikon&_nfls=false (28.02.2013).
- Diaz, J., Garcia, R., Velazquez de Castro, F., Hernández, E., López, C. und A. Otero (2002): Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. In: *International Journal of Biometeorology*, 46(3), 145-149.
- Divya, K. C. und J. Østergaard (2009): Battery Energy Storage Technology for power systems-An overview. In: *Electric Power Systems Research*, 79, 511-520.
- Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K., Plattner, S.K. Allen, M. Tignor und P.M. Midgley (Hrsg.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA
- dpa (2008). Wetterchaos in Dortmund. Verfügbar unter: <http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/dortmund/Wetterchaos-in-Dortmund;art930,317299>, Nachricht vom 27. 07 2008 (25.11.2011).
- dpa/Inv. (2008). Millionenschaden durch Juliunwetter in Dortmund. Verfügbar unter <http://www.ruhrnachrichten.de/nachrichten/region/nordrhein-westfalen/art5192,330041>, Nachricht vom 12. 08 2008 (25.11.2011).
- Ebertz, M. (2012): Die Auswirkungen des Sturmtiefs Kyrill auf den Kreis Siegen-Wittgenstein, Präsentation im Rahmen des Workshops“ Operative Vorbereitung auf Stromausfälle“ am 20. November 2012, Fraunhofer, FIT, Sankt Augustin. Verfügbar unter: <http://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/ebertz.pdf> (23.04.2013).
- Ellis, F. P., Prince, H. P., Lovatt, G. und R. M. Whittington (1980): Mortality and morbidity in Birmingham during the 1976 heatwave. In: *The Quarterly Journal of Medicine*, 49, 1-8.
- Fekete, A. (2011): Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures. In: *International Journal of Disaster Risk Science*, 2 (1), 15–24
- Füssel, H.-M. und R.J.T. Klein (2006): Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. In: *Climatic Change*, 75(3), 301-329.
- Gallego, F. J. (2010): A population density grid of the European Union. In: *Population and Environment*, 31, 460-473.
- Gaume, E., Livet, M., Desbordes, M. und J. P. Villeneuve (2004): Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. In: *Journal of Hydrology*, 286 (1-4), 135-154.
- Geenen E.M. (2010): Bevölkerungsverhalten und Möglichkeiten des Krisenmanagements und Katastrophenschutzmanagements in multikulturellen Gesellschaften, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 11. Bonn. Verfügbar unter http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenForschung/FiB_Band11.pdf?__blob=publicationFile (26.02.13).
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R. und S. Pauleit (2007): Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. In: *Built Environment*, 33 (1), 115–133.
- Golden, J. S. (2004): The built environment induced urban heat island effect in rapidly urbanizing arid regions – a sustainable urban engineering complexity. In: *Environmental Sciences*, 1(4), 321–349.

- Greenberg, J. H., Bromberg, J., Reed, C. M., Gustafson, T. L. und R. A. Beauchamp (1983): The epidemiology of heat-related deaths, Texas-1950, 1970–1979. In: *American Journal of Public Health*, 73, 805-807.
- Grünewald, U. (2009). *Zur Entstehung und Verlauf der extremen Niederschlags-Ablauf-Ereignisse am 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund*. Verfügbar unter: http://gruene-luedo.de/download/gutachten_neu.pdf (25.11.2011).
- Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A. und V. Efthimiou (2009): Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (6–7), 1513–1522.
- Hamburg Wasser (Hrsg.) (2012): Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Hamburg. Verfügbar unter: <http://www.hamburg.de/contentblob/3540740/data/leitfaden-starkregen.pdf> (10.01.2013).
- Hartl, P. (2012): Einsatzplanung der Feuerwehr Köln für einen großflächigen Stromausfall. Präsentation im Rahmen der Veranstaltung „Operative Vorbereitung auf Stromausfälle“ des Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT. Verfügbar unter: <http://www.fit.fraunhofer.de/de/events/stromausfall.html> (21.02.2013).
- Henschel, A., Burton, L. L., Margolis, L., und J. E. Smith (1969): An analysis of the heat deaths in St. Louis during July, 1966. In: *American Journal of Public Health*, 59, 2232-2242.
- ICSU-LAC (2010): Science for a better life: Developing regional scientific programs in priority areas for Latin America and the Caribbean. Vol 2, Understanding and Managing Risk Associated with Natural Hazards: An Integrated Scientific Approach in Latin America and the Caribbean [Cardona, O.D., Bertoni, J.C., Gibbs, A., Hermelin, M. and A. Lavell (Hrsg.)]. ICSU Regional Office for Latin America and the Caribbean, Rio de Janeiro, Brazil.
- Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG (2012): interne Kommunikation im Dezember 2012.
- Innenministerium Baden-Württemberg und Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (IM Ba-Wü und BBK) (Hrsg.) (2010): Handbuch „Krisenmanagement Stromausfall“, Kurzfassung. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Krisenhandbuch_Stromausfall_Kurzfassung_pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Institut Wohnen und Umwelt – IWU (2005): Deutsche Gebäudetypologie. Systematik und Datensätze. Verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Gebaedetypologie_Deutschland.pdf (30.01.13).
- Institut Wohnen und Umwelt – IWU (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Verfügbar unter: http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf (30.01.13).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012): Managing the Risks of Extreme Event and Disasters to advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 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 und P. M. Midgley (Hrsg.). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- International Risk Governance Council (IRGC) (2006): White Paper on Managing and Reducing Social Vulnerabilities from Coupled Critical Infrastructures. Châtelaine.
- Johnson, H., Kovats, R. S., McGregor, G., Stedman, J., Gibbs, M., Walton, H., Cook, L. und E. Black (2005): The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. In: *Health Statistics Quarterly*, 25, 6-11.

