



Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

am Beispiel von wasserbezogenen
Naturgefahren in urbanen Räumen



13



Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

AM BEISPIEL VON WASSERBEZOGENEN NATUR-
GEFAHREN IN URBANEN RÄUMEN

FORSCHUNG IM
BEVÖLKERUNGSSCHUTZ
BAND 13



Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen

**am Beispiel von wasserbezogenen
Naturgefahren in urbanen Räumen**

*PD Dr. Jörn Birkmann, Susanne Krings, Maike Vollmer,
Jan Wolfertz, Dr. Torsten Welle, Prof. Dr. Wilfried Kühling,
Kathleen Meisel, Michael Wurm, Dr. Hannes Taubenböck,
Dr. Monika Gähler, Hendrik Zwenzner, Achim Roth,
Dr. Stefan Voigt & Prof. Dr. Stefan Dech*

13



Herausgeber:

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
Postfach 18 67, 53008 Bonn
Fon: 0228 . 99 550-0, Fax: 0228 . 99550-1620, www.bbk.bund.de

Verantwortlich für den Inhalt:

PD Dr. Jörn Birkmann, Susanne Krings, Maike Vollmer, Jan Wolfertz,
Dr. Torsten Welle, Prof. Dr. Wilfried Kühling, Kathleen Meisel, Michael Wurm,
Dr. Hannes Taubenböck, Dr. Monika Gähler, Hendrik Zwenzner, Achim Roth,
Dr. Stefan Voigt & Prof. Dr. Stefan Dech

© 2011 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

ISBN-13: 978-3-939347-31-6

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

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

Dieses Werk darf ausschließlich kostenlos abgegeben werden. Weitere Exemplare dieses Buches oder anderer Publikationen

des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe können Sie gern beim Herausgeber kostenfrei anfordern.

Gestaltung, Layout und Satz:

Naumilkat – Agentur für Kommunikation und Design
40210 Düsseldorf, www.naumilkat.com

Titelbild: Klaus W. Kuck

Druck: MedienHaus Plump GmbH
Rolandsecker Weg 33
53619 Rheinbreitbach, www.plump.de

Inhalt

1	Einleitung	11
1.1	Vulnerabilität als forschungsleitendes Konzept	15
1.2	Zielsetzungen und zentrale Fragestellungen des F+E-Vorhabens	16
1.2.1	<i>Fokus auf die lokale Ebene</i>	17
1.2.2	<i>Adressatenorientierung</i>	17
1.2.3	<i>Nutzung und Zusammenführung unterschiedlicher Daten</i>	19
1.2.4	<i>Erweiterung der Datenbasis</i>	19
1.2.5	<i>Zentrale Fragestellungen</i>	20
1.3	Begriffe und ihre Positionierung im Rahmen des Vorhabens	22
1.4	Rahmenkonzepte	28
1.4.1	<i>Das BBC-Rahmenkonzept</i>	28
1.4.2	<i>System- und prozessorientiertes Vulnerabilitätsverständnis</i>	31
2	Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur gegenüber Hochwasserereignissen	35
2.1	Kritische Infrastruktur als Untersuchungsgegenstand	38
2.1.1	<i>Definition Kritische Infrastruktur (KRITIS)</i>	38
2.1.2	<i>Mehrebenenaufbau von KRITIS</i>	40
2.1.3	<i>Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von KRITIS</i>	41
2.1.4	<i>Flächenhafte Ausdehnung von KRITIS</i>	42
2.1.5	<i>Öffentliche und private Akteure</i>	44
2.2	Methodisches Vorgehen	47
2.2.1	<i>Methodenentwicklung zum Verwundbarkeitsassessment von KRITIS</i>	47

2.2.2	<i>Verwundbarkeit von KRITIS: Verwundbarkeitskriterien und Mehrebenenaufbau</i>	49
2.2.3	<i>Umsetzung des Verwundbarkeitsverständnisses in der Assessment-Methode</i>	57
2.2.4	<i>Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der ersten Assessment-Phase</i>	60
2.2.5	<i>Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der zweiten Assessment-Phase</i>	66
2.3	Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung	70
2.3.1	<i>Rahmenbedingungen der Stromversorgung in Deutschland</i>	70
2.3.2	<i>Rahmenbedingungen der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland</i>	73
2.3.3	<i>Beispielhafte Darstellung der empirischen Ergebnisse und Validierung der Verwundbarkeitskriterien</i>	75
2.3.4	<i>Beispielhafte Anwendung des Verwundbarkeitsassessments</i>	87
2.4	Schlussbetrachtungen	93
3	Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen	95
3.1	Der Verwundbarkeitsbereich Bevölkerung	97
3.2	Methodisches Vorgehen	99
3.2.1	<i>Datenerhebung über eine Haushaltsbefragung</i>	99
3.2.2	<i>Verwendete statistische Verfahren</i>	108
3.2.3	<i>Auswahl der Verwundbarkeitsindikatoren</i>	114
3.2.4	<i>Diskussion und Validierung der Indikatoren</i>	137
3.3	Anwendung der Berechnungsmethoden und Validierung der Ergebnisse	139
3.3.1	<i>Diskussion und Validierung der Kernindikatoren für die Städte Köln und Dresden</i>	139
3.3.2	<i>Diskussion und Validierung der kommunalspezifischen Indikatoren für die Städte Köln und Dresden</i>	182
3.4	Anwendung und Nutzen der Indikatoren	190

3.5	Schlussbetrachtung	192
4	Verwundbarkeit von Umwelt und Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen	195
4.1	Verwundbarkeitsassessment der Umwelt	201
4.1.1	<i>Umwelt als Untersuchungsgegenstand</i>	201
4.1.2	<i>Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode</i>	206
4.1.3	<i>Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung</i>	240
4.2	Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft	253
4.2.1	<i>Landwirtschaft als Untersuchungsgegenstand</i>	253
4.2.2	<i>Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode</i>	255
4.2.3	<i>Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung</i>	295
4.3	EXKURS: Verwundbarkeit der Wirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen	310
4.3.1	<i>Gliederung der Wirtschaftssektoren</i>	310
4.3.2	<i>Industriell-gewerbliche Wirtschaftszweige</i>	311
5	Nutzung von Fernerkundungsmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen	327
5.1	Fernerkundung	330
5.2	Auswertung von Fernerkundungsdaten	332
5.3	Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Verwundbarkeitsassessment	335
5.3.1	<i>Optische Fernerkundungsdaten aus passiven Aufnahmesystemen</i>	335
5.3.2	<i>Oberflächenmodelle aus aktiven Sensoren</i>	338
5.3.3	<i>Zusätzliche raumbezogene Datengrundlagen</i>	342
5.3.4	<i>Datenvorverarbeitung</i>	342

5.4	Verwundbarkeitsassessment mit Methoden der Fernerkundung	343
5.4.1	<i>Expositionsanalyse – objektorientierte Landbedeckungs- klassifikation</i>	345
5.4.2	<i>Identifikation urbaner Strukturen auf Einzelhaus-/ Gebäudeblockebene</i>	353
5.4.3	<i>Bevölkerungsabschätzung</i>	358
5.4.4	<i>Stadtstrukturtypenklassifizierung</i>	364
5.4.5	<i>Überflutungstiefenabschätzung</i>	365
5.4.6	<i>Zusammenfassung</i>	368
6	Quellenverzeichnis	371
7	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	395
	Tabellenverzeichnis	397
	Abbildungsverzeichnis	399
8	Abkürzungsverzeichnis	407
Anhang A		
A	Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene	411
A1	<i>Verwundbarkeit der Landwirtschaft</i>	414
A2	<i>Abschätzung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen</i>	416
Anhang B		
B1	Fragebogen der UNU-EHS-Haushaltsbefragung (Köln)	439

B2	Fragebogen zum Thema Hochwasserschutz im Rahmen des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln	454
B3	Karten zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung	456
Anhang C		467
C1	Online-Fragebogen Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)	471
C2	Online-Fragebogen Gartenbaubetriebe	475
C3	Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)	478
C4	Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Gartenbaubetriebe	500
C5	Fragenkatalog Teil I Gesundheits-/Umweltgefahren	512
C6	Fragenkatalog Teil II Wirtschaftliche Schadenspotenziale	515
Anhang D		517
	Karten Dresden	518
	Karten Köln	550
Bisherige Publikationen		583

1

Einleitung

Verfasser: PD Dr. Jörn Birkmann

Der vorliegende Abschlussbericht des Forschungsprojektes *Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen* fasst zentrale Ergebnisse der dreijährigen Projektarbeit zusammen und skizziert dabei, wie sich das zunächst abstrakte Konzept der Vulnerabilität – welches für die Risikoreduktion und Anpassung an Naturgefahren eine zentrale Rolle spielt – für ausgewählte Handlungsbereiche fassbar machen lässt. Als Themenbereiche wurden in dem Vorhaben *Kritische Infrastruktur (KRITIS)*, *Bevölkerung/Soziales* sowie *Umwelt und Landwirtschaft* betrachtet – einschließlich eines Exkurses zum Bereich Wirtschaft – und zusätzlich die Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten und -methoden für die Verwundbarkeitsabschätzung ausgelotet. Diese Themenfelder umfassen höchst unterschiedliche Forschungsgegenstände und Herangehensweisen, allerdings ist allen gemeinsam, dass sie für den vorsorgenden Bevölkerungsschutz sowie eine nachhaltige und resiliente Stadtentwicklung eine wichtige Rolle spielen.

Die unterschiedlichen Themenbereiche sowie die darin erfassten Schutzgüter bedürfen auch unterschiedlicher Methoden und Herangehensweisen zur Bestimmung ihrer Vulnerabilität. Trotz Verwendung unterschiedlicher Daten (z. B. Befragungsdaten, statistische Daten, Satellitendaten etc.) und verschiedener methodischer Verfahren (z. B. Haushaltsbefragung, Expertengespräch, GIS-Analyse etc.) im Rahmen des jeweiligen Assessments verbindet die unterschiedlichen Bereiche ein gemeinsames Rahmenkonzept, welches insbesondere die Differenzierung von Vulnerabilität in eine Expositions-, Anfälligkeits- und Bewältigungskomponente umfasst. Des Weiteren ist den in diesem Endbericht skizzierten Ansätzen gemeinsam, dass sie ein prozessorientiertes Verständnis von Vulnerabilität aufweisen, d. h. im Vergleich zu statischen Schadensfunktionen wird hier in allen Bereichen davon ausgegangen, dass sich Vulnerabilität daraus ergibt, dass Schutzgüter und Menschen in unterschiedlichem Maße exponiert und anfällig sind, und zudem auch Kapazitäten aufweisen, um mit diesen Gefahren mehr oder weniger gut umgehen zu können. Bei Veränderung

der einzelnen Aspekte (Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität) kann unter Annahme des gleichen Hochwasserereignisses (z. B. HQ 100) ein völlig anderes Bild der Verwundbarkeit entstehen. In dieser Hinsicht liegt den Ansätzen ein Verständnis von Vulnerabilität zugrunde, welches sich an einem Systemgedanken orientiert und neben den zu erwartenden direkten Wirkungen der Hochwassergefahr auf das betrachtete Element oder System auch entsprechende Rückkopplungsprozesse unter dem Stichwort der Bewältigungskapazitäten erfasst. Auf diesen generischen Rahmen wird im folgenden Kapitel näher eingegangen, um zu verdeutlichen, wie die unterschiedlichen Methoden und Ansätze miteinander in Beziehung stehen bzw. welche gemeinsamen konzeptionellen Grundlagen die Ansätze aufweisen.

1.1 Vulnerabilität als forschungsleitendes Konzept

Die Beiträge in den Kapiteln 2 bis 4 eint, dass sie sich einem relativ neuen forschungsleitenden Konzept in der Risiko- und Katastrophenforschung widmen – dem Konzept der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren. Im Vergleich zu bekannten und erprobten Methoden zur Bewertung von Hochwasserereignissen und weiteren Naturgefahren ist das Forschungsfeld der Vulnerabilität für industrialisierte Länder deutlich weniger erforscht. Insbesondere auf lokaler Ebene finden sich bisher nur vereinzelte Beiträge. Dies ist ein Defizit, da zahlreiche internationale und nationale Studien die Bedeutung der lokalen Ebene als Handlungsebene zur Risikoreduktion explizit hervorheben (vgl. UN 2005, UN/ISDR 2004).

Der Begriff „vulnerability“ wird häufig mit Anfälligkeit übersetzt (vgl. u. a. EU-KOMMISSION 2007; BMI 2008: 43). Dieses Verständnis greift jedoch zu kurz, da Definition und Messung von Vulnerabilität oder Verwundbarkeit oftmals über die Beschreibung von möglichen Schäden und „Verletzungen“ hinausgehen (vgl. BIRKMANN 2008). Aktuelle Forschungsansätze greifen neben dem Aspekt der Anfälligkeit (*susceptibility*) auch die Aspekte Bewältigungspotenzial (*coping capacity*) und Exposition (*exposure*) auf (vgl. BOHLE 2001, CARDONA et al. 2005 sowie die Übersichten bei BIRKMANN 2006b und THYWISSEN 2006).

Insgesamt ist festzustellen, dass das Konzept der Vulnerabilität heute ein interdisziplinäres sowie transdisziplinäres Forschungsfeld geworden ist, welches in verschiedenen Sektoren für unterschiedliche Fragestellungen genutzt wird. Obwohl es Versuche gibt, die verschiedenen Diskussionslinien und Ansätze in ein universelles Konzept zu integrieren, wie dies z. B. FÜSSEL (2007) im Hinblick auf die Klimawandelforschung vornimmt, sind diese Ansätze oftmals sehr allgemein gehalten und z. T. in ihrer Abgrenzung mit Problemen behaftet. Im Gegensatz zu dem Versuch, eine für alle Themenbereiche einheitliche Methodik zu entwickeln, besteht eine wesentliche Zielsetzung des vorliegenden Forschungsberichtes darin, unterschiedliche Zugänge zum Konzept der Vulnerabilität für verschiedene Themenbereiche zu verdeutlichen sowie einen generischen Rahmen, der ein gemeinsames Grundverständnis des Konzeptes umfasst, zu formulieren.

1.2 Zielsetzungen und zentrale Fragestellungen des F+E-Vorhabens

Verwundbarkeit ist zunächst ein abstraktes Konzept, dessen Bedeutung in der Realität zwar nach einem Naturereignis offensichtlich wird, dessen Erfassung jedoch gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt. Um die Anwendbarkeit des Verwundbarkeitskonzeptes im Interesse einer Verwundbarkeitsabschätzung und -reduktion zu ermöglichen, müssen auf das jeweilige Schutzgut und die konkrete Gefahrensituation zugeschnittene Methoden entwickelt werden. Eine wesentliche Zielsetzung des Forschungsvorhabens bestand deshalb darin, für ausgewählte Bereiche und Schutzgüter Fragen der Vulnerabilität zu systematisieren, zu konkretisieren und in Form von Kriterien und Indikatoren zu operationalisieren. Die Arbeit an der vorliegenden Studie konzentrierte sich auf die Entwicklung von Indikatoren und Kriterien für die Messung und Beurteilung der Vulnerabilität von Gesellschaft bzw. Bevölkerung, KRITIS (Versorgung mit Strom- und Trinkwasser), Natur und Landwirtschaft sowie der gebauten Umwelt gegenüber Hochwassergefahren.

Neben der Ermittlung der Exposition bestand ein weiteres Ziel des Vorhabens darin, nicht nur Anfälligkeiten oder Schadenspotenziale zu erfassen, sondern auch Aspekte zu berücksichtigen, die man als Bewältigungskapazität bezeichnen kann. Folglich wird in dem Vorhaben in allen dargelegten Assessments die Auffassung vertreten, dass die Vulnerabilität auch positive Aspekte, die zur Bewältigung der Hochwassersituation beitragen, umfasst. So können beispielsweise Einwohner, die potenziell einer Hochwassergefahr ausgesetzt sind, gleichzeitig auch über Fähigkeiten und Ressourcen verfügen, die sie in die Lage versetzen, mit ihr umzugehen bzw. sie relativ schadlos zu überstehen. Diese Bewältigungskapazitäten sind in Abhängigkeit vom betrachteten Untersuchungsgegenstand höchst unterschiedlich ausgebildet und verteilt. So spielen im Bereich KRITIS etwa die Redundanz und der Vorbereitungsgrad des Personals, welche es den Betreibern ermöglichen, im Fall eines Hochwassers den Ausfall von KRITIS zu verhindern, eine wichtige Rolle. Wenn man sich demgegenüber mit der Verwundbarkeit der Bevölkerung beschäftigt, so können die finanzielle Vorsorge (Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden) oder

die hochwasserangepasste Bauweise von Wohngebäuden als Charakteristika der Bewältigungskapazität dienen.

1.2.1 Fokus auf die lokale Ebene

Im Vergleich zu anderen Forschungsvorhaben, die sich mit Fragen der Vulnerabilität auf nationaler oder regionaler Ebene auseinandersetzen – wie z. B. das Vorhaben DISFLOOD – fokussierte die vorliegende Studie auf die lokale Ebene. Auf diesem Weg konnten zentrale Akteure auf lokaler Ebene mit in die angewandte Forschung zur Erfassung von Vulnerabilität eingebunden und durch Erhebungen vor Ort Aspekte der Bewältigungskapazität überhaupt erst erfasst werden. Obwohl Hochwasserereignisse in ihrer Ausdehnung und ihren Folgen vielfach einen regionalen oder nationalen Charakter aufweisen, war es gerade im Hinblick auf den Bevölkerungsschutz vor Ort wichtig, unterschiedliche Verwundbarkeiten und Bewältigungskapazitäten auf kleinräumiger Ebene zu ermitteln, um so die spezifischen Unterschiede in der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität von hochwasserexponierten Haushalten, KRITIS oder Landwirtschaftsbetrieben ermitteln zu können. Auf diesem Weg war es möglich, ausgehend von der kleinräumigen Analyse, z. T. auf der Basis von eigenen Erhebungen (Haushalts- oder Expertenbefragungen) entsprechende Verwundbarkeitsaussagen hochzuskalieren und in der Fläche darzustellen. Durch die Entwicklung von Assessment-Methoden bzw. Indikatoren für die ausgewählten Themenfelder können die Ergebnisse der Forschungsarbeit auch für andere Kommunen nutzbar gemacht werden. In dieser Hinsicht wurde auch ein Leitfaden zum Vulnerabilitätsassessment entwickelt, der anderen Kommunen als eigene Handlungsanleitung für ein solches Assessment dienen kann. (BIRK-MANN ET AL. 2010).

1.2.2 Adressatenorientierung

Die Operationalisierung des Verwundbarkeitskonzeptes in Form von Assessment-Verfahren und die Entwicklung von Kriterien und Indikatoren verfolgen dabei keinen Selbstzweck, sondern sollen neben der konzeptionellen Weiterentwicklung vor allem dazu dienen, einerseits eine gezielte Aufklärung über mögliche Verwundbarkeiten durch Naturgefahren in der Bevölkerung und bei weiteren relevanten Akteuren zu erreichen, und andererseits Handlungspotenziale

für Politik, Katastrophenschutz und kommunale Planung zu verdeutlichen. Insbesondere durch die stetige Einbeziehung von zentralen lokalen Akteuren, wie der Hochwasserschutzzentrale der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln und dem Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden sowie der jeweiligen statistischen Ämter und zahlreicher Fachexperten, wurden die entwickelten Konzepte, Zwischenergebnisse der Forschung und die Interpretation der Daten kontinuierlich mit der Praxis rückgekoppelt und zur Diskussion gestellt. Auf diesem Weg konnte bereits während des Forschungsvorhabens ein Mehrwert für die beteiligten Projektpartner entstehen. So ist beispielsweise geplant, Teilergebnisse der Forschung in den Entwicklungsprozess des Plans Hochwasservorsorge Dresden einfließen zu lassen. Neben diesen verfahrensbezogenen Zielen bot das Vorhaben die Chance, Fragen der Vulnerabilität konkret am Beispiel von urbanen Räumen – den Städten Köln und Dresden – untersuchen zu können. So konnte sich dem zunächst abstrakten Konzept mit Hilfe sehr konkreter Beispiele und Erfahrungen sowie praxisorientierter Herangehensweisen angenähert werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Studie zum einen Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von Vulnerabilität mittels Kriterien und Indikatoren auf und bieten zum anderen Anleitungen zur systematischen Durchführung und Ausgestaltung von Vulnerabilitätsassessments für die dargelegten Handlungsbereiche, die auch in einem gesonderten Leitfaden dokumentiert wurden (siehe BIRKMANN ET AL. 2010). Die neu erstellten Karten und Abbildungen, die verwundbarkeitsrelevante Zusammenhänge darstellen, sind eine wichtige Informationsgrundlage für einen effektiven vorsorgenden Bevölkerungsschutz sowie eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Stadtentwicklung. Bisher orientieren sich entsprechende Handlungskonzepte häufig primär an der Naturgefahr bzw. den Hochwasserszenarien, ohne hinreichend überprüfen zu können, welche Vulnerabilitäten in den potenziell betroffenen Gebieten vorliegen und wie diese für unterschiedliche Handlungsbereiche fassbar gemacht werden können. Gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels wird immer deutlicher, dass entsprechende Anpassungsstrategien des Bevölkerungsschutzes sowie der Stadtplanung nicht allein auf der Modellierung von Hochwasserereignissen beruhen können, sondern vielmehr gezielt die Frage der Vulnerabilität als Ausgangspunkt für entsprechende Anpassungsstrategien nutzen müssen. Da eine absolute Kontrolle möglicher Naturphänomene gerade angesichts des Klimawandels immer unwahrscheinlicher wird, sind die gezielte Herabsetzung der Anfälligkeit und die Steigerung der Bewältigungskapazität zentrale Zielsetzungen für einen angepassten Bevölkerungsschutz sowie eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Stadtentwicklung.

1.2.3 Nutzung und Zusammenführung unterschiedlicher Daten

Vor dem Hintergrund der bisher vorliegenden Heterogenität und vielfachen Isolierung der unterschiedlichen Datenbestände war es ein wichtiges Ziel des Vorhabens, unterschiedliche Daten sowie unterschiedliche Datenerhebungsmethoden zu entwickeln, zu nutzen und sinnvoll zusammenzuführen. Die Ergebnisse des Vorhabens zeigen nun auf, wie beispielweise mittels Fernerkundungsdaten und -methoden kleinräumige Expositionsanalysen der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren durchgeführt werden können und wie diese Erkenntnisse mit Hilfe der im Projektbereich Bevölkerung/Soziales entwickelten Vulnerabilitätsindikatoren (ermittelt aus der Kombination von Befragungsdaten und kommunalstatistischen Daten) ergänzt werden können. Die Kombination und Verknüpfung der Befragungsdaten mit Daten der kommunalen Statistik ist gerade deshalb eine wichtige Methode, da die Aussage von Indikatoren auf diesem Weg in der Fläche (d. h. für die gesamte Stadt) dargestellt werden kann. In Form von Karten können entsprechende Verwundbarkeitsaussagen verständlich und anschaulich dargestellt und ihre Kommunikation gegenüber relevanten Akteuren kann erleichtert werden.

Die Zusammenführung bislang getrennter Datenbestände ist auch ein zentrales Anliegen der in Kapitel 2 ausführlich beschriebenen Methode zur Verwundbarkeitsabschätzung der KRITIS Strom- und Trinkwasserversorgung. In diesem Themenbereich galt es, die unterschiedlichen Interessen, Kompetenzen und Datenbestände von privaten Betreibern und öffentlichen Einrichtungen zu berücksichtigen, und über deren zielgerichtete Zusammenführung eine nachvollziehbare und zur Anwendung geeignete Verwundbarkeitsaussage zu ermöglichen.

1.2.4 Erweiterung der Datenbasis

Darüber hinaus lag eine weitere Zielsetzung des Vorhabens darin, zu prüfen, wie man die bisher vielfach nicht entsprechend genutzten Datensätze der kommunalen Statistik, der Infrastrukturbetreiber und weiterer Akteure nicht nur zusammenführen, sondern auch durch weitere, gezielt erhobene Daten bzw. Informationen erweitern kann, um zukünftig Aspekte der Vulnerabilität gegenüber Hochwassergefahren besser erfassen und bewerten zu können. In dieser Hinsicht zeigte die Indikatorenentwicklung im Bereich Bevölkerung/Soziales, dass neben den bestehenden Daten zukünftig mit dem Ziel der systematischen

Verwundbarkeitsabschätzung bzw. eines entsprechenden Monitorings auch neue Daten von den Kommunen erhoben werden sollten.

Klassische, auf globaler Ebene angewendete Verwundbarkeitsindikatoren, wie z. B. die Anzahl der Todesopfer durch Überschwemmungen, bieten für Deutschland keine hinreichende Aussagekraft, so dass das Vorhaben gezielt eine weitergehende Operationalisierung wichtiger Aspekte der Vulnerabilität vollziehen musste. So erscheint es im Sinne des vorsorgenden Bevölkerungsschutzes sowie einer nachhaltigen und resilienten Stadtentwicklung notwendig, auch Daten, wie z. B. den Vorsorgegrad der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren, in exponierten Stadtgebieten gezielt zu erheben. Die Fragen, die im kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln integriert werden konnten (siehe Anhang B), sind ein Beleg dafür, wie man in stadtweiten Erhebungen konkret neue Informationen für das Verwundbarkeitsassessment erheben kann. So geben die Daten zum Versicherungsschutz gegenüber Hochwassergefahren in Köln ein deutliches Bild über die Unterschiede der ökonomischen Bewältigungskapazität in den unterschiedlichen Stadtteilen (siehe Kapitel 3).

1.2.5 Zentrale Fragestellungen

Aufbauend auf den dargelegten Zielsetzungen lassen sich die zentralen Fragestellungen des Forschungsvorhabens wie folgt zusammenfassen:

- Welches sind zentrale Aspekte und Charakteristika der Vulnerabilität für die ausgewählten Handlungsfelder gegenüber Hochwassergefahren auf lokaler Ebene?
- Wie lassen sich diese Aspekte systematisieren und anhand von mindestens drei Kernkomponenten der Vulnerabilität – *Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität* – differenzieren?
- Welche Herangehensweisen und Informationsquellen können genutzt werden, um systematisch entsprechende Aspekte der Vulnerabilität in den Themenbereichen Bevölkerung/Soziales, KRITIS, Umwelt und Landwirtschaft sowie physische Vulnerabilität?
- Welches sind zentrale Kriterien und Indikatoren, die die Vulnerabilität der unterschiedlichen „Schutzgüter“ auf lokaler Ebene und hinsichtlich ihrer zentralen Aspekte (*Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität*) messbar bzw. evaluierbar machen?

- Welche Datenquellen lassen sich für die Auswertung und Darstellung der Kriterien und Indikatoren auf kommunaler Ebene erschließen?
- Welche Verfahren und Methoden (z. B. statistische Methoden, GIS-Analysen, Methoden der Fernerkundung etc.) sind besonders geeignet, um die jeweiligen Indikatoren anzuwenden, zu testen und zu validieren?
- Welche Möglichkeiten bieten Fernerkundungsdaten und -methoden, um aktuelle, flächendeckende Informationen über das Untersuchungsgebiet zu erhalten und wie lassen sich diese Informationen mit den Vulnerabilitätsindikatoren aus den anderen Themenbereichen verknüpfen?
- Wo sind erhebliche Datenlücken zu erkennen? Wie können diese Datenlücken durch ergänzende Erhebungen gezielt ausgefüllt werden?
- Wie beurteilen ausgewählte Experten sowie potenziell betroffene Akteure die Bedeutung und Validität der unterschiedlichen Kriterien und Indikatoren (Akzeptanz)?
- Wie lassen sich Kriterien und Indikatoren der Verwundbarkeit in den einzelnen Themenbereichen grafisch oder räumlich differenziert darstellen?
- Wie können die Assessmentverfahren sowie die darin verwendeten Kriterien und Indikatoren einerseits dem wissenschaftlichen Anspruch gerecht werden und andererseits die Bedürfnisse der Praxis und der Endnutzer hinreichend berücksichtigen?

Die skizzierten zentralen Fragestellungen wurden durch weitere Unterfragen in den Themenbereichen KRITIS, Bevölkerung/Soziales, Umwelt und Landwirtschaft sowie Ermittlung physischer Vulnerabilität mit Methoden der Fernerkundung erweitert und vertieft. Auch die Entwicklung der konzeptionellen Rahmenkonzepte, wie z. B. der Systemmodelle für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt, oder der Aufbau eines systematischen Assessments für den Bereich der KRITIS, der die Betrachtung von Komponenten und Prozessen mit Hilfe einer Mehrebenenanalyse vollzieht, umfassen weitere Unterfragen, die hier nicht im Einzelnen aufgeführt sind. Vielmehr zielen die hier dargelegten Forschungsfragen darauf ab, zu verdeutlichen, wie die unterschiedlichen Beiträge durch die entsprechenden zentralen Fragen verknüpft sind.

1.3 Begriffe und ihre Positionierung im Rahmen des Vorhabens

Die Tatsache, dass sich in den verschiedenen Denkschulen heute mehr als 30 unterschiedliche Definitionen von Vulnerabilität finden lassen (vgl. BIRKMANN 2006), lässt darauf schließen, dass es auch für dieses Vorhaben ein schwieriges Unterfangen war, sich auf eine spezifische Definition von Vulnerabilität zu verständigen. Insbesondere vor dem Hintergrund der gezielt interdisziplinären Ausrichtung des Vorhabens mit sehr unterschiedlichen Handlungsbereichen und verschiedenen methodischen Herangehensweisen stellte dies eine besondere Herausforderung dar.

Im Zusammenhang mit Naturgefahren und Risiko wird der Begriff der Vulnerabilität primär im Sinne von Verletzung, Verletzlichkeit, Schäden und Schwächungen verwendet und verstanden (siehe u. a. ADGER ET AL. 2001). Dabei ist allerdings anzumerken, dass, innerhalb der Vulnerabilitätsforschung verschiedene Denkschulen existieren, die z. T. deutliche Differenzen bei der Definition des Begriffes und Konzeptes der Vulnerabilität aufweisen (siehe u. a. BIRKMANN 2006, FÜSSEL/KLEIN 2006, BOHLE et al. 1994). Deshalb wird im Folgenden eine Diskussion der zentralen Begriffe aus der spezifischen Sicht des Projektes vorgenommen und entsprechende Arbeitsdefinitionen werden skizziert.

Insgesamt ist festzustellen, dass heute in verschiedenen Vulnerabilitätsanalysen sehr unterschiedliche Aspekte und Parameter erhoben werden, um Vulnerabilität zu messen (vgl. ADGER ET AL. 2005; STERR ET AL. (o. J.); FÜSSEL/KLEIN 2006, BOHLE 2007; GALDERISI/MENONI 2006: 97-125). In der eher ingenieurwissenschaftlichen Erdbebenrisikoforschung wird Vulnerabilität mit der Wahrscheinlichkeit des Einsturzes eines Gebäudes unter der Annahme von bestimmten Erdbebenszenarien verbunden – einschließlich der potenziellen menschlichen Opfer und ökonomischen Verluste (vgl. MERZ ET AL. 2002: 8 ff., GALDERISI/MENONI 2006: 114 ff.). Demgegenüber werden in der Klimafolgenforschung mit dem Terminus Vulnerabilität besonders vom Klimawandel betroffene Regionen bezeichnet, die zudem eine Häufung anfälliger gesellschaftlicher Gruppen, Landnutzungsformen oder Wirtschaftsbereiche aufweisen (vgl.

KROPP 2007). Diese primär auf „Impact-Szenarien“ (z. B. im Hinblick auf ökonomische Schäden) beruhenden Analysen unterscheiden sich deutlich von den sozialwissenschaftlichen Ansätzen der sog. „Human“ bzw. „Social Vulnerability“ (vgl. BRKLACICH/BOHLE 2006). Die Ansätze der Human and Social Vulnerability werden in der eher sozialwissenschaftlich ausgerichteten Risikoforschung sowie in der Entwicklungsforschung verwendet. Sie wurden auch als Gegenkonzept zu der rein hazard-orientierten Katastrophenforschung entwickelt (vgl. BIRKMANN 2006a, SCHNEIDERBAUER/EHRLICH 2004, HILHORST/BANKOFF 2004). Eine detaillierte Übersicht über die unterschiedlichen Denkschulen findet sich in BIRKMANN 2006 sowie in BIRKMANN 2008.

Eine erste und international weit verbreitete Definition von Vulnerabilität aus der Risikoforschung bzw. der Schule der Disaster-Risk-Community ist die der UN-Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR):

“Vulnerability: The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards”

(UN/ISDR 2004, Annex 1).

Obwohl diese Formulierung wenig Aufschluss darüber gibt, um welche spezifischen Faktoren oder Prozesse es sich bei der Vulnerabilität handelt, macht die UN/ISDR-Definition deutlich, dass Vulnerabilität die Situation und die Bedingungen in einer Gesellschaft oder in einem Raum kennzeichnet, welche durch physische, soziale, ökonomische und umweltbezogene Faktoren oder Prozesse bestimmt werden und die Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen von Naturgefahren erhöhen. In dieser Hinsicht bezeichnet Vulnerabilität diejenigen Faktoren und Prozesse, die die Anfälligkeit, die Schadenshöhe und teilweise auch das Bewältigungspotenzial determinieren.

Physische Faktoren, die die Vulnerabilität einer Stadt beispielsweise gegenüber der Naturgefahr Erdbeben erhöhen, können z. B. durch unangepasste Baustandards entstehen, die im Falle eines Erdbebens die Schadenshöhe erheblich beeinflussen. Im Vergleich dazu können die zunehmende Akkumulation von Werten in Gefahrenzonen sowie eine fehlende finanzielle Vorsorge bezüglich möglicher ökonomischer Schäden (z. B. fehlender Versicherungsschutz) eine höhere ökonomische Vulnerabilität bedeuten. Zudem sind in die Betrachtung der Vulnerabilität auch soziale und umweltbezogene Faktoren einzubeziehen. So kann sich

die Vulnerabilität von Haushalten und Bevölkerungsgruppen unterschiedlicher sozialer Lage trotz gleicher räumlicher Exposition unterscheiden, wie die Indikatoren im Bereich Bevölkerung/Soziales in Kapitel 3 verdeutlichen. Die Vulnerabilität der Umwelt gegenüber Naturgefahren wird in vielen Risikoanalysen bisher nur unzureichend berücksichtigt. Umweltbezogene Vulnerabilität bezieht sich nach Ansicht der Verfasser zum einen auf die Abhängigkeit einer Stadt oder bestimmter Gruppen, z. B. der Landwirte, von ökologischen Funktionen bzw. Umweltressourcen (z. B. Boden als Produktionsfaktor) und zum anderen auf die Anfälligkeit der Umweltressourcen selbst gegenüber den Einwirkungen von Naturgefahren. Diese Fragen werden im Kapitel zu den Projektbereichen Landwirtschaft und Umwelt (Kapitel 4) näher untersucht und in Indikatoren operationalisiert. Darüber hinaus spielen gerade für industrialisierte Nationen KRITIS eine herausragende Rolle bei der Sicherung und Gewährleistung von Daseinsgrundfunktionen. Die enorme Abhängigkeit zahlreicher gesellschaftlicher Prozesse vom Vorhandensein der Leistungen bestimmter KRITIS, wie Strom- oder Wasserversorgung, führt dazu, dass ihr Ausfall erhebliche Beeinträchtigungen des gesellschaftlichen Lebens auslösen kann. Die Frage, wie man die Vulnerabilität von KRITIS sowohl im Hinblick auf die verschiedenen Komponenten solcher Infrastrukturen wie auch bezogen auf die mit ihnen verbundenen und eigentlich zentralen Prozesse, systematisch operationalisieren kann, wird in Kapitel 2 dargelegt.

Neben den Aspekten *Exposition* und *Anfälligkeit* geht es in den verschiedenen Themenfeldern auch darum, die *Bewältigungskapazitäten* systematisch zu ermitteln. So macht beispielsweise WISNER (2002) in seiner Definition von Vulnerabilität darauf aufmerksam, dass sich Vulnerabilität nicht nur auf die Wahrscheinlichkeit von Verletzung, Tod, Verlust, Beeinträchtigung der Existenzgrundlagen und anderen Schäden in Folge eines Extremereignisses bezieht, sondern auch auf die Schwierigkeiten bei der Bewältigung solcher Ereignisse (vgl. WISNER 2002).

Zu Beginn des Projektes wurden daher in zahlreichen Diskussionsrunden Arbeitsdefinitionen für die Begriffe *Verwundbarkeit*, *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* formuliert, die im Laufe der Projektarbeit für die einzelnen Themenbereiche jeweils weiter konkretisiert wurden. Beispielsweise werden im Bereich der Landwirtschaft auch Expositionsfragen zweiter Ordnung negative Wirkungen entfalten können. Die folgende Tabelle gibt einen groben Überblick über die im Projekt genutzten Arbeitsdefinitionen:

Begriff	Definition
Vulnerabilität	<p>Vulnerabilität bezeichnet: durch physische, soziale, ökonomische und ökologische Faktoren und Prozesse determinierte Bedingungen, die die Anfälligkeit einer Gemeinschaft gegenüber den Auswirkungen von Naturgefahren erhöhen. (UN/ISDR 2004, eigene Übersetzung)</p> <p>Englische Originalfassung: “Vulnerability: The conditions determined by physical, social, economic, and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards” (UN/ISDR 2004, Annex 1).</p> <p>„...die Wahrscheinlichkeit von Verletzung, Tod, Verlust und Beeinträchtigung von Leben und Existenzgrundlagen in Folge eines Extremereignisses und/oder besondere Schwierigkeit der Bewältigung eines solchen Ereignisses (WISNER 2002, eigene Übersetzung)</p> <p>vulnerability means “... the likelihood of injury, death, loss, disruption of livelihood or other harm in an extreme event, and/or unusual difficulties in recovering from such effects”. (WISNER, 2002)</p>
<p>Soziale Vulnerabilität</p> <p><i>(relevant besonders für die Erfassung der Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen – daher wird diese Definition hier gesondert aufgeführt)</i></p>	<p>Verwundbarkeit (im Gegensatz zu Armut als einem Maß für einen gegenwärtigen Zustand) sollte primär einen vorhersagenden Charakter aufweisen. Was könnte einer identifizierten Bevölkerungsgruppe unter besonderen Risiko- und Bedrohungsfaktoren passieren? Die Bestimmungsfaktoren bestehen aus einem komplexen Satz von Charakteristika einer Person, der folgende Aspekte umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menschliches Wohlergehen (Gesundheit, Moral etc) • Selbstschutz (Besitzstände, Kapital, Einkommen, Qualifikation etc.) • Soziale Absicherung (Gefahrenvorbeugung einer Gesellschaft, Baustandards, Notunterkünfte etc.) • Soziale und politische Netzwerke und Institutionen (Sozialkapital, institutionelles Umfeld etc.) (vgl. CANNON ET AL 2003, eigene Übersetzung) <p>“Vulnerability (in contrast to poverty which is a measure of current status) should involve a predictive quality: it is supposedly a way of conceptualizing what may happen to an identifiable population under conditions of particular risk and hazards. It is the complex set of characteristics that include a person’s</p> <ul style="list-style-type: none"> • initial well-being (health, morale, etc.) • self-protection (asset pattern, income, qualifications, etc.) • social protection (hazard preparedness by society, building codes, shelters, etc.) • social and political networks and institutions (social capital, institutional environment, etc.)”. <p>(vgl. CANNON ET AL. 2003)</p>



Begriff	Definition
Bewältigungskapazität E: coping capacity	Maß für die tatsächlichen technischen, finanziellen, sozialen, rechtlich/planerischen, institutionellen Leistungen zur Verringerung der (potenziellen) Vulnerabilität (in Anlehnung an UN/ISDR 2004)
Bewältigungspotenzial E: coping capability	Maß für die unter definierten Bedingungen erreichbaren Leistungen zur Verringerung der potenziellen Vulnerabilität
Anpassungskapazität E: adaptation capacity	Im Gegensatz zu Bewältigungskapazität bedeutet Anpassungskapazität einen mittel- und langfristigen gesellschaftlichen Prozess zur gezielten Reduzierung der Vulnerabilität, der eine Umstellung und Anpassung an veränderte Umwelt- und Gesellschaftsbedingungen umfasst, um so potenziellen negativen Wirkungen des Umweltwandels vorzubeugen. (in Anlehnung an BIRKMANN 2006)
Exposition E: exposure	Ausgesetztsein eines Schutzgutes gegenüber einer Gefahr (in Anlehnung an UNDP-BCPR 2004)
Expositionsabschätzung E: exposure assessment	Abschätzung, ob oder mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Exposition anhand bestimmter Randbedingungen (Modelle) eintritt (vgl. RISIKOKOMMISSION 2003, verändert)
Risiko E: risk	Im Rahmen der Risikoforschung wird Risiko vielfach als Ergebnis der Interaktion von Gefährdung und Vulnerabilität, bezogen auf eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, charakterisiert. Auch die Risikokommission (2003) definiert Risiko im Kern als: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Gefahr, die auf vulnerable Elemente trifft und dann zu einem Schaden führt.
Schaden E: harm, damage	Negativ bewertete Folgen (z.B. soziale, ökologische, gesundheitliche oder ökonomische Folgen) eines Ereignisses oder einer Handlung (vgl. RISIKOKOMMISSION 2003)
Gefährdung E: hazard/natural hazard	Gefahr/Naturgefahr – eine Wirkung oder ein konkretes Ereignis eines Naturphänomens, welches schädigende Wirkungen haben kann (Hochwasser, Hangrutschung, Erdbeben etc.) (in Anlehnung an UN/ISDR 2004)

Tab. 1.1 Übersicht über Arbeitsdefinitionen, die in dem Projekt genutzt wurden

Insgesamt kann Vulnerabilität somit als interne Seite des Risikos und als entscheidende Stellschraube für Konzepte der menschlichen Sicherheit eingestuft werden (vgl. u. a. BIRKMANN 2006a). Vulnerabilität umfasst damit den Kontext (Rahmenbedingungen) sowie die Anfälligkeit und Reaktionsfähigkeit von Menschen oder exponierten Systemen (KRITIS) gegenüber den Einwirkungen bestimmter Naturgefahren. Während besonders vulnerable Gesellschaften oder Schutzgüter nur ein geringes Reaktionsvermögen gegenüber den Einwirkungen von Naturgefahren aufweisen und damit im Sinne einer (negativen) Rückkopplung wenig

Kapazitäten haben, wichtige Funktionen zu erhalten, bedeutet eine hohe Bewältigungskapazität, auch unter den Einwirkungen von Naturgefahren zentrale Prozesse und Leistungen aufrechterhalten zu können.

Im Folgenden werden die grundlegenden Rahmenkonzepte erläutert und dargestellt, die diesem Forschungsvorhaben zugrunde gelegt wurden. Dabei ist anzumerken, dass die Konzepte als erste Orientierung genutzt werden konnten und eine weitergehende Konkretisierung für die unterschiedlichen Themenfelder sinnvoll und notwendig war.

1.4 Rahmenkonzepte

Dem Forschungsvorhaben liegen insbesondere zwei Rahmenkonzepte zugrunde, die direkt oder indirekt in den verschiedenen Themenbereichen und den darin enthaltenen methodischen Herangehensweisen zur Abschätzung der Vulnerabilität genutzt wurden. Die Rahmenkonzepte dienen als Eckpfeiler für die weitere Konkretisierung und Operationalisierung der Vulnerabilität in den einzelnen Themenfeldern. Demzufolge dienen die Rahmenkonzepte nicht der direkten Ableitung oder Bestimmung von Indikatoren, vielmehr zeigen sie die Perspektive und das Grundgerüst auf, welches bei der weiteren Entwicklung der Indikatoren genutzt und je nach Anwendungsbereich weiter ausdifferenziert wurde. Als erstes Rahmenkonzept, welches bereits im Antrag dargelegt wurde, ist das sog. BBC-Framework (im Folgenden BBC-Rahmenkonzept) zu nennen, welches im Rahmen einer Risikoanalyse das Konzept der Vulnerabilität ins Zentrum der Betrachtung rückt. Darüber hinaus haben zahlreiche Beiträge direkte oder indirekte Bezüge zu einem system- und prozessorientierten Vulnerabilitätskonzept.

1.4.1 Das BBC-Rahmenkonzept

Das BBC-Rahmenkonzept, welches auf Arbeiten von Bogardi/Birkmann und Cardona (1999/2001) basiert und in Birkmann 2006a näher erläutert wird, umfasst eine prozessorientierte Sichtweise bezüglich der Betrachtung von Vulnerabilität. Durch die Betrachtung von Reaktions- und Rückkopplungsprozessen weist das Konzept auch deutliche Bezüge zur Kybernetik auf, ohne dabei allerdings von einer linearen Steuerbarkeit der Vulnerabilität oder des Risikos auszugehen.

Das BBC-Rahmenkonzept zeigt die Bedeutung der Vulnerabilität als zentralem Ansatzpunkt für die Erfassung und Reduzierung von Folgen der Einwirkungen von Naturgefahren auf Gesellschaften oder exponierte Schutzgüter. Es folgt zudem der Vorstellung der Denkschule der Disaster-Risiko-Forschung, dass sich

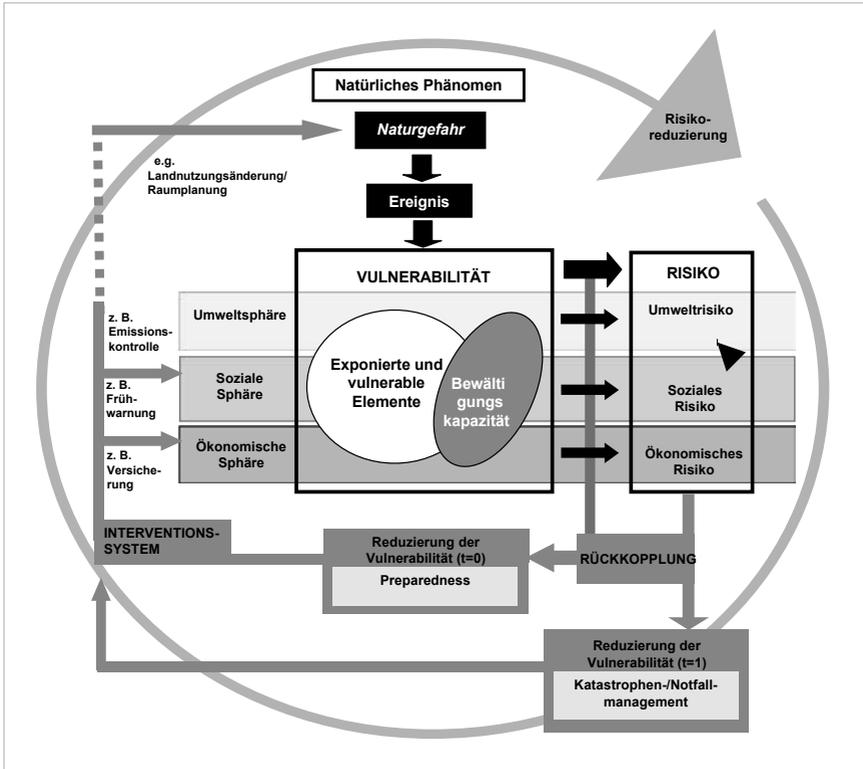


Abb. 1.1 BBC-Rahmenkonzept

Quelle: BIRKMANN 2006a (basierend auf BOGARDI/BIRKMANN 2004, CARDONA 1999/2001)

ein Risiko als Funktion der Interaktion zwischen einer Naturgefahr einerseits und einer vulnerablen Gesellschaft andererseits ergibt (vgl. WISNER ET AL. 2004: 49, UN/ISDR 2004). Folglich wird hervorgehoben, dass nicht allein die Naturgefahr, sondern insbesondere die Vulnerabilität das Problem für den gesellschaftlichen Umgang mit Naturgefahren und längerfristigem Umweltwandel darstellt. Die Konzeption eines Regelkreises, in den die Vulnerabilität eingebettet ist, deutet die Notwendigkeit einer systemischen und prozessorientierten Betrachtung an. Darüber hinaus werden die verschiedenen Rückkopplungs- und Steuerungsprozesse hervorgehoben, die im Verlauf von Krisen und Katastrophen von entscheidender Bedeutung sind, wobei das Rahmenkonzept

auf einer noch recht groben Auflösungsebene der Systemmodellierung (vgl. WHITE ET AL. 1984: 16) operiert, d. h. es ist als Rahmenkonzept ausgestaltet und bedarf der weiteren Konkretisierung und Kontextualisierung in der Anwendung. Insgesamt wird auf die Idee der rückgekoppelten Systeme aus der Kybernetik und der Umweltsystemforschung aufgebaut (vgl. WIENER 1948, VESTER 1980 und 2002, WHITE ET AL. 1984).

In der Anwendung des Konzeptes wird dabei nicht von einer linearen Steuerbarkeit ausgegangen, sondern Nicht-Linearität explizit berücksichtigt, beispielsweise in Form der möglichen Verschiebungen von Risiken und Vulnerabilitäten zwischen der sozialen, ökonomischen und ökologischen Dimension (vgl. BIRKMANN 2006a: 34). Die grundlegenden Dimensionen der Vulnerabilität – *ökonomische Vulnerabilität*, *soziale Vulnerabilität* und *ökologische Vulnerabilität* – greifen den Diskurs um die drei Dimensionen nachhaltiger Entwicklung auf und verknüpfen so die Schule der Disaster-Risiko-Forschung mit den Elementen der Nachhaltigkeitsforschung. Die Projektbereiche, die sich mit der Verwundbarkeit von KRITIS und der Verwundbarkeitserfassung mittels Fernerkundungsmethoden auseinandersetzen, nehmen eine übergreifende Stellung ein.

Während sich die Untersuchung von Reaktions- und Rückkopplungsprozessen vielfach auf Handlungen und Aktivitäten in der Phase der Katastrophe konzentriert, unterstreicht BIRKMANN (2006a) mit dem BBC-Rahmenkonzept die Möglichkeit, auch vor der Manifestierung und Realisierung von Katastrophen entsprechende Vorsorgemaßnahmen vorzunehmen, die die Reduktion von Vulnerabilität beinhalten. Die beiden Rückkopplungsprozesse ($t=0$, $t=1$) zeigen mögliche Ansatzpunkte für längerfristige Anpassungsstrategien auf.

Darüber hinaus verdeutlicht das Rahmenkonzept, dass sich die Erfassung von Vulnerabilität im Kontext von Naturgefahren auf die drei zentralen Parameter *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazitäten* beziehen muss. Das heißt, die alleinige Betrachtung von *Anfälligkeiten* oder *Exposition* greift zu kurz, da exponierte Bevölkerungsgruppen und Schutzgüter auch über Fähigkeiten oder Ressourcen verfügen können, die den Umgang mit bzw. das Überleben trotz dieser Gefahren und Ereignisse ermöglichen. Dieses Rahmenkonzept – insbesondere die Differenzierung der drei zentralen Parameter der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren – *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* – spiegeln sich in den verschiedenen Handlungsbereichen und ihren spezifischen Assessmentmethoden wider. Des Weiteren verdeutlicht das

BBC-Rahmenkonzept, dass das Assessment der Vulnerabilität nicht allein auf ökonomische oder soziale Fragen, wie in den meisten Risiko- und Vulnerabilitätsansätzen im Kontext von Naturgefahren bislang der Fall, begrenzt werden sollte (vgl. neben zahlreichen Praxisbeispielen u. a. UNDP 2004 und DILLEY ET AL. 2005), sondern dass über die Integration der drei Säulen der Nachhaltigkeit (vgl. WCED 1987, UN 1993) auch die Frage der ökologischen Vulnerabilität aufgegriffen werden muss.

Das BBC-Rahmenkonzept wurde insbesondere im Zusammenhang der Post-Tsunami-Forschung genutzt, es wird heute allerdings auch von weiteren Forschern in der Naturrisikoforschung angewendet.

1.4.2 System- und prozessorientiertes Vulnerabilitätsverständnis

Als zweites Rahmenkonzept, welches explizit in den Projektbereichen Landwirtschaft und Umwelt thematisiert wird (vgl. Kapitel 4), ist das Denken in Systemen mit engen Bezügen zur Kybernetik und Allgemeinen Systemtheorie zu nennen. Hier werden die in der Projektarbeit berücksichtigten Schutzgüter als Systeme, bestehend aus verschiedenen Systemkomponenten, die über unterschiedlich starke und unterschiedlich geartete Beziehungen verbunden sind, betrachtet. Im Sinne von VESTER (vgl. 2004: 18, 25, 55 f.) stellen Systeme damit Gebilde dar, in denen die Systemkomponenten in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. Durch die zwischen den Elementen bestehende Ordnung aus Beziehungen werden die Systemkomponenten von ihrer Umgebung abgegrenzt, obschon es sich bei den im Rahmen der Projektarbeit untersuchten Themenbereichen nicht um geschlossene Systeme handelt.

Die einzelnen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander beeinflussen die Vulnerabilität des Schutzgutes gegenüber einem Naturereignis, wie etwa einem Hochwasser. Durch die in der Projektarbeit geleistete Fokussierung auf diese Wirkbeziehungen und die Berücksichtigung von Rückkopplungsprozessen, über die Ermittlung von Bewältigungskapazitäten bei Eintritt eines Hochwassers, werden für ausgewählte Systemkomponenten entsprechende Wirkbeziehungen erkennbar – dies wird insbesondere im Bereich Umwelt und Landwirtschaft verdeutlicht. Es werden daher nicht nur singuläre Zustandsindikatoren zur Charakterisierung der Vulnerabilität herangezogen, sondern vielmehr Zusammenhänge und Prozesse in ihrer Dynamik betrachtet.

Um sinnvolle Lösungen für Probleme (die beispielsweise im Zusammenhang mit einem Naturereignis auftreten können) zu finden, ist es wichtig, diese vernetzten Zusammenhänge zur Kenntnis zu nehmen und sich über lineare Denkweisen hinwegzusetzen. Der Begriff der Bewältigungskapazitäten soll in dieser Hinsicht verdeutlichen, dass nicht eine einzelne Stellgröße oder ein einziger Regler für die entsprechenden Rückkopplungs- und Reaktionsprozesse verantwortlich ist, sondern Rückkopplungsprozesse vielmehr ein ganzes Bündel von geplanten und ungeplanten Maßnahmen umfassen, die nur z. T. einem Assessment zugänglich gemacht werden können. Das zentrale Prinzip negativer Rückkopplung soll im Folgenden vereinfacht anhand des Regelkreises (nach VESTER 2004) erläutert werden.

Ein Regelkreis besteht aus den Komponenten: Störgröße, Messfühler, Regelgröße, Istwert, Regler, Führungsgröße, Sollwert, Stellglied. Der Regler misst über den Messfühler den momentanen Zustand der Regelgröße (Istwert). Ist der Zustand durch einen Störfaktor verändert, weicht also der Istwert von einem von der Führungsgröße definierten Sollwert ab, gibt der Regler eine entsprechende Anweisung an ein Stellglied, die Störung zu beheben, d. h. den Istwert auf den gewünschten Sollwert zu bringen. Auf diese Weise ist das System mit sich selbst rückgekoppelt. Ein System, das nach dem Prinzip des Regelkreises im Sinne einer negativen Rückkopplung funktioniert, ist somit in der Lage, auftretende Störungen selbstregulierend auszugleichen (VESTER 2004: 43, 154 f.). Über diesen Rückkopplungsprozess kann sich das System nach der aufgetretenen Störung stabilisieren (KRIEGER 1998: 26; MALIK 2006: 384; LASZLO 1998: 56; MOSER 2001: 216).

Diese Konzeption des Regelkreises und die Grundgedanken der Kybernetik finden in der Projektarbeit insbesondere bei der Betrachtung der Vulnerabilität der Bereiche Umwelt und Landwirtschaft direkte Anwendung. So stellen Hochwasserereignisse in diesen Bereichen eine Störgröße dar. Nach einem Hochwasserereignis wird anhand des Schadensausmaßes ersichtlich, wie verwundbar das System ist. Hat ein Hochwasserereignis zu Schäden in der Umwelt und/oder der Landwirtschaft geführt, so zeigt der Istwert eine hohe Verwundbarkeit an. Eine Führungsgröße definiert in diesem Fall, als Reaktion auf diesen Schaden, einen Sollwert der Verwundbarkeit. Über Gesetze, Richtlinien und Handlungsempfehlungen werden Vorgaben darüber gemacht, wie dieser Sollwert zu erreichen ist, während der Stellwert in der Praxis für die Umsetzung dieser Vorgaben sorgt. Im Bereich der Landwirtschaft stellt der Landwirt den Stellwert dar.

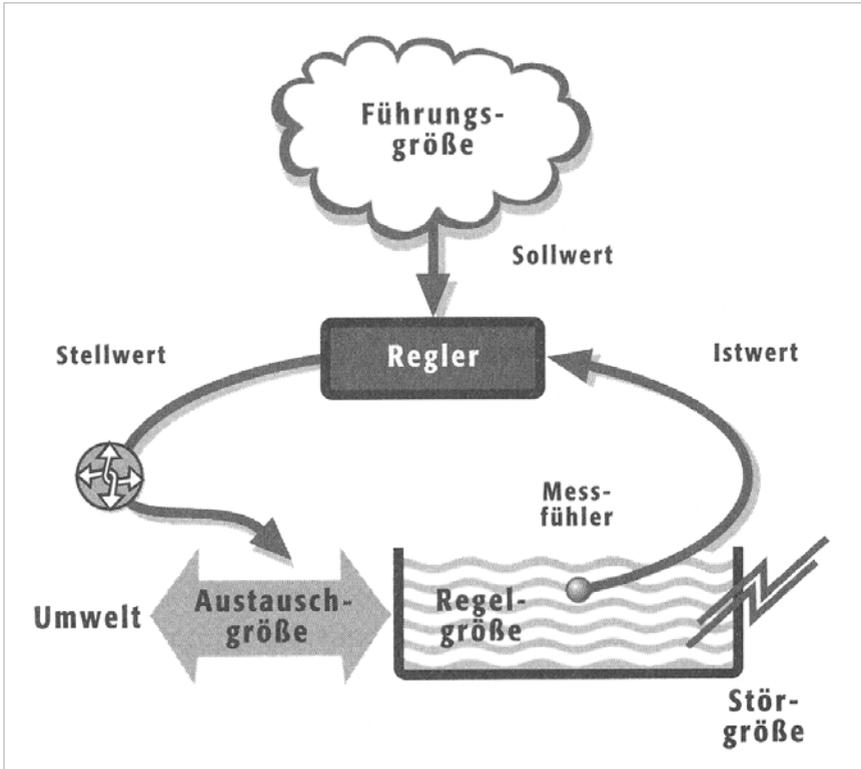


Abb. 1.2 Regelkreis mit den gängigen Bezeichnungen aus der Kybernetik

Quelle: VESTER 2004: 43

Über die Art und Weise seiner Bewirtschaftung (z. T. durch Vorgaben beeinflusst, z. T. basierend auf eigenen Erfahrungen) beeinflusst er die Verwundbarkeit seines Betriebes. Hat ein Landwirt einen Hochwasserschaden erlitten, wird er Maßnahmen zur Minimierung der Hochwasserschäden treffen und ggf. durch eine Verhaltensänderung die Verwundbarkeit gegenüber zukünftigen Ereignissen reduzieren. Auch im Bereich Umwelt wird die direkte Anwendung der Systemtheorie nach VESTER vollzogen (vgl. Kapitel 4).

Insgesamt erleichtert die Darstellung von Zusammenhängen in Systemen bzw. Systemmodellen die praktische Vorstellung von Wirkungsgefügen. Für MALIK

(2006: 80) sind Systeme dann lebensfähig, wenn sie die Eigenschaften adaptiv, lernfähig und selbstregulierend besitzen. Diese Eigenschaften sind ebenfalls wichtige Zielsetzungen innerhalb der Diskussion um Resilienz und Anpassung an Naturgefahren und den Klimawandel.

Unbeschadet der Komplexität, die bei den im Rahmen des Projektes betrachteten Systemen im Kontext von Naturgefahren vorliegen, zielen die Vulnerabilitätsanalysen und Assessments in allen Projektbereichen darauf ab, Reaktions- und Rückkopplungsprozesse mit in die Betrachtung der Vulnerabilität einzubeziehen. Diese Rückkopplungsprozesse werden beispielsweise über die Betrachtung von Bewältigungskapazitäten berücksichtigt und umfassen z. B. im Bereich der exponierten Bevölkerungsgruppen u. a. das Vorhandensein einer Elementar-(Schadens-)Versicherung, die im Kern eine negative Rückkopplung gegenüber ökonomischen Schäden durch ein Hochwasser impliziert (vgl. Kapitel 3). Auch im Bereich KRITIS werden durch die Betrachtung der Aspekte *Funktionsanfälligkeit* sowie *technische* und *organisatorische Ersetzbarkeit* entsprechende Rückkopplungsprozesse berücksichtigt (vgl. Kapitel 2). Für die Bereiche Landwirtschaft und Umwelt werden darüber hinaus spezifische Systemmodelle und Wirkungsgefüge detailliert dargelegt und als Grundlage der Indikatorenableitung genutzt (vgl. Kapitel 4). Insgesamt stellen die dargelegten Rahmenkonzepte eine wichtige gemeinsame konzeptionelle Grundlage für die verschiedenen Ansätze zur Erfassung der Vulnerabilität in den unterschiedlichen Handlungsbereichen dar. Die konkrete Ausgestaltung dieser Ansätze wird in den folgenden Kapiteln systematisch erläutert.

2

Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur gegenüber Hochwasserereignissen

Verfasserin: Susanne Krings

Das vorliegende Kapitel ist den konzeptionellen Überlegungen zur Verwundbarkeitsabschätzung der Strom- und Trinkwasserversorgungs-Infrastrukturen, dem methodischen Vorgehen bei der Projektarbeit und den hier in exemplarischer Weise vorgestellten Ergebnissen der empirischen Arbeit gewidmet. Es ist demnach im Zusammenhang zu sehen mit dem Leitfaden zur Abschätzung der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasser (vgl. BBK 2010 (Hrsg.): *Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene*, S. 20 ff.). Das für den Leitfaden entwickelte Assessment-Werkzeug baut auf den im Folgenden dokumentierten Arbeiten auf, ist jedoch ohne die zusätzliche Lektüre dieser Publikation anwendbar. Im Leitfaden werden konkrete Vorgehensweisen beschrieben und anwendungsbezogene Informationen bereitgestellt. Im Rahmen der vorliegenden Publikation wird bei Bedarf auf das entsprechende Kapitel des Leitfadens verwiesen.

2.1 Kritische Infrastruktur als Untersuchungsgegenstand

Das zentrale Anliegen des oben genannten Forschungsprojektes war es, Methoden zu entwickeln, die es Kommunen ermöglichen, die eigene Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen abzuschätzen und auf dieser Grundlage ggf. Maßnahmen zu deren Absenkung zu ergreifen. Angesichts der großen Bedeutung, die Kritischen Infrastrukturen beigemessen wird (vgl. BMI 2009: 2) und der gesellschaftlichen Verwundbarkeit, die im Zusammenhang mit den vielfältigen Abhängigkeiten von deren Infrastrukturleistungen erkannt wird (BMI 2009: 3), erschien es für die Projektarbeit von Bedeutung, die Betrachtung von Kritischen Infrastrukturen im Interesse einer möglichst umfassenden Abschätzung der Verwundbarkeit zu berücksichtigen. In den folgenden Ausführungen sollen zunächst die grundsätzlichen Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes aufgezeigt und die darauf aufbauenden Entscheidungen zum Umgang mit dem Gegenstand in der Projektarbeit dargelegt werden.

2.1.1 Definition Kritische Infrastruktur (KRITIS)

Unter dem Begriff *Kritische Infrastruktur (KRITIS)* werden nach dem Bundesministerium des Innern (BMI) „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ (BMI 2009: 3), verstanden². Zu den unter dem Sammelbegriff *KRITIS* zusammengefassten Infrastrukturen im Sinne der eingangs zitierten Definition zählen nach BMI die Energieversorgung; Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien); Transport und Verkehr; die (Trink-)Wasserversorgung und Abwasserentsorgung; Gesundheitswesen und Ernährung; das Notfall- und

2 Neben der hier ausführlich dargelegten Definition des BMI existiert eine Vielzahl weiterer Definitionen aus unterschiedlichen Quellen. Für einen kompakten Überblick vgl. LENZ 2009: 18; eine umfangreiche Zusammenstellung wird von BRUNNER/SUTER 2008 gegeben.

Rettungswesen sowie der Katastrophenschutz; das Parlament, die Regierung, öffentliche Verwaltung und Justizeinrichtungen; das Finanz- und Versicherungswesen sowie Medien und Kulturgüter (vgl. BMI 2009: 5). LAUWE/RIEGEL systematisieren *KRITIS* mit Hilfe ihrer Zuordnung zu den *Basisinfrastrukturen*, den sozioökonomischen sowie den *soziokulturellen* Infrastrukturen (LAUWE/RIEGEL 2008: 113 ff), während seitens des BMI eine Unterscheidung zwischen technischen *Basisinfrastrukturen* und *sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen* (BMI 2009: 5) getroffen wird.

Aus praktischen Gründen musste im Rahmen der Projektarbeit eine Auswahl getroffen werden. Die Einschränkung auf die Versorgung mit Strom und Trinkwasser wurde notwendig, da sich die unter *KRITIS* zusammengefassten Infrastruktursysteme in ihren Eigenschaften in so hohem Maße unterscheiden, dass eine eingehende empirische Betrachtung für alle Systeme nicht im Rahmen der Projektlaufzeit möglich gewesen wäre. Die Wahl fiel aus mehreren Gründen auf die nach BMI zu den *technischen Basisinfrastrukturen* zu zählenden Strom- und Trinkwasserversorgungs-Infrastrukturen (BMI 2009: 5). Die Auswahl der Stromversorgung begründet sich zum einen durch eine Publikation von BMI und BBK, in der die hohe Bedeutung der Stromversorgung für die Gesellschaft der Bundesrepublik Deutschland explizit hervorgehoben wird (BMI/BBK 2007, vgl. auch REICHENBACH et al. 2008, MONSTADT 2008: 190 f.). Die besonderen Eigenschaften der Stromversorgung verweisen auf die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Infrastrukturen und Infrastruktursektoren, denen es im weiteren Projektverlauf Rechnung zu tragen gilt. Darüber hinaus wird die Auswahl der Stromversorgung und die Ergänzung mit der Trinkwasserversorgung von den Ergebnissen der projektintern durchgeführten Haushaltsbefragung (vgl. Kapitel 3) gestützt. Eine detaillierte Beschreibung der Eigenschaften der Strom- und Trinkwasserversorgung in Deutschland, welche die Rahmenbedingungen für die Projektarbeit darstellen, soll in Kapitel 2.3.1 gegeben werden.

Um die Spannweite der involvierten Kommunen und Infrastrukturbetreiber zu erweitern und eine Übertragbarkeit der innerhalb des Forschungsprojektes gewonnenen Erkenntnisse auf Kommunen unterschiedlicher Größe und auf potenziell unterschiedlich ausgelegte Infrastruktursysteme sicherzustellen, wurden zusätzlich zu den offiziellen Projektpartnern weitere Fallbeispiele untersucht.

2.1.2 Mehrebenenaufbau von KRITIS

KRITIS werden, wie in Abbildung 2.1 illustriert, auf mehreren Funktionsebenen betrachtet (vgl. LENZ 2009: 21 ff., LAUWE/RIEGEL 2008:113; BBK 2006: 7 ff.). So kann beispielsweise auf der ersten Ebene der Energiesektor angesprochen werden. Auf der darunter liegenden Ebene werden innerhalb dessen einzelne Infrastrukturen identifiziert. Im Energiesektor können beispielsweise die Gasversorgung oder die Versorgung mit Fernwärme von der Stromversorgung getrennt betrachtet werden. Auf der untersten in dieser Abbildung enthaltenen Ebene sind die Komponenten der einzelnen Infrastrukturen zu finden.

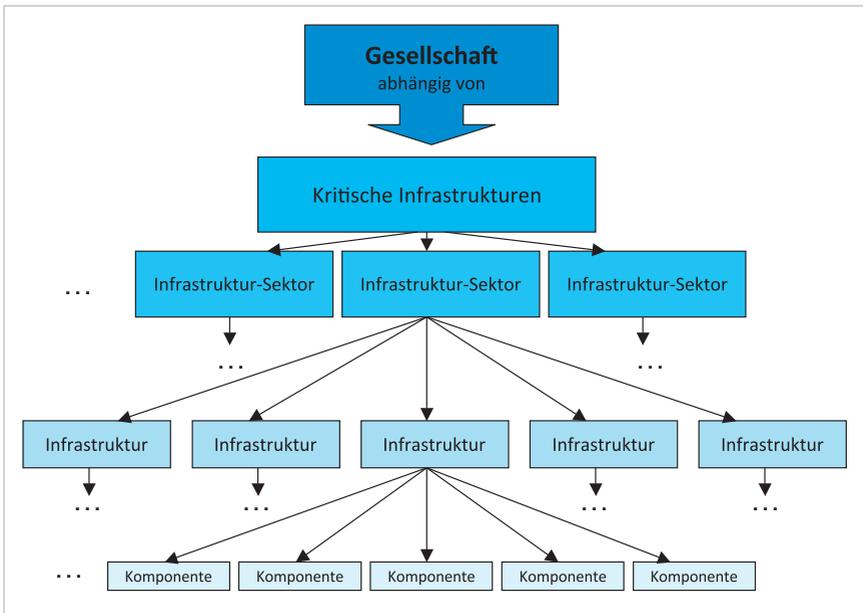


Abb. 2.1 Ebenen von KRITIS; eigene Darstellung, verändert nach LENZ 2009: 22

Die Stromversorgung erscheint als ein Ausschnitt aus dem Mehrebenenaufbau von *KRITIS*. Innerhalb dieses Schemas ist der im Rahmen des Forschungsprojektes betrachtete Ausschnitt auf die kommunale Ebene fokussiert. Zunächst wurde der Energiesektor ausgewählt, innerhalb dessen wiederum die Stromversorgung betrachtet wird. Auf der Komponentenebene erscheinen die auf

kommunaler Ebene bedeutsamen Komponenten der Stromversorgung. Analog lässt sich ein Ausschnitt auch zugeschnitten auf die Trinkwasserversorgung darstellen.

Es gilt in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass die Komponenten, um ihre Rolle innerhalb der Infrastrukturen ausüben zu können, je nach Art und Beschaffenheit, unterschiedlichste Elemente wie Personal, Gelände, Gebäude, Anlagen, Geräte, Daten und Unterlagen sowie Betriebsmittel (vgl. BMI 2008: 17) benötigen. Diese tragen ggf. über eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsschritte zum Funktionieren der Komponente bei. Bei der im Rahmen der Projektarbeit entwickelten Methode zur Betrachtung der Verwundbarkeit von *KRITIS* innerhalb von Kommunen ist zwar die Unterscheidung zwischen der Komponentenebene und der Infrastrukturebene besonders deutlich zu erkennen, die Eigenschaften, die sich aus dem Zusammenwirken der Elemente einer Komponente ergeben, sollen jedoch keineswegs unbeachtet bleiben. Vielmehr erfassen die angewendeten Kriterien die in ihnen verborgenen verwundbarkeitsrelevanten Informationen. Die grundsätzlichen Unterschiede der Komponenten- und Infrastrukturebene werden hingegen explizit angesprochen und in der Methodenentwicklung in vielfältiger Weise berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.2).

2.1.3 Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von *KRITIS*

Im Zusammenhang mit *KRITIS* wird häufig deren gegenseitige Abhängigkeit thematisiert (vgl. BMI 2008: 12, LAUWE/RIEGEL 2008: 119). In diesem Kontext wird vor allem der Stromversorgung und den IuK-Technologien eine besondere Bedeutung beigemessen (vgl. BMI 2009: 5, REICHENBACH et al. 2008: 16; BMI/BBK 2007; DStGB 2006: 7). Die Einbeziehung der internen und übergreifenden Abhängigkeitsbeziehungen ist, wie auch die Betrachtung der Beziehungen zwischen den bereits genannten Ebenen, von entscheidender Bedeutung, da diese für die vielfältigen und in ihren Auswirkungen ggf. weitreichenden Konsequenzen von Ausfällen verantwortlich sind (für eine genaue Beschreibung unterschiedlicher Abhängigkeitsbeziehungen im Kontext von *KRITIS* vgl. LENZ 2009: 24 f.).

Abhängigkeiten zeigen sich jedoch nicht nur zwischen den einzelnen Infrastrukturen, sondern auch, wie in der Definition angesprochen, zwischen Wirtschaft und Bevölkerung, welche nach Ansicht von Geier „heute mehr denn je von

technischen, ökonomischen, sozialen und administrativen Dienstleistungen und der Verfügbarkeit umfassender infrastruktureller Versorgungsleistungen abhängig“ ist (GEIER 2008: 89). Die sog. Reichenbach-Kommission geht davon aus, dass die primären und sekundären wirtschaftlichen Schäden eines Stromausfalls schnell ein „nach gängigen Bewertungsmaßstäben [...] mindestens im zweistelligen Milliarden-Euro-Bereich“ liegendes und damit als „katastrophal“ einzustufendes Ausmaß annehmen werden (REICHENBACH et al. 2008: 19, für eine detaillierte Auseinandersetzung mit Folgen eines längerfristigen Stromausfalls in Deutschland siehe auch REICHENBACH et al. 2008: 23 ff.). Diese Bewertung steht in einem deutlichen Gegensatz zu den Ergebnissen einer Studie des DRK zur Einschätzung der Bevölkerung hinsichtlich der eigenen Abhängigkeit: Über zwei Drittel der Befragten gehen davon aus, sich auch bei einem zwei Wochen anhaltenden Stromausfall noch selbst versorgen zu können (vgl. DRK 2008). Die Selbsteinschätzung der Befragten hinsichtlich der von einem Stromausfall ausgehenden Gefahren hebt sich demnach deutlich von den Einschätzungen der Reichenbach-Kommission ab.

Der Bedeutung der Abhängigkeitsbeziehungen wurde mit der Auswahl der in Kapitel 2.2.2 genauer beschriebenen Verwundbarkeitskriterien Rechnung getragen. Mögliche Abhängigkeiten der Wasserversorgung von der Stromversorgung werden im Leitfaden entsprechend thematisiert.

2.1.4 Flächenhafte Ausdehnung von KRITIS

Zu den Eigenschaften vieler *KRITIS* gehört neben der funktionalen Vernetzung auch deren räumliche Ausdehnung. Dabei können nicht nur die einzelnen Arbeitsschritte räumlich getrennt stattfinden, sondern auch die Funktion einzelner Komponenten, wie beispielsweise von Leitungs- oder Verkehrsnetzen, liegt in der Überwindung großer räumlicher Distanzen. Entsprechend sind die räumlichen Skalen in Abhängigkeit von der jeweiligen Infrastruktur entweder lokal bis regional (wie in der Regel bei der öffentlichen Wasserversorgung der Fall, vgl. Kapitel 2.3.1), überregional bis international (wie im Fall der Stromversorgung, vgl. Kapitel 2.3.1) oder sogar global (Warenströme der Lebensmittelversorgung oder IuK-Technologien) anzusetzen. Dieser Umstand ergibt im Zusammenhang mit den bereits angesprochenen Abhängigkeiten die Situation, dass auch Störungen, die an weit entfernten Orten auftreten, sich sektorintern oder -übergreifend auf *KRITIS* und damit ggf. auf die Gesellschaft auswirken können.