- Jones, T. S., Liang, A. P., Kilbourne, E. M., Griffin, M., Patriarca, P., Wassilak, S., Mullan, R. J., Herrick, R. F., Donnell, H.D., Choi, K. und S. B. Tacker (1982): Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, Mo. In: *Journal of the American Medical Association*, 247, 3327-3331.
- Jonkman, S. N. (2005): Global perspectives on loss of human life caused by floods. In: *Natural Hazards*, 34, 151-175.
- Kaźmierczak, A. und G. Cavan (2011): Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. In: *Landscape and Urban Planning*, 103, 185 - 197.
- Kelsch, M., Coporali, E. und L. G. Lanza (2001): Hydrometeorology of Flash Floods. In: Grunfest, E. und J. Handmer (Hrsg.): *Coping With Flash Floods*, NATO Sciences Series, 2. Environmental Security, 77, 19-36.
- Kilbourne, E., Cho, K., Jones, T. und S. Thacker (1982). Risk factors for heat stroke: a case-control study. In: *Journal of the American Medical Association*, 247, 3332-3336.
- Kjellstrom, T. (2009): Climate change, direct heat exposure, health and well-being in low and middle income countries. In: *Global Health Action*, 2, 1-3.
- Klein, I. (2011): Abschätzung physischer Vulnerabilität gegenüber Hochwasser – Das Potential der Fernerkundung. Diplomarbeit Universität Augsburg, 2011.
- Koppe, C., Jendritzky, G. und G. Pfaff (2004): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In: Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): *Klimastatusbericht 2003*. Offenbach. 152-162.
- Kovats, R. S. und K. L. Ebi (2006): Heatwaves and public health in Europe. In: *European Journal of Public Health*, 16(6), 592-599.
- Kovats, R.S. und S. Hajat (2008): Heat Stress and Public Health: A Critical Review. In: *Annual Review of Public Health*, 29, 41-55.
- Krings, S. (2010): Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen. In: Birkmann, J., Dech, S., Gähler, M., Krings, S., Kühling, W., Meisel, K., Roth, A., Schieritz, A., Taubenböck, H., Vollmer, M., Welle, T., Wolfertz, J., Wurm, M. und H. Zwenzer: *Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene*. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn, 21-47. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevölkerungsschutz/Band_4_Hochwasser-Komm-Ebene.pdf?__blob=publicationFile (10.01.2013).
- Kröger, W. (2008): Critical infrastructures at risk: A need for a new conceptual approach and extended analytical tools. In: *Reliability Engineering and System Safety*, 93, 1781-1787.
- Kron, W. (2005): Flood Risk = Hazard*Values*Vulnerability. International Water Resources Association. In: *Water International*, 30(1), 58-68.
- Kropp, J., Holsten, A., Lissner, T., Roithmeier, O., Hattermann, F., Huang, S., Rock, J., Wechsung, F., Lüttger, A., Pompe, S., Kühn, I., Costa, L., Steinhäuser, M., Walther, C., Klaus, M., Ritchie, S. und M. Metzger (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren, Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).
- Kumar, R. und S.C. Kaushik (2005): Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings". In: *Building and Environment*, 40, 1505 - 1511.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2013): Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung, TU Kaiserslautern, Dr. Pecher AG und hydro & meteo GmbH & Co.KG Wasserwirtschaft. Verfügbar unter: http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/KISS_Bericht.pdf (13.08.2013).

- Landkreis Karlsruhe (2006a): Was ist bei großer Hitze zu beachten? Verfügbar unter: http://www.landkreis-karlsruhe.de/media/custom/1076_139_1.PDF (10.01.2013).
- Landkreis Karlsruhe (2006b): Was ist bei großer Hitze zu beachten? II. Verfügbar unter: http://www.landkreis-karlsruhe.de/media/custom/1076_138_1.PDF (10.01.2013).
- Landtag von Baden-Württemberg (2003): Ausnahmegenehmigung für die Einleitung von Kühlwasser durch Kraftwerke in Rhein und Neckar im Sommer 2003, Drucksache 13/2365. Verfügbar unter: http://www9.landtag-bw.de/wp13/drucksachen/2000/13_2365_d.pdf (10.01.2013).
- Lecomte, D. und D. Penanster de (2004). People living in Paris, dead during the August 2003 heatwave, and examined in Medicolegal Institute. In: *Bulletin de l'Academie Nationale de Medicine*, 188, 459-470.
- Linhoff, B. (2008): Jahrhundert-Regen legt Stadt lahm. Verfügbar unter: <http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/dortmund/-Jahrhundert-Regen-legt-Stadt-lahm;art930,317471> Nachricht vom 27.07.2008 (25.11.2011).
- Lissner, T., Holsten, A., Walther, C. und J. P. Kropp (2012): Towards sectoral and standardised vulnerability assessments: the example of heatwave impacts on human health. In: *Climatic Change*, 112(3-4), 687-708.
- Lönker, O. (2003): Hitzefrei für Atomstrom. In: *Neue Energie*, 9, 22-23.
- Lorenz, F. L. (2010): Kritische Infrastrukturen aus Sicht der Bevölkerung. In: *Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit*, 3, FU Berlin. Berlin.
- Marchi, L., Borgia, M., Preciso, E. und E. Gaume (2010): Characterization of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. In: *Journal of Hydrology*, 394, 118-133.
- McGeehin, M. A. und M. Mirabelli (2001): The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. In: *Environmental Health Perspectives*, 109, 185-189.
- McGregor, G. R., Fero, C. A. T. und B. D. Stephenson (2005): Projected changes in extreme weather and climate events in Europe. In: *Extreme Weather Events and Public Health Responses*, 1, 13-23.
- Medina-Ramón, M. und J. Schwartz (2007): Temperature, Temperature Extremes, and Mortality: A Study of Acclimatization and Effect Modification in 50 United States Cities. In: *Occupational and Environmental Medicine*, 64(12), 827-833.
- Medina-Ramón, M., Zanobetti, A., Cavanagh, D. und J. Schwartz (2006). Extreme temperatures and mortality: assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case only analysis. In: *Environmental Health Perspectives*, 114, 1331-1336.
- Memon, R.A., Leung, D.Y.C. und C.H. Liu (2008): A Review on the Generation, Determination and Mitigation of Urban Heat Island. In: *Journal of Environmental Sciences*, 20, 120-128.
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) (2009): Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf. Verfügbar unter: http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/klimawandel/Klimawandel_Anpassungsstrategie_Gesamt.pdf (10.01.2013).
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) (2010): Handbuch Stadtklima: Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Verfügbar unter: http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/handbuch_stadtklima.pdf (27.11.12).