Ein anschauliches Beispiel für diesen Problemzusammenhang im Kontext der Stromversorgung bietet ein Zwischenfall im europäischen Verbundnetz. Am 4. November 2006 musste zur Überführung eines Schiffes eine über die Ems führende Höchstspannungstrasse abgeschaltet werden, was zu einer Reihe von automatischen Abschaltungen quer durch Deutschland, Österreich, Kroatien und Ungarn führte und viele weitere Länder in Mitleidenschaft zog (vgl. Bundesnetzagentur 2007: 8). Nach ca. 90 Minuten war die europaweite Störung weitgehend behoben und 15 Millionen Menschen, die zeitweise von Stromausfällen betroffen waren, wurden wieder versorgt (BUNDESNETZAGENTUR 2007: 3; LAUWE/RIEGEL nennen leicht abweichende Zahlen, vgl. LAUWE/RIEGEL 2008: 116 f.). Der Vorfall veranschaulicht auf eindrucksvolle Weise, welche schwerwiegenden Folgen beim Ausfall einer einzelnen Trasse für die Stromversorgung – nicht nur im direkten Umfeld der betreffenden Leitung, sondern auch viele Hundert Kilometer entfernt – zu erwarten sind (vgl. dazu auch LAUWE/RIEGEL 2008:116 f., BBK 2006: 2 f.). Das hier beschriebene Problem äußert sich im Kontext von Hochwasserereignissen auch auf der kommunalen Betrachtungsebene. So können im Fall eines Hochwassers auch Gebiete von Infrastrukturausfällen beeinträchtigt werden, die der Überflutung selbst nicht ausgesetzt sind. Dieses Problem findet in der innerhalb des Forschungsprojektes entwickelten Assessment-Methode Berücksichtigung.

Der Fokus der Projektarbeit liegt auf der räumlich-administrativ definierten Ebene der Kommune, während sich die Infrastrukturnetze unabhängig davon, und daher oft über diese hinaus, erstrecken. Es ist also möglich, dass außerhalb des Betrachtungsbereichs liegende Probleme von der hier vorgestellten Methode nicht erfasst werden. Liegt die Störung außerhalb der Kommune, sodass beispielsweise kein Strom bis an die Kommunengrenze gelangt, so ist ungeachtet der Bedingungen in der Kommune ein Ausfall die mögliche Folge. Dieses Problem ist der Beschränkung auf einen bestimmten Raumausschnitt, der sich nicht an den Grenzen der Versorgungsinfrastrukturnetzwerke orientiert, sondern andere Parameter zur Abgrenzung heranzieht, immanent.

Neben dem bereits beschriebenen Problem, das sich aus der funktionalen Vernetzung und räumlichen Ausdehnung ergibt, ist auch auf einen Zusammenhang zwischen dem Mehrebenenaufbau von *KRITIS* und den betrachteten räumlichen Maßstabsebenen hinzuweisen. Zwar müssen diese nicht zwangsläufig miteinander in Zusammenhang stehen, in der Realität ist dies jedoch häufig der Fall. Dieser Zusammenhang wird von LENZ im Kontext der Vulnerabilität von

KRITIS als „skalenbezogen“ bezeichnet: „So ist beispielsweise für die Analyse der *KRITIS*-Sektoren die nationale Betrachtungsebene geeignet, während für die Untersuchung von Infrastrukturen eine Betrachtung auf regionaler Ebene und für Infrastrukturkomponenten auf lokaler Ebene angemessen ist“ (LENZ 2009: 35). Bei der Entwicklung der Assessment-Methode wird daher eine konsequent lokal ausgerichtete Perspektive eingenommen, welche von der Komponentenebene ausgeht und darauf aufbauend die Verwundbarkeit der Infrastruktur (Infrastrukturebene) ableitet. Dieses Vorgehen wird in Kapitel 2.2.2 ausführlich dargelegt.

2.1.5 Öffentliche und private Akteure

Es ist zu berücksichtigen, dass sich in Deutschland öffentliche und private Akteure den Besitz und den Betrieb der Einrichtungen, die unter *KRITIS* zusammengefasst werden, teilen (vgl. BMI 2009: 6). Von staatlicher Seite, welche mit der *Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie, BMI 2009)* ein öffentliches Interesse an deren Funktionieren artikuliert, wird durch das BMI eine koordinierende Rolle eingenommen (GEIER 2008: 91, BMI 2009: 3). Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), das Bundeskriminalamt (BKA) sowie die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) werden damit beauftragt, „Gefährdungsbewertungen, Analysen und Schutzkonzepte“ (BMI 2009: 3) zu erarbeiten. Die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft wird als entscheidender Erfolgsfaktor betrachtet und die Erhöhung der Sicherheit als eine Gemeinschaftsaufgabe öffentlicher und privater Akteure definiert: „Das in den letzten Jahren deutlich gewachsene Politikfeld ‚Schutz Kritischer Infrastrukturen‘ auf allen Ebenen der staatlichen Verwaltung ist Ausdruck einer neuen Sicherheitspartnerschaft von Staat und Wirtschaft.“ (GEIER 2008: 92). Auch in der *KRITIS-Strategie* wird die Partnerschaft unterschiedlicher Akteure zur Gewährleistung der Sicherheit Kritischer Infrastrukturen betont. Die Rolle des Staates wird als „primär moderierend, nötigenfalls normierend“ (BMI 2009: 2) beschrieben. Die aktuelle „vertrauensvolle und konstruktive“ (BMI 2009: 2) Kooperation der Akteure und das bereits bestehende Schutzniveau werden positiv bewertet, Fortsetzung und Vertiefung der Zusammenarbeit sind erklärtes Ziel.

Trotz eines großen Überschneidungsbereiches von privaten und öffentlichen Interessen an der Erhöhung der Sicherheit von *KRITIS* können bei der Umsetzung

von Maßnahmen unterschiedliche Interessen und Handlungszwänge der einzelnen Akteure eine Rolle spielen. Während, wie von GEIER beschrieben, in vielen Fällen weniger technische, investitionsintensive Lösungsansätze (wie beispielsweise eine Verbesserung von Notfallplänen) für Probleme gefunden werden, so können doch ggf. auch hohe Kosten auf Unternehmen, die sich die Verbesserung der Sicherheit zum Ziel gesetzt haben, zukommen. Dennoch sieht GEIER „auch aus rein ökonomischer Sicht gewichtige Gründe, um genügend Ressourcen für die Sicherheit des Unternehmens und damit den Schutz der Infrastruktureinrichtungen zur Verfügung zu stellen“ (GEIER 2008: 92).

Neben dem explizit favorisierten Weg der Kooperation und der Eigenverantwortung aller beteiligten Akteure, die Sicherheit und den Schutz von *KRITIS* zu verbessern bzw. auf hohem Niveau zu erhalten, behält sich der Staat in der *KRITIS*-Strategie vor, bei Bedarf auch durch veränderte rechtliche Vorgaben für die Erreichung dieses Ziels zu sorgen: „Sofern erhebliche festgestellte Sicherheitsmängel in Kritischen Infrastrukturen durch die freiwillige Selbstverpflichtung der Unternehmen nicht beseitigt werden oder bestehende gesetzliche Regelungen im Umfeld der Anlagen-, Netz-, Betreiber- oder Nutzersicherheit aufgrund neuer Gefahren und Risiken nicht ausreichenden Schutz bieten oder Anwendung finden, behält sich der Bund für seinen Zuständigkeitsbereich vor, durch geänderte oder neue Rechtsetzung den Schutz der betreffenden Infrastrukturen zu optimieren.“ (BMI 2009: 13).

Gemäß dem Umstand, dass öffentliche und private Stellen sich Besitz und Betrieb von *KRITIS* teilen, stammen die Informationen, die im Rahmen der Projektarbeit ausgewertet wurden, zum Teil aus öffentlichen und zum Teil aus privaten Quellen. Neben Informationen, die von öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt wurden, wurden vor allem Expertengespräche und die Teilnahme an relevanten Arbeitskreisen als Hauptinformationsquelle zur Bearbeitung des Projektbereiches *KRITIS* genutzt. Die Interviewpartner, die sich zu Expertengesprächen bereit erklärten, kamen sowohl aus der Privatwirtschaft als auch aus relevanten Abteilungen unterschiedlicher Behörden.

Insgesamt wurde im privatwirtschaftlichen Bereich Kontakt zu drei Stromversorgern und vier Unternehmen der öffentlichen Wasserversorgung aufgenommen. Die Stromversorger sind alle auf kommunaler Ebene tätig, eines der Unternehmen zusätzlich auch in der überregionalen Versorgung. Alle Wasserversorger sind Versorger auf kommunaler Ebene, wobei einige auch Kommunen

im direkten Umland mit Trinkwasser versorgen. Zwischen April 2008 und März 2009 wurden Gespräche mit Mitarbeitern der Unternehmen geführt. Während für alle betrachteten Kommunen der Wasserversorgungsbereich abgedeckt werden konnte, war in einem Fall die Betrachtung der Stromversorgung nicht möglich. Die Gespräche fanden in den Geschäftsräumen der jeweiligen Infrastrukturbetreiber statt. In einem Fall musste aus terminlichen Gründen auf ein persönliches Treffen verzichtet werden – die Informationen wurden ersatzweise mit Hilfe eines Fragebogens erhoben.

Über die Interviews mit den Betreibern hinaus wurden Gespräche mit Experten aus öffentlichen Stellen geführt. Zu diesen Stellen gehörten vor allem Mitarbeiter der Städte (z. B. Feuerwehren und weitere kommunale Einrichtungen). Alle Expertengespräche wurden schriftlich protokolliert. Die Ergebnisprotokolle wurden den Gesprächspartnern im Anschluss vorgelegt und ggf. überarbeitet. In die Projektarbeit gingen ausschließlich die nochmals auf ihre Richtigkeit hin überprüften Informationen ein. Weiterhin wurden unterschiedliche Veranstaltungen und Arbeitskreise, die auf Initiative der Städte stattfanden, genutzt. Darüber hinaus fanden zahlreiche informelle Treffen mit öffentlichen Stellen, vorwiegend zur Datenbereitstellung oder zur Klärung einzelner inhaltlicher Fragen sowie ein Expertenworkshop statt. Gespräche mit Mitarbeitern des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) konnten das Informationsspektrum zusätzlich erweitern.

2.2 Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung eines Verwundbarkeitskonzeptes für die hier betrachteten *KRITIS* hatte einen erheblichen Anteil an der Projektarbeit. Zwar existieren auf Deutschland bezogen bereits Veröffentlichungen, die sich mit der Verwundbarkeit von *KRITIS* und mit den Kriterien, die diese abbilden, auseinandersetzen (vgl. LENZ 2009; BMI 2008), doch die Verwundbarkeitskonzepte und -kriterien dieser bewusst auf alle *KRITIS* ausgerichteten Veröffentlichungen mussten zur Anwendbarkeit innerhalb des Forschungsprojektes, zur Fokussierung auf die lokale Ebene und im Hinblick auf zwei konkrete Infrastruktursysteme angepasst werden. Da, wie LENZ zutreffend formuliert, eine „unreflektierte Verwendung des Vulnerabilitätsbegriffs ohne klare Definition [...] leicht zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führen“ kann (LENZ 2009: 30), soll im folgenden Kapitel die unter Einbeziehung der Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes (vgl. Kapitel 2.1) erfolgte, schrittweise Erarbeitung eines gegenstandsspezifischen Verwundbarkeitsverständnisses thematisiert werden. Die Verwendung der Begriffe und das Verständnis der Konzepte soll anhand des Vergleiches mit und anhand der Abgrenzung zu aktuellen Veröffentlichungen aus dem Themenbereich Verwundbarkeit Kritischer Infrastruktur geschehen. Die folgenden Ausführungen sind demnach den der Projektarbeit zugrunde gelegten Konzepten zur Verwundbarkeit von *KRITIS* (insbesondere der hier detailliert betrachteten Trinkwasser- und Stromversorgungsinfrastrukturen) sowie deren Operationalisierung in Form eines Leitfadens zum Verwundbarkeitsassessment auf kommunaler Ebene gewidmet.

2.2.1 Methodenentwicklung zum Verwundbarkeitsassessment von *KRITIS*

Die Entwicklung und spätere Anwendung von quantifizierten Indikatoren setzt ein gewisses Maß von Verallgemeinerbarkeit von Strukturen und Eigenschaften des betrachteten Gegenstandes sowie eine breite, flächendeckend in vergleichbarer Weise zur Verfügung stehende und allgemein zugängliche Datenbasis voraus. Diese Voraussetzungen sind, wie im Folgenden ausgeführt werden

soll, hinsichtlich der innerhalb des Projektes betrachteten Verwundbarkeit der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasser als problematisch zu bewerten, sodass im Rahmen der Projektarbeit primär auf die Entwicklung von qualitativen Kriterien gesetzt wurde.

1) Zwar unterliegt die Funktionsweise der Strom- und Wasserversorgung bestimmten Regelmäßigkeiten, jedoch wird der konkrete Aufbau der Infrastruktur ebenso wie die Beschaffenheit der einzelnen Komponenten massiv von den lokalen Gegebenheiten bestimmt. Die tatsächliche Beschaffenheit der Versorgungsinfrastrukturen zeugt von einem oft über einen langen Zeitraum laufenden Prozess der Anpassung an und Nutzung von lokalen Besonderheiten (Tallage vs. Hanglage, Nähe zum Fluss, Höhe des Grundwasserstands, Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft, Wachstumsdynamik der Kommune, technischer Fortschritt im zeitlichen Verlauf, Investitionsaufwand, Häufigkeit von Hochwasserereignissen etc.).

2) Festzustellen ist auch, dass zur Wasser- und Stromversorgung nicht im gleichen Maß flächenhaft verfügbare, verwundbarkeitsrelevante Informationen vorliegen, wie sie etwa zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung mittels der Kommunalstatistik zur Verfügung gestellt werden können (vgl. Kapitel 3 zum Themenbereich Bevölkerung/Soziales). Die Versorgung ist in der Regel in privater oder halböffentlicher Hand (vgl. Kapitel 2.3.1). Die Unternehmen halten zwar selbst Informationen über die Netze und die weiteren Komponenten vor, diese sind jedoch nicht in jedem Fall öffentlich zugänglich: Details über die Netze sowie die Lage und Bedeutung bestimmter Komponenten werden häufig als sensible Informationen betrachtet und als solche nicht oder nur unter bestimmten Auflagen weitergegeben.

Vor diesem Hintergrund war es für die Projektarbeit sinnvoll, ein mehrstufiges Assessment-Verfahren zu entwickeln. Mit dessen Hilfe soll die Kommunikation zwischen Kommunen und Betreibern so strukturiert werden, dass mit der Zusammenführung von vorhandenen Informationen eine Abschätzung der Verwundbarkeit der Versorgungsinfrastrukturen getroffen werden kann. Das Vorgehen wird in den folgenden Kapiteln ausführlich dargelegt und an konkreten Beispielen veranschaulicht (Kapitel 2.3.4). In Form des Leitfadens wurde das Verfahren zur Anwendung in der Kommune operationalisiert.

2.2.2 Verwundbarkeit von KRITIS: Verwundbarkeitskriterien und Mehrebenenaufbau

Wie bereits eingangs ausgeführt (vgl. Kapitel 2.1.2), wird hinsichtlich der im Rahmen des Projektes schwerpunktmäßig betrachteten technischen Versorgungsinfrastrukturen ein Mehrebenenaufbau vorausgesetzt. Einzelne Teilprozesse, die von den entsprechenden Infrastrukturkomponenten umgesetzt werden, wirken nach dieser Auffassung auf einer übergeordneten Ebene zusammen, um die Funktionalität der Infrastruktur als Ganzes zu ermöglichen. Diesen Ebenen muss durch ein auf den Untersuchungsgegenstand abgestimmtes Verständnis von Verwundbarkeit Rechnung getragen werden. Es bildet die Basis für die Entwicklung einer Methode zur Verwundbarkeitsabschätzung. Grundlage zur Entwicklung eines auf den Untersuchungsgegenstand *KRITIS* ausgelegten Verwundbarkeitskonzeptes war die Auffassung des BBC-Rahmenkonzeptes (vgl. Kapitel 1, Abbildung 1.1), nach dem sich die Verwundbarkeit aus dem Zusammenwirken von *Exposition*, *Anfälligkeit* und *Bewältigungskapazität* ergibt.

Die Bedeutung der Ebenenunterscheidung kann beispielhaft anhand der *Exposition* illustriert werden. In der Regel ist nicht die gesamte Infrastruktur, die sich über das Gebiet einer Kommune erstreckt, einem Hochwasser ausgesetzt, sondern lediglich ein Teil der beteiligten Komponenten liegt in den betroffenen Bereichen. Welche Auswirkungen die Exposition dieser Komponenten auf die gesamte Infrastruktur hat, erschließt sich nur über die genauere Betrachtung der Auswirkungen eines Hochwasserereignisses auf die betreffenden Komponenten und über deren Bedeutung innerhalb der Infrastruktur. Demnach gilt es einerseits zu klären, wie vulnerabel die einzelnen Komponenten auf das Ereignis reagieren, und andererseits zu bedenken, inwiefern die Verwundbarkeit der einzelnen Komponenten zur Verwundbarkeit der Infrastruktur beiträgt.

Im Folgenden wird daher eine Unterscheidung zwischen der Infrastruktur-/Prozessebene und der Komponenten-/Teilprozessebene getroffen (vgl. Abbildung 2.3). Der Rahmen des innerhalb des Projektes betrachteten Ausschnitts aus der Gesamtheit der *KRITIS* ist in Abbildung 2.2 grau umrahmt. Die Teilprozessebene bildet die unterste Funktionsebene und ist in der Abbildung rötlich hervorgehoben. Auf dieser Ebene werden einzelne Teilprozesse betrachtet, die von in der Kommune physisch vorhandenen Komponenten wie Wasserwerken oder Netzstationen umgesetzt werden. Durch ihr Zusammenwirken ermöglichen diese auf der Prozess- bzw. Infrastrukturebene, welche in der Abbildung

blau markiert ist, das Funktionieren des Gesamtprozesses, am konkreten Beispiel der Trinkwasser- und Stromversorgung. Die Abbildung illustriert die Einordnung der betrachteten Ebenen innerhalb des Mehrebenenaufbaus.

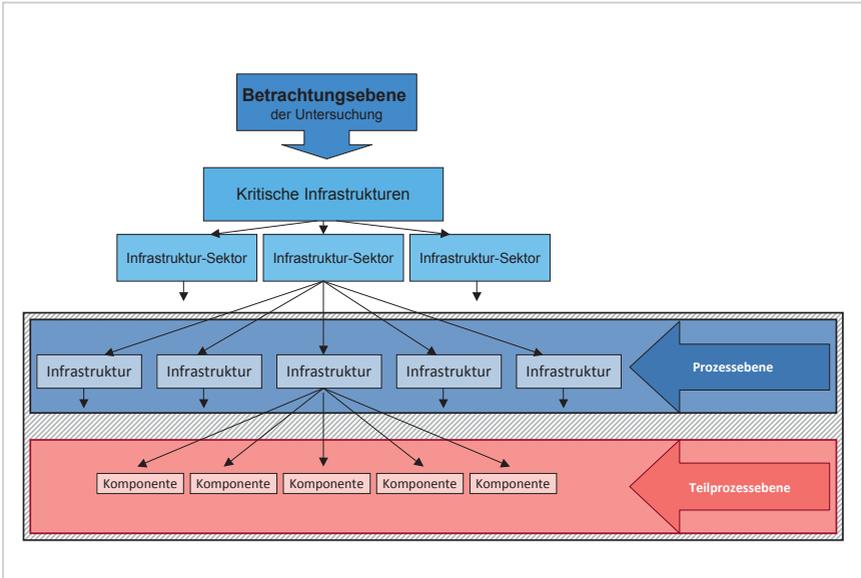


Abb. 2.2 Einordnung der für die Projektarbeit gewählten Betrachtungsebenen, basierend auf Abb. 2.1

Dieser Mehrebenenaufbau wurde bei der Entwicklung eines gegenstandsspezifischen Verwundbarkeitsverständnisses berücksichtigt, da zum Verwundbarkeitsassessment nicht für beide Ebenen die gleichen Kriterien³ als relevant betrachtet werden können. Einen Überblick über die Aufteilung der Verwundbarkeitskriterien auf die Komponenten- und die Infrastrukturebene bietet Abbildung 2.3 (Beibehaltung der Farbgebung hinsichtlich der einzelnen Ebenen aus Abbildung 2.2).

3 Eine umfangreichere Zusammenstellung von Verwundbarkeitskriterien für KRITIS siehe LENZ 2009 und BMI 2008.

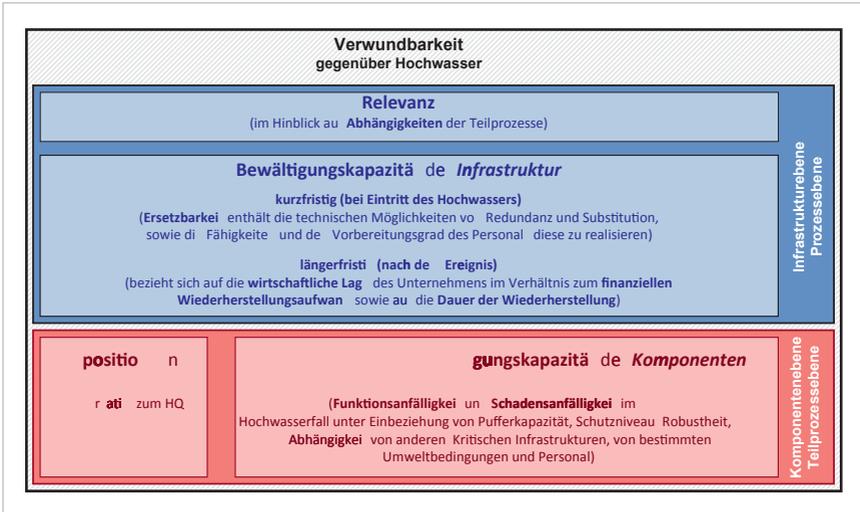


Abb. 2.3 Überblick über die in der Projektarbeit betrachteten Verwundbarkeitskriterien; eigene Darstellung

Komponenten- bzw. Teilprozessebene

Unter *Exposition*, als erstes verwundbarkeitsrelevantes Kriterium der Komponentenebene, werden innerhalb des Projektes grundsätzlich alle Aspekte des „Ausgesetztsein(s)“ [...] gegenüber einem potenziell schädlichen Ereignis“ (vgl. Kapitel 1) zusammengefasst⁴. Die Expositionanalyse könnte demnach als die Analyse der Lage der betrachteten Komponente relativ zum überfluteten Gebiet definiert werden.

4 Im Zusammenhang mit der Vulnerabilität von KRITIS ist darauf hinzuweisen, dass in der Forschung Uneinigkeit über das Verhältnis von Konzepten wie *Risiko*, *Verwundbarkeit* und *Exposition* besteht (vgl. dazu auch LENZ 2009: 37). So definiert beispielsweise LENZ Exposition als Lage im Raum, die ein Risikoelement bestimmten Gefahren unabhängig vom Eintritt eines tatsächlichen Ereignisses aussetzt (vgl. LENZ 2009: 37). Exposition nimmt also eine Stellung unabhängig von der Verwundbarkeit eines Schutzgutes ein. In der vorliegenden Publikation wird jedoch eine Herangehensweise gewählt, welche die Exposition als ein Kriterium der Verwundbarkeit betrachtet (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).

Da es in der Praxis ggf. schwer fällt, *Anfälligkeit*⁵ und *Bewältigungskapazität*⁶ auf der Komponentenebene sauber zu trennen, werden sie in Abbildung 2.3 angelehnt an die überlappende Darstellungsweise des BBC-Rahmenkonzeptes (vgl. Kapitel 1, Abbildung 1.1) in einer Box dargestellt. Eine hohe physische *Robustheit* etwa kann sowohl als Unterkriterium einer geringen *Anfälligkeit*, als auch als Unterkriterium einer hohen *Bewältigungskapazität* gesehen werden. Gleichzeitig kann eine geringe *Robustheit* gleichsam für hohe *Anfälligkeit* und geringe *Bewältigungskapazität* sprechen. Im Folgenden soll unter dem Eindruck dieser Problemlage nicht der Versuch unternommen werden, die einzelnen Unterkriterien streng zuzuordnen⁷ – die Bezeichnungen *Schadensanfälligkeit* und *Funktionsanfälligkeit* sind praktische Festlegungen.

Zunächst können **Schadensanfälligkeit** und **Funktionsanfälligkeit** im Hochwasserfall deutlich voneinander abgegrenzt werden. Während sich die *Schadensanfälligkeit* auf die Gefahr bezieht, dass eine Komponente durch den Einfluss eines Hochwassers (stehendes Wasser, Strömung, Schwebstoffe und Bettfracht, Treibgut und Eisgang) Schaden nehmen könnte, geht es bei der Betrachtung der *Funktionsanfälligkeit* um die schlichte Aufrechterhaltung der Funktion. Es ist durchaus möglich, dass Komponenten zwar ihre Funktionsfähigkeit nicht aufrechterhalten können, jedoch keinen Schaden durch ein Hochwasser nehmen

-
- 5 Es ist darauf hinzuweisen, dass auch der Begriff *Anfälligkeit* in der Literatur in unterschiedlicher Weise verwendet wird. So entspricht in BMI 2008 das Verständnis von *Verwundbarkeit*, definiert als „Anfälligkeit eines Objekts oder Systems gegenüber Gefahren“ (BMI 2008: 43) eher der hier als einzelnes verwundbarkeitsrelevantes Kriterium verstandenen *Anfälligkeit*. Auch von LENZ wird Vulnerabilität als „gefahrnspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit“ (LENZ 2009: 30) verstanden. Hier soll *Anfälligkeit* gemäß der oben angeführten Erklärungen als ein Kriterium der Verwundbarkeit betrachtet werden, welches erst in Kombination mit weiteren eine Verwundbarkeitsaussage ermöglicht (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).
- 6 Wie bereits im Fall von *Exposition* und *Anfälligkeit* geschehen, muss auch die Verwendung des Begriffs *Bewältigungskapazität* erläutert werden. Anders als bei LENZ 2009, wo *Exposition* und *Bewältigungskapazität* als separate Faktoren neben der Vulnerabilität behandelt werden (vgl. Lenz 2009: 40 ff.), soll die Aussage dieser im Folgenden als Einzelkriterien der Verwundbarkeit verstandenen Einflussfaktoren in Kombination mit der *Anfälligkeit* zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden (vgl. BBC-Rahmenkonzept, Kapitel 1, Abbildung 1.1).
- 7 Dieses pragmatische Vorgehen ist möglich, da die Zuordnung der Unterkriterien keinen Einfluss auf das Assessment-Ergebnis haben wird.

werden. Beispielsweise müssen Komponenten der Stromversorgung in der Regel den Betrieb einstellen, sobald sie vom Hochwasser überflutet werden. Gleichzeitig ist nicht unbedingt mit einer Beschädigung zu rechnen, welche ggf. erst ab einer bestimmten Überflutungshöhe eintreten würde (vgl. Kapitel 2.3.3). Es gilt also zu bedenken, dass *Funktionsanfälligkeit* auch ohne Beschädigung auftreten kann, während *Schadensanfälligkeit* in der Regel auch mit Funktionsverlust einhergehen dürfte. Zusätzlich kommen bei der Unterscheidung zwischen Funktionsausfall und Beschädigung unterschiedliche zeitliche Ebenen zum Tragen: Während ein Schaden ggf. Reparatur oder Ersatz mit einem entsprechenden zeitlichen (und finanziellen) Aufwand nach sich ziehen wird, kann ein reiner Funktionsausfall möglicherweise rasch (und kostenneutral) behoben werden.

Alle im Folgenden auf der Ebene der Komponenten beschriebenen Unterkriterien tragen zur *Funktionsanfälligkeit* und *Schadensanfälligkeit* bei. Als solche werden die *Robustheit* der Komponenten, das *Schutzniveau*, die *Pufferkapazität* und verschiedene *Abhängigkeiten* verwendet, wobei durchaus Querverbindungen, beispielsweise hinsichtlich der potenziellen Beschädigung, zwischen der *Robustheit* und dem *Schutzniveau* einer Komponente, zu sehen sind.⁸

8 Eine Zusammenstellung verwundbarkeitsrelevanter Aspekte findet sich auch bei LENZ 2009 und BMI 2008. Die dort zusätzlich genannten Indikatoren *Anpassungsfähigkeit* und *Qualitätsniveau* (LENZ 2009: 49) werden im Folgenden nicht explizit einbezogen, da deren Auswirkungen in dem hier betrachteten Setting über die genannten Kriterien mit abgedeckt werden können. Ein schlechtes *Qualitätsniveau* wird beispielsweise in einer verminderten *Robustheit* von Komponenten zum Ausdruck kommen, während sich die *Anpassungsfähigkeit* unter anderem in der *technischen* und *organisatorischen Ersetzbarkeit* wiederfindet. Es ist zu betonen, dass diese Einschränkung zunächst nur auf die hier untersuchten Gegenstände und Untersuchungsebenen bezogen wird und nicht ohne eine weitere Prüfung verallgemeinert werden sollte. (vgl. auch BMI 2008: 19 f.). Über die bereits Erwähnten hinaus enthalten die Auflistungen von BMI 2008 und LENZ 2009 zusätzlich die Kriterien *Transparenz* und *Wiederherstellungsaufwand*. Da sich der *Wiederherstellungsaufwand* nicht mit der kurzfristigen Perspektive vereinbaren lässt, die im Zentrum der Projektarbeit im Bereich KRITIS steht, muss auf die Integration dieses Kriteriums verzichtet werden. Auch die Einbeziehung der *Transparenz* gestaltet sich schwierig. Insofern sich das Kriterium auf die Instandsetzungsmaßnahmen, die aufgrund der Transparenz einer Infrastruktur mehr oder weniger leicht auszuführen sind, bezieht, wird auch hier eine längerfristige Zeitspanne angesprochen. Damit könnte auch dieses Kriterium ausgeklemmt werden. Auch kann die Reparatur etwa an Komponenten der Stromversorgung ausschließlich von Fachpersonal durchgeführt werden, weshalb die Transparenz im hier betrachteten Zusammenhang keine entscheidende Bedeutung aufzuweisen scheint. Es konnte aus diesen Gründen keine Integration des Kriteriums stattfinden.

Die *Robustheit* beschreibt im hier verstandenen Sinne die physische Widerstandskraft einer Komponente gegenüber verschiedenen mit dem Hochwasser in Verbindung stehenden Auswirkungen, wie etwa der Strömung, dem Druck oder der schlichten Überflutung.

Das *Schutzniveau* deckt die im Vorfeld mit dem Ziel der Verwundbarkeitsreduktion geleisteten Maßnahmen, wie beispielsweise die Eindeichung von Standorten oder die Installation von Hochwasserschutzwänden ab. Es ist darauf hinzuweisen, dass sich in dem hier geltenden Verständnis das Kriterium *Schutzniveau* und das Kriterium *Exposition* nicht gegenseitig beeinflussen: Die betrachtete Komponente kann durchaus exponiert sein und gleichzeitig durch ein hohes Schutzniveau keine *Schadens-* und/oder *Funktionsanfälligkeit* aufweisen.

Pufferkapazität wird einerseits in einen direkten Zusammenhang mit dem Grad der *Abhängigkeit* einer Komponente von den Leistungen anderer *Kritischer Infrastrukturen* und bestimmten *Umweltbedingungen*, die im Hochwasserfall nicht länger gegeben sein könnten, gestellt. Ein klassisches Beispiel für die *Abhängigkeit* von anderen *Kritischen Infrastrukturen* ist die Angewiesenheit vieler technischer Anlagen auf elektrischen Strom. Einen *Puffer* für eben diese *Abhängigkeit* stellt die Einrichtung einer Notstromanlage dar, je nach Bedarf als Netzersatzanlage (NEA) oder unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Im Hinblick auf die *Abhängigkeit* von *Umweltbedingungen* kann als Beispiel angeführt werden, dass viele Komponenten der Stromversorgung von einer nicht leitenden Umgebung, im Regelfall der umgebenden Luft, abhängig sind. Im Hochwasserfall wird die Luft durch Wasser ersetzt, was zu Kurzschlüssen innerhalb der Anlagen führen kann. Andererseits umfasst die *Pufferkapazität* auch die von Abhängigkeiten losgelöste, zumindest zeitlich begrenzte Widerstandskraft einer Komponente gegenüber dem Hochwassereinfluss.

Infrastruktur- bzw. Prozessebene

Das erste Kriterium, das der Erfassung von Zusammenhängen dient, wird mit dem Begriff *Relevanz*⁹ umschrieben. Dem muss vorangestellt werden, dass die *Relevanz* gemessen an der Versorgungssicherheit betrachtet werden soll, andere Herangehensweisen wären durchaus möglich: Im Hinblick auf die Versorgungssicherheit sind potenziell andere Komponenten von hoher *Relevanz*,

9 Zur Abgrenzung von *Relevanz* und *Kritikalität* vgl. Kapitel 2.2.5.

als beispielsweise im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Anzumerken ist auch, dass das Kriterium *Relevanz* gewisse Regelmäßigkeiten in Infrastrukturaufbau und -funktionsweise repräsentiert. Im Rahmen der hier vorgestellten Herangehensweise wird *Relevanz* als die Bedeutung der einzelnen Teilprozesse (von den jeweiligen Komponenten realisiert) im Hinblick auf deren Zusammenwirken untereinander verstanden.

Zur Beschreibung der *Bewältigungskapazität* auf der Infrastruktur-/Prozessebene soll im Weiteren die **Ersetzbarkeit** herangezogen werden. In diesem Zusammenhang spielen zwei unterschiedliche zeitliche Dimensionen eine Rolle – zum einen die kurzfristige Dimension, die sich über die Zeitspanne eines Hochwasserereignisses erstreckt, zum anderen die längerfristige Wiederherstellungsphase nach dem Ereignis.

Die *kurzfristige Ersetzbarkeit* einer Infrastruktur wird in der Projektarbeit mit der Ersetzbarkeit eines Teilprozesses zum Zeitpunkt des Hochwassers in Verbindung gebracht. Darunter werden sowohl die technischen Aspekte von *Redundanz* und *Substitution* als auch deren *Umsetzbarkeit seitens des Personals* zusammengefasst¹⁰. Im Folgenden sollen einige Anmerkungen zur Erfassung der *kurzfristigen Ersetzbarkeit* auf kommunaler Ebene gegeben werden.

Ebenso wie das Kriterium *Relevanz* ist die *Ersetzbarkeit* ein wichtiges Merkmal zur Erfassung der Systemzusammenhänge – sie äußert sich über das Zusammenwirken mehrerer Komponenten. Es ist darauf hinzuweisen, dass *Ersetzbarkeit* nicht allein über das Vorhandensein mehrerer, gleichartiger Komponenten innerhalb des Untersuchungsraums erfassbar ist. Mit dieser Frage lässt sich technische *Redundanz*, im weiteren Projektverlauf definiert als die Möglichkeit, die von einer Komponente erbrachte Leistung (den Teilprozess), funktional durch die Leistung weiterer, funktionsäquivalenter Komponenten zu ersetzen, nicht zuverlässig abbilden. Die Tatsache, dass eine Komponente in mehrfacher Ausführung vorhanden ist, sagt nicht unbedingt aus, dass ein funktionales Ersetzen

10 Die *Redundanz* und *Substitution* finden, ebenso wie die *Bereitschaft* des Personals, auch bei Lenz 2009 Verwendung (vgl. LENZ 2009: 58 ff.). Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die *Bereitschaft* des Personals anders als in der vorliegenden Veröffentlichung nicht nur auf die Umsetzung von Maßnahmen der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung bezieht, sondern umfassender verstanden wird. In BMI 2008 werden „Redundanz, Ersatz“ (BMI 2008: 20) als Kriterien zur Verwundbarkeitsanalyse aufgeführt.

möglich ist. Vielmehr müssen zur Ermöglichung von *Redundanz* zusätzliche Voraussetzungen erfüllt sein.

Zunächst muss eine Vernetzung der einzelnen Komponenten als eine entscheidende technische Voraussetzung gegeben sein, denn nur miteinander verbundene Komponenten können sich gegenseitig ersetzen. Die unterschiedlichen Möglichkeiten, die Vernetzung von Komponenten innerhalb einer Kommune zu realisieren, bringt ggf. günstigere oder ungünstigere Bedingungen für *Redundanz* mit sich. So ist es beispielsweise in einem in einzelnen Netzstrahlen konstruierten Stromnetz nicht möglich, Strom von anderer Stelle an die nach der Störung unversorgten Abnehmer heranzuführen. Der Ausfall könnte nicht durch benachbarte Komponenten ausgeglichen werden, auch wenn sie in mehrfacher Ausführung vorhanden sind. Die Konstruktion von Ringnetzen und vermaschten Netzen erhöht die Möglichkeiten des redundanten Einsatzes der Komponenten. Neben dem Vorhandensein mehrerer Komponenten ist der Faktor Netzaufbau in erster Linie dafür verantwortlich, ein Maß an Flexibilität zur Reaktion im Ereignisfall zu erlauben. Als solcher ist die Berücksichtigung des Netzaufbaus über die darauf aufbauende technische *Redundanz* eine Möglichkeit, die in der Unterschiedlichkeit der Netzstrukturen verborgenen Einflussfaktoren auf die Vulnerabilität des Systems zu integrieren.