- Mirchandani, H., McDonald, G., Hood, I. und C. Fonseca (1996): Heat-Related Deaths in Philadelphia-1993. In: *American Journal of Forensic Medicine & Pathology*, 17 (2), 106-108.
- Monstadt, J. (2008): Der räumliche Wandel der Stromversorgung und die Auswirkungen auf die Raum- und Infrastrukturplanung. In: Moss, T., Naumann, M. und M. Wissen (Hrsg): *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung*, München, 187-224.
- Montz, B. E. und E. Grunfest (2002): Flash flood mitigation: recommendations for research and applications. In: *Environmental Hazards*, 4, 15-22.
- Mücke, H.-G., Klasen, J., Schmoll, O. und R. Szewzyk (2009): Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel. UBA, Dessau-Roßlau.
- Münzberg, T., Ludäscher, S. und C. Bach (2013): Stromausfall gegen Stromauffälle: Wie Lastreduzierungen Netzzusammenbrüche verhindern können und welches Dilemma daraus für den Bevölkerungsschutz und die Gefahrenabwehrplanung resultiert. In: *Bevölkerungsschutz*, 1/2013, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Bonn, 36-39. Verfügbar unter: http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Publ_magazin/bsmag_1_13.pdf?__blob=publicationFile (10.03.2013).
- Nachbarschaftsverband Karlsruhe (NVK) (2011): Ökologische Tragfähigkeitsstudie für den Raum Karlsruhe. Karlsruhe.
- Naef, F., Scherrer, S. und A. Faeh (1998): Die Auswirkungen des Rückhaltevermögens natürlicher Einzugsgebiete bei extremen Niederschlagsereignissen auf die Größe extremer Hochwasser. In: *Abschlussbericht im Rahmen des Forschungsprogrammes „Klimaänderung und Naturkatastrophen“*, Nationales Forschungsprogramm 31. Zürich.
- Nakai, S., Itoh, T. und T. Morimoto (1999): Deaths from Heat Stroke in Japan:1968-1994. In: *International Journal for Biometeorology*, 43(3), 124-127.
- O'Neill, M., Zanobetti, A. und J. Schwartz (2003): Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. In: *American Journal of Epidemiology*, 175, 1074-1082.
- Olonscheck, M., Holsten, A. und J. Kropp (2011): Heating and cooling energy demand and related emissions of the German residential building stock under climate change. In: *Energy Policy*, 39(9), 4795-4806.
- Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. und C.E. Hanson (Hrsg.) (2007): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA.
- Perry, C.A. (2000): Significant floods in the United States during the 20th Century – USGS measures a Century of Floods. Verfügbar unter: <http://ks.water.usgs.gov/pubs/fact-sheets/fs.024-00.pdf> (10.02.2013).
- Petermann, T., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. und U. Riehm (2010): Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr. 141. Verfügbar unter: <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab141.pdf> (25.03.2013).
- Palomo, E. und D. Barrio (1998): Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. In: *Energy and Buildings*, 27, 179-193.
- Philadelphia Office of Emergency Management (2012): Excessive Heat. Verfügbar unter: <http://oem.readyphiladelphia.org/Heat> (10.12.12).

- Ramin, B. und T. Svoboda (2009): Health of the Homeless and Climate Change. In: *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 86, 654-663.
- Rannow, S., Loibl, W., Greiving, S., Gruehn, D. und B. C. Meyer (2010): Potential impacts of climate change in Germany—identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning. In: *Landscape and Urban Planning*, 98, 160–171.
- Reichenbach, G., Wolff, H., Göbel, R. und S. Stokar von Neuforn (2008): Risiken und Herausforderungen für die öffentliche Sicherheit in Deutschland – Szenarien und Leitfragen. Grünbuch des Zukunftsforums Öffentliche Sicherheit. Berlin. Verfügbar unter: <http://www.zukunftsforum-oeffentliche-sicherheit.de/downloads/index.html> (10.01.2013).
- Robert Koch Institut (RKI) (2003): Epidemiologisches Bulletin. Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health. 19. September 2003/ Nr. 38.
- Rothstein, B., Müller, U., Greis, S., Scholten, A., Schulz, J. und E. Nilson (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf die Elektrizitätsproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Aspekts Wasser. In: *Forum für Hydrologie und Wasserwirtschaft*, Heft 24.06.2008, 193-214.
- Ruin, I., Creutin, J.-D., Anquetin, S. und C. Lutoff (2008): Human exposure to flash floods – Relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in Southern France. In: *Journal of Hydrology* (2008) 361, 199-213.
- Schneiderbauer, S. und D. Ehrlich (2006): Social levels and hazard (in)dependence in determining vulnerability. In: J. Birkmann (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*, Tokyo.
- Schwartz, J. (2005). Who is sensitive to Extremes of Temperature? A case-only Analysis. In: *Epidemiology*, 16 (1), 67-72.
- Semenza, J.C., Rubin, C.H., Falter, K.H., Selanikio, J.D., Flanders, W.D., Howe, H.L. und J. L. Wilhelm (1996): Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. In: *New England Journal of Medicine*, 335(2), 84–90.
- Solecki, W.D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J. und M. Wiencke (2005): Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. In: *Global Environ Change Part B: Environ Hazards*, 6, 39–49.
- Sperling, K., Hvelplund, F. und B. V. Mathiesen (2011): Centralisation and decentralisation in strategic municipal energy planning in Denmark. In: *Energy Policy*, 39, 1338-1351.
- Stadt Karlsruhe (2011): Hitzeprophylaxe. Verfügbar unter: <http://www.karlsruhe.de/b3/soziales/personengruppen/senioren/seniorenwegweiser/unterstuetzung/sicherheit/hitzeprophylaxe.de> (10.01.2013).
- Stadt Köln (2011): Persönliche Kommunikation mit dem Amt für Stadtentwicklung und Statistik vom 08.09.2011.
- Stadt Köln (o.J.a): Sommerhitze. Verfügbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/3/gesundheit/sommerhitze/> (10.01.2013).
- Stadt Köln (o.J.b): Was tun bei Hitze? Informationen und Hinweise für Seniorinnen und Senioren, Kranke und Hilfebedürftige und deren Betreuerinnen und Betreuer. Verfügbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/mediaasset/content/pdf53/1-6.pdf> (10.01.2013).
- Steadman, R. G. (1984): A universal scale of apparent temperature. In: *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1674–1687.
- Taubenböck, H., Wurm, M., Klein, I. und T. Esch (2011): Verwundbarkeitsanalyse urbaner Räume: Ableitung von Indikatoren aus multisensoralen Fernerkundungsdaten. In: *Real Corp 2011 Konferenz*.