Abgesehen von der Vernetzung spielt die Auslastung der Komponenten eine wichtige Rolle. Darunter wird verstanden, dass die Komponenten so ausgelegt und ausgelastet sein müssen, dass *Redundanz* ermöglicht wird. So wird ein zu 100 % ausgelastetes Umspannwerk ebenso wenig in der Lage sein, die Leistung eines weiteren, im Hochwasserfall ausfallenden Umspannwerkes zu übernehmen, wie es gelingen kann, über voll ausgelastete Leitungen eine noch höhere Last von einer Komponente zur nächsten zu transportieren, ohne eine Beschädigung der Leitungen zu riskieren. Die Komponenten sind immer auf eine bestimmte Dauer- und Spitzenlast ausgelegt, die nicht überschritten werden kann, ohne dass mit Schäden gerechnet werden muss. Gleiches gilt selbstverständlich auch für die Wasserversorgung, in der ein Wasserwerk beispielsweise nicht mehr Trinkwasser bereitstellen kann, als die Rohwasserlieferungen zulassen oder die Liefermenge nicht die Leitungskapazität des Netzes überschreiten kann. Bei Vollaustattung kann demnach auch die zahlenmäßige Mehrfachausstattung einer Kommune mit einem Komponententyp keine *Redundanz* im hier verstandenen Sinne bedeuten.

Neben den bereits angeführten rein technischen Voraussetzungen spielen auch organisatorische Aspekte bei der Umsetzung von *Ersetzbarkeit* eine Rolle. Nur wenn das Personal angemessen auf die Hochwassersituation reagieren kann, können die technischen Möglichkeiten zum Ersetzen ausfallender Leistung in optimaler Weise ausgenutzt werden. Zu den Vorbereitungen gehören neben den Berechnungen zur Auslastung der Komponenten unter Berücksichtigung des Netzaufbaus auch Aspekte, die z. B. die klare Zuweisung von Verantwortlichkeit, Notfallplanung und Übung der Handlungsschritte umfassen können.

Neben der bereits genauer beschriebenen *kurzfristigen Ersetzbarkeit* kann auch eine *längerfristige* Perspektive gewählt werden. Diese richtet im Gegensatz zur kurzfristigen Betrachtung den Blick auf die Zeit nach dem Hochwasserereignis. Dies bedeutet, dass neben der *Funktionsanfälligkeit*, welche eine große Rolle bei der kurzfristigen Perspektive spielt, nun auch die *Schadensanfälligkeit* zunehmend in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt. Zu den Unterkriterien der *längerfristigen Ersetzbarkeit* zählen sehr eng miteinander verzahnte wirtschaftliche und zeitliche Aspekte, wie der *finanzielle* und *organisatorische Wiederherstellungsaufwand* und die Zeitspanne, die zur Reparatur und zum Ersetzen der beschädigten Komponenten benötigt wird. Die enge Verknüpfung der zeitlichen und wirtschaftlichen Ebene zeigt sich darin, dass die Ausfallzeit einer Komponente, wirtschaftlich gesehen, immer in mehrfacher Hinsicht problematisch ist. Zum einen muss die ausgefallene Leistung ersetzt werden, was entweder über höhere Auslastung der übrigen Komponenten inklusive der ggf. notwendigen Folgekosten realisiert wird (z. B. Überlastung), oder über den Zukauf von anderen Anbietern (z. B. Ankauf von Strom) – beide Alternativen verursachen Kosten. Zum anderen trägt die Komponente gleichzeitig nicht zur Erwirtschaftung des Unternehmensgewinns bei.

2.2.3 Umsetzung des Verwundbarkeitsverständnisses in der Assessment-Methode

Eine besondere Herausforderung bei der Erstellung des Verwundbarkeitsassessments liegt in der Berücksichtigung und Systematisierung der in Kapitel 2.2.2 detailliert beschriebenen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und Unterkriterien, der unterschiedlichen zeitlichen Betrachtungsebenen und des Mehrebenenaufbaus.

Hinsichtlich der Mehrebenenproblematik spielt vor allem die Trennung der Komponenten-/Teilprozessebene von der Infrastruktur-/Prozessebene eine entscheidende Rolle. Diese Zweiteilung spiegelt sich im Aufbau des Verwundbarkeitsassessments wider, denn das Assessment wird in zwei Phasen durchgeführt. Während die erste Phase eine detaillierte Betrachtung aller innerhalb der Kommune zu findenden Komponenten und der von ihnen durchgeführten Teilprozesse zum Ziel hat, führt die zweite Phase diese Ergebnisse auf der übergeordneten Infrastruktur- bzw. Prozessebene zusammen¹¹.

Im Hinblick auf die zeitlichen Ebenen wurde eine Entscheidung zugunsten der kurzfristigen Perspektive getroffen. Diese praktisch orientierte Festlegung beruht auf der Annahme, dass es aus Sicht von Kommunen besonders wichtig ist, mit der Verwundbarkeitsabschätzung eine Übersicht über die Versorgungssicherheit bei einem Hochwasser zu bekommen. Diese Perspektive ist nur eine mögliche Sichtweise auf den Untersuchungsgegenstand. Es wäre durchaus denkbar, andere Zugänge zu wählen, die beispielsweise eher Wirtschaftsunternehmen ansprechen – doch würde dieses Vorgehen weder den Bedürfnissen noch den Möglichkeiten der Zielgruppe gerecht.

Auch im Zusammenhang mit den Kriterien zur Verwundbarkeitsabschätzung wurden Entscheidungen im Interesse einer erhöhten Anwenderfreundlichkeit der Assessmentmethode notwendig. Das erste Kriterium *Exposition* wird schlicht als ‚im Überflutungsgebiet gelegen‘ und damit ‚dem Wasser ausgesetzt‘ verstanden. Auf weitere mögliche Einflussfaktoren, wie *Überflutungshöhe*, *Verschmutzungsgrad des Wassers* oder *Strömungsgeschwindigkeit* wurde bewusst verzichtet – nicht weil diese Aspekte als unwichtig betrachtet werden, sondern im Interesse einer allgemeinen Anwendbarkeit der Methode. Es ist nicht davon auszugehen, dass Informationen zu *Strömungsgeschwindigkeiten* und *Verschmutzungsgraden* flächendeckend verfügbar sind. Gleichzeitig ist die Lage im Überschwemmungsgebiet die Voraussetzung dafür, dass weitere Unterkriterien überhaupt zum Tragen kommen.

11 Es ist darauf hinzuweisen, dass die *Ersetzbarkeit* ein Kriterium abdeckt, welches sich auf das Zusammenwirken der Komponenten bezieht und daher keine komponentenbezogene Eigenschaft im eigentlichen Sinne, sondern eine Eigenschaft der Infrastruktur darstellt. Trotzdem kann das Kriterium sinnvoll mit der Abfrage der übrigen komponentenbezogenen Kriterien kombiniert werden und wird daher in der ersten Assessment-Phase abgefragt.

Auch unter dem Kriterium der **Funktionsanfälligkeit** wurden mehrere einzelne Unterkriterien, unter anderem die *Pufferkapazität, Abhängigkeiten zu anderen Infrastrukturen, bestimmten Umweltbedingungen oder Personal, Robustheit* und das vorhandene *Schutzniveau* (vgl. BMI 2008: 19 ff), zusammengefasst. Diese tragen alle einen Teil zur Beantwortung der Frage ‚Ist im Hochwasserfall mit dem Ausfall der Komponente zu rechnen?‘ bei und werden daher vom Kriterium der *Funktionsanfälligkeit* erfasst.

Ein analoges Vorgehen ist bei der Betrachtung der *Ersetzbarkeit* umgesetzt worden. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, gehen in die Bewertung der *Ersetzbarkeit* eine Vielzahl von Unterkriterien ein. Diese wurden in der vorliegenden Assessment-Methode zur **technischen Ersetzbarkeit** und zur **organisatorischen Ersetzbarkeit** zusammengekommen. Die Differenzierung lässt sich mit dem grundsätzlichen Unterschied zwischen den eher an den technischen Voraussetzungen orientierten Merkmalen des einen Kriteriums (*Netzaufbau, Auslastung der Komponenten, Verfügbarkeit von mehreren Komponenten*) und den eher das Krisenmanagement betreffenden Aspekten des anderen Kriteriums (*Vorbereitungsgrad des Personals, Aktualität von Notfallplänen etc.*) erklären.

Die Zusammenfassung der Unterkriterien kommt auch der Zusammenarbeit mit den Betreibern zugute, denn es kann nicht immer Zugang zu allen sehr detaillierten Daten gegeben werden. Die Unternehmen betrachten bestimmte Informationen als sensibel und halten diese ggf. zurück, z. B. um die Komponenten über die Geheimhaltung des genauen Standortes oder ihrer Bedeutung zu schützen. Die Methode soll daher helfen, die Kommunikation zwischen der Kommune und den Infrastrukturbetreibern ‚effizient‘ zu gestalten. Im konkreten Fall bedeutet dieser Ansatz, dass Fragen so formuliert werden, dass einerseits die relevanten Informationen abgefragt werden, die Fragen jedoch andererseits vom Betreiber beantwortet werden können, ohne große Informationsmengen preisgeben zu müssen. Es muss in diesem Kontext auch bedacht werden, dass die Mitarbeiter der Kommune möglicherweise nicht für den Umgang mit der technisch sehr anspruchsvollen und umfangreichen Information ausgebildet sein könnten – stattdessen wird das Expertenwissen der Mitarbeiter auf Betreiberseite dazu genutzt und die Aufgabe delegiert. Auf diesem Weg der auf wesentliche Aussagen beschränkten Kommunikation sollen also gleichzeitig die Ansprüche der Kommune (konkrete, ‚interpretierte‘ Information) und des Betreibers (eindeutige Formulierung der Fragen, keine unnötig umfangreiche Informationsweitergabe) erfüllt werden.

2.2.4 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der ersten Assessment-Phase

Kern der ersten Assessment-Phase ist eine Betrachtung der Komponenten und Teilprozesse (Komponenten-/Teilprozessebene, vgl. Kapitel 2.2.2). Diese erfolgt anhand der in Kapitel 2.2.2 detailliert beschriebenen Verwundbarkeitskriterien. Die erste Phase der Assessment-Methode wird umgesetzt, indem wichtige Informationen in einer bestimmten Reihenfolge eingeholt und über das an späterer Stelle beschriebene Verfahren zusammengeführt werden. Die Reihenfolge der Assessment-Schritte ist von Bedeutung, da sie im Interesse eines reibungslosen und unkomplizierten Ablaufs optimiert ist: Zum einen vermeidet sie das mehrfache Einbringen der gleichen Information, zum anderen dient jeder Schritt der Minimierung des Aufwands und erlaubt gleichzeitig, den örtlichen Gegebenheiten individuell Raum zu geben.

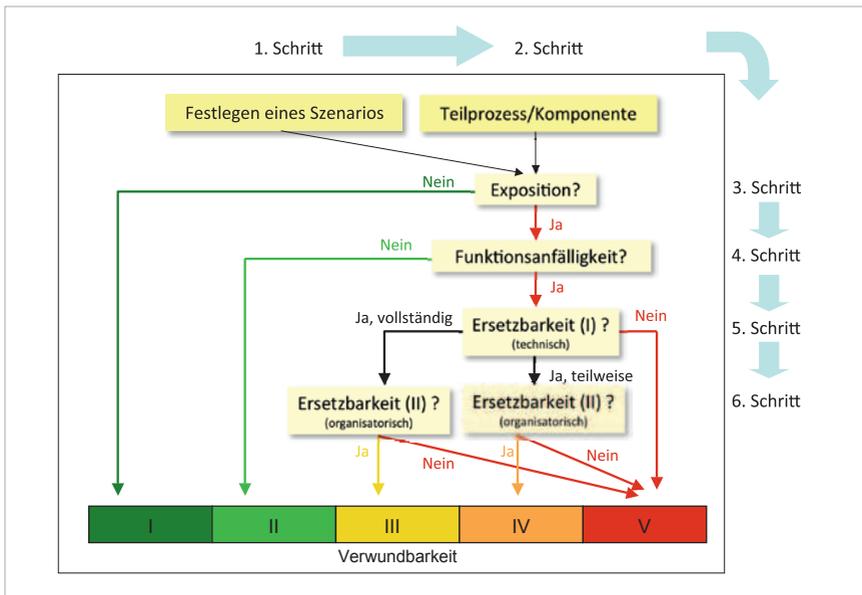


Abb. 2.4 Ablaufschema der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments; eigene Darstellung

Die Systematik des Vorgehens im Laufe des Verwundbarkeitsassessments ist in Abbildung 2.4 illustriert. Das hier abgebildete Schema ist von links oben nach

rechts unten entlang der Pfeile zu lesen. Nach der Festlegung des betrachteten Hochwasserszenarios (Schritt 1) wird eine Bestandsaufnahme der innerhalb der betrachteten Kommune zu findenden Teilprozesse/Komponenten durchgeführt (Schritt 2). Anschließend wird eine Expositionsanalyse vorgenommen (Schritt 3) und das Assessment unter Berücksichtigung der Funktionsanfälligkeit (Schritt 4), der technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit (Schritt 5 und 6) zu Ende geführt. Das Durchlaufen der Assessment-Schritte führt je nach erzieltm Ergebnis entweder zur Einordnung des Prozesses in eine Verwundbarkeitsklasse oder zum nächsten Assessment-Schritt.

Zur Umsetzung eines Verwundbarkeitsassessments auf der Grundlage der bereits beschriebenen Verwundbarkeitskriterien musste eine sinnvolle Form der Operationalisierung gefunden werden. Die Art und Weise, in der die Ergebnisse ausgegeben werden, ist von besonderer Bedeutung, denn es soll keinesfalls angedeutet werden, dass ein Hochwasser exakte Planungsbedingungen bietet. Es muss vermieden werden, einen Eindruck von Präzision zu vermitteln, welcher sich im tatsächlich eintretenden Hochwasserfall ggf. als trügerisch erweisen könnte. Da sich die Aussagen des Assessments immer auf ein Hochwasserszenario beziehen, welches zwar versucht, ein tatsächliches Ereignis abzubilden, dessen Vielschichtigkeit unter realen Bedingungen jedoch nicht unbedingt zu erfassen vermag, muss mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden. Darüber hinaus kann die Angabe von absoluten Zahlen oder prozentualen Anteilen irreführend wirken und falsch interpretiert werden. Gleichzeitig sollte verhindert werden, dass die Ergebnisse so unkonkret erscheinen, dass von kommunaler Seite kein Nutzen aus dem Assessment gezogen werden kann. Eine sinnvolle Alternative bietet daher die Einteilung der einzelnen Teilprozesse in eine von fünf Verwundbarkeitsklassen, wobei sich die Klasseneinteilung sehr transparent aus dem Assessmentverlauf ableiten und für den Anwender nachvollziehen lässt (vgl. Abbildung 2.6, die fünf Verwundbarkeitsklassen sind am unteren Bildrand zu finden). Die Klassen werden nach dem Ergebnis des Verwundbarkeitsassessments bestimmt und zur verbesserten Interpretierbarkeit hinsichtlich ihres Aussagegehalts beschrieben.

Im Folgenden soll ein Überblick über den Aussagegehalt der fünf Verwundbarkeitsklassen gegeben werden. Wie aus den Begleittexten hervorgeht, kann die auf diesem Weg gewonnene Verwundbarkeitsaussage nicht nur die Hintergründe der Klasseneinteilung offen legen, sondern ermöglicht auch die Ableitung von Handlungsempfehlungen zu einem sinnvollen Umgang mit den Assessment-Ergebnissen. (Nähere Informationen zu den einzelnen Assessment-Schritten

werden in Kapitel 2.3 im Zusammenhang mit den empirischen Ergebnissen sowie im Leitfaden gegeben).

KLASSE I = keine Verwundbarkeit oder sehr geringe Verwundbarkeit (vgl. Abbildung 2.5)

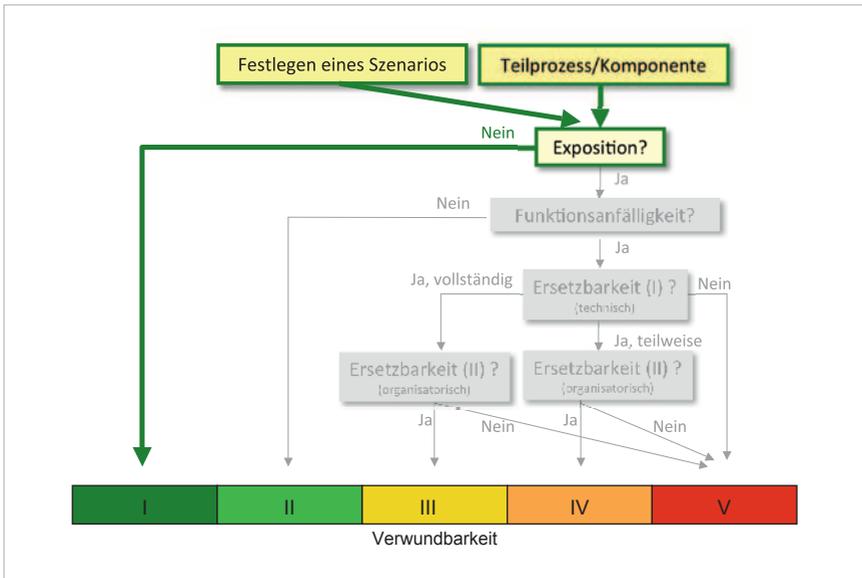


Abb. 2.5 Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse I; eigene Darstellung

Der Teilprozess/die Komponente(n) ist (sind) nicht exponiert, d. h. dem Hochwasser nicht ausgesetzt. Damit ist die Verwundbarkeit des betrachteten Teilprozesses/der Komponente(n) als sehr gering bis nicht vorhanden zu betrachten. Die Verminderung der Exposition einer Infrastruktur bzw. ihrer Komponenten ist der effektivste Weg zur Herabsetzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser. (Mögliche Rückwirkungen anderer betroffener Komponenten werden an späterer Stelle betrachtet!)

KLASSE II = geringe Verwundbarkeit (vgl. Abbildung 2.6)

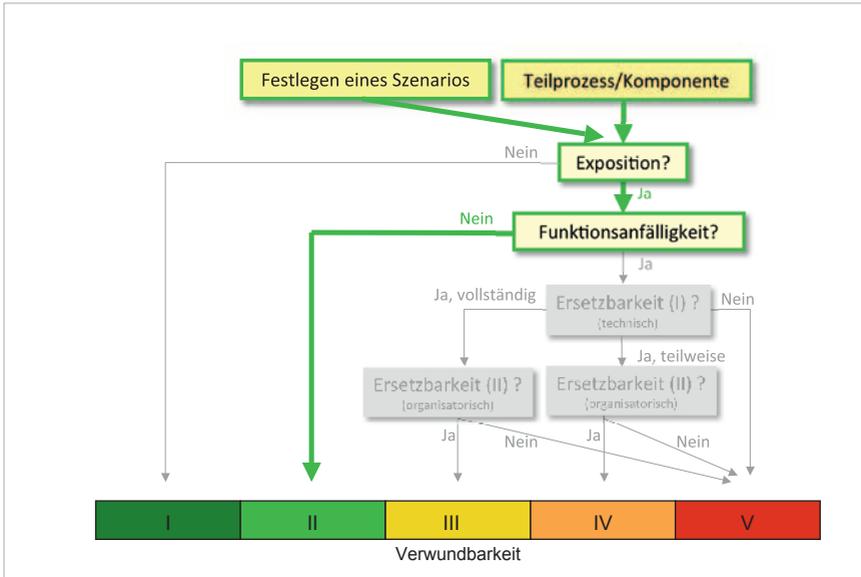


Abb. 2.6 Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse II; eigene Darstellung

Der Teilprozess/die Komponente(n) ist (sind) exponiert, doch seine (ihre) Funktionsfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Es kann dennoch keine Einteilung in Klasse I erfolgen, da ein Hochwasser immer eine potenziell gefährliche Situation mit vielen Eventualitäten bedeutet. Es bieten sich die Möglichkeiten, diese Unsicherheiten zu akzeptieren oder die Verwundbarkeit über die Reduktion der Exposition weiter herabzusetzen.

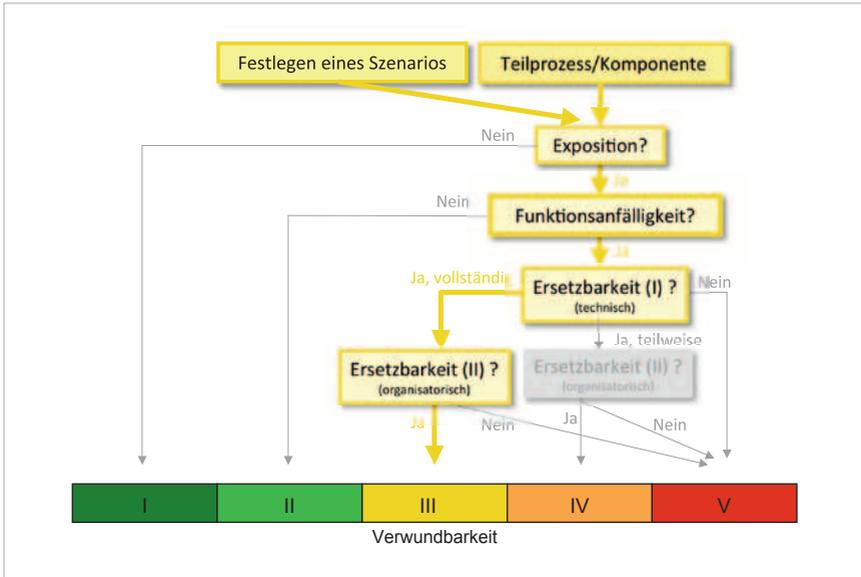
KLASSE III = mittlere Verwundbarkeit (vgl. Abbildung 2.7)

Abb. 2.7 Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse III; eigene Darstellung

Der Teilprozess/die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und vollständig ersetzbar. Das bedeutet, dass die Komponente(n) dem Hochwasser ausgesetzt ist (sind) und dabei einen Funktionsausfall erleidet (erleiden), der von einer oder mehreren anderen Komponente(n) vollständig ersetzt werden kann. Das Personal ist ausreichend vorbereitet, um dies zu realisieren. Auch wenn nicht unbedingt mit einem Versorgungsausfall zu rechnen ist, birgt die Situation doch Unsicherheiten. Es muss daher eine Einteilung in Klasse III erfolgen. Es bleiben die Möglichkeiten, zu akzeptieren (und ggf. für den eventuellen Funktionsausfall zu planen) oder Maßnahmen zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und/oder Exposition vorzunehmen.

KLASSE IV = hohe Verwundbarkeit (vgl. Abbildung 2.8)

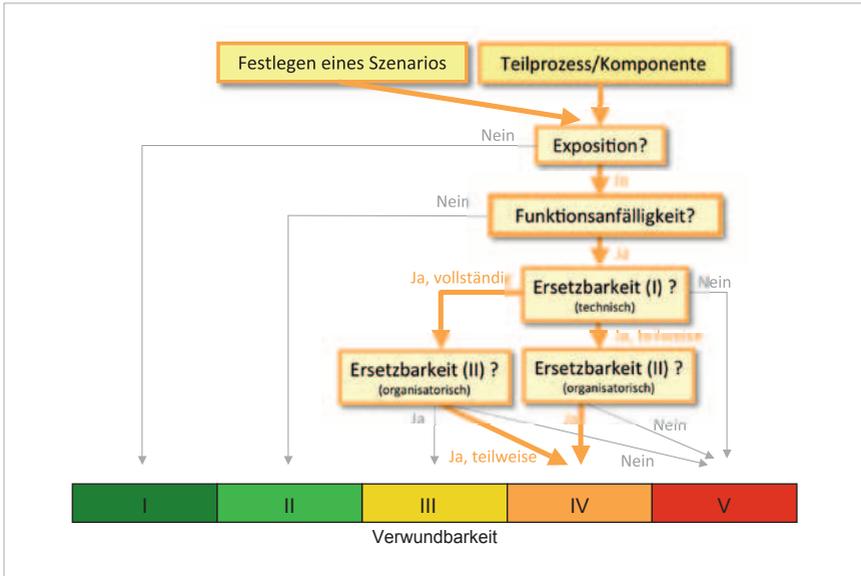


Abb. 2.8 Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse IV; eigene Darstellung

Der Teilprozess/die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nur teilweise ersetzbar. Im Hochwasserfall ist zumindest mit einem teilweisen Funktionsausfall zu rechnen. Es bleibt einerseits die Möglichkeit, die vergleichsweise hohe Verwundbarkeit zu akzeptieren und für den Funktionsausfall bei einem Hochwasserereignis zu planen, oder andererseits Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit sowie zur Herabsetzung von Funktionsanfälligkeit und/oder Exposition zu ergreifen.

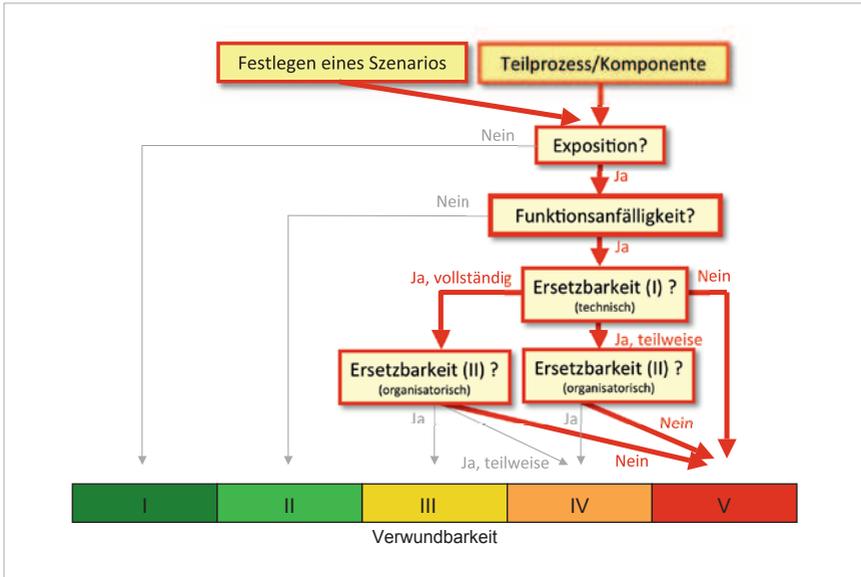
KLASSE V = sehr hohe Verwundbarkeit (vgl. Abbildung 2.9)

Abb. 2.9 Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse V; eigene Darstellung

Der Teilprozess/die Komponente(n) ist (sind) exponiert, funktionsanfällig und nicht ersetzbar. Im Hochwasserfall ist mit einem Ausfall der Leistung zu rechnen. Es sollte entweder die hohe Verwundbarkeit akzeptiert und entsprechende Pläne zum Umgang mit dem Versorgungsausfall erstellt, oder Maßnahmen zur Erhöhung der Ersetzbarkeit bzw. zur Verminderung von Exposition und/oder Funktionsanfälligkeit ergriffen werden.

2.2.5 Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments in der zweiten Assessment-Phase

Nachdem in der ersten Assessment-Phase eine genaue Analyse der Teilprozesse und Komponenten erarbeitet wurde, müssen diese Ergebnisse in der zweiten Phase des Verwundbarkeitsassessments zu einer auf die Kommune bezogenen Gesamtaussage zusammengeführt werden. Die in Kapitel 2.2.2 bereits

eingeführte *Relevanz* kann als ein ansatzweise verallgemeinerbares Kriterium herangezogen werden, um die Ergebnisse zueinander ins Verhältnis zu setzen. Die *Relevanz* orientiert sich daran, welchen Weg Strom und Wasser innerhalb der Kommunen von der Erzeugung oder der Übernahme von einem externen Anbieter bis zum Verbraucher zurücklegen müssen. Es kann vereinfachend angenommen werden, dass der Ausfall eines Teilprozesses, der weit oben in dem in Abbildung 2.10 vorgeschlagenen Ranking angesiedelt ist, weiterreichende und großflächigere Versorgungsausfälle nach sich ziehen wird, als ein weiter unten angesiedelter Teilprozess. Der tatsächliche Aufbau des Rankings kann lokalen Besonderheiten unterliegen – der Vorschlag ist dementsprechend im konkreten Fall hinsichtlich seiner Anwendbarkeit zu überprüfen und ggf. anzupassen.

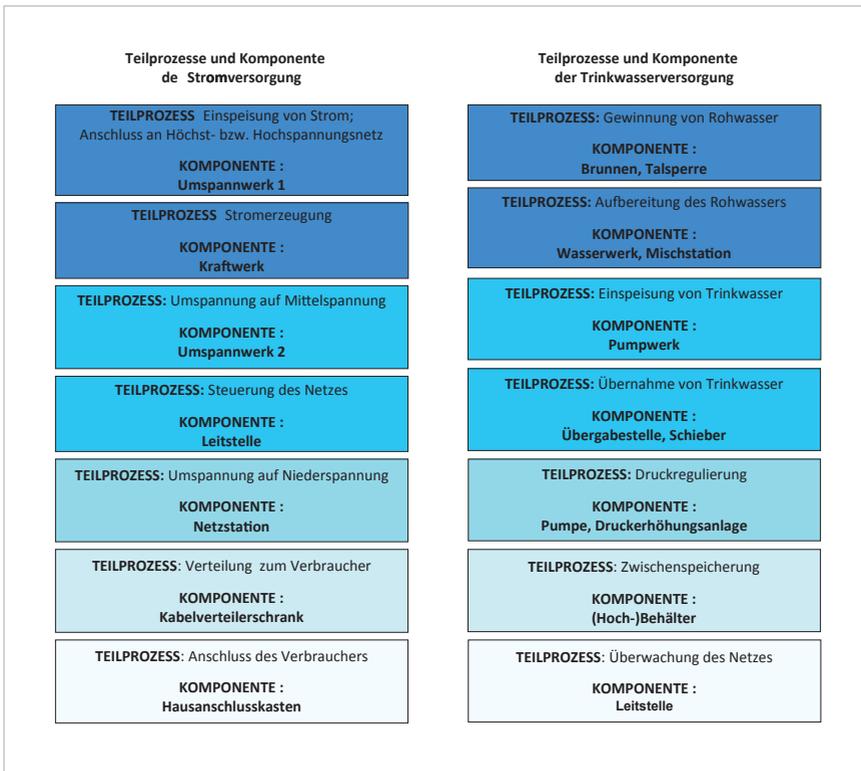


Abb 2.10 Vorschlag für ein Ranking der einzelnen Teilprozesse; eigene Darstellung

Es ist zu betonen, dass *Relevanz* keinesfalls mit *Kritikalität* gleichgesetzt werden kann. *Kritikalität*, wie auch *Relevanz*, ist als ein *Kriterium* zu verstehen, welches versucht, der Bedeutung des Einzelprozesses im Hinblick auf die Funktion der Infrastruktur Rechnung zu tragen. *Kritikalität* wird beispielsweise bei LAUWE/RIEGEL als die „Bedeutsamkeit [einer] Komponente in Bezug auf die Konsequenzen verstanden, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Aufrechterhaltung der Gesamtdienstleistung bzw. Produktion und letztlich für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen insgesamt haben“ (LAUWE/RIEGEL 2008: 120, vgl. auch BMI 2009: 5, LENZ 2009: 42). Während demnach *Kritikalität* ein Maß ist, welches die gesellschaftliche Tragweite der beim Ausfall einer Komponente bzw. eines Teilprozesses zu erwartenden Folgen darstellt, bildet die hier verwendete *Relevanz* lediglich einen auf die Infrastruktur selbst bezogenen Aspekt dessen ab und gibt daher auch nur einen Anhaltspunkt. Aussagen über die zu erwartenden Auswirkungen eines Infrastrukturausfalls auf die Gesellschaft, können nach der Anwendung der hier entwickelten Methode in der jeweiligen Kommune unter Einbeziehung der lokalen Situation gemacht werden und gehen demnach über das hier zu Leistende hinaus. Der Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment gibt jedoch Hinweise darauf, wie die Ergebnisse der ersten Assessment-Phase (*Exposition, Funktionsanfälligkeit* und *Ersetzbarkeit*) in der Zusammenschau mit der *Relevanz* sowie weiteren Informationen, die im Einzelfall in Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern zu ermitteln sind¹², in die Interpretation mit einbezogen werden können.

Der in Abbildung 2.10 wiedergegebene Vorschlag für ein Ranking enthält hinsichtlich der Bewertungsgrundlage *Relevanz* zwei Ausnahmen: Die Leitstellen sowie die Teilprozesse ‚Stromerzeugung‘ und ‚Anschluss an das Hochspannungsnetz‘ wurden gemäß der Aussagen der befragten Experten in das Ranking integriert. Die Hintergründe dieser Entscheidungen bedürfen einer kurzen Erläuterung:

1. Die Leitstellen bilden eine Ausnahme, weil Strom und Wasser diese nicht wie im Fall aller anderen Komponenten auf ihrem Weg zum Verbraucher passieren müssen, sondern diese mit ihrer Überwachungs- bzw. Steuerungsfunktion eine Sonderposition einnehmen. Es war daher nicht möglich, wie bei den

12 Als solche sind Kriterien wie die Größe und die Lage der unversorgten Flächen und die Art und Bedeutung der nicht versorgten Objekte zu nennen (vgl. Leitfaden sowie Kapitel 2.3.4).

anderen Komponenten die Stellung der Komponenten aus der Reihenfolge der zu erbringenden Teilprozesse abzuleiten.

2. Zur Erklärung der Stellung der Teilprozesse ‚Stromerzeugung‘ und ‚Anschluss an das Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz‘, bedarf es einiger Informationen zum Beitrag unterschiedlicher Kraftwerkstypen und des Hoch- bzw. Höchstspannungsnetzes zur Versorgung. Es gilt grundsätzlich zwischen der Stromerzeugung für den lokalen Bedarf und der Stromerzeugung in zentralen Großkraftwerken (z. B. Kernkraftwerken oder Kohlekraftwerken) zu unterscheiden. Die Großkraftwerke produzieren Strom, der über das europaweit verzweigte Hoch- und Höchstspannungsnetz über weite Strecken transportiert wird. Dezentrale Kraftwerke sind zumeist im Besitz lokaler Versorger (z. B. Stadtwerke). Die Erzeugung dieser Kraftwerke orientiert sich am lokalen Bedarf und häufig werden sie gleichzeitig zur Erzeugung von Heizwärme (über Kraft-Wärme-Kopplung; zum Betrieb eines Fernwärmenetzes) zur Versorgung der Stadt genutzt (vgl. auch Kapitel 2.3.1 zu den Rahmenbedingungen der Stromversorgung). Das Höchstspannungsnetz, in welches die Großkraftwerke einspeisen und an das direkt oder vermittelt über die Hoch- und Mittelspannungsebene praktisch alle Kommunen in Deutschland angeschlossen sind, bildet das Rückgrat der Stromversorgung. Es liefert nicht nur einen Großteil aller benötigten elektrischen Energie, sondern wird auch dort, wo vor Ort Strom in ausreichender Menge produziert wird, benötigt, um Lastschwankungen, welche sowohl saisonal als auch im Tagesverlauf auftreten, auszugleichen. Die in Abbildung 2.10 angeführten Kraftwerke, die zum Teilprozess ‚Stromerzeugung‘ beitragen, sind Kraftwerke, die zur Deckung des lokalen Strombedarfs beitragen. Sie sind in der Abbildung nicht an oberster Stelle eingetragen, weil ihr (hochwasserbedingter) Ausfall ggf. über den verstärkten Zukauf von Strom aus dem Hoch-/Höchstspannungsnetz ausgeglichen werden kann. Es wird angenommen, dass die Lieferungen dieses Netzes von den Auswirkungen eines Hochwassers unberührt bleiben – selbst wenn Großkraftwerke vom Netz gehen müssten, so stünde eine Reservekapazität im Hintergrund bereit. Daher ist der Teilprozess ‚Anschluss an das Hoch-/Höchstspannungsnetz‘ und die diesen umsetzenden Komponenten (Umspannwerke I) in Abbildung 2.10 an oberster Stelle angeführt. Die Großkraftwerke sind in der Abbildung nicht enthalten.

2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln Informationen zu den Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes, zum Vorgehen in der Projektbearbeitung und zur Assessmentmethode gegeben wurden, sollen im Folgenden anhand ausgewählter Beispiele die Ergebnisse der empirischen Arbeit vorgestellt werden. Es wird dabei kein direkter Vergleich der Verwundbarkeit von Strom- und Trinkwasserversorgung zwischen den Kommunen vorgenommen. Dieser Umstand hängt zum einen damit zusammen, dass viele Informationen, die für einen solchen Vergleich benötigt würden, privaten Quellen entstammen, der Projektarbeit nicht zugänglich waren und/oder nicht veröffentlicht werden können. Zum anderen sind in dem hier vorgestellten methodischen Vorgehen zum Verwundbarkeitsassessment neben raumbezogenen Flächendaten viele eher qualitative, objektbezogene Informationen eingebunden, die sich für eine solche Darstellung nur eingeschränkt eignen – innerhalb einer Kommune sind verwundbarkeitsrelevante Aussagen möglich, ein direkter Vergleich mit einer anderen Kommune ist jedoch ggf. problematisch. Es wird daher eine auf die einzelnen Schritte des Assessments bezogene Auswahl der Projektergebnisse erfolgen. Dieser Darstellung soll zunächst zum besseren Verständnis und zur Einbettung der Ergebnisse in den Gesamtzusammenhang eine kurze Einleitung zu den Rahmenbedingungen der Strom- und Wasserversorgung in Deutschland vorangestellt werden.