- Technisches Hilfswerk (THW) (2005): Jahresrückblick 2005. Verfügbar unter: http://www.thw.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Einsaetze/national/2005/12/meldung_011.html?docId=976042¬First=true (12.02.2012).
- Thywissen, K. (2006): Components of Risk – A Comparative Glossary. In: *Studies of the University: Research, Counsel, Education* (SOURCE), 2.
- Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (UCTE) (2007): Final Report - System Disturbance on 4 November 2006. Brussel: Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (2009): Disaster Risk Reduction, 2009 UNISDR Terminology. Geneva. Verfügbar unter: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf (10.01.2013).
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2006): Excessive Heat Events Guidebook. Washington.
- URBAS (2011): Ereignisdatenbank. Förderprogramm des BMBF: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse. Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten. Verfügbar unter: http://www.urbanesturzfluten.de/ereignisdb/ereignisse/ereignisse_view (16.01.13)
- Vandentorren, S., Bretin, P., Zeghnoun, A., Mandereau-Bruno, L., Croisier, A., Cochet, C., Ribéron, J., Siberan, I., Declercq, B. und M. Ledrans (2006): August 2003 Heat Wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living at Home. In: *European Journal of Public Health*, 16, 583-591.
- VDN (Verband der Netzbetreiber - VDN – e.V. beim VDEW; 2007 im Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) aufgegangen) (2007): DistributionCode 2007 - Regeln für den Zugang zu Verteilungsnetzen. Berlin
- VKU (Verband kommunaler Unternehmen e.V.) & BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) (2012): Praxis-Leitfaden für unterstützende Maßnahmen von Stromnetzbetreibern, 12. Oktober 2012, Berlin.
- Wilhelmi, O.V. und R.E. Morss (2012): Integrated analysis of societal vulnerability in an extreme precipitation event: A Fort Collins case study. In: *Environmental Science and Policy*, 26, 49-62.
- World Health Organization (WHO) (2009): Improving public health responses to extreme weather/ heat-waves – EuroHEAT. Technical summary.
- World Health Organization (WHO) (2009): Improving public health responses to extreme weather/ heat-waves – EuroHEAT. Technical summary.
- Yaron, M. und S. Niermeyer (2004): Clinical Description of Heat Illness in Children, Melbourne, Australia – A Commentary. In: *Wilderness and Environmental Medicine*, 15, 291-292.
- Weichert, T. (2007): Der Personenbezug von Geodaten. In: *Datenschutz und Datensicherheit*, 31(1), 17-23.
- Wupperverband, Stadt Wuppertal und WSW Energie & Wasser AG (n.a.): "Nasse Füße" in Wuppertal? Verfügbar unter: [http://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/med_IWER-8RVKD2_511230/\\$file/Broschuere_Nasse_Fuesse_Wuppertal.pdf](http://www.wupperverband.de/internet/mediendb.nsf/gfx/med_IWER-8RVKD2_511230/$file/Broschuere_Nasse_Fuesse_Wuppertal.pdf) (13.08.2013).
- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U. und W. Cramer (2005): Klimawandel in Deutschland: Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA. In: *Climate Change* 08/05. Verfügbar unter: www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2947.pdf (15.02.2013).