2.3.1 Rahmenbedingungen der Stromversorgung in Deutschland

Um die empirischen Untersuchungen auf kommunaler Ebene in ihren größeren räumlichen und funktionalen Kontext einordnen zu können, werden in diesem Kapitel grundlegende und zum Verständnis der untersuchten Sachverhalte bedeutsame Aspekte zum Aufbau und zur Funktionsweise der Stromversorgung in Deutschland gegeben. Es findet bewusst keine umfassende Beschreibung der deutschen bzw. der europäischen Stromwirtschaft statt, vielmehr soll sich die Darstellung auf jene Aspekte, die im weiteren Verlauf von Bedeutung sein werden, konzentrieren.

Wolfgang BRÜCHER fasst wesentliche Merkmale der Stromversorgung in folgendem Zitat kompakt zusammen: „Das komplexeste geographische Charakteristikum der Stromwirtschaft ist die perfekt koordinierte Gleichzeitigkeit von Produktion in weit auseinander liegenden Kraftwerken verschiedenster Größe, Energieträger und Standorttypen, die Einspeisung in ein verzweigtes Netz und die Lieferung an die Endabnehmer, wie sie nach Profil, Bedarf und Standorten unterschiedlicher nicht sein können, vom Industriebetrieb bis zum Bergbauernhof“ (BRÜCHER 2009: 144). Die Erläuterung der hier genannten Eigenschaften und deren Hintergründe können einen Überblick über die auch auf kommunaler Ebene bedeutsamen Aspekte von Aufbau und Funktionsweise der Infrastruktur geben.

Das erste in BRÜCHERS Zitat angesprochene Merkmal der Stromversorgung ist der Zwang zur Gleichzeitigkeit von Produktion und Konsum (vgl. Brücher 2009: 143), denn die Speicherung von Strom ist derzeit nur begrenzt möglich. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, welchen Herausforderungen die Stromwirtschaft angesichts starker täglicher und saisonaler Schwankungen im Strombedarf gegenübersteht. Es muss immer im selben Moment die Strommenge produziert werden, die von den Verbrauchern abgenommen werden kann. Aus diesem Grund wird eine Vielzahl von Kraftwerkstypen vorgehalten, über welche in unterschiedlichen Kombinationen der Bedarf gedeckt wird. Die Einbindung in ein verzweigtes Netz sorgt für zusätzliche Flexibilität (vgl. BRÜCHER 2009: 159). Dies bedeutet auf kommunaler Ebene, dass die Erzeugung der vor Ort benötigten elektrischen Energie entweder lokal, in kleineren Kraftwerken, oder zentral und damit ggf. in einiger Entfernung zur Kommune in Großkraftwerken stattfindet. In der Regel wird die Versorgung über eine Kombination beider Möglichkeiten sichergestellt. Die Anbindung an das Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz wird zusätzlich genutzt, um Lastschwankungen auszugleichen.

Als zweiter wichtiger Punkt wird die räumliche Distanz zwischen den Kraftwerksstandorten und den Konsumenten angesprochen. Die leitungsgebundene Energieform elektrischer Strom muss daher ggf. über große Strecken transportiert werden. Eingespeist in ein Netz mit entsprechend hoher Kapazität fließt der Strom dann zum Verbraucher. Um Transportverluste auf diesem Weg zu vermeiden, ist das Stromnetz in mehreren Spannungsebenen organisiert. Die höchste Spannungsebene (Höchstspannung, z. B. 220 kV, 380 kV) dient in erster Linie dem Ferntransport von Strom innerhalb Deutschlands und über die Grenzen hinaus ins europäische Ausland. Die darunterliegende Spannungsebene (Hochspannung, z. B. 110 kV) bringt den Strom zu Kunden mit einem dauerhaft hohen

Verbrauch oder leitet den Strom zu Umspannwerken, in welchen dieser zur weiteren Verteilung auf Mittelspannung (z. B. 10-30 KV) transformiert wird. Mittelspannungsnetze sind lokal oder regional ausgerichtet, transportieren Strom zum Beispiel innerorts zu Sondervertragskunden mit hohem Strombedarf oder zu Netzstationen, welche den Strom auf Niederspannungsniveau (230/400 V) umspannen. Auf diesem niedrigen Niveau wird der Strom schließlich an die Haushalte abgegeben (vgl. BRÜCHER 2009: 157). Die Länge der Netze unterscheidet sich ebenfalls gestaffelt nach den jeweiligen Spannungsebenen – während Strom innerhalb Deutschlands über ca. 36.000 km Höchstspannungsnetz und ca. 75.000 km Hochspannungsleitungen transportiert wird, erstreckt sich das Mittelspannungsnetz über ca. 490.000 km und das weitverzweigte Niederspannungsnetz sogar über mehr als 1.000.000 km (vgl. VDN 2007).

Wie beschrieben, reihen sich verschiedene Teilprozesse in einer Prozesskette aneinander (vgl. Kapitel 2.1.2). Nach der Produktion des Stroms in Großkraftwerken und kleineren, dezentralen Anlagen folgt in der Regel der Transport in die Verbrauchsgebiete auf hoher Spannungsebene. Vermittelt über die Umspannung auf verschiedene Spannungsebenen in Umspannwerken und Netzstationen erfolgt schließlich die Abgabe an die Verbraucher. Überwacht werden die verschiedenen Netzebenen und Kraftwerke von Netzleitstellen, welche kontinuierlich die Netzauslastung und das Verhältnis von Angebot und Nachfrage von Strom überwachen und entsprechend reagieren. Die auf diesem Weg geleistete Stromversorgung bietet eine hohe Versorgungssicherheit: Die Ausfallzeiten des Stromnetzes in Deutschland sind mit 21 Minuten pro Jahr und Kunde im europäischen Vergleich sehr niedrig (vgl. BDEW 2008: 23).

Es spielen alle Teilprozesse bei der Versorgung von Kommunen eine Rolle und können im Hochwasserfall auch potenziell betroffen sein. Kraftwerke, welche wegen der Verfügbarkeit von Kühlwasser oft in Flussnähe angesiedelt sind, können durch eindringendes Wasser oder durch Aufschwimmen der Gebäude beschädigt oder durch die Unterbrechung von Transportwegen an der Arbeit gehindert werden. Die daran angeschlossenen Transformatoren können ebenso wie alle weiteren zwischen den Spannungsebenen vermittelnden Umspannwerke und Netzstationen von Kurzschlüssen bedroht sein, aus Sicherheitsgründen abgeschaltet und von den Einwirkungen des Hochwassers (Wasser, Strömung, Verschmutzung, etc.) beschädigt werden. Häufig ist jedoch nicht die vollständige Prozesskette von der Produktion über den Transport auf allen Ebenen und die Umspannung bis hin zum Verbrauch betroffen.

Einen weiteren, für das Verständnis wichtigen Faktor stellen die umfassenden Veränderungen, denen die Stromversorgung Deutschlands in jüngster Vergangenheit unterlag, dar. Diese hängen vor allem mit den seit Mitte der 1990er-Jahre verstärkt zu verzeichnenden Privatisierungstendenzen der Energieversorgung sowohl auf der Ebene der Verbundunternehmen, als auch bei Regionalversorgern und Stadtwerken zusammen (MONSTADT 2008: 196). Seit Ende der 1990er-Jahre nehmen zusätzlich Wettbewerbsreformen (Liberalisierung) innerhalb des europäischen Binnenmarktes Einfluss. Im Zuge dieser Entwicklungen „wurden die lokalen und regionalen Gebietsmonopole in den wettbewerbsfähigen Bereichen der Stromerzeugung und Verteilung von Energie an die Endkunden aufgehoben und die Unternehmen müssen diese Geschäftsbereiche künftig unabhängig vom Betrieb der Netze organisieren“ (MONSTADT 2008: 197).

Abschließend ist auf die zunehmende Bedeutung erneuerbarer Energie als weiterer wichtiger Einflussfaktor auf die Stromversorgung in Deutschland hinzuweisen. Es konnte im Rahmen der Projektarbeit keine explizite Untersuchung hinsichtlich möglicherweise verwundbarkeitsrelevanter Implikationen dieser Entwicklung geleistet werden. Da auch zum Verständnis der hier vorgestellten Methode keine nähere Betrachtung dieser Entwicklung notwendig erscheint, kann an dieser Stelle nicht ausführlicher auf dieses Thema eingegangen werden.

2.3.2 Rahmenbedingungen der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland

Anders als die Stromversorgung ist die öffentliche Wasserversorgung in Deutschland aufgrund technischer und ökonomischer Besonderheiten vor allem auf der lokalen oder regionalen Ebene organisiert (vgl. KLUGE/SCHEELE 2008: 143). Die Prozesskette von der Gewinnung des Rohwassers über dessen Aufbereitung zu Trinkwasser, Zwischenspeicherung, Verteilung und Verbrauch findet häufig auf kleinem Raum statt. Die öffentliche Trinkwasserversorgung fällt als ein Aspekt der Daseinsvorsorge in den Zuständigkeitsbereich der Kommune. Diese hat darüber zu entscheiden, mit welcher Organisations- und Unternehmensform sie ihren Verpflichtungen nachkommt (vgl. KLUGE/SCHEELE 2008: 147; ATT et al. 2008 5). Die Trinkwasserversorgungsunternehmen sind entweder in öffentlichem Besitz oder werden unter privater Beteiligung geführt, wobei in den letzten Jahren eine Tendenz zur Privatisierung der Versorgung festgestellt werden konnte (vgl. ATT et al. 2008: 10 ff.). Entsprechend der lokalen Anbindung versorgen „in ländlichen Gebieten kleinere Unternehmen eine vergleichsweise

geringe Zahl von Einwohnern. Demgegenüber versorgt in städtischen Ballungsräumen eine kleine Anzahl von Unternehmen eine hohe Zahl von Einwohnern. So wird die Hälfte des Wasseraufkommens nur von 1,5 Prozent der Unternehmen (98 Unternehmen) zur Verfügung gestellt“ (ATT et al. 2008: 14). Trotz der eher kleinräumigen Organisation summiert sich auch die Länge des Trinkwasserleitungsnetzes (ohne Einbeziehung der Hausanschlussleitungen) zu einer geschätzten Länge von 500.000 km auf (ATT et al. 2008: 37).

Ebenso wie die Stromversorgung funktioniert die öffentliche Wasserversorgung leitungsgebunden. Die Verteilung von Trinkwasser ist von den lokalen Bedingungen – vor allem der Geländetopographie – abhängig, da im Gegensatz zum elektrischen Strom Stoffströme mit einem bestimmten Gewicht transportiert werden müssen. Das Wasser mag zwar der Schwerkraft von selbst bergab folgen, doch müssen oft Höhenunterschiede in umgekehrter Richtung durch Einsatz von Pumpen überwunden werden. Druckerhöhungsanlagen bringen das Wasser dort, wo das Eigengewicht zur Aufrechterhaltung des Netzdrucks und zum Transport zu den Verbrauchern nicht ausreicht, auf den benötigten Druck. Beim Transport des Wassers in den Leitungen können gewisse Verluste auftreten. Diese sind in Deutschland seit Jahren rückläufig und liegen mit durchschnittlich 7 % weit unter den im internationalen Vergleich anfallenden Verlustmengen (vgl. ATT et al. 2008: 39).

Theoretisch können alle Komponenten in einer Kommune zu finden sein. Ähnlich wie im Fall der Stromversorgung müssen jedoch zur Versorgung einer Kommune nicht zwangsläufig alle Teilprozesse vor Ort umgesetzt werden. Bezogen auf Hochwasserereignisse gilt, dass nicht alle in einer Kommune zu findenden Komponenten vom Hochwasser betroffen sein müssen und eine unterschiedlich hohe Verwundbarkeit der Komponenten gegenüber der Einwirkung des Ereignisses bestehen kann. So liegen Wasserwerke in Flusstälern häufig in der Nähe des Gewässers, um über Brunnen Uferfiltrat aus geringer Tiefe fördern zu können. Dieser Umstand hat zur Folge, dass im Hochwasserfall nicht nur die Brunnen verschmutzt oder die Rohwasserqualität gemindert sein können, sondern auch die Anlagen zur Wasseraufbereitung von einem Hochwasserereignis in Mitleidenschaft gezogen und im schlimmsten Fall zerstört werden können. Die bei einem solchen Ereignis entstehenden materiellen Schäden und die sich aus dem Produktionsausfall ergebenden Kosten wären immens. Ähnlich anfällig gegenüber den Auswirkungen eines Hochwassers sind Trinkwasserlabore und Netzleitstellen – auch hier würden Kosten anfallen, allerdings wären Versorgungsausfälle

nicht unbedingt die direkte Folge. Pumpen und Druckerhöhungsanlagen können in mehrfacher Hinsicht betroffen sein. Zum einen durch die direkte Einwirkung des Wassers – die meisten Bauteile sind zwar hinsichtlich der Einwirkung von unter Druck stehendem Wasser robust, doch die Steuerungselektronik würde ggf. beschädigt. Zum anderen ist die Funktion der Anlagen in der Regel abhängig von der Stromversorgung. Sollte diese im Hochwasserfall innerhalb des überfluteten Gebietes ausfallen (wovon zunächst auszugehen ist), können auch die Pumpen ihre Arbeit nicht länger verrichten (soweit keine Notstromversorgung gewährleistet ist). Die Wasserleitungen hingegen sind innerhalb der Kommunen in der Regel unterirdisch verlegt und gegenüber den Einwirkungen des Staudrucks vergleichsweise unempfindlich¹³ (DVGW 2003: 4 ff.). Eine besondere Situation kann dann entstehen, wenn Leitungen an Stellen angebracht sind, die einer starken Erosion durch besonders hohe Strömung ausgesetzt sind (Gefahr des Freilegens und potenziellen Unterspülens von Leitungen). Auch die Anbringung an Brücken kann die Gefahr einer Beschädigung der Leitungen erhöhen.

2.3.3 Beispielhafte Darstellung der empirischen Ergebnisse und Validierung der Verwundbarkeitskriterien

Aufbauend auf den Informationen zum Untersuchungsgegenstand *KRITIS* sowie insbesondere zur Strom- und Trinkwasserversorgung und auf den Ausführungen zur Methodik des Verwundbarkeitsassessments sollen abschließend in exemplarischer Form Ergebnisse der empirischen Projektarbeit vorgestellt und zur Veranschaulichung der Kriterienauswahl herangezogen werden. Um den Datenschutz nicht zu gefährden, wird auf eine detaillierte Beschreibung der Untersuchungsgebiete und eine räumliche Zuordnung der Beispiele verzichtet. Die Anwendbarkeit der Kriterien und deren Beitrag zur Gesamtaussage gehen aus den beispielhaften Darstellungen hervor.

13 Diese Aussage gründet auf Erfahrungen aus dem Elbehochwasser 2002. Bei den Überflutungen der Elbe waren damals keine Schäden durch das Hochwasser aufgetreten, wohl aber durch deren Zuflüsse in höher gelegenen Regionen. In Gebieten mit höherem Gefälle und entsprechend höheren Strömungsgeschwindigkeiten kam es sehr wohl zu erheblichen Schäden durch freigelegte und unterspülte Leitungen. Aus diesen konnte viel Trinkwasser entweichen und es wurden hohe Kosten verursacht. Auch die Arbeit der Einsatzkräfte führte in einigen Fällen zu Beschädigungen (DVGW 2003: 4 ff.).

Festlegen eines Szenarios

Die Festlegung des Hochwasserszenarios, auf dessen Grundlage das Verwundbarkeitsassessment stattfindet, muss allen weiteren Schritten vorausgehen. Bei der Umsetzung der im Projekt entwickelten Methode kommt zunächst nur die Überflutungsfläche als Parameter zum Einsatz. Weitere Faktoren, wie etwa Überflutungshöhe oder Fließgeschwindigkeit, wurden bewusst ausgeklammert – es ist nicht davon auszugehen, dass diese Informationen flächendeckend vorliegen (vgl. Kapitel 2.2.3). Es bietet sich an, das HQ-100-Szenario auszuwählen, es kann jedoch auch ein bestimmter Pegelstand, ein vergangenes Ereignis oder ein anderes HQ-Szenario ausgewählt werden. Entscheidend ist, dass das Szenario in Karten umgesetzt ist und dass sich alle im Folgenden ausgeführten Schritte konsequent auf das gleiche Szenario beziehen. Anderenfalls büßt das Assessment-Ergebnis an Aussagekraft ein. Es ist daher sehr wichtig, dieses Szenario in der Kommunikation mit den Versorgungsunternehmen zur Grundlage zu machen. Die Verwundbarkeitsaussage nach Durchführung des Assessments bezieht sich immer auf die Bedingungen des zu Beginn festgesetzten Hochwasserszenarios. Sollten für die Kommune mehrere Szenarien vorliegen, so kann es durchaus sinnvoll sein, das Assessment für unterschiedliche Hochwasserstände durchzuführen. Selbst wenn die Umsetzung von präventiven Maßnahmen bei einem bestimmten Pegelstand an Grenzen stoßen sollte (maximales Schutzniveau), so kann es dennoch eine Hilfe für die vorbereitende Planung sein, zu wissen, ob beim Eintritt des Ereignisses mit der flächendeckenden Infrastrukturversorgung zu rechnen oder ob ein Ausfall zu erwarten ist.

Innerhalb des Forschungsprojektes wurden unterschiedliche Szenarien verwendet und deren Eignung zur Kommunikation mit den involvierten Akteuren überprüft. Während in einigen Kommunen mit Szenarien, die sich an der Wiederkehrwahrscheinlichkeit der Hochwasserereignisse orientieren, gearbeitet wurde, dienten in der Kommunikation mit anderen Kommunen pegelstandsbasierte Szenarien oder vergangene Hochwasserereignisse als Grundlage. In einer Kommune waren die szenarienbezogenen Informationen in Form einer Gefahrenzonenkarte und einer Hochwasserinformationskarte umgesetzt worden. Als eine weitere Möglichkeit zur Szenarienentwicklung zeigte sich eine auf der Grundlage eines digitalen Höhenmodells errechnete, pegelstandbasierte Datenbasis in einem GIS-kompatiblen Format, mit deren Hilfe sich Überflutungsflächen und -höhen kleinschrittig darstellen lassen. Aus praktischen Gründen und um die Anwendbarkeit dieses Szenarientyps zu prüfen, wurde auch auf vergangene Ereignisse zurückgegriffen.

Die Informationslage hinsichtlich der Hochwasserszenarien kann in allen betrachteten Städten als sehr gut bewertet werden. Die Durchführbarkeit einer Verwundbarkeitsabschätzung mittels der im Leitfaden detailliert beschriebenen Methode ist auf der Basis der zur Verfügung stehenden Szenarien in allen Fällen gegeben. Die Durchführung der Gespräche mit den Betreibern und den Behördenmitarbeitern auf der Grundlage aller Szenarientypen (HQ-Szenarien, pegelstandbasierte Szenarien und vergangene, gut dokumentierte Hochwasserereignisse) funktionierte gut. Es war jedoch zu beobachten, dass, auch wenn sich das Gespräch in erster Linie auf ein HQ-100-Szenario beziehen sollte, immer wieder der Bezug zu den vergangenen Hochwasserereignissen hergestellt wurde. Es muss daher besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, bei der Durchführung des Verwundbarkeitsassessments die gemeinsame Bezugsgröße konsequent beizubehalten.

Erfassung der Komponenten/Teilprozesse

Der nächste Schritt umfasst die Erstellung eines vollständigen Inventars aller in der betrachteten Kommune stattfindenden Teilprozesse bzw. aller Komponenten, die an ihrer Umsetzung beteiligt sind. Es ist zu betonen, dass das Vorhandensein einer Komponente allein noch keine verwundbarkeitsrelevante Information ist. Erst in der Kombination mit den in den nächsten Kapiteln näher beschriebenen Verwundbarkeitskriterien ergibt sich deren Beitrag zur Verwundbarkeit. Diese Feststellung ist für den Fortschritt des Assessments bedeutsam, da ohne sie ein methodisches Problem auftreten würde: Die Komponentenausstattung steht in einem gewissen Zusammenhang zur Größe der Kommune. In kleinen Kommunen werden beispielsweise derzeit seltener Kraftwerke zur lokalen Stromversorgung zu finden sein und auch hinsichtlich des Trinkwassers werden kleine Kommunen häufiger von externen Anbietern beliefert werden als größere Kommunen. Würde dieser Umstand als Faktor mit ins Verwundbarkeitsassessment eingehen, so würde die Größe der Kommune Einfluss auf das Ergebnis nehmen¹⁴.

14 Es ist zwar davon auszugehen, dass in einer größeren Kommune mehr Bevölkerung oder eine höhere Wirtschaftsleistung von der Versorgung durch *KRITIS* abhängen, doch wird mit dieser Sichtweise der abgegrenzte Bereich der Betrachtung verlassen. Es wird vorgezogen, diese Bedingungen aus dem Assessment auszuschließen, die Verwundbarkeit innerhalb der kommunalen Versorgungsgebiete ihrer ungeachtet zu ermitteln.

Dieser Vorbereitungsschritt ist auch deshalb von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Durchführung des Assessments, da auf dieser Übersicht über die Komponenten und Teilprozesse alle weiteren Betrachtungen in der ersten Assessment-Phase aufbauen. Es wird damit der Unterschiedlichkeit des Systemaufbaus in den betrachteten Kommunen Rechnung getragen und Flexibilität hinsichtlich der lokalen Bedingungen gewährleistet. Von der Annahme größtmöglicher Vielfalt und Vollständigkeit hinsichtlich der Komponentenausstattung werden nun die im konkreten Fall relevanten Komponenten und Teilprozesse identifiziert. Nur für diese Komponenten müssen die weiteren Assessment-Schritte durchlaufen werden – Teilprozesse, die in der Kommune nicht erbracht werden, und Komponenten, die nicht zur Verfügung stehen, werden aus der Verwundbarkeitsanalyse ausgeklammert.

Im Rahmen der Projektarbeit wurde ein Überblick über die Komponentenausstattung der betrachteten Kommunen erstellt und ausgewertet. Neben nahe liegenden Zusammenhängen zwischen der Einwohnerzahl und der Höhe des Verbrauchs zeigten sich auch weitere für die Methodenentwicklung relevante Aspekte. Wie unterschiedlich das Inventar der Komponenten und der Aufbau der Infrastruktur vor Ort sein können, lässt sich anhand einiger Aspekte aus dem Bereich Wasserversorgung beispielhaft zeigen:

1. Kommunen können bezüglich ihrer Größe und ihres durchschnittlichen Trinkwasserverbrauchs durchaus vergleichbar sein, und dennoch deutliche Unterschiede hinsichtlich der Art und Weise der Bedarfsdeckung aufweisen (z. B. Vorversorgung durch einen Versorger und Aufbereitung von Trinkwasser vor Ort).
2. In diesem Zusammenhang ist auch auf den unterschiedlichen Bedarf nach Druckerhöhungsanlagen zur Trinkwasserversorgung hingewiesen. In vielen Kommunen, in deren Stadtgebiet sich größere Höhenunterschiede in der Geländeoberfläche zeigen, muss die Versorgung über mehrere Druckzonen laufen. Der Druck, mit dem das Wasser von einem Vorversorger abgegeben wird, kann ggf. zur Befüllung der Hochbehälter und zur Aufrechterhaltung des Leitungsdrucks ausreichen. In anderen Fällen hingegen muss das Wasser nicht nur von Pumpwerken in die Hochbehälter befördert bzw. in das Netz gespeist, sondern auch zusätzlich von Druckerhöhungsanlagen unter Druck gehalten werden. Muss innerhalb des Versorgungsgebietes kein großer Höhenunterschied überwunden werden, kann auch bei einer großen, flächenhaften Ausdehnung ggf. auf zusätzliche Druckerhöhung verzichtet werden.

3. Neben der Geländetopographie kann sich auch der Einfluss unterschiedlicher Entwicklungsphasen des Siedlungsraums innerhalb einer Kommune in Form von unterschiedlichen Strukturen niederschlagen. Während vielerorts, ggf. über mehrere Eingemeindungsphasen, das aktuelle Stadtgebiet zusammengeführt wurde, gehörten andere Stadtteile seit langem zu einer zusammenhängenden Siedlung. Von Beginn an auf eine großflächige Versorgung ausgelegten Systemen mit wenigen, zentralen Infrastruktureinrichtungen, können auch auf kleinstem Raum völlig unterschiedliche Strukturen mit einer größeren Anzahl ähnlich dimensionierter Komponenten gegenüberstehen.

Insgesamt sind diese und viele weitere Unterschiede, die sich bei näherer Betrachtung der Untersuchungsräume zeigten, für die Projektarbeit als ausgesprochen positiv zu bewerten: Das bei der Methodenentwicklung einbezogene Spektrum unterschiedlich aufgebaute Infrastrukturen illustriert, dass die Methode Flexibilität hinsichtlich der Ausgangsbedingungen erlaubt.

Expositionsanalyse

Als erstes Verwundbarkeitskriterium wird die *Exposition der Komponenten* überprüft, aus der sich wiederum die *Exposition der Teilprozesse* ergibt. Dieser Schritt schränkt die Anzahl der weiterhin zu betrachtenden Komponenten und damit auch die Anzahl der Teilprozesse in vielen Fällen deutlich ein, denn nur selten sind eine Kommune und die diese versorgenden Infrastrukturen vollständig dem Hochwasser ausgesetzt. In der Regel müssen Teile des Siedlungsgebietes und ein Teil der Komponenten im weiteren Assessment betrachtet werden. Alle nicht exponierten Komponenten können in Verwundbarkeitsklasse I (vgl. Kapitel 2.2.4) eingeordnet werden¹⁵, alle exponierten Komponenten und Teilprozesse werden hinsichtlich des nächsten Verwundbarkeitskriteriums (Funktionsanfälligkeit, vgl. Kapitel 2.2.3) überprüft. Da alle Assessment-Schritte

15 Diese Einordnung ist zu einem gewissen Grad vereinfachend. Es kann durchaus sein, dass eine nicht exponierte Komponente durch den Funktionsausfall vor- oder nachgelagerter, exponierter Komponenten ebenfalls in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird. Diese Information kann nicht aus der Exposition allein abgelesen werden, sondern nur auf der Grundlage weiterer Informationen, die den Versorgungsunternehmen vorliegen, gegeben werden. Zwar schlossen die befragten Versorgungsunternehmen Versorgungsausfälle außerhalb des überfluteten Gebietes für ihr Versorgungsgebiet aus, theoretisch besteht jedoch die Gefahr. Im Leitfadens sind konkrete Hinweise auf die Wichtigkeit der Einbeziehung von Funktionsausfällen in die Verwundbarkeitsbetrachtung zu finden.

bewusst so angeordnet sind, dass sich die Menge der zu betrachtenden Objekte mit jedem Schritt reduziert und die Fragen widerspruchsfrei beantwortet werden können und gleichzeitig ein mehrfaches Einbringen von Informationen vermieden wird, ist die Überprüfung der Exposition in jedem Fall zuerst durchzuführen. Bei der Projektarbeit wurden unterschiedliche Datensätze hinsichtlich ihrer Tauglichkeit zur Anwendung im Verwundbarkeitsassessment überprüft.

In einem ersten Ansatz wurde die Eignung von GIS-kompatiblen Daten, die bereits vorlagen, anhand eines Beispiels geprüft. Der verwendete Datensatz enthielt neben Informationen zum Verlauf der Gewässer und zu den Hochwasser-szenarien auch Daten zu Grundflächen (Lage) und Nutzung von Gebäuden und zum Verlauf von Verkehrswegen. Leicht lassen sich auf dieser Grundlage gleichartige Nutzungen darstellen, wie es exemplarisch für Komponenten zur Stromversorgung durchgeführt wurde. Bei einer Überprüfung der Datenqualität vor Ort wurde festgestellt, dass dieser Datensatz gewisse Probleme mit sich bringt. Im konkreten Beispiel haben einige Komponenten zwar eine ähnliche Funktion, während sie jedoch teils der Versorgung der Bevölkerung dienen, sind sie an anderer Stelle z. B. für die Versorgung von Bahnlinien verantwortlich. Dieses Problem wird innerhalb von Städten, in denen Straßenbeleuchtung, Verkehrsbetriebe, weitere Infrastrukturen für die Versorgung der Bevölkerung sowie private und öffentliche Einrichtungen parallel existieren, vielfach auftreten und kann nur durch eine Überprüfung der exponierten Komponenten vor Ort oder durch Nachfrage bei den Versorgungsunternehmen ausgeräumt werden. Abgesehen davon bieten Datensätze dieser Art eine Option zur zeitsparenden, unkomplizierten Überprüfung der Exposition.

Eine weitere Möglichkeit zur Expositionsanalyse können Hochwasserinformationskarten bieten. Anders als die Informationen, die dem beschriebenen GIS entnommen werden können, sind diese bereits flächendeckend überprüft und in Symbole übersetzt worden. Neben unterschiedlichen Szenarien und den Komponenten der Infrastrukturversorgung sind in diesen Karten viele weitere hochwasserrelevante Informationen enthalten. Hinsichtlich der Bereitstellung der Information hat diese Karte gegenüber dem bereits genannten Beispiel Vorteile, es ist jedoch anzunehmen, dass in dieser Form aufgearbeitete Daten nicht für jede Kommune vorliegen. Vielmehr kann die Erstellung einer solchen Karte ein Ergebnis der Durchführung des Verwundbarkeitsassessments sein. Bei der Anwendung der Methode werden relevante Informationen zusammengetragen, welche entsprechend aufbereitet für Planungsentscheidungen oder zur

Verbesserung des Risiko- und Krisenmanagements vor Ort herangezogen werden können.

Bislang stand immer die Exposition der Komponenten im Mittelpunkt der Betrachtung. Aus dieser lässt sich die Exposition von Teilprozessen ableiten. Diese muss den Beitrag der einzelnen Komponenten an der Gesamtleistung im betrachteten Teilprozess berücksichtigen. So können beispielsweise drei von fünf in einer Kommune vorhandener Umspannwerke innerhalb des Überflutungsbereiches liegen, jedoch kann gleichzeitig nur ein geringer Prozentsatz der gemeinsam erbrachten Leistung exponiert sein. Dieser Umstand ist der Tatsache geschuldet, dass die Dimensionierung der einzelnen Komponenten sehr unterschiedlich sein kann.

Es gilt zu bedenken, dass Exposition zwar ein erster, sehr wichtiger Anhaltspunkt auf dem Weg zu einer Verwundbarkeitsaussage ist, dass deren Aussagegehalt jedoch noch begrenzt ist. Die Lage im unter Annahme eines bestimmten Hochwasserszenarios überfluteten Bereich enthält noch keine Information darüber, ob mit einem Ausfall zu rechnen ist und inwiefern ein möglicher Ausfall einen Versorgungsausfall nach sich ziehen könnte. Auch Verbindungen zwischen den Komponenten und Möglichkeiten zur Ersetzbarkeit können nicht unbedingt aus der Exposition abgelesen werden – diese Informationen müssen erst unter Einbeziehung der noch folgenden Kriterien im weiteren Verlauf des Assessment-Verfahrens ermittelt werden.

Bestimmung der Funktionsanfälligkeit

Aus den in Kapitel 2.2.3 beschriebenen Gründen ist die Funktionsanfälligkeit der Komponenten und damit der Teilprozesse im nächsten Assessment-Schritt zu betrachten. Auf diesem Weg soll herausgefunden werden, welche der exponierten Komponenten bei Eintritt eines Hochwassers tatsächlich nicht mehr in Funktion sein würden und inwiefern dies die Funktionsfähigkeit des Teilprozesses beeinflusst. Mit diesem Schritt reduziert sich möglicherweise erneut die Menge der weiterhin zu berücksichtigenden Komponenten: Sollte zwar eine Exposition, jedoch keine Funktionsanfälligkeit vorliegen, so erfolgt die Einordnung der Komponente in Verwundbarkeitsklasse II. Nur Komponenten, die sowohl exponiert als auch funktionsanfällig sind, müssen im weiteren Assessment betrachtet werden¹⁶.

16 Es gilt auch hier zu bedenken, dass diese Einordnung nicht ausschließen kann, dass rückwirkende Funktionsausfälle anderer Komponenten die Funktionsfähigkeit dieser Komponenten ‚auf Umwegen‘ beeinträchtigen. Auf diesen Umstand wird im Leitfaden hingewiesen.

Zur Ermittlung der Funktionsanfälligkeit bedarf es einer differenzierten Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, anderen Infrastrukturen (z. B. Probleme durch Stromausfall im Hochwasserfall), bestimmten Umweltbedingungen und Personal oder der bereits im Vorfeld umgesetzten Schutzmaßnahmen. Wodurch die Funktionsbeeinträchtigung letztlich herbeigeführt wurde, ist zur Beantwortung der Frage jedoch zweitrangig.

Im Folgenden soll anhand von Beispielen aus der empirischen Projektarbeit veranschaulicht werden, inwiefern Infrastruktursysteme trotz der Exposition von Komponenten ihre Funktionsfähigkeit aufrechterhalten können. Die hier vorgestellten Beispiele sollen keinesfalls darüber hinwegtäuschen, dass viele Komponenten möglicherweise sehr empfindlich auf die Einwirkungen des Hochwassers reagieren: Brunnen können überflutet oder durch beschleunigten Durchsatz von Uferfiltrat verunreinigt werden; spannungsführende Anlagen, wie sie alle Komponenten der Stromversorgung darstellen, können aus technischen und auch aus Sicherheitsgründen vom Netz getrennt werden; überflutete Anlagen aller Art – von Kraftwerken und Wasserwerken bis hin zu Netzstationen und Trinkwasserlaboren – werden durch das Hochwasser ggf. unerreikbaar, von Strömung, Druck und mitgeführtem Material physisch zerstört oder von seinen Hinterlassenschaften verschmutzt; Versorgungsausfälle im Strom- und Trinkwasserbereich können potenziell die Folge sein und sekundäre Effekte des Hochwasserereignisses hervorrufen. Eine hochwasserangepasste Bauweise und Anbringung der Komponenten kann jedoch die Funktionsanfälligkeit einer Infrastruktur deutlich reduzieren.

Im Fall einer betrachteten Kommune wird die Trinkwasserversorgung mittels der Belieferung von einem Vorversorger sichergestellt. Die Übergabe erfolgt über mehrere Einspeisungspunkte, an denen das Trinkwasser an das Ortsnetz abgegeben wird. Diese Anlagen regulieren selbstständig die Abgabemenge und den Netzdruck. Zwei dieser Einspeisungspunkte lagen bei vergangenen Hochwasserereignissen im überfluten Bereich, ohne dass dadurch die Wasserversorgung der Stadt in Mitleidenschaft gezogen wurde. Die Einspeisungsstellen sind gegen eindringendes Oberflächenwasser vollständig abgedichtet, lediglich die Steuerungselektronik der Anlagen fiel aus. An den betroffenen Einspeisungspunkten wurde die im Normalfall von der Steuerungselektronik regulierte Schieberstellung in einer bestimmten Position fixiert. Die Regulierung des Drucks wurde von diesem Zeitpunkt an von den umliegenden Einspeisungsstellen übernommen. Die Steuerungselektronik, die nicht mehr rechtzeitig ausgebaut werden

konnte, wurde bei einem weiter zurückliegenden Hochwasserereignis vom eindringenden Oberflächenwasser zerstört und musste anschließend ersetzt werden. Da keine eigenen Druckerhöhungsanlagen benötigt werden, sondern der Druck, mit dem das Wasser angeliefert wird, genutzt werden kann, funktionieren die Einspeisungsstellen abgesehen von der Steuerung völlig stromunabhängig. Über die bereits angesprochene Funktionsanfälligkeit hinaus konnte auch die Schadensanfälligkeit mittlerweile deutlich reduziert werden. Beim letzten Hochwasser konnten Mitarbeiter die nun in demontierbaren Gehäusen untergebrachte und über Steckverbindungen angeschlossene Elektronik vollständig bergen, sodass nach Ablauf des Wassers die gleichen Bauteile und Antriebe wieder eingesetzt werden konnten. Die Wiederherstellungskosten konnten durch diese Maßnahme ebenso wie der Wiederherstellungsaufwand nach dem Hochwasserereignis minimiert werden.

Auch hinsichtlich der Stromversorgung lassen sich Beispiele für eine trotz Exposition weiterhin bestehende Funktionsfähigkeit im Hochwasserfall finden. Im Normalfall müssen alle Komponenten, die der Stromversorgung dienen, bei Eintritt eines Hochwasserereignisses abgeschaltet werden. Dies geschieht nicht nur, weil durch das steigende Wasser Kurzschlüsse zu erwarten sind, sondern auch aus Sicherheitsgründen: Die Spannung aus den Komponenten könnte an das Wasser abgegeben werden und Bevölkerung und Einsatzkräfte gefährden. Über eine veränderte Bauweise und/oder erhöhte Anbringung der Komponenten kann jedoch die Funktionsfähigkeit auch im Fall der Stromversorgung erhalten werden. Dabei gilt es zu bedenken, dass immer das volle Komponentenspektrum der Versorgungsinfrastruktur in die Planung für mehr Hochwassersicherheit miteinbezogen werden muss: Ein Kabelverteilerschrank kann beispielsweise nur dann seinen Dienst versehen, wenn auch die vorgeschaltete Netzstation versorgt bleibt. Genau wie eine Notstromanlage auf kleiner räumlicher Ebene nur dann funktioniert, wenn von der Erzeugung bis zum Anschluss für das Endgerät alle Bauteile oberhalb des Hochwassersaums angebracht sind, so bleibt auch in Bezug auf die Stromversorgung innerhalb einer Kommune die Wirkung der Hochwasseranpassung einzelner Komponenten ggf. wirkungslos, solange vor- und nachgelagerte Komponenten weiterhin vom Ausfall bedroht bleiben. Anders verhält es sich hinsichtlich der Schadensanfälligkeit: Schon der Schutz einzelner Komponenten kann ein Unternehmen – selbst unter Inkaufnahme der weiterhin drohenden Funktionsanfälligkeit – vor hohen Reparaturkosten und langen Ausfallzeiten bewahren.