Abkürzungsverzeichnis

ALFF	Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BauGB	Baugesetzbuch
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMI	Bundesministerium des Innern
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
CSC	Climate Service Center
Dena	Deutsche Energie-Agentur
DHM	digitales Höhenmodell
DKKV	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DST	Deutscher Städtetag
DWD	Deutscher Wetterdienst
EltSV	Verordnung zur Sicherung der Elektrizitätsversorgung in einer Versorgungskrise
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
EnSIG	Gesetz zur Sicherung der Energieversorgung
EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung
EPA	United States Environmental Protection Agency
EU	Europäische Union
FH	Fachhochschule
FSHG	Gesetz über den Feuerschutz und die Hilfeleistung
GIS	Geoinformationssystem
Hz	Hertz

IF Star	Innovationspreis der öffentlichen Versicherer für Feuerwehren
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRGC	International Risk Governance Council
KIBEX	Kritische Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse
KITA	Kindertagesstätte
KRITIS	Kritische Infrastruktur
LK	Landkreis
LpB-Datenpunkte	Last-Pulse Boden-Datenpunkte
LST	Landoberflächentemperaturdaten
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
MUNLV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (auch Normalized Density Vegetation Index),
NRW	Nordrhein-Westfalen
NVK	Nachbarschaftsverband Karlsruhe
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
RKI	Robert Koch Institut
RWTH Aachen	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
SV	Stadtviertel
Trafo	Transformator
UBA	Umweltbundesamt
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (Union für die Koordinierung des Transports von Elektrizität)
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UHI	Urbaner Hitzeinseleffekt

UN/ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UNU-EHS	United Nations University Institute for Environment and Human Security
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.; 2007 im Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) aufgegangen
VDN	Verband der Netzbetreiber - VDN – e.V. beim VDEW
WHO	World Health Organization

Abbildungsverzeichnis

Seite 25:	Abbildung 1:	Jährliche Anzahl Hitzewellentage basierend auf beobachteten Klimadaten an der Station Karlsruhe-Hertzstraße
Seite 26:	Abbildung 2:	Jährliche Anzahl der Starkniederschlagstage basierend auf beobachteten Klimadaten an der Station Wuppertal-Buchenhofen
Seite 32:	Abbildung 3:	Methoden zur Analyse der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber Hitzewellen bzw. Starkregen in der Übersicht
Seite 33:	Abbildung 4:	Abschätzung der direkten Verwundbarkeit der Bereiche Bevölkerung bzw. KRITIS
Seite 34:	Abbildung 5:	Abschätzung indirekter Verwundbarkeit einer Kommune am Beispiel Stromausfall
Seite 40:	Abbildung 6:	Höhe, Bevölkerungsdichte und Hitzeindizes in Karlsruhe
Seite 41:	Abbildung 7:	Oberflächentemperaturmittel im Juni in der Region Karlsruhe
Seite 45:	Abbildung 8:	Kartographische Darstellung des Stadtklimaindex basierend auf Belastungszonen und Flächen mit Ausgleichsfunktion, Karlsruhe
Seite 46:	Abbildung 9:	Themenfelder, Indikatoren und Kriterien zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hitzewellen
Seite 49:	Abbildung 10:	Exposition gegenüber Hitzewellen: Bevölkerungsdichte und Stadtklima in Karlsruhe
Seite 51:	Abbildung 11:	Anteil der Senioren und Stadtklimaindex in Karlsruhe
Seite 52:	Abbildung 12:	Anteil der Kleinkinder und Stadtklimaindex in Karlsruhe
Seite 58:	Abbildung 13:	Anteil ausländischer Mitbürger und Stadtklimaindex in Karlsruhe
Seite 60:	Abbildung 14:	Anteil der Einwohner, die seit 2004 oder früher in Karlsruhe leben, zusammen mit dem Stadtklimaindex
Seite 65:	Abbildung 15:	Exposition von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen gegenüber Hitze
Seite 74:	Abbildung 16:	Bestimmung von Höhenwerten durch Interpolation aus Laserscandatenpunkten
Seite 75:	Abbildung 17:	Darstellung der Senken in Wuppertal einschl. Dächern und Innenhöfen
Seite 77:	Abbildung 18:	Darstellung von Senkentiefen in einem beispielhaften Teilausschnitt der Stadt Wuppertal
Seite 80:	Abbildung 19:	Themenfelder, Indikatoren und Kriterien zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Starkregeneignissen
Seite 82:	Abbildung 20:	Abschätzung exponierter Wohngebäude am Beispiel eines Ausschnitts der Stadt Wuppertal
Seite 83:	Abbildung 21:	Exposition der Bevölkerung gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal. Beispielhafte Darstellung für eine Senkentiefe ab 21 cm auf Quartiersebene
Seite 84:	Abbildung 22:	Darstellung der Hangneigung auf Basis des digitalen Geländemodells
Seite 85:	Abbildung 23:	Hierarchische objekt-orientierte Landbedeckungsklassifikation
Seite 87:	Abbildung 24:	Menschen über 65, alleinlebend, in der Stadt Wuppertal auf Quartiersebene
Seite 88:	Abbildung 25:	Anteil der Kleinkinder an der Gesamtbevölkerung in Wuppertal auf Quartiersebene
Seite 91:	Abbildung 26:	Anteil der ausländischen Mitbürger in Wuppertal
Seite 95:	Abbildung 27:	Exposition sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen am Beispiel eines Ausschnitts der Stadt Wuppertal
Seite 98:	Abbildung 28:	Exposition Kritischer Infrastrukturkomponenten
Seite 101:	Abbildung 29:	Konzept zur Verwundbarkeitsabschätzung Kritischer Infrastrukturkomponenten
Seite 107:	Abbildung 30:	Maßnahmen bei Gefährdung/Störung der Elektrizitätsversorgung
Seite 123:	Abbildung 31:	Abnahme des Hilfspotenzials bei zunehmender räumlicher Ausdehnung des Stromausfalls

Seite 133: Abbildung 32: Krisenhandbuch Stromausfall
Seite 134: Abbildung 33: Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen
auf kommunaler Ebene

Tabellenverzeichnis

Seite 23:	Tabelle 1:	Definition Kritischer Infrastrukturen
Seite 38:	Tabelle 2:	Unterscheidung der verschiedenen Methoden zur Abschätzung des urbanen Hitzeinseleffekts
Seite 42:	Tabelle 3:	Klassifikation der Flächen des Karlsruher Stadtgebiets gemäß klimatischer/ lufthygienischer Effekte
Seite 42:	Tabelle 4:	Bewertungsklassen für Belastungszonen in der Stadt Karlsruhe
Seite 43:	Tabelle 5:	Bewertungsklassen für Flächen mit Ausgleichswirkung in der Stadt Karlsruhe
Seite 44:	Tabelle 6:	Klassifizierung der Werte aus Belastungszonen und Zonen mit Ausgleichswirkung
Seite 44:	Tabelle 7:	Zuordnung der verschnittenen Werte aus Ausgleichsfunktion und belasteter Fläche zum Stadtklimaindex
Seite 66:	Tabelle 8:	Anzahl und Anteil der Gebäude sozioökonomischer Dienstleistungsinfrastrukturen in verschiedenen Klassen des Stadtklimas in Karlsruhe
Seite 78:	Tabelle 9:	Ungefähre Kosten für die Berechnung von Senken in Abhängigkeit von der Flächengröße der Kommune
Seite 83:	Tabelle 10:	Anteil der exponierten Gebäude in Wuppertal unter Berücksichtigung verschiedener Senkentiefen
Seite 96:	Tabelle 11:	Exponierte sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen am Beispiel der Stadt Wuppertal
Seite 99:	Tabelle 12:	Exposition von Komponenten der Elektrizitätsversorgung innerhalb von Gebäuden gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal
Seite 100:	Tabelle 13:	Exposition von Komponenten der Elektrizitätsversorgung außerhalb von Gebäuden gegenüber Starkregen in der Stadt Wuppertal
Seite 107:	Tabelle 14:	5-Stufen Plan zur Beherrschung von Großstörungen mit Frequenzeinbruch
Seite 110:	Tabelle 15:	Übersicht der Handlungsfelder zum Umgang mit Stromausfällen