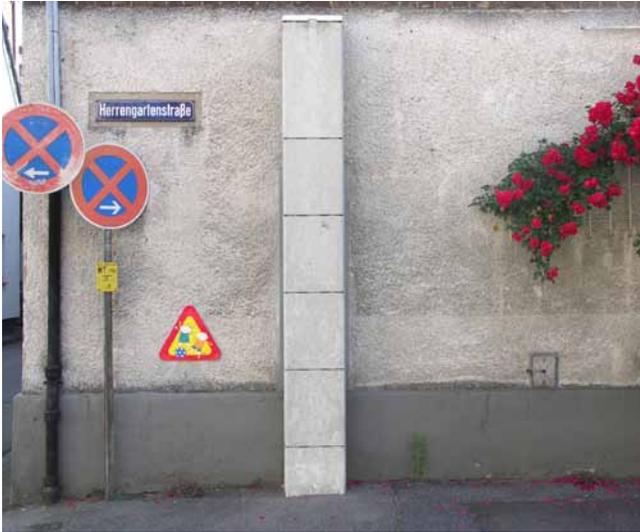


Abb. 2.11 Beispiel für hochwasserangepasste Bauweise eines Kabelverteilers; Bildquelle: Heike Luttermann (2009)

Es ist anzumerken, dass die hochwassersichere Bauweise gewisse Nachteile bzw. Probleme mit sich bringen kann. Zum einen entstehen durch den nachträglichen Umbau Kosten, die in den im Folgenden beschriebenen Beispielen von den Energieversorgern übernommen wurden. Zum anderen geht der Umbau an Stellen, an denen eine Komponente unverzichtbar ist, und keine Verlagerung an einen hochwassersicheren Standort möglich ist mit der Errichtung von ‚Türmen‘ einher (vgl. Abbildung 2.11). Schließlich muss ggf. ein Teil der Maßnahmen in den Räumen bzw. auf dem Grund privater Akteure stattfinden, für deren Zustimmung möglicherweise Überzeugungsarbeit geleistet werden muss. Nur wenn alle betroffenen Akteure die Umbaumaßnahmen zulassen, kann für alle Beteiligten ein optimales Ergebnis erreicht werden.

Als Beispiel für die Möglichkeiten einer hochwasserangepassten Bauweise und Anbringung von Infrastrukturkomponenten können die Baumaßnahmen an der Stromversorgungsinfrastruktur herangezogen werden, die an zwei Kommunen untersucht wurden. Im Zuge dieser Maßnahmen wurden nicht nur alle Kabelverteilerschränke und Netzstationen verlegt oder erhöht angebracht, sondern auch die Hausanschlusskästen aus dem Keller von Wohngebäuden und Gewerbebetrieben in höhere Stockwerke oder zumindest vom Boden unter die Decke des Kellerraumes verlagert. Die Fotografie in Abbildung 2.11 zeigt zur

Veranschaulichung einen Kabelverteilerschrank, welcher deutlich über dem Straßenniveau angebracht ist. Die Kosten für die Umbaumaßnahmen wurden bei den untersuchten Beispielen vom jeweiligen Versorger getragen.

Im Zusammenhang mit einem der untersuchten Beispiele ist die Bedeutung des Zusammenwirkens unterschiedlicher Akteure bei der Umsetzung von Maßnahmen deutlich geworden. Viele industrielle Abnehmer oder andere Kunden mit einem permanent hohen Strombedarf sind nicht an das Ortsnetz (Niederspannung) angeschlossen, sondern decken ihren Bedarf direkt aus dem Mittelspannungsnetz. Diese Kunden besitzen ggf. eigene Netzstationen, die den Strom in der benötigten Spannung zur Verfügung stellen. Auch wenn diese Anlagen nicht im Besitz der Stromversorger sind, hat ihre Überflutung trotzdem potenziell negative Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit im Netz. Sie stellen bei einer solchen Umstrukturierung ein gewisses Risiko dar: Die Unternehmen sind zwar verpflichtet, die private Netzstation betriebssicher zu installieren, doch die Versorger haben auf deren Installation und Standort keinen direkten Einfluss. Im konkreten Fall weist das Versorgungsunternehmen die Besitzer der privaten Netzstationen auf die Hochwassergefahr hin, hat aber darüber hinaus keine Handhabe.

In allen Gebieten, in denen die entsprechenden Versorgungsinfrastrukturen nicht hochwasserangepasst konstruiert wurden, sind Hochwasserereignisse für die davon betroffenen Bürger, Betriebe und Einrichtungen zumeist mit Stromausfall verbunden. Die Versorger versuchen, die Ausfälle nach Möglichkeit zu verhindern und ziehen punktuelle Abschaltungen einzelner Kunden einer flächenhaften Abschaltung ganzer Gebiete vor. Nach Angaben eines Versorgungsunternehmens fahren im Hochwasserfall Mitarbeiter nach einem vorgegebenen Plan die Kabelverteiler und Netzstationen ab und überprüfen laufend die Lage vor Ort. Es wurde auf den individuell unterschiedlichen, oft zeitlich verzögerten Verlaufs eines Hochwassers im konkreten Fall hingewiesen – nicht alle Objekte, die nach Angaben des GIS bei einem bestimmten Pegelstand überflutet sein müssten, stehen auch tatsächlich im Wasser. Sollte das Wasser nicht so hoch gestiegen sein wie angenommen, so werden die entsprechenden Komponenten kontinuierlich kontrolliert und nur dann abgeschaltet, wenn das Wasser einen kritischen Stand tatsächlich erreicht. Sollte es möglich sein, werden Netzstationen ggf. auch von einem anderen Punkt aus abgeschaltet, um ein möglichst langes Aufrechterhalten des Betriebs zu gewährleisten (das Betreten einer ‚nassen‘ Netzstation bzw. das Arbeiten in direkter Nähe wäre

aus Sicherheitsgründen nicht mehr möglich, sodass die Abschaltung von einer außerhalb liegenden Stelle aus vorgenommen werden muss). Umgekehrt kann es natürlich auch vorkommen, dass aus bestimmten Gründen Komponenten frühzeitig abgeschaltet werden müssen, da bei weiterem Anstieg des Pegels das Erreichen der Komponente für die Mitarbeiter unmöglich würde.

Bestimmung der Ersetzbarkeit

Nachdem Exposition und Funktionsanfälligkeit betrachtet wurden, soll mit der Einbeziehung der Ersetzbarkeit im nächsten Schritt geklärt werden, inwiefern die technischen und organisatorischen Möglichkeiten dazu gegeben sind, Funktionsausfälle abzufangen, denn auch die Funktionsanfälligkeit exponierter Komponenten muss nicht mit deren Ausfall einhergehen. Um die Frage nach der Ersetzbarkeit zu beantworten, ist eine genaue Analyse der technischen Voraussetzungen erforderlich. Diese schließt zum einen eine Analyse des Netzaufbaus und zum anderen eine genaue Betrachtung von Kapazität und Auslastung der verbleibenden Komponenten durch den/die jeweiligen Betreiber ein. Unter Einbeziehung aller Faktoren kann das Assessment zu dem Ergebnis führen, dass die Ersetzbarkeit vollständig, teilweise oder auch gar nicht gegeben ist.

Mit der Abschätzung der technischen Voraussetzungen ist erst der erste Schritt zur Bestimmung der Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall getan. Nun gilt es zu klären, ob die notwendigen personellen und organisatorischen Ressourcen zur Umsetzung des technisch Möglichen gegeben sind. Zu diesen Ressourcen gehört nicht nur die Verfügbarkeit einer genügenden Anzahl von Mitarbeitern, sondern auch deren Qualifikation hinsichtlich des Umgangs mit der Ausnahmesituation Hochwasser. Es gilt beim Ausfall von Komponenten bestimmte Maßnahmen umzusetzen – unter idealen Bedingungen sind die zur Vorbereitung benötigten Berechnungen bereits vor dem Eintritt des Hochwasserfalls durchgeführt, die Handlungsschritte in Übungen vorbereitet und in Plänen fixiert worden. Weiterhin kann es sehr wichtig sein, die im Hochwasserfall von den Mitarbeitern umzusetzenden Maßnahmen an bestimmte Pegelstände zu knüpfen. Wenn Zufahrtsstraßen zu einer Komponente vor der Durchführung wichtiger Maßnahmen unpassierbar werden, so bedeutet dies eine im Sinne der Versorgungssicherheit ungünstige und potenziell auch für Mitarbeiter und Anwohner gefährliche Situation. Neben den technischen Voraussetzungen zur Ersetzbarkeit ausfallender Leistung ist damit die Vorbereitung des Personals ein zweiter entscheidender Aspekt. Anhand eines Beispiels aus der empirischen

Arbeit kann die Bedeutung von Ersetzbarkeit ausfallender Leistung im Hochwasserfall veranschaulicht werden.

Eine der betrachteten Kommunen wird unter normalen Bedingungen von mehreren Wasserwerken mit Trinkwasser versorgt. Ein Teil dieser Wasserwerke würde unter Annahme eines HQ-100-Szenarios überflutet. Auch in einem in der Vergangenheit tatsächlich aufgetretenen Hochwasserfall mussten diese den Betrieb einstellen. Trotzdem konnte die Trinkwasserversorgung flächendeckend aufrechterhalten werden. Dies wurde durch die Erhöhung der Leistung eines weiteren Wasserwerks ermöglicht. Das Ersetzen der ausfallenden Leistung der betroffenen Wasserwerke war dadurch möglich, dass das verbleibende Wasserwerk vorübergehend eine Leistungssteigerung zulässt. Für den Hochwasserzeitraum konnte das aus dem Ausfall der anderen Wasserwerke entstehende Defizit vollständig ausgeglichen werden. Hätte schon im Normalbetrieb eine vollständige Kapazitätsauslastung bestanden, so wäre ein flexibles Reagieren in dieser Form nicht möglich gewesen. Anhand dieses Beispiels kann demnach nicht nur theoretisch nachvollzogen werden, wie Redundanz funktioniert, sondern auch in der Praxis konnte sich das System bereits bewähren.

2.3.4 Beispielhafte Anwendung des Verwundbarkeitsassessments

Zur Veranschaulichung der Assessment-Methode soll diese im Folgenden an zwei belegten Beispielen, eines aus dem Bereich der Stromversorgung und eines aus dem Bereich der Trinkwasserversorgung, durchgeführt werden.

Beispiel 1: Verwundbarkeitsassessment der Trinkwasserversorgung

1. Schritt: Festlegen eines Szenarios

Es wurde sich in den Gesprächen mit dem Versorgungsunternehmen sowie mit Vertretern der Stadtverwaltung auf ein vergangenes Hochwasser bezogen. Dieses soll nun auch Grundlage der folgenden Betrachtungen sein.

2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse

Die Betrachtung beschränkt sich auf die Teilprozesse ‚Einspeisung von Trinkwasser‘, ‚Druckerhöhung‘, ‚Überwachung des Netzes‘ sowie ‚Zwischenspeicherung‘.

3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

Es müssen nach diesem Schritt, wie zu erwarten war, ein Großteil der Komponenten und auch einige Teilprozesse nicht weiter betrachtet werden. Es ist lediglich der Teilprozess ‚Einspeisung von Trinkwasser‘ betroffen. Dieser Teilprozess muss hinsichtlich der übrigen Verwundbarkeitskriterien überprüft werden, während die nicht exponierten Komponenten bereits der ersten Verwundbarkeitsklasse zugewiesen werden können. Die Teilprozesse ‚Druckerhöhung‘, ‚Zwischenspeicherung‘ und ‚Überwachung des Netzes‘ können mit allen beteiligten Komponenten in die erste Verwundbarkeitsklasse eingeordnet werden.

4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit

Nach Angaben des Versorgers ist nicht mit einem Ausfall der primären Funktion, der Übergabe von Trinkwasser an das Netz der Kommune, zu rechnen. Lediglich die automatische Steuerung des Schiebers wäre in Mitleidenschaft gezogen. Diese Schieberstellung lässt sich jedoch in einer bestimmten Position fixieren, sodass die Versorgung der Kommune weiterhin gewährleistet ist. Gleiches gilt für alle potenziell exponierten Einspeisungspunkte.

Der hier beschriebene Fall lässt zwei unterschiedliche Interpretationen zu. Einerseits ist es möglich, den vom Übergabeschieber primär zu erfüllenden Dienst, die Einspeisung von Trinkwasser, als einzig wichtigen Teilprozess anzusehen und damit das Assessment mit der Einordnung in die zweite Verwundbarkeitsklasse (vier Komponenten in Verwundbarkeitsklasse I, drei Komponenten in Verwundbarkeitsklasse II) abzuschließen (Alternative A). Andererseits kann die Steuerung der Schieber auch als ein eigener Teilprozess betrachtet werden und damit das Assessment mit dem 5. und 6. Schritt fortgesetzt werden (Alternative B).

Da die vergangenen Hochwasserereignisse gezeigt haben, dass die Fixierung der Schieberstellung keinen Einfluss auf die Versorgung der Stadt hatte, wird der ersten Alternative der Vorzug gegeben. Die Entscheidung über die weitere Berücksichtigung eines Teilprozesses muss vor Ort getroffen werden. Zur Grundlage der Entscheidung muss dabei gemacht werden, ob die eigentliche, versorgungsrelevante Aufgabe der Komponente noch erfüllt werden kann. Dennoch sollte die Störung einer zusätzlichen, nicht direkt mit der Versorgungssicherheit in Verbindung stehenden Funktion in jedem Fall zur Kenntnis genommen und

hinsichtlich ihrer möglichen Folgen betrachtet werden. An diesem Beispiel zeigt sich der Vorzug der Methode, flexibel auf mögliche lokale Besonderheiten zu reagieren. Die Methode kann den Bedingungen vor Ort entsprechend modifiziert und in angepasster Weise angewendet werden.

(5. und 6. Schritt zur Bestimmung der technischen und organisatorischen Ersetzbarkeit der Leistung entfallen.)

7. Schritt: Relevanz der Teilprozesse

Das Trinkwasser muss innerhalb des Versorgungsgebietes zunächst vom Vorversorger übernommen werden, dann wird es in das Leitungsnetz eingespeist, ggf. wird es einer Zwischenspeicherung zugeführt. Die Netzleitstelle überwacht die Prozesse, die in der Regel ohne ihr Zutun ablaufen.

1. Position: ‚Einspeisung in das Leitungsnetz‘
Verwundbarkeitsklasse: II
2. Position: ‚Zwischenspeicherung‘
Verwundbarkeitsklasse: I
3. Position: ‚Überwachung des Netzes‘
Verwundbarkeitsklasse: I

Interpretation

Nach Anwendung der Assessment-Methode kann darauf geschlossen werden, dass die Trinkwasserversorgung in diesem Fall eine hohe Versorgungssicherheit bietet. Für den gemessen an der Relevanz am weitesten oben angesiedelten Teilprozess konnte die zweite Verwundbarkeitsklasse ermittelt werden. Das bedeutet, dass die Komponenten zwar (teilweise) exponiert, jedoch in ihren für die Versorgungssicherheit relevanten Funktionen nicht vom Hochwasser in Mitleidenschaft gezogen werden. Zwar muss die Schieberstellung bei einem Teil der Einspeisungspunkte fixiert werden, d. h. die automatische Steuerung fällt aus, doch diese Funktion ist nicht ausschlaggebend für die Versorgungssicherheit im Hochwasserfall und kann von den verbleibenden Komponenten ausgeglichen werden. Es existieren Pläne, welche die im Hochwasserfall durchzuführenden Maßnahmen zur Verminderung von Schäden (Ausbau der Steuerungselektronik) festlegen. Bei vergangenen Hochwasserereignissen konnte die Wasserversorgung der Kommune flächendeckend aufrechterhalten werden.

*Beispiel 2: Verwundbarkeitsassessment der Stromversorgung***1. Schritt: Festlegen eines Szenarios**

Im Gespräch mit Mitarbeitern des Versorgungsunternehmens wurde ein vergangenes Hochwasser als Bezugsgröße gewählt (keine HQ-Zuordnung möglich).

2. Schritt: Bestimmung der Komponenten und Teilprozesse

Innerhalb der Stadt wird abgesehen von kleineren dezentralen Anlagen, deren Anteil an der Versorgung der Stadt vernachlässigt werden kann, kein Strom erzeugt. Auch die Umspannung von der höchsten auf die Hochspannungsebene und die Steuerung des Netzes werden außerhalb des Ortes durchgeführt. Am Ortsrand wird der Strom auf die Mittelspannungsebene transformiert (Umspannwerk) und in das Mittelspannungsnetz eingespeist. Über das Niederspannungsnetz und die Kabelverteiler wird der Strom schließlich an die Anschlusskästen der Kunden abgegeben. Demnach müssen die Teilprozesse (und Komponenten) ‚Umspannung auf Mittelspannung‘ (Umspannwerk), ‚Umspannung auf Niederspannung‘ (Netzstationen), ‚Verteilung im Niederspannungsnetz‘ (Kabelverteiler) und ‚Anschluss an das Niederspannungsnetz‘ (Hausanschlusskästen) betrachtet werden.

3. Schritt: Bestimmung des Expositionsgrades

Es kann ein Großteil der Komponenten und auch der Teilprozess ‚Umspannen auf Mittelspannung‘ schon im ersten Schritt in Verwundbarkeitsklasse I eingeordnet werden. Das betreffende Umspannwerk war beim vergangenen Hochwasser (Szenario, vgl. Schritt 1) nicht im überschwemmten Gebiet. Doch es liegen sowohl Anschlusskästen als auch Kabelverteiler und Netzstationen im potenziell überfluteten Bereich und müssen daher einer eingehenden Betrachtung unter Einbeziehung der weiteren Kriterien unterzogen werden.

4. Schritt: Bestimmung der Funktionsanfälligkeit

Nach dem Hochwasser, das als Bezugsgröße gewählt wurde, sind in der Kommune umfangreiche Veränderungen der Stromversorgungsinfrastruktur vorgenommen worden, sodass heute unter der Annahme dieses Hochwasserszenarios die Kabelverteilerschränke vollständig im Trockenen bleiben würden.

Weiterhin würde lediglich einer der Anschlusskästen überflutet, zwei Netzstationen würden vom Netz getrennt und eine weitere über Pumpen trocken gehalten. Die über Pumpen vor dem Funktionsverlust geschützte Netzstation kann Verwundbarkeitsklasse II zugeordnet werden. Für die übrigen Komponenten geht die Betrachtung weiter

5. Schritt: Bestimmung der Ersetzbarkeit

Es müssen insgesamt nur noch drei Komponenten betrachtet werden. Ersetzbarkeit ist schon aus rein technischer Sicht keine Option für diese Komponenten. Der 6. Schritt entfällt aus diesem Grund. Die Komponenten und daher auch Teilprozesse, deren Einordnung sich an der verwundbarsten Komponente orientiert, verzeichnen direkte Funktionsausfälle und müssen daher in Verwundbarkeitsklasse V eingeordnet werden. Es gilt in der Interpretation des Ergebnisses eine Abwägungsentscheidung über den daraus gegebenenfalls abzuleitenden Handlungsbedarf zu treffen.

7. Schritt

Unter Einbeziehung des Kriteriums ‚Relevanz‘ ergibt sich aus dem Verwundbarkeitsassessment folgendes Bild:

1. Position: ‚Umspannung auf Mittelspannung‘
Verwundbarkeitsklasse: I
2. Position: ‚Umspannung auf Niederspannung‘
Verwundbarkeitsklasse: V (davon zwei Komponenten in Klasse V, alle übrigen in Klasse I und II)
3. Position: ‚Verteilung im Niederspannungsnetz‘
Verwundbarkeitsklasse: II
4. Position: ‚Anschluss an das Niederspannungsnetz‘
Verwundbarkeitsklasse: V (davon eine Komponente in Klasse V, alle übrigen in Klasse I und II)

Interpretation

Im hier beschriebenen Fall ist die Interpretation der Assessment-Ergebnisse von besonderer Bedeutung, denn die reine Klasseneinteilung könnte auf eine im Hochwasserfall ungünstigere Situation schließen lassen, als sie sich bei näherer

Betrachtung tatsächlich darstellt. Diese Diskrepanz hat damit zu tun, dass sich die Klassenzuweisung immer an der verwundbarsten Komponente orientiert. Wenn also nur eine von vielen Komponenten Verwundbarkeitsklasse V zugewiesen werden musste, so überträgt sich diese Zuordnung automatisch auf den Teilprozess. Der hier beschriebene Fall ist in dem oben angeführten Beispiel gleich in zwei Fällen aufgetreten – sowohl hinsichtlich des ‚Anschlusses an das Niederspannungsnetz‘ als auch hinsichtlich der ‚Umspannung auf Niederspannung‘ sind nur sehr wenige Komponenten betroffen, die Teilprozesse jedoch müssen in Verwundbarkeitsklasse V eingeordnet werden.

Dieser Schritt erscheint drastisch, doch die Klasseneinteilung sagt lediglich aus, dass mit einem Komponentenausfall zu rechnen ist. Sie ist ein Hinweis darauf, dass innerhalb eines Teilprozesses ein Problem vorliegt, mit dem sich Kommune und Betreiber, wie im konkreten Fall geschehen, auseinandersetzen, es in seinen Auswirkungen abschätzen und über Handlungsbedarf und -optionen beraten sollten. Als solche bieten sich in diesem Fall die Erhöhung der Ersetzbarkeit, die Verminderung der Funktionsanfälligkeit, die Vermeidung der Exposition – oder die Akzeptanz der bestehenden Verwundbarkeit. Ein anderes Vorgehen, welches die Teilprozesse nach anderen Gesichtspunkten in Verwundbarkeitsklassen aufteilt, würde Gefahr laufen, Verwundbarkeiten auf der Komponentenebene mit schwerwiegenden Folgen für den Teilprozess und die Versorgung der Kommune hinsichtlich ihrer Tragweite zu unterschätzen. Der Hinweis auf zu erwartende Ausfälle über die Klasseneinteilung ist daher für ein zuverlässiges Assessment unabdingbar.

Insgesamt stellt sich vor diesem Hintergrund die Situation im konkreten Beispiel sehr günstig dar. Die Anzahl der betroffenen Komponenten, deren Anteil am gesamten Teilprozess und die Reichweite ihres Ausfalls sind überschaubar. Die beiden im Mittelspannungsnetz betroffenen Kunden wurden über die Hochwassergefährdung ihrer Stromversorgung informiert und sind, da es sich um kundeneigene Netzstationen handelt, ihrerseits für alle weiteren Maßnahmen verantwortlich. Auch der im Niederspannungsbereich betroffene Kunde wurde über die möglichen Gefährdungen in Kenntnis gesetzt. Da es sich bei allen von einem möglichen Versorgungsausfall im Hochwasserfall betroffenen Kunden um Betriebe handelt, welche zum Teil auch aus anderen Gründen nicht länger arbeiten könnten, wird der Handlungsbedarf als niedrig eingeschätzt. Die Versorgungssicherheit im Hochwasserfall kann unter Annahme des Szenarios trotz der identifizierten Probleme als sehr hoch bewertet werden.

2.4 Schlussbetrachtungen

Ein Vorteil der hier vorgestellten Methode zur Verwundbarkeitsabschätzung der *KRITIS* Strom- und Trinkwasserversorgung auf kommunaler Ebene liegt in der Flexibilität, die das Vorgehen hinsichtlich der individuell unterschiedlichen Strukturen in den Kommunen mitbringt. Über die Betrachtung der gesamten Versorgungsinfrastruktur anhand ihrer unterschiedlichen Teilprozesse und Komponenten wurde unter Berücksichtigung der Funktionsweise der Infrastrukturen eine für die Anwender einsichtige Gliederung vorgenommen, die nicht nur dem Mehrebenenaufbau der Infrastrukturen Rechnung tragen kann, sondern auch die Anpassungsfähigkeit der Methode erhöht und die Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Über die Delegation von komplexen Berechnungen und Einschätzungen wurde das Dilemma aus der Sensitivität von Daten einerseits und dem Bedarf an bestimmten Informationen andererseits gelöst und gleichzeitig die Bedürfnisse der Anwender berücksichtigt. Die Zusammenfassung von Einzelkriterien zu kompakten, übergeordneten Verwundbarkeitskriterien leistet hierzu einen weiteren Betrag. Über die Einführung einer fünfstufigen Verwundbarkeitsskala, deren Einteilung sich für die Anwender transparent aus der Assessment-Methode ergibt, die Bewertungsgrundlagen offenlegt und auf Handlungsoptionen schließen lässt, werden die Ergebnisse an die Kommune gegeben.

Ziel ist es, eine Grundlage zu einem strukturierten Dialog zwischen den Kommunen und den Versorgungsunternehmen zu geben. Die auf diesem Weg gewonnenen Informationen bieten gleichzeitig eine Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Situation sowie eine Planungsgrundlage, mit deren Hilfe sich einzelne Planungsalternativen im Hinblick auf ihre Auswirkungen zur Versorgungssicherheit schon im Vorfeld überprüfen lassen und einem dynamischen Verwundbarkeitsverständnis (vgl. LENZ 2009: 34) Rechnung getragen wird. Die Interpretation der Ergebnisse muss dabei den Kommunen und den Betreibern vor Ort überlassen werden, da diese in Unkenntnis der konkreten Situation nicht in sinnvoller Form möglich ist. Damit wird zum einen eine Grenze der Methode sichtbar: Die Interpretation muss durch die Anwender vorgenommen werden

und unterliegt damit keinem standardisierten Vorgehen. Zum anderen wird jedoch auch auf eine Chance aufmerksam gemacht, denn Kommunen und Versorger verbindet das Ziel, die Versorgungssicherheit so hoch wie möglich und die Schäden und Ausfälle so gering wie möglich zu halten. Mit der Schaffung einer soliden und für alle nutzbaren Informationsbasis sind die Grundlagen für eine gemeinsame Auseinandersetzung mit dem Thema gelegt.

Weiterer Forschungsbedarf im Bereich der Verwundbarkeitsabschätzung von *KRITIS* auf lokaler Ebene ergibt sich nach Abschluss dieses Projektes vor allem in zweierlei Hinsicht. Zum einen sollte in anschließenden Forschungsvorhaben geklärt werden, inwiefern sich die hier entwickelte Methode auch auf andere Infrastrukturen anwenden lässt. Zum anderen gilt es zu klären, ob eine Übertragung auf weitere Naturgefahren möglich ist. Es ist zu erwarten, dass zu den hier vorgestellten konzeptionellen Überlegungen und Ansätzen zur Lösung von praktischen Anwendungsproblemen auch in anderen Kontexten Anknüpfungspunkte bestehen.

3

Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

Verfasser/-innen:

PD Dr. Jörn Birkmann,

Maïke Vollmer, Jan Wolfertz,

Dr. Torsten Welle

3.1 Der Verwundbarkeitsbereich Bevölkerung

Die Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren ist ein zentraler Baustein für die systematische Entwicklung von Handlungsstrategien und Schutzkonzepten im Bevölkerungsschutz sowie in der Stadt- und Regionalplanung.

Der Entwicklung von Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit und Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren liegt ein systemisches und prozesshaftes Verständnis von Verwundbarkeit zugrunde. Neben der Frage, ob überhaupt Bewohner einer Stadt Hochwassergefahren ausgesetzt sind (**Exposition**), wird auch danach gefragt, welche Gruppen im Falle des Hochwasserereignisses besonders große Schwierigkeiten hätten (**Anfälligkeit**). Die Fokussierung auf Fragen der Evakuierungsfähigkeit und der Evakuierungsgeschwindigkeit im Ereignisfall dient als wichtige Orientierung, um unterschiedliche Anfälligkeitsniveaus innerhalb der Gruppe der exponierten Personen bzw. Haushalte zu ermitteln. Im Sinne eines umfassenden Verwundbarkeitsverständnisses reicht es allerdings nicht, *Exposition* und *Anfälligkeit* zu betrachten, vielmehr haben zahlreiche Bewohner entlang großer Flüsse auch Erfahrungen und Ressourcen (**Bewältigungskapazitäten**), die sie im Ereignisfall nutzen können, um das Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Folglich wird nach der Abschätzung der Exposition und der Anfälligkeit auch die *Bewältigungskapazität* in das Assessment einbezogen. In dieser Hinsicht greift das Grundkonzept der Indikatorenentwicklung im Bereich Bevölkerung die in Kapitel 1 skizzierten Rahmenkonzepte, insbesondere das sog. BBC-Rahmenkonzept auf.

Im folgenden Abschnitt wird das methodische Vorgehen des Verwundbarkeitsassessments der Bevölkerung erläutert. Es wurde eine Haushaltsbefragung in den Städten Köln und Dresden durchgeführt (Kapitel 3.2.1), deren Ergebnisse anhand verschiedener statistischer Verfahren analysiert werden (Kapitel 3.2.2). Die Analyse der Haushaltsbefragung hilft u. a. bei der Auswahl von speziellen Verwundbarkeitsindikatoren, die in Kapitel 3.2.3 im Einzelnen begründet wird.

Kapitel 3.3 umfasst dann die Anwendung dieser Indikatoren mit ihren Berechnungs- und Validierungsmethoden sowie kartographische Darstellungen für die Fallstudien Köln und Dresden. Abschließend werden in Kapitel 3.4 Hinweise für die Anwendung und den Nutzen der entwickelten Indikatoren gegeben.

3.2 Methodisches Vorgehen

Ein Hauptziel des Projektes ist es, Aspekte der Vulnerabilität bezogen auf Fragen der Exposition, Anfälligkeit und des Bewältigungspotenzials zu operationalisieren und darüber hinaus Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Daten der kommunalen Statistik sowie Daten aus kommunalen Umfragen (z. B. kommunaler Mikrozensus) genutzt werden können, um Kriterien und Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit zu entwickeln (siehe auch Zielsetzungen in Kapitel 1). In dieser Hinsicht werden zentrale Indikatoren zur Erfassung der Verwundbarkeit auf lokaler Ebene mit entsprechenden Erhebungs- und Berechnungsmöglichkeiten abgeleitet und beispielhaft für die Städte Köln und Dresden angewendet (siehe Kapitel 3.3). Die einzelnen Verfahrensschritte werden detailliert in einem separaten Leitfaden erläutert (vgl. BIRKMANN ET AL. 2010), der sich an Kommunen richtet, die ein entsprechendes Verwundbarkeitsassessment planen.

Es wird zwischen einem Kernset an Indikatoren und einem kommunalspezifischen Set an Indikatoren differenziert. Das Kernset kann in der Regel mittels der Daten aus der kommunalen Statistik bzw. aus kommunalen Mikrozensusserhebungen berechnet werden, wohingegen die kommunalspezifischen Indikatoren meist spezielle Erhebungen der Städte und Gemeinden erfordern. Die von UNU-EHS durchgeführte Haushaltsbefragung, deren Ergebnisse u. a. zur Bestimmung der statistischen Zusammenhänge und zur Gewichtung bei der Schätzung bestimmter Indikatoren verwendet werden, ist als solche zu nennen.

3.2.1 Datenerhebung über eine Haushaltsbefragung

Im Rahmen des Vorhabens wurden von UNU-EHS sowie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Haushaltsbefragungen in potenziell hochwassergefährdeten Gebieten der Städte Köln und Dresden durchgeführt. Der dabei verwendete Fragebogen ist Anhang B.1 zu entnehmen.

Ziel der Haushaltsbefragung

Die Haushaltsbefragung diene zum einen der Validierung von in der kommunalen Statistik ausgewählten Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft zur Erfassung von Vulnerabilität. Vermutete Zusammenhänge, z. B. zwischen Vulnerabilität und bestimmten sozioökonomischen oder demographischen Charakteristika, die sich in der Hypothesenbildung des Fragebogens niedergeschlagen haben, konnten auf diesem Weg geprüft werden. Dazu wurden sowohl Fragen, die den Hypothesen gemäß direkt mit der Vulnerabilität in Verbindung gebracht werden können, als auch allgemeine Kriterien, z. B. das sozioökonomische Profil der Haushalte, in unterschiedlichen „Expositionslagen“ erfasst.

Zum anderen ging es bei der Haushaltsbefragung darum, mit Hilfe des auf diesem Weg zusammengetragenen Pools von neuen Daten und Erkenntnissen bisher nicht hinreichend bekannte Strukturen zu entdecken, beispielsweise statistische Zusammenhänge zwischen Hochwassererfahrung und Vorsorgemaßnahmen oder Einkommen und Versicherungsschutz.

Neben der Erhebung von Daten, die zur Abschätzung der Vulnerabilität im Bereich *Bevölkerung/Soziales* dienen sollen, wurden darüber hinaus auch für weitere Themenbereiche wie etwa *Wirtschaft, Kritische Infrastrukturen* und *Umwelt* Daten erhoben, beispielsweise bezogen auf die direkte und indirekte Abhängigkeit unterschiedlicher Haushalte von Leistungen Kritischer Infrastrukturen (KRITIS). Diese Querbezüge zu anderen Themenbereichen ermöglichten im Verlauf der Kriterien- und Indikatorenbildung sowie des gesamten Vulnerabilitätsassessments eine Verschneidung zwischen den einzelnen, zunächst separat behandelten Themen (Bevölkerung/Soziales, KRITIS, Wirtschaft und Umwelt). Beispielsweise konnte mittels der Haushaltsbefragung bestätigt werden, dass die Energie- und Wärmeversorgung für die meisten Haushalte die bedeutsamsten Leistungen Kritischer Infrastrukturen sind, insbesondere für weniger mobile Haushalte.

Konzeptioneller Aufbau des Fragebogens

Die Befragung gliedert sich entlang des BBC-Frameworks (vgl. BIRKMANN 2006a und siehe Kapitel 1) und kann in dieser Hinsicht grob in die folgenden drei Komponenten unterteilt werden:

I. Exposition

(z. B. Wohnstandort des Haushaltes bezogen auf Hochwassergefahren (HQ-10, HQ-100, HQ-200–300 bzw. HQ-500¹⁷))

II. Anfälligkeit

(z. B. Alter, Evakuierungsfähigkeit) und

III. Bewältigungskapazität

(z. B. Handlungswissen im Notfall, soziale Netzwerke, Versicherungsschutz)

Insgesamt umfasst der Fragebogen der Haushaltsbefragung rund 60 Fragen, die sich – neben den oben genannten Kategorien – nach den folgenden sieben Unterthemen differenzieren lassen:

1. Gefährdungseinschätzung und Exposition
2. Informationen über Hochwasser
3. Erfahrungen und persönliche Betroffenheit
4. Vorsorge/Bewältigung
5. Wissen zum Notfallverhalten
6. Wohnen
7. Statistische Angaben

Diese Unterthemen sowie die entsprechenden Fragen wurden einem gewissen Spannungsbogen folgend aufgebaut, um das Interesse des Befragten zu wecken und in der Befragung aufrechtzuerhalten.

Des Weiteren wurden bei der Entwicklung des Fragebogens auch die Rahmenkonzepte (siehe Kapitel 1) insbesondere in Bezug auf das BBC-Framework berücksichtigt, d. h. es wurden neben Fragen zur Exposition und Anfälligkeit auch Aspekte der Reaktion, Bewältigung und Anpassung an Hochwassergefahren im Sinne von Rückkopplungsprozessen berücksichtigt. Die vielfach in früheren Arbeiten der Kybernetik angenommenen linearen Wirkungs- und Rückkopplungsprozesse (z. B. in Form eines Regelkreises, siehe Kapitel 1) sind im Bereich

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

der Gesellschaft jedoch so nicht vorhanden, vielmehr sind Rückkopplungs- und Kopplungsprozesse zwischen Gesellschaft und Natur durch komplexe bzw. nicht-lineare Prozesse charakterisiert. Demzufolge wird im Bereich Bevölkerung darauf verzichtet, detaillierte Wirkungsketten darzustellen; vielmehr werden verschiedene potenzielle Rückkopplungsprozesse unter dem Stichwort Bewältigungskapazitäten zusammengeführt. Unbeschadet dessen steht eine Prozessbetrachtung im Vordergrund der Untersuchung. Dabei wurde auf unterschiedliche konzeptionelle Ansätze Bezug genommen, insbesondere auf das BBC-Framework (BIRKMANN 2006a), auf Teilaspekte des Sustainable Livelihood-Ansatzes (DFID 1999) sowie auf das Grundverständnis eines vernetzten und rückgekoppelten Systems (Kybernetik) (VESTER 2002, siehe auch Kapitel 1).

Befragungsmethodik: Standardisierte Interviews

Die Verwendung standardisierter Interviews als Erhebungsinstrument zielte darauf ab, für alle Befragten eine identische Interviewsituation herzustellen, um so nicht bereits durch eine wechselnde Formulierung von Fragen jedem Befragten unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten für seine Antwort zu geben. Des Weiteren sollte die standardisierte Befragung in ausgewählten Stadtteilen in Köln und Dresden eine Quantifizierung und z. T. direkte Indikatorenbildung ermöglichen (vgl. u. a. WESSEL 1996).

Fragekategorien

Mit den verschiedenen Fragekategorien wurden unterschiedliche Variablen zu den Themen Anfälligkeit und Bewältigungskapazität erfasst, die sich aus den forschungsleitenden Hypothesen ergeben. In dieser Hinsicht enthält der Fragebogen für die Haushaltsbefragung verschiedene Typen von Fragen:

- Faktfragen (z. B. Haushaltsprofil, Alter der Haushaltsmitglieder),
- Wissensfragen (z. B. Wissen über die Hochwasserexposition; Frage 1.3: *„Liegt Ihr Haus in einem Gebiet, das durch ein extremes Hochwasser gefährdet sein könnte?“*),
- Handlungs- und Verhaltensfragen (z. B. Frage 5.1: *„Was würden Sie im Fall einer Hochwasserwarnung zuerst unternehmen?“*), und
- Einstellungs- bzw. Meinungsfragen (z. B. Frage 4.7.2: *„Wie beurteilen Sie diese (von der Stadt Köln/Dresden durchgeführten) Maßnahmen für den Schutz vor neuen Hochwassern?“*).

Bei der Mehrzahl der Fragen handelt es sich um geschlossene Fragen, d. h. Fragen mit vorgegebenen Antwortalternativen. Die geschlossenen Fragen wurden insbesondere zum Zweck der Vergleichbarkeit der verschiedenen Befragungsergebnisse verwendet. Bereits bei der Entwicklung der Fragen zeigte sich deutlich, dass neben den zentralen Antwortkategorien auch weitere Antworten benannt werden können, die den Forschenden bisher nicht bekannt waren. Deshalb wurden auch sog. Hybridfragen in den Fragebogen integriert, d. h. Fragen, die auch eine eigenständige offene Antwort zulassen.

Des Weiteren wurde der Fragebogen mit Hilfe von Diskussionen im Projektteam (universitäre Partner, Vertreter der Städte und Mitarbeiter des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe) sowie durch einen Pre-Test auf seine Anwendbarkeit überprüft und danach verfeinert.

Hypothesenbildung

Die Hypothesenbildung für die Fragen erfolgte nicht ausschließlich auf der Basis der jeweiligen Einzelfrage, vielmehr wurden übergreifende Hypothesen formuliert, die durch mehrere Fragen geprüft werden sollten. Ein Beispiel ist die Frage 1.1, welche die Wichtigkeit unterschiedlicher Naturgefahren bezogen auf die Städte Köln bzw. Dresden für den/die Befragten zum Gegenstand hat (*„Für wie bedeutsam/wichtig halten Sie die im Folgenden aufgeführten Naturgefahren für Köln/Dresden auf einer Skala von 1-8?“*). Eine grundlegende Hypothese lautet, dass sich die subjektive Bedeutsamkeit der unterschiedlichen Naturgefahren je nach Wohnstandort in der jeweiligen Stadt deutlich differenziert und dabei tendenziell bekannte oder in der Vergangenheit erlebte Naturgefahren höher gewichtet werden als solche, die nicht bekannt sind oder bewusst erlebt wurden. Dies könnte in beiden Städten etwa für Naturgefahren wie Hangrutschungen oder Erdbeben der Fall sein. Doch auch weniger bekannte Gefahren – wie Erdbeben für Köln – können z. T. relevant sein (GRÜNTAL et al. 2006: 21 ff.).

Als zweite Hypothese bzgl. der genannten Frage wurde formuliert, dass sich die individuelle Bedeutsamkeit der Naturgefahren bei unterschiedlichen sozialen Gruppen unterscheidet. Hierzu wurden neben der Frage der Relevanz und Gewichtung unterschiedlicher Naturgefahren im letzten Teil des Fragebogens zusätzlich verschiedene soziale, ökonomische und Bildungsparameter des Haushalts bzw. des Interviewten erfasst, die die Analyse der Antworten auf Frage 1.1 vor dem Hintergrund unterschiedlicher Haushaltsmerkmale ermöglicht.

Stichprobenziehung und Auswahl der Untersuchungsgebiete

Nach Gesprächen im Projektteam (universitäre Partner, Vertreter der Städte) wurde entschieden, die Befragung in Köln und Dresden in je drei Untersuchungsgebieten durchzuführen, die sich nach sozioökonomischen Gesichtspunkten unterscheiden und sich am Rhein bzw. an der Elbe in exponierter Lage befinden. Innerhalb der Gebiete wurden Haushalte befragt, die nach statistischer Wahrscheinlichkeit zum einen häufiger von Hochwasser (HQ-100) und zum anderen nur bei Extremhochwasser (EHQ) betroffen sind. Die Stichprobenziehung erfolgte in beiden Städten in je sechs räumlich getrennten Gebieten, die sich im Hinblick auf sozioökonomische Struktur (z. B. Arbeitslosenquote) und Bevölkerungszusammensetzung (z. B. Anteil der ausländischen Bevölkerung) sowie durch die Exposition gegenüber Hochwasser (insbesondere HQ-100, EHQ) unterscheiden.

Bei der Expositionsbestimmung wurde auf bestehende Kategorien der Hochwassergefahrenzonierung, wie die HQ-100-Abgrenzungen sowie potenzielle Überflutungsbereiche eines Extremhochwassers (EHQ), zurückgegriffen. Laut Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sind als Überschwemmungsgebiete „mindestens solche Gebiete festgelegt, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist (Bemesungshochwasser)¹⁸. Insbesondere die mit diesem Gesetz verbundene Pflicht, HQ-100-Bereiche auszuweisen, bietet eine erste gute Grundlage, um Expositionen gegenüber Hochwasserereignissen zwischen Städten zu vergleichen. Die Entwicklung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten ist seit dem 23. Oktober 2007 auch in den Hochwasserrisikorichtlinien der EU verankert und somit verpflichtend¹⁹.

Da für die Stadt Dresden keine Berechnungen zu einem 500-jährlichen Hochwasser existieren, wurden dort stattdessen die HQ-100- und HQ-200-300-Bereiche als Differenzierung der Exposition gewählt, wohlwissend, dass damit die direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Köln und Dresden bezüglich der ‚Extremhochwasser‘ erschwert wird. Insgesamt wurde für Köln und Dresden von den städtischen Partnern in den kommunalen Statistikstellen

18 Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3.5.2005, BGBl. 2005 I Nr. 26, S. 1224, insbesondere §31b(2)

19 Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

jeweils eine Zufallsstichprobe von 1.500 Haushalten bzw. Adressdaten bezogen auf die verschiedenen Stadtteile gezogen, um in beiden Städten 400-500 Interviews zu erzielen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Bevölkerung hinsichtlich Geschlechterverteilung und Altersstruktur repräsentativ abgebildet wird. Die Befragungen wurden als mündliche, vollstandardisierte Interviews durchgeführt (siehe Abschnitt zur Befragungsmethodik sowie WESSEL 1996).

In Köln erfolgte die Befragung in drei Untersuchungsgebieten, im Kölner Norden, im Stadtzentrum und im Süden der Stadt. In Dresden wurden Untersuchungsgebiete im Nordwesten, im Zentrum und im Südosten der Stadt ausgewählt. In beiden Städten wurde die Befragung sowohl mit Haushalten im HQ-100-Gebiet als auch mit Haushalten im EHQ-Gebiet (außerhalb des HQ-100-Gebietes) durchgeführt.

Die folgenden Karten (Abbildungen 3.1 und 3.2) stellen ausgewählte Strukturmerkmale der Städte Köln und Dresden in vergleichender Weise dar²⁰. Die Unterschiede zwischen den beiden Städten und zwischen unterschiedlichen Stadtteilen innerhalb einer Stadt sind augenscheinlich. Die Untersuchungsgebiete wurden so gewählt, dass mit der Befragung auch hinsichtlich der sozio-ökonomischen Merkmale der Untersuchungsräume breit gefächerte Bevölkerungsgruppen erreicht werden konnten.

In Köln wurden 509, in Dresden 390 Haushalte befragt. Die enge Kooperation mit der Stadt Köln ermöglichte die Überprüfung der repräsentativen Güte der tatsächlichen Stichprobe (d. h. der Personen und Haushalte²¹, die tatsächlich interviewt wurden). Die Prüfung ergab, dass die Haushaltsbefragung repräsentativ ist und sich strukturell mit den beim Amt für Stadtentwicklung und Statistik vorliegenden Daten deckt. Die grundsätzliche Möglichkeit, Hochrechnungen auf der Basis der Befragungsdaten vorzunehmen, ist damit gegeben.

20 Die Klassengrenzen und die Farbgebung wurden so gewählt, dass eine direkte Vergleichbarkeit möglich ist; dabei unterscheiden sich die Städte teilweise so stark, dass einzelne Klassen nur in einer der Städte repräsentiert sind.

21 Obschon für beide Städte eine ähnlich große Stichprobe verwendet wurde, war die Bereitschaft der Haushalte in Dresden, ein entsprechendes Interview durchzuführen, geringer als in Köln. Dies hatte zur Folge, dass die tatsächlich realisierten Interviews dort etwas niedriger in der Anzahl ausfielen. Unbeschadet dessen konnten auch für Dresden deutliche Trends ermittelt werden.

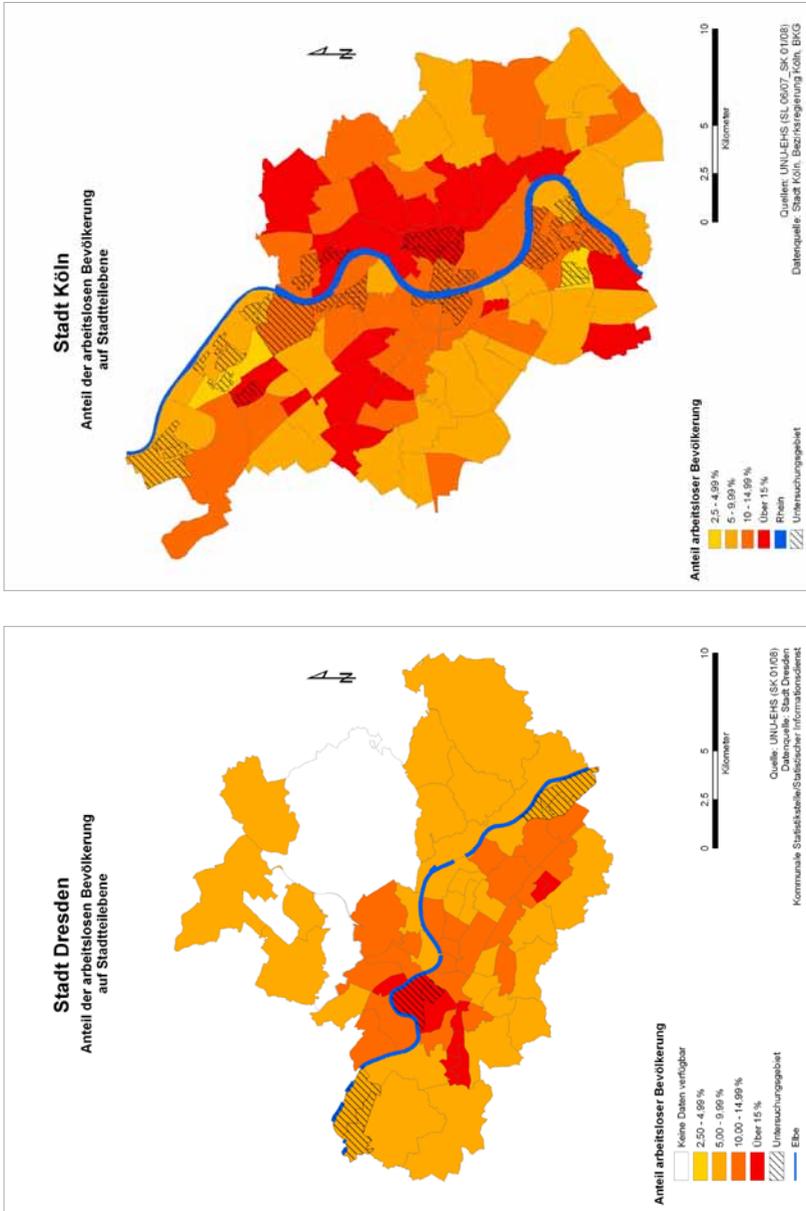


Abb. 3.1a und 3.1b Struktur arbeitsloser Bevölkerung in Köln und Dresden

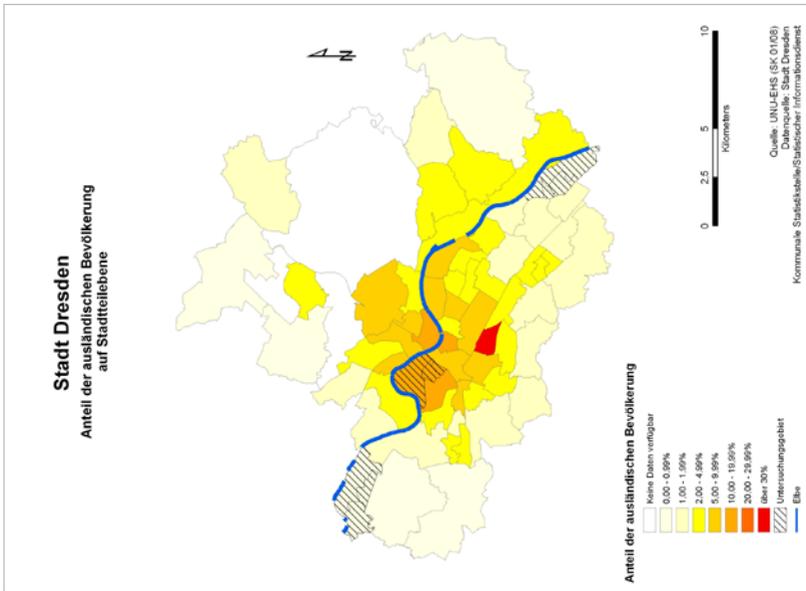
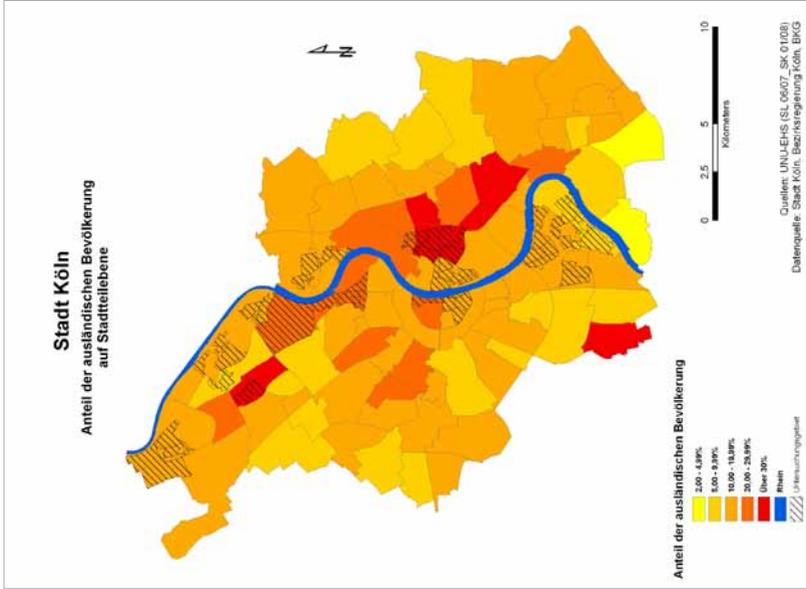


Abb. 3.2a und 3.2b Struktur ausländischer Bevölkerung in Köln und Dresden

3.2.2 Verwendete statistische Verfahren

Für den Bereich *Exposition* werden die Indikatoren direkt über eine Verschneidung der Daten zur Bevölkerung am Wohnstandort mit den Hochwassergefahrenkarten bestimmt. Für die Bereiche *Anfälligkeit* und *Bewältigung* aber werden Indikatoren mit Hilfe von Formeln, die bestimmte statistische Zusammenhänge widerspiegeln, geschätzt. Dafür werden verschiedene statistische Verfahren angewendet. Sie dienen dazu, Zusammenhänge zu validieren, die zuvor in Form von Hypothesen formuliert werden. Außerdem werden konkrete Formeln bestimmt, die diese Zusammenhänge mathematisch ausdrücken und eine Schätzung der Indikatoren auf der Ebene einzelner Raumeinheiten erlauben.

Bei der Validierung und Bestimmung der Formeln wurde insbesondere auf folgende statistische Verfahren zurückgegriffen:

- Kreuztabellen
- Lineare Regression
- Logistische Regression
- Varianzanalyse

Die zum Verständnis wichtigsten Aspekte der verwendeten Verfahren werden im Folgenden erläutert.

3.2.2.1 Kreuztabellen

Kreuztabellen (siehe Beispiel in Tabelle 3.1) stellen ein einfaches Verfahren zur Untersuchung des Zusammenhangs zweier nominaler Variablen (Variablen, deren Ausprägungen nicht sinnvoll in eine Rangfolge gebracht werden können) dar. Sie enthalten die Anzahl der Fälle von Kombinationen der einzelnen Merkmalsausprägungen. Anstelle von oder zusätzlich zu absoluten Werten können auch Prozentwerte angegeben werden, und zwar Zeilenprozent, Spaltenprozent oder Totalprozent. Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich Zeilenprozent verwendet, d. h. die Fälle in den Zeilen werden als Prozentanteile am jeweiligen Zeilensummenwert ausgedrückt. Grund ist, dass jeweils eine der Variablen als unabhängig und die andere als abhängig betrachtet werden kann. Die Prozentwerte beziehen sich dann jeweils auf eine Merkmalsausprägung der unabhängigen Variablen (im Beispiel: Haushaltstyp). Im Sinne einer

einheitlichen Darstellung wird die unabhängige Variable in diesem Bericht immer als die Zeilenvariable definiert (vgl. z. B. BÜHL 2008: 247 ff.).

		Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?			
		Ja	Nein	Gesamt	
Haushaltstyp	Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	15	1	16
		% innerhalb des HHtyps	93,8 %	6,3 %	100,0 %
	Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	101	6	107
		% innerhalb des HHtyps	94,4 %	5,6 %	100,0 %
	Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	31	7	38
		% innerhalb des HHtyps	81,6 %	18,4 %	100,0 %
	Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	12	7	19
		% innerhalb des HHtyps	63,2 %	36,8 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	159	21	180
		% gesamt	88,3 %	11,7 %	100,0 %

Tab 3.1 Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Köln

Die Zeilenprozentage geben bereits einen Hinweis darauf, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen zwei Variablen gibt oder nicht. Als Maß für die Stärke des Zusammenhangs wird jeweils **Cramers-V** angegeben. Cramers-V ist ein Assoziationsmaß, das Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei der Zusammenhang umso größer ist, je größer der Wert von Cramers-V ist. Für das o. g. Beispiel ergibt sich für Cramers-V:

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,313	0,001

Ein Wert größer als 0,3 zeigt eine Abhängigkeit an, die zumindest mehr als trivial ist (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 244).

Der p-Wert gibt das Ergebnis eines Signifikanztests wieder. Bei Signifikanztests wird jeweils eine Nullhypothese (z. B. „es besteht kein Zusammenhang“) gegen eine Alternativhypothese (z. B. „es besteht ein Zusammenhang“) getestet. Der p-Wert bezeichnet dabei die Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass man falsch entscheidet, wenn man die Nullhypothese verwirft und die Alternativhypothese annimmt. Der p-Wert muss demzufolge sehr klein sein, um einen Zusammenhang zu bestätigen. Üblicherweise werden Testergebnisse je nach Größe des p-Wertes folgendermaßen bezeichnet:

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung
$p > 0,05$	nicht signifikant
$p \leq 0,05$	signifikant
$p \leq 0,01$	sehr signifikant
$p \leq 0,001$	höchst signifikant

(vgl. z. B. BÜHL 2008: 120 f.)

Im vorliegenden Beispiel ist das Ergebnis sehr signifikant, eine Abhängigkeit kann also angenommen werden.

3.2.2.2 Lineare Regression

Die lineare Regression dient der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen metrisch skalierten Variablen (Variablen, deren Ausprägungen einer Rangfolge unterliegen und deren Abstände sachlich begründet sind). Es wird versucht, eine lineare Funktion zu finden, die die Abhängigkeit einer abhängigen Variablen von einer oder mehreren unabhängigen Variablen quantifiziert. Für diesen Bericht ist nur der Fall einer einzigen unabhängigen Variable relevant:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x$$

\hat{y} ist der für verschiedene Werte von x durch die Regression vorhersagbare Wert der abhängigen Variablen (Schätzwert),

x ist die unabhängige Variable und

$b_i, i = 0, 1$ sind die zu schätzenden Regressionskoeffizienten.

Je näher die Beobachtungen an der Regressionsgeraden liegen, desto besser kann

die Abhängigkeit durch die lineare Gleichung beschrieben werden. Zur Quantifizierung dieser Eigenschaft dient das Bestimmtheitsmaß R^2 . Das Bestimmtheitsmaß ist ein Maß für den erklärten Anteil der Variabilität durch das lineare Regressionsmodell. Der Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, je höher der Anteil der erklärten Varianz ist, desto größer ist der Wert R^2 (vgl. z. B. JANSSEN & LAATZ 2007: 415 f.).

Mit einem **F-Test** wird geprüft, ob das geschätzte Regressionsmodell auch über die Stichprobe hinaus für die Grundgesamtheit Gültigkeit besitzt. Dabei geht auch der Stichprobenumfang in die Berechnung ein. Die Nullhypothese besagt, dass in der Grundgesamtheit kein Zusammenhang besteht und alle Regressionskoeffizienten Null sind. Wird diese Nullhypothese abgelehnt (kleiner p-Wert), kann von der Existenz eines Zusammenhangs ausgegangen werden (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 64 ff.).

Ein weiteres Maß zur Beurteilung eines linearen Regressionsmodells stellt der **Standardfehler des Schätzers** dar. Er ist der mittlere Fehler, der bei der Verwendung der Regressionsfunktion zur Schätzung der abhängigen Variablen gemacht wird (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 64 ff.).

3.2.2.3 Logistische Regression

Mit dem Verfahren der logistischen Regression wird die Abhängigkeit einer nominalen Variablen (Variablen, deren Ausprägungen nicht sinnvoll in eine Rangfolge gebracht werden können) von anderen, unabhängigen Variablen (mit beliebigem Skalenniveau) untersucht. In der vorliegenden Untersuchung nimmt die abhängige Variable immer nur zwei Ausprägungen an (z. B. evakuierungsfähig ja/nein), man spricht dann auch von einer binären logistischen Regression.

Im Vergleich zur oben dargestellten linearen Regression, bei der ein Wert der abhängigen Variablen unmittelbar geschätzt wird, berechnet die logistische Regression eine Wahrscheinlichkeit (Werte zwischen 0 und 1) für das Eintreten einer bestimmten Merkmalsausprägung (z. B. Evakuierungsfähig = ja). Diese Wahrscheinlichkeit berechnet sich bei n unabhängigen Variablen durch

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

mit $z = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$

$P(Y=1)$ ist dabei die Wahrscheinlichkeit, dass Y die Merkmalsausprägung 1

annimmt,

x_1, x_2, \dots, x_n sind die unabhängigen Variablen und

$b_i, i=0,1,2,\dots,n$ sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden.

Für einzelne Fälle wird in der Regel angenommen, dass die Merkmalsausprägung $Y=1$ eintritt, falls $P(Y=1)$ größer als 0,5 ist, andernfalls nimmt man das Eintreten der anderen Merkmalsausprägung an (vgl. z. B. BÜHL 2008: 376).

Die Erläuterung zur Bewertung eines geschätzten logistischen Regressionsmodells soll anhand einer Auswahl von Maßen geschehen, die u. a. von SPSS²² ausgegeben werden:

Mit dem **Likelihood-Quotienten-Test** (LQ-Test) wird die Erklärungskraft der unabhängigen Variablen insgesamt überprüft. Es wird die Nullhypothese

H_0 : Alle Regressionskoeffizienten sind gleich Null ($b_1 = b_2 = \dots = 0$)
gegen die Alternativhypothese

H_A : Alle Regressionskoeffizienten sind ungleich Null ($b_1, b_2, \dots \neq 0$) getestet.

Bei einem p-Wert nahe Null wird die Nullhypothese abgelehnt (vgl. auch Erläuterungen in Abschnitt 3.2.2.1) und von Regressionskoeffizienten ungleich Null ausgegangen. Der LQ-Test ist mit dem F-Test der linearen Regression vergleichbar.

In Anlehnung an das Bestimmtheitsmaß R^2 bei der linearen Regression wird bei der logistischen Regression versucht, mit dem **Pseudo- R^2** den Anteil der erklärten ‚Variation‘ des Modells zu quantifizieren (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 447 ff.). Auch hier liegt der Wertebereich zwischen 0 und 1. Eine Faustregel besagt, dass bereits Werte ab 0,2 eine akzeptable Modellanpassung anzeigen.

Der Einfluss der einzelnen unabhängigen Variablen kann mit dem **Wald-Test** getestet werden, der überprüft, ob sich die Regressionskoeffizienten signifikant von Null unterscheiden (vgl. z. B. BÜHL 2008: 376).

22 Die Berechnungen im Projektteil Bevölkerung/Soziales wurden in erster Linie mit der Software SPSS 17-0 durchgeführt.

Ein weiterer Hinweis auf die Validität des Regressionsmodells ist der Prozentsatz der **richtig klassifizierten Fälle**, also der Fälle, für die die Merkmalskategorie, in die sie aufgrund des Regressionsmodells klassifiziert wurden, auch tatsächlich zutrifft (vgl. z. B. BÜHL 2008: 379 f.).

3.2.2.4 Varianzanalyse

Mit der Varianzanalyse wird der Einfluss von einer oder mehreren unabhängigen Variablen auf eine oder mehrere abhängige Variablen untersucht. Für die vorliegende Studie ist nur die einfachste Form, mit einer unabhängigen und einer abhängigen Variable (einfaktorielle Varianzanalyse), relevant und wird hier ausschließlich dargestellt.

Die unabhängige Variable muss lediglich nominal skaliert sein, während für die abhängige Variable metrisches Skalenniveau verlangt wird.

Die einfaktorielle Varianzanalyse überprüft, ob die Merkmalsausprägungen der unabhängigen Variablen einen Einfluss auf die abhängige Variable haben bzw. ob sich die Mittelwerte der abhängigen Variablen in den Merkmalsgruppen signifikant voneinander unterscheiden. Dabei wird die Varianz (mittlere quadratische Abweichung) innerhalb der Stichprobengruppen (eine Gruppe für jede Merkmalsausprägung der unabhängigen Variablen) mit der Varianz zwischen den Gruppen verglichen. Ist die Varianz zwischen den Gruppen groß und die Varianz innerhalb der Gruppen klein, so kann von einem Einfluss der unabhängigen Variablen ausgegangen werden. Es wird also die Nullhypothese

H_0 : Alle Mittelwerte sind gleich
gegen die Alternativhypothese

H_A : Mindestens zwei Mittelwerte sind verschieden getestet.

Der zugehörige p-Wert gibt an, mit welcher Vertrauenswahrscheinlichkeit die Nullhypothese verworfen werden kann.

Voraussetzung zur Durchführbarkeit der Varianzanalyse sind eine Normalverteilung der Werte und eine Varianzhomogenität, d. h. die Varianzen innerhalb der Stichprobengruppen dürfen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Man muss also davon ausgehen können, dass andere Einflussgrößen, die

nicht auf der unabhängigen Variablen beruhen, sich bis auf zufällige Schwankungen in allen Stichprobengruppen gleich auswirken.

SPSS gibt auch das Ergebnis des ‚Levene-Tests‘ aus, der die Voraussetzung der Varianzhomogenität überprüft. Hier sollte die Nullhypothese also NICHT abgelehnt werden, d. h. der zugehörige p-Wert sollte nicht zu klein sein.

Ein weiteres Maß zur Interpretation der Varianzanalyse ist die Größe Eta-Quadrat (η^2). Sie gibt an, welcher Anteil der Gesamtvariation auf die Merkmalsgruppen der unabhängigen Variablen zurückgeführt werden kann (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 120 ff.; BÜHL 2008: 441 ff.).

3.2.3 Auswahl der Verwundbarkeitsindikatoren

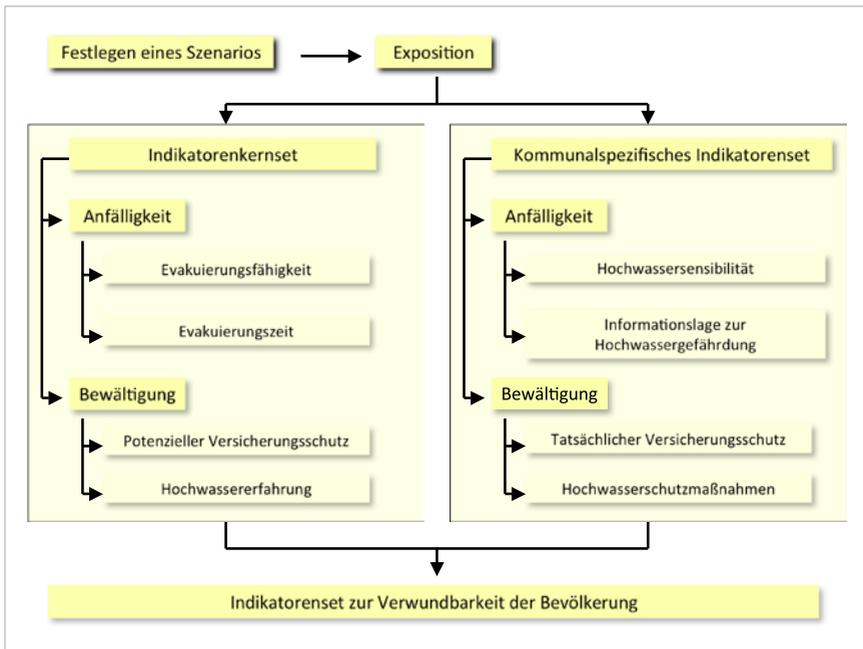


Abb. 3.3 Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen

Wie bereits dargestellt, werden zwei unterschiedliche Indikatorensets erstellt: a) ein Kernset von Indikatoren sowie b) ein erweitertes kommunalspezifisches Indikatorenset. Während das Kernset mit Hilfe von Daten berechnet werden kann, die in den meisten Kommunen bereits in Form der kommunalen Statistik vorliegen, kann mit Hilfe der Durchführung einer gezielten Befragung zur Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung zusätzlich ein kommunalspezifisches Indikatorenset entwickelt werden. In den folgenden Unterkapiteln werden die ausgewählten Indikatoren innerhalb der Indikatorensets beschrieben und ihre Auswahl begründet. Ein Überblick über die wesentlichen Indikatoren ist in Abbildung 3.3 gegeben.

3.2.3.1 Kernindikatoren

Zunächst sollen die Indikatoren des Kernsets vorgestellt und ihre Bedeutung für das Verwundbarkeitsassessment sowie ihre Datenbasis und Validität getrennt nach den Verwundbarkeitsbereichen Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität beschrieben werden.

Exposition

Exposition bezeichnet spezifiziert für den Bereich soziale Verwundbarkeit den Umstand, dass die Bevölkerung einem möglichen Hochwasser an ihrem Wohnstandort ausgesetzt ist. Die Expositionsabschätzung im Rahmen einer Verwundbarkeitsanalyse erfolgt nach der Festlegung eines Hochwasserszenarios zunächst hinsichtlich der betroffenen Räume, aus denen sich dann die potenziell betroffenen Haushalte und Personen – absolute und relative Zahlen – einer Gemeinde bzw. Stadt ableiten lassen (vgl. Abbildung 3.4).

Die Exposition gegenüber Hochwassergefahren ist eine grundlegende Information für die Abschätzung der möglichen Verwundbarkeit. Wenn keine Exposition gegenüber Hochwassergefahren vorliegt, ist auch die Entwicklung von Strategien zum Umgang mit Hochwassergefahren zu vernachlässigen. Für die Erstellung von Notfallplänen und Evakuierungsstrategien sowie für die vorsorgende Stadtplanung ist es deshalb wichtig, Informationen über exponierte Gebiete und die darin lebende Bevölkerung bereitzustellen, so dass Einsatzkräfte und Mittel für den Bevölkerungsschutz sinnvoll koordiniert und konzentriert werden können (DKKV 2003: 56).

Indikator: Exposition

Aussage: Der Indikator gibt die absolute Zahl und den relativen Anteil aller innerhalb einer räumlichen Bezugseinheit (z. B. Stadtteil oder Stadtviertel) exponierten Personen oder Haushalte unter Annahme eines Hochwasserszenarios an. Für Köln und Dresden wurden jeweils die Szenarien HQ-100 und EHQ betrachtet.

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Daten zum Wohnstandort von Personen oder Haushalten aus der kommunalen Statistik (Einwohnermelderegister). Diese Daten wurden vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln mit den räumlichen Informationen zu Überschwemmungsgebieten verschnitten und anschließend in Form von Angaben pro Stadtviertel zur Verfügung gestellt.
- d. Räumliche Informationen zu Gebäuden und deren Geschosshöhe. Für das Untersuchungsgebiet Dresden wurden diese Daten von der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden geliefert.

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

Validität: Es ergeben sich Unsicherheiten aus der Berechnung der Szenarien auf der Basis von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. In Folge des Klimawandels wird sich z. B. die Fläche der HQ-100-Gebiete verändern. Die HQ-100-Berechnungen sind nicht als absolute Grenzlinien anzusehen – ein Hochwasser birgt immer ein gewisses Maß an Unsicherheit, was seinen Verlauf angeht.

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

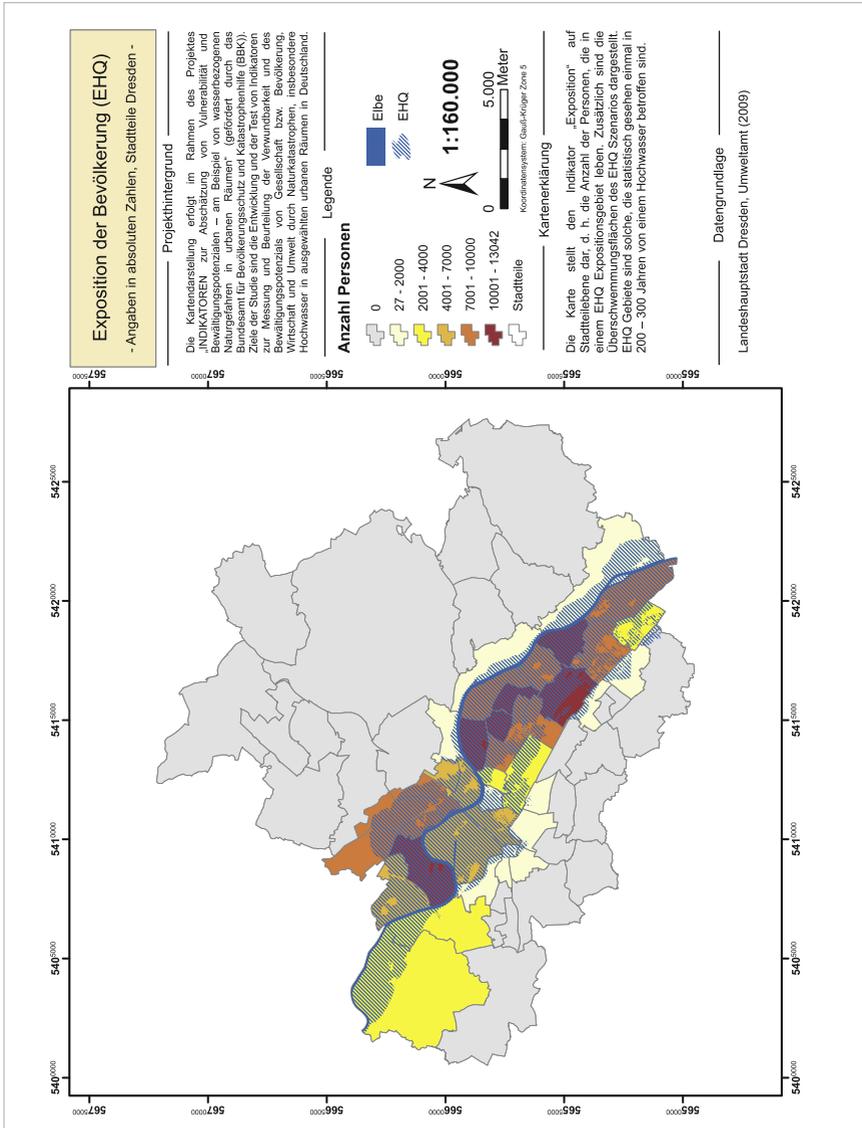


Abb. 3.4 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

Anfälligkeit

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

Zur Abschätzung der Anfälligkeit werden in erster Linie Fragen der Evakuierungsfähigkeit sowie der Evakuierungsgeschwindigkeit der betroffenen Bevölkerung betrachtet. Diese Fokussierung trägt insbesondere dem Endnutzer *Bevölkerungsschutz* Rechnung. Gerade vor dem Hintergrund einer in Deutschland zunehmend älter werdenden Gesellschaft ist es besonders wichtig, zu prüfen, wie sich die Anfälligkeit bezogen auf den Selbstschutz und die Fähigkeit zur eigenständigen Evakuierung vor Ort darstellt.

Unterschiedliche soziale Gruppen werden bei der Betrachtung der Anfälligkeit anhand charakteristischer Merkmale zusammengefasst. Diese Merkmale sind so ausgewählt, dass sie eine Abschätzung darüber erlauben, wie viele Personen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses externer Hilfe bedürfen, sich also nicht selbstständig in Sicherheit bringen könnten (*Evakuierungsfähigkeit*, vgl. Abbildung 3.5) oder im Falle eines selbstständigen Verlassens der Wohnung trotzdem Unterstützung benötigen würden (*Evakuierungszeit*, vgl. Abbildung 3.6). Obwohl für die großen Flüsse Vorwarnzeiten von mehreren Tagen für Hochwassergefahren bestehen, ist die Frage der Evakuierungsgeschwindigkeit potenziell betroffener Haushalte relevant, da auch das Risiko des Versagens oder der Überspülung von Hochwasserschutzanlagen (Hochwasserschutzzentrale 2009) als unerwartete und sehr schnell auftretende Ereignisse berücksichtigt werden sollten.

Indikator: Evakuierungsfähigkeit

Aussage: Der Indikator gibt die absolute Zahl und den relativen Anteil der Haushalte an, die im Hochwasserfall nicht in der Lage wären, alle Haushaltsangehörigen eigenständig in Sicherheit zu bringen.

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Haushaltstypen: Für Köln stammen die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für Dresden von der Kommunalen Statistikstelle Dresden, jeweils erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 3.3.1.2) auf der Basis von Einwohnermeldedaten. (Variante 2 zusätzlich:
- d. Gehbehinderung: Für den Untersuchungsraum Dresden lagen diese Daten bei der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden vor.)

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung: Je mehr Haushalte innerhalb einer Raumeinheit auf fremde Hilfe angewiesen sind, desto anfälliger ist die Bevölkerung dort einzuschätzen. Es besteht eine Verantwortlichkeit der Behörden, die Evakuierung im Ereignisfall auch für hilfsbedürftige Personen zu organisieren (DE BRUIN et al. 2009: 117), so dass die räumliche Darstellung des Indikators *Evakuierungsfähigkeit* Auskunft darüber geben kann, wo im Falle einer Evakuierung mit erhöhtem Bedarf an Helfern zu rechnen ist.

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

Validität: Die Altersstruktur eines Haushalts hat bedeutenden Einfluss auf die Evakuierungsfähigkeit. Für die Validität der Berechnungsmethodik sind in Kapitel 3.3.1.2 entsprechende statistische Gütemaße aufgeführt. Dort wird auch auf die Ableitung der Haushaltstypen aus dem Einwohnermelderegister eingegangen.

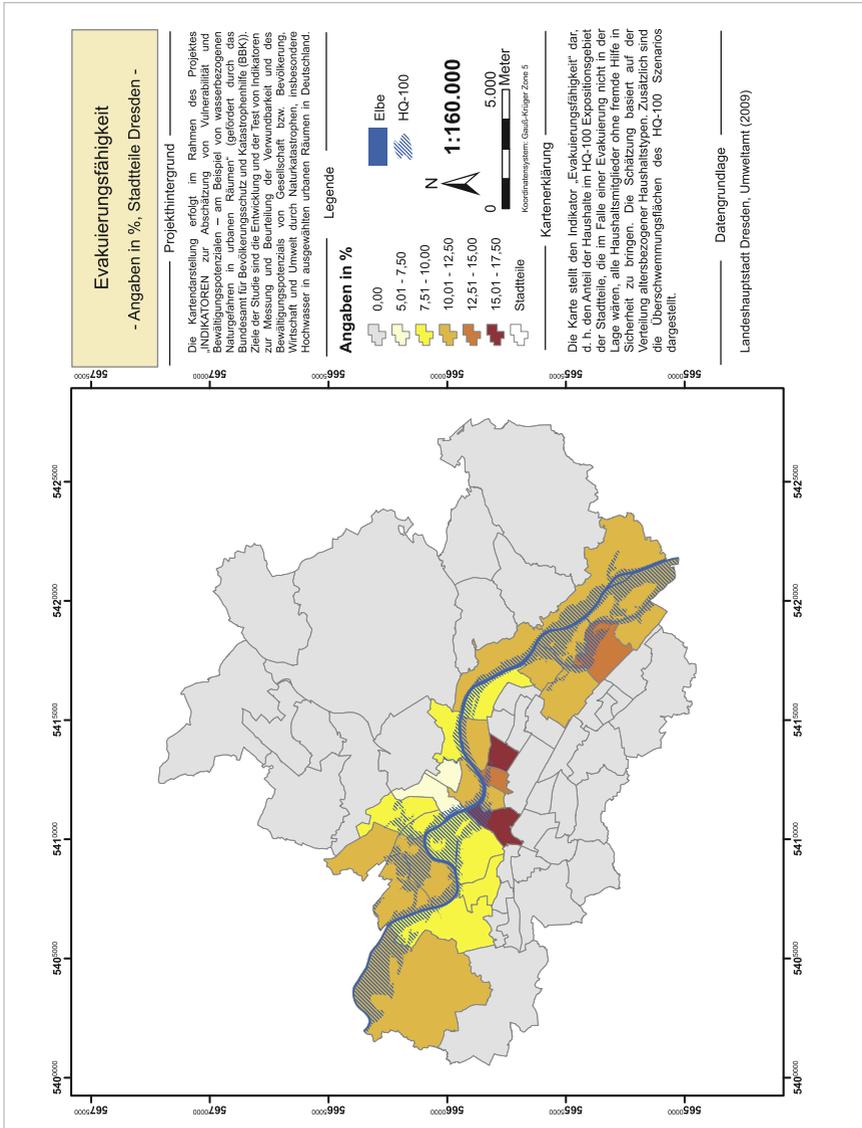


Abb. 3.5 Anteil der nicht selbstständig evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden

Indikator: Evakuierungszeit

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

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Haushaltstypen: Für Köln stammen die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln, für Dresden von der Kommunalen Statistikstelle Dresden, jeweils erstellt mit Hilfe des Programms HHGen (siehe Kapitel 3.3.1.2) auf der Basis von Einwohnermeldedaten.

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

Validität: Der Indikator unterliegt der Einschränkung, dass eine eigene Einschätzung der benötigten Zeit, um sich selbst in Sicherheit zu bringen, mit gewissen Unsicherheiten verbunden ist. Durch die Verwendung des Medians als stabilem Mittelwert kann der Einfluss von Ausreißern minimiert werden und zudem die Schätzwerte der Evakuierung in eine Zeitspanne einsortiert werden, die realistisch erscheint. In den Fällen, in denen die Stichprobe groß genug ist, bestätigt die Varianzanalyse die Bedeutung der unterschiedlichen Haushaltstypen für die Evakuierungsgeschwindigkeiten.

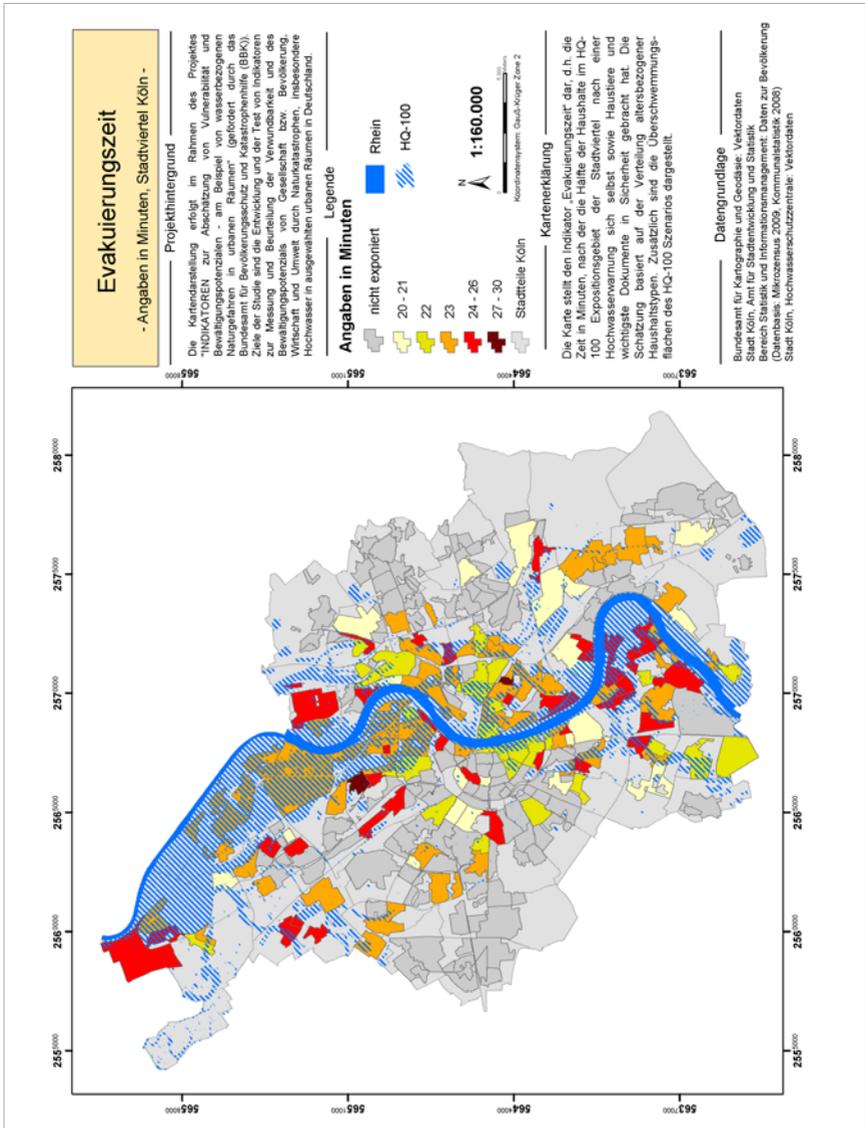


Abb. 3.6 Evakuierungszeiten im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln

Bewältigungskapazität

Exponierte und anfällige Bevölkerungsgruppen besitzen vielfach Ressourcen und Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, Extremereignisse zu bewältigen. Beispielsweise haben ältere Personen zwar möglicherweise größere Schwierigkeiten bei einer Evakuierung, gleichzeitig können jedoch gerade ältere Menschen auch über wichtiges Erfahrungswissen verfügen, welches ihnen erlaubt, sich im Fall eines Hochwassers richtig zu verhalten. Wenn bereits Erfahrungen mit Naturereignissen gemacht wurden, ist das Risikobewusstsein in der Bevölkerung oft höher. Unmittelbar nach einem als Katastrophe erlebten Naturereignis ist sich die Bevölkerung ihrer Situation am stärksten bewusst, die Motivation, vorbeugende Maßnahmen zu finanzieren und umzusetzen, besonders ausgeprägt (BRILLY et al. 2005: 245 f; KREIBICH et al. 2005: 125). Diese positiven Aspekte – wie z. B. das beschriebene Erfahrungswissen – sollten bei einem Verwundbarkeitsassessment als Bewältigungskapazitäten Berücksichtigung finden. Für die Abschätzung der Bewältigungskapazität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen wurden insbesondere zwei Indikatoren ausgewählt: der *potenzielle Versicherungsschutz* (vgl. Abbildung 3.7) gegenüber Hochwasserschäden und die *Hochwassererfahrung* (vgl. Abbildung 3.8).

Zusatzinformationen zur Elementarschaden-Versicherung

Der Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden wird in dieser Studie darüber bestimmt, ob ein Haushalt über eine Elementarschaden-Versicherung für das Gebäude bzw. den Hausrat verfügt. Während Eigentümer, die im eigenen Haus wohnen, sowohl ihr Gebäude als auch ihren Hausrat gegen Elementarschäden versichern können, ist für Mieter nur eine Versicherung des Hausrats relevant. Bei Haushalten, die Eigentümer ihrer Wohnung sind, verfügt erwartungsgemäß tendenziell ein höherer Anteil über eine Elementarschaden-Versicherung als bei Haushalten, die zur Miete wohnen. Dies wurde durch die UNU-EHS-Haushaltsbefragungen bestätigt: In Köln sind 49 % der befragten Eigentümer gegen Elementarschäden versichert, aber nur 8 % der Mieter. In Dresden stehen 66 % der versicherten Eigentümer einem Anteil von 30 % der versicherten Mieter gegenüber (vgl. Tabelle 3.14 in Abschnitt 3.3.1.3).

Aufgrund des erhöhten Risikos liegt die Vermutung nahe, dass in den häufiger betroffenen Gebieten tendenziell ein höherer Anteil an Haushalten einen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden aufweist. Dabei ist jedoch zu

bedenken, dass in den besonders exponierten Räumen der Zugang zu einer entsprechenden Versicherung erschwert und die Prämien erhöht sind. Die Gebiete werden von Versicherern in vier Gefährdungsklassen mit entsprechend unterschiedlich teuren Policen eingeteilt. In der höchsten Gefährdungsklasse haben Hausbesitzer nur sehr geringe Chancen, eine Elementarschaden-Versicherung zu bekommen (vgl. STIFTUNG WARENTEST 2008; DKKV 2003: 63 f.). Seit dem Elbehochwasser 2002 setzen sich unter anderem die Verbraucherzentralen für die Einführung einer Elementarschaden-Versicherung als Pflichtversicherung für Wohngebäude ein.

Zusatzinformationen zur Hochwassererfahrung

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

Die UNU-EHS-Haushaltsbefragungen in Köln und Dresden belegen, dass Haushalte mit Hochwassererfahrung am Wohnort in Bezug auf das Wissen über Hochwasserschutzmaßnahmen sowie bezüglich der verfügbaren Gegenstände, die eine Bewältigung des Hochwasserereignisses erleichtern (z. B. Gummistiefel, stromunabhängige Energiequellen für Licht und Heizung im Haushalt) deutlich besser abschneiden als Haushalte ohne entsprechende Hochwassererfahrung. Zudem fielen bei den Befragten psychische Probleme (Ängste, Depressionen etc.) als Folge eines Hochwasserereignisses bei hochwassererfahrenen Personen tendenziell geringer aus. Das gehäufte Auftreten gesundheitlicher und seelischer Folgen nach dem Elbehochwasser 2002 ist ein deutlicher Hinweis auf diesen Zusammenhang (vgl. BIRKMANN 2009b, S. 16 ff.).

Indikator: *Potenzieller*²³ Versicherungsschutz

Aussage: Der Indikator gibt die absolute Zahl oder den relativen Anteil der Haushalte an, die über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen; geschätzt auf Basis der Einkommensverteilung (Köln) oder ersatzweise über die Eigentumsverhältnisse der Wohnungen und Häuser (Dresden).

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Haushaltseinkommen: Die verwendeten Daten für den Untersuchungsraum Köln entstammen dem Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln.
- d. Eigentümer-Mieter-Verhältnis: Diese Daten wurden für den Untersuchungsraum Dresden von der Kommunalen Statistikstelle der Stadt Dresden bereitgestellt.

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung: Für die finanzielle Bewältigung eines Hochwasserereignisses ist es von wesentlicher Bedeutung, ob Hochwasserschäden von einer Versicherung übernommen werden. In einer einfachen Wohngebäude- oder Hausratversicherung sind Hochwasserschäden nicht abgedeckt, notwendig ist eine zusätzliche Elementarschaden-Versicherung (vgl. Verbraucherzentrale Sachsen 2007). Durch Anreize, die aus Versicherungsbedingungen (z. B. Selbstbeteiligung oder Auflagen zur Eigenvorsorge) entstehen, können die Versicherungsnehmer zur Eigeninitiative animiert werden, um das Schadenspotenzial insgesamt zu verringern (IKSR 2002: 40f.). Die Visualisierung von Gebieten, in denen die Bevölkerung über einen hohen bzw. niedrigen Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserereignissen verfügt, kann auch zur Sensibilisierung der exponierten Bevölkerung im Sinne einer Erhöhung der finanziellen Bewältigungskapazität beitragen.

Validität: Die beiden in Kapitel 3.3.1.3 erläuterten Methoden zur Berechnung des Indikators beinhalten insofern Unsicherheiten, dass unterschiedliche Versicherungsbedingungen und -preise je nach Expositionslage, auch innerhalb der HQ-100-Gebiete, betrachtet werden. Es muss beachtet werden, dass der Versicherungsschutz der jeweiligen Bewohner geschätzt wird. Ob der Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden innerhalb der Wohngebäudeversicherung versichert ist, bleibt unbeachtet. Zur Überprüfung der statistischen Validität der Schätzmethode sind in Kapitel 3.3.1.3 entsprechende Gütemaße aufgeführt.

23 Bezeichnung „*potenzieller*“ Versicherungsschutz als Abgrenzung zum Indikator „*tatsächlicher*“ Versicherungsschutz, s. Kapitel 3.2.3.2

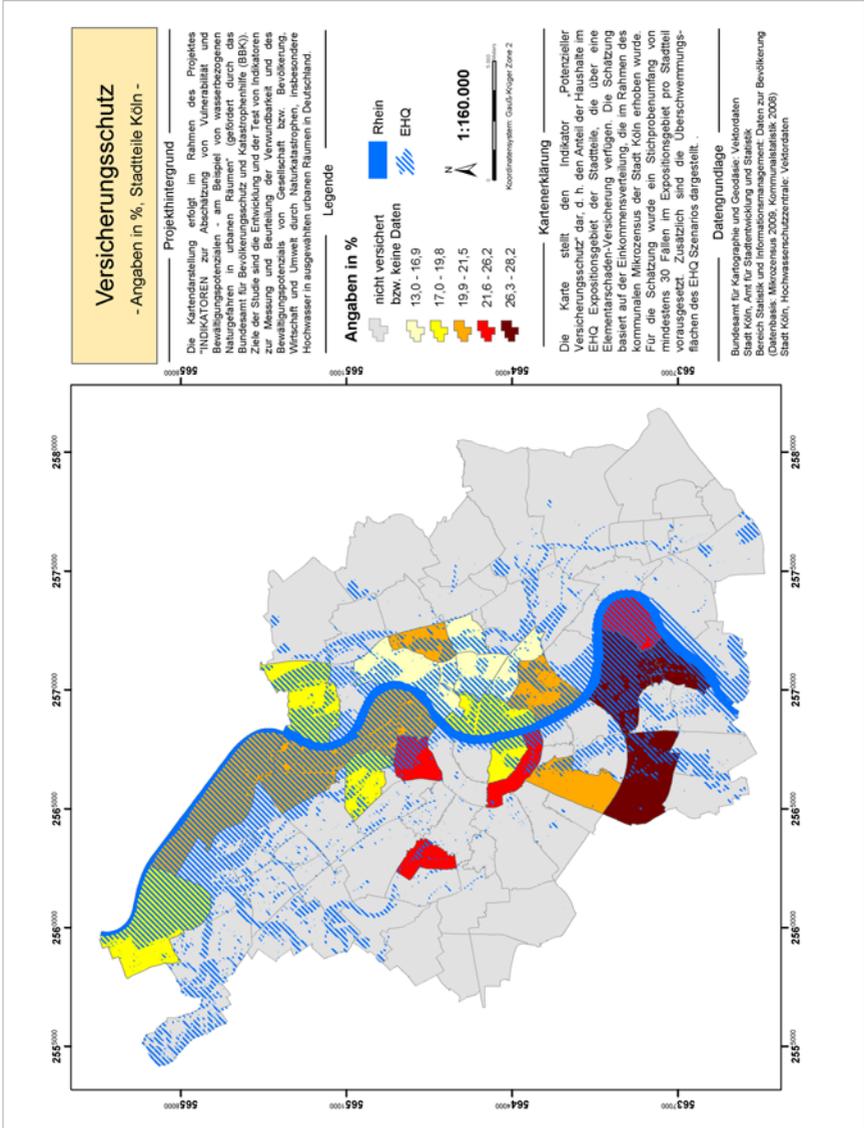


Abb. 3.7 Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

Indikator: Hochwassererfahrung

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

Datenbasis/Quelle

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Anzahl der Haushalte nach Wohndauerklassen: Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln sowie die Kommunale Statistikstelle der Stadt Dresden stellten die Daten der jeweiligen Untersuchungsgebiete für die Projektarbeit zur Verfügung.

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

Validität: Die Schätzung des Indikators basiert auf der Wohndauer des Haushaltes am aktuellen Wohnort sowie der Exposition des Wohnstandortes (HQ-100, EHQ). Demzufolge wird ein Maß der Hochwassererfahrung berechnet, welches umso höher liegt, je länger der Haushalt an dem Wohnort bereits lebt und je größer der Expositionsgrad ist. Die ermittelten Zusammenhänge zwischen der Wohndauer und der Hochwassererfahrung basieren auf den Befragungsergebnissen in Köln bzw. Dresden. Sie sind stark ortsabhängig, weil die Angaben zur Hochwassererfahrung durch vergangene Hochwasser in der jeweiligen Stadt bestimmt sind. Eine direkte Übertragung auf andere Kommunen wird deshalb nicht empfohlen, stattdessen wird in Kapitel 3.3.1.3 auf Alternativen eingegangen. Gütemaße zur Validität der angewendeten logistischen Regression werden ebenfalls in Kapitel 3.3.1.3 aufgeführt.

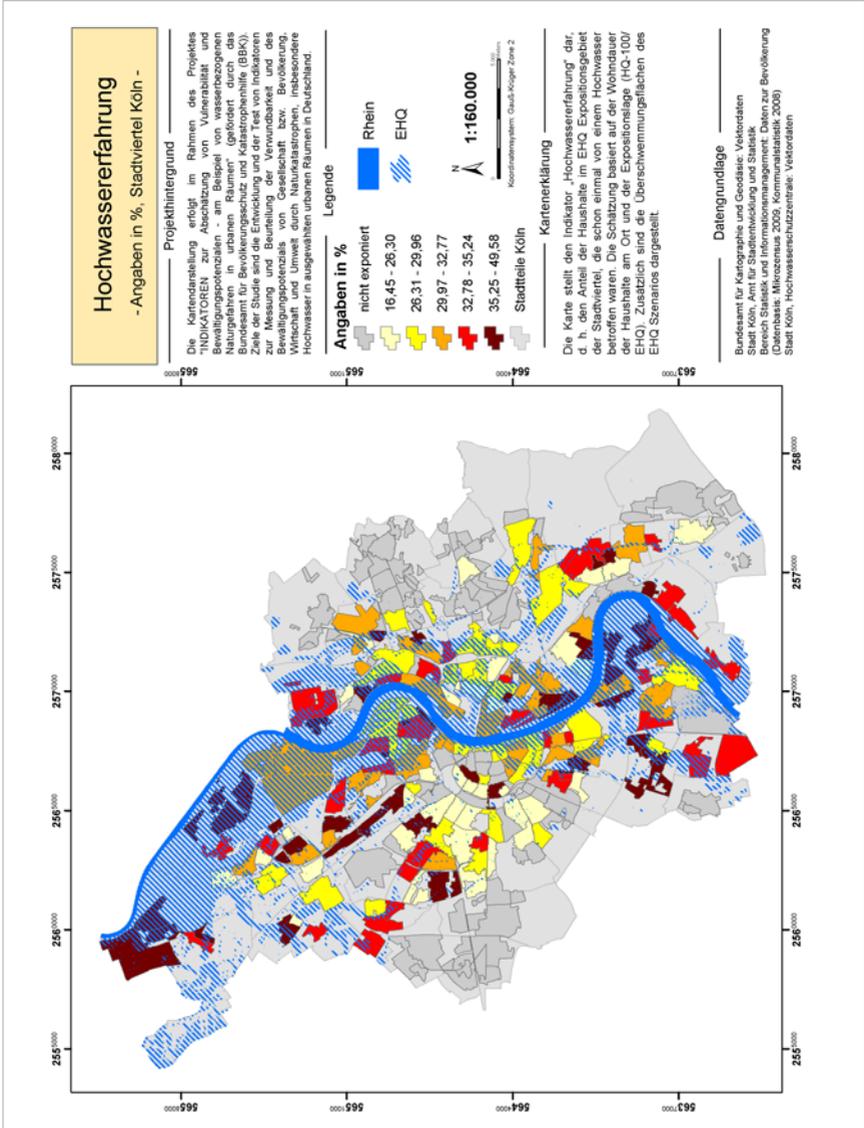


Abb. 3.8 Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

Des Weiteren ist anzumerken, dass bei der Entwicklung der Indikatoren auch weitere Indikatoren in erster Näherung in Betracht gezogen wurden, die jedoch im weiteren Verlauf wieder verworfen wurden. Dies war u. a. der Fall bei dem Indikator „Wissen über kommunale Hochwasserschutzmaßnahmen und ihre Beurteilung“. Diese Punkte wurden im Rahmen der Haushaltsbefragung erfasst, allerdings haben nur wenige Haushalte hier entsprechende Angaben gemacht. Des Weiteren ließen sich aus den Daten und Angaben keine schlüssigen Trends oder Muster erkennen, so dass der Indikator im weiteren Verlauf nicht weiter verfolgt bzw. in ein Indikatorenset aufgenommen wurde.

3.2.3.2 *Kommunalspezifische Indikatoren*

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

- a. Hochwassersensibilität,
- b. Informationslage zur Hochwassergefährdung,
- c. Tatsächlicher Versicherungsschutz und
- d. Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte

werden im Folgenden erläutert. Für Köln konnten diese im Rahmen des kommunalen Mikrozensus 2008/2009 (vgl. Anhang B.2) erhoben werden, für Dresden stammen die Ergebnisse aus der UNU-EHS-Haushaltsbefragung. Folglich konnte für Dresden keine Differenzierung nach Stadtteilen – sondern nur nach den drei Untersuchungsgebieten – vorgenommen werden.

Dem Indikator *Hochwassersensibilität* (vgl. Abbildung 3.9) liegt die Annahme zugrunde, dass sich Personen, welche sich der eigenen Hochwassergefährdung bewusst sind, eher über richtiges Verhalten im Hochwasserfall informieren werden und besser vorbereitet sind als solche, die es für unwahrscheinlich halten, dass ihr Wohnstandort von einem Hochwasser betroffen sein könnte.

Eine Reihe von Forschungsprojekten und Publikationen hat sich in der jüngsten Vergangenheit der Bedeutung des Risikobewusstseins für das Management von Naturgefahren angenommen. So greift beispielsweise das Deutsche Komitee für

Katastrophenvorsorge e. V. (DKKV) in der Schriftenreihe „Lessons Learned“ mit der Ausgabe „Hochwasservorsorge in Deutschland, Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbgebiet“ die Thematik auf. Forschungsprojekte wie FLOODsite, das sich u. a. wissenschaftlich mit Fragen der Umsetzung europäischer Hochwasserisikomanagementrichtlinien befasst (EU-HWRM-RL; vgl. STEINFÜHRER et al. 2009; STEINFÜHRER et al. 2007), oder DISFLOOD, welches das Ziel verfolgt, auf der Basis von sozialen und ökonomischen Vulnerabilitätsindikatoren Katastrophen zu simulieren (FEKETE 2009: 393 ff; DAMM et al. 2006), gehen das Risikobewusstsein als einen Schlüsselfaktor an.

Die Berechnung des Indikators basiert auf der Auswertung der Frage: *„Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“* Unter Verwendung einer Skala von 1 bis 8 konnten in der UNU-EHS-Haushaltsbefragung Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden, wobei 8 für ‚sehr wahrscheinlich‘ und 1 für ‚sehr unwahrscheinlich‘ steht.

Indikator: Hochwassersensibilität

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

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Auswertung der Frage: *„Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?“* Für den Untersuchungsraum Köln konnte die Frage in den Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln integriert werden; für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS-Haushaltsbefragung ausgewertet.

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

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

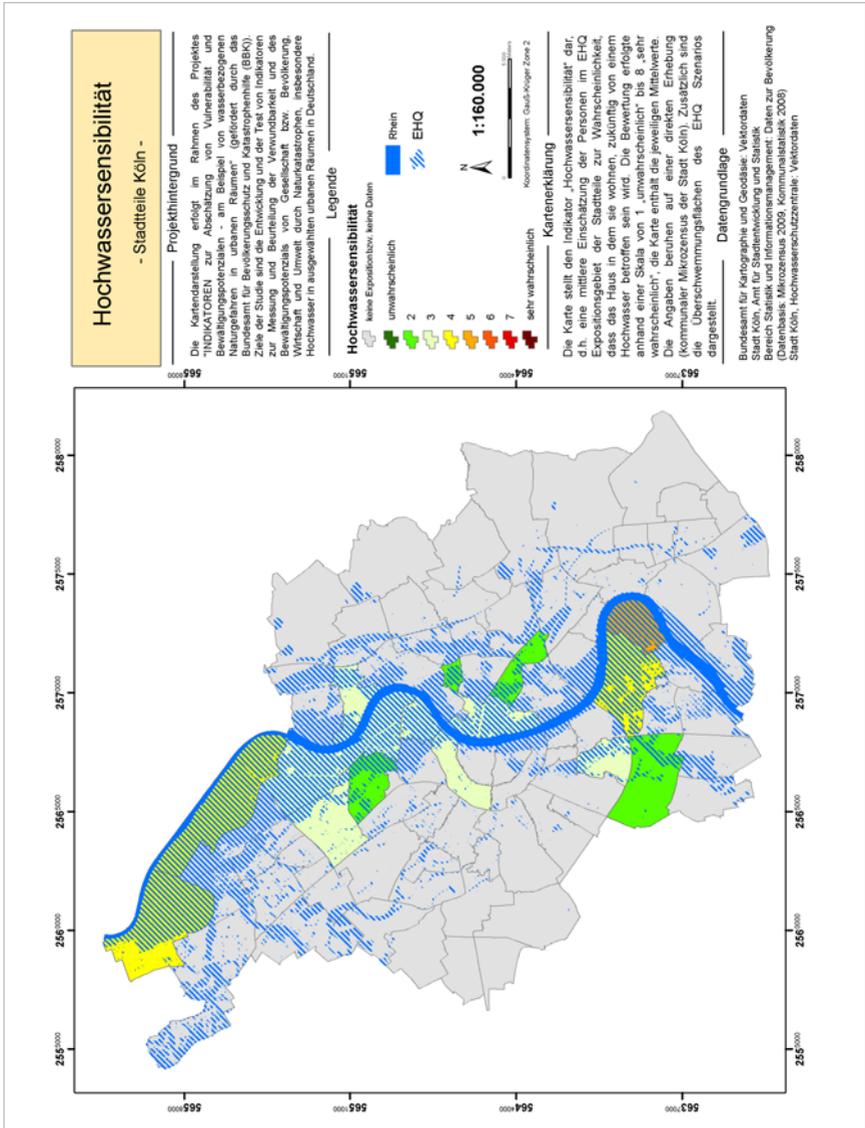


Abb. 3.9 Hochwassersensibilität im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

Die Analyse der *Informationslage* (vgl. Abbildung 3.10) des Haushalts über Hochwassergefahren knüpft an die Betrachtung der *Hochwassersensibilität* an, jedoch liegt der Schwerpunkt auf der Feststellung, wo und wie viele Haushalte bei der Auswahl ihrer Wohnung oder ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen unaufgefordert erhalten oder aktiv eingeholt haben. Die Aufklärung der Bevölkerung spielt eine bedeutende Rolle bei der Stärkung der Eigenvorsorge im Schadensfall, welche schrittweise von der Abhängigkeit von Kommune bzw. staatlichen Stellen wegführen soll (DKKV 2003: 60 ff; BOLLIN 2008: 265 f.). Der Indikator baut auf der Annahme auf, dass Personen, die sich bei Bezug ihres Hauses oder ihrer Wohnung über mögliche Hochwassergefahren informiert haben, eher Vorsorgemaßnahmen treffen werden. Umgekehrt kann ein hoher Anteil an Haushalten und Personen in Expositionslagen, die sich nicht über entsprechende Hochwassergefahren informiert haben oder durch die Stadt und/oder vom Vermieter oder Makler informiert wurden, tendenziell auf ein geringeres Vorsorge- und Sensibilitätpotenzial schließen lassen.

Im Vergleich zur Schätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* im Kernindikatorenset lassen sich im Rahmen eigener Befragungen die aktuellen Werte des *tatsächlichen Versicherungsschutzes* der Haushalte gegenüber Hochwasserrisiken (Elementarschaden-Versicherung) ermitteln, wenn die Umfrage eine entsprechende Repräsentativität und Größe der Stichprobe aufweist.

Indikator: Informationslage zur Hochwassergefährdung

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

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Auswertung der Frage: *„Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“* Für den Untersuchungsraum Köln konnte die Frage in den Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln integriert werden; für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS-Haushaltsbefragung ausgewertet.

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

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

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

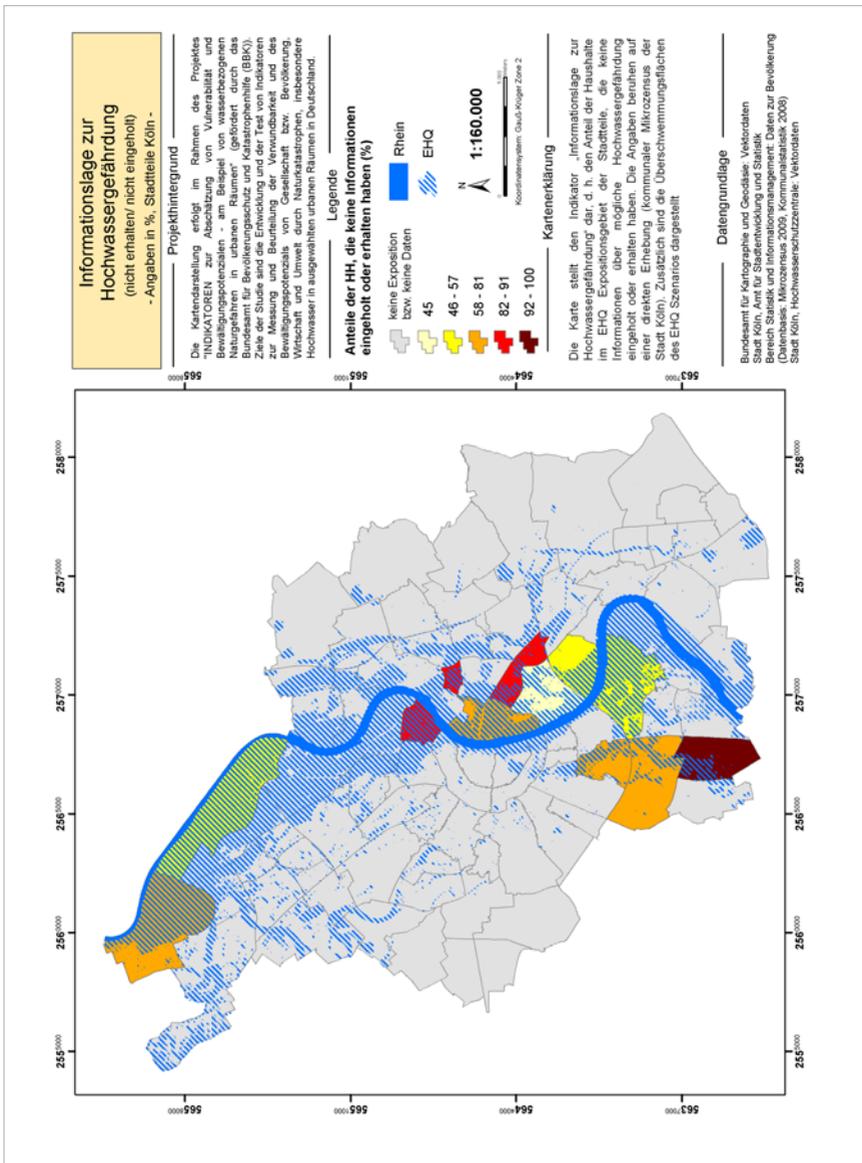


Abb. 3.10 Informationslage (keine Informationen erhalten/eingeholt) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

Indikator: Tatsächlicher Versicherungsschutz

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

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Auswertung der Frage: ‚Haben Sie für Ihre Wohnung oder Ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?‘ Für den Untersuchungsraum Köln konnte die Frage in den Kommunalen Mikrozensus der Stadt KÖLN integriert werden; für den Untersuchungsraum Dresden wurden die Ergebnisse der UNU-EHS-Haushaltsbefragung ausgewertet.

Beitrag zur Verwundbarkeitsabschätzung: Die Aussage dieses Indikators trägt ebenfalls zur Abschätzung der finanziellen Bewältigungskapazität von Haushalten bei (siehe auch Kernindikator ‚potenzieller Versicherungsschutz‘, vgl. Kapitel 3.2.3.1). Der Mehrwert zu dem mittels Einkommensdaten hochgerechneten Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* besteht darin, dass der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* auf einer direkten Erhebung der Information vor Ort beruht. Dadurch kann ein weiter verbessertes Abbild der tatsächlichen Situation entstehen.

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Verfügbarkeit einer Elementarschaden-Versicherung liegen insgesamt nur sehr geringe Fallzahlen vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet und auf die Darstellung des Indikators *potenzieller Versicherungsschutz* verwiesen.

Der abschließende kommunalspezifische Indikator erfasst die getroffenen *Hochwasserschutzmaßnahmen im privaten Bereich*. Obschon die öffentliche Hand und insbesondere die Kommunen für entsprechende Schutzmaßnahmen im baulichen und nicht-baulichen Bereich eine wichtige Verantwortung tragen (Deiche, mobile Schutzwände etc.), sind auch Vorsorgemaßnahmen privater Haushalte eine wichtige Aufgabe und Voraussetzung für effektiven Bevölkerungsschutz. Insgesamt zeigt der Indikator die Unterschiede auf, die hinsichtlich des eigenverantwortlich durchgeführten Hochwasserschutzes zwischen unterschiedlichen Stadtteilen bestehen. Darüber hinaus lässt sich die Art der getroffenen Maßnahmen auswerten, beispielsweise bezogen auf die mit der Maßnahme verbundene Veränderung (deutliche Veränderung durch Umzug, leichte Veränderungen durch zusätzliche bauliche Maßnahmen).

Indikator: Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte

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

Datenbasis/Quelle:

- a. Räumliche Informationen zu Überschwemmungsgebieten, die sich auf ein Szenario beziehen, in GIS-fähigem Format. Die Daten wurden von der Hochwasserschutzzentrale Köln und vom Umweltamt der Stadt Dresden zur Verfügung gestellt.
- b. Räumliche Informationen zu administrativen Einheiten, die als räumliche Bezugseinheiten genutzt werden. Für Köln (Stadtviertel, Stadtteile) wurden die Daten vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln und für Dresden (Stadtteile) vom Umweltamt der Stadt Dresden bereitgestellt.
- c. Auswertung der Frage: *„Haben Sie selbst Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien umgesetzt?“* Für den Untersuchungsraum Köln konnte die Frage in den Kommunalen Mikrozensus der Stadt Köln integriert werden; für den Untersuchungsraum Dresden lag für diesen Indikator keine Datengrundlage vor.

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

Validität: Für eine realistische kartographische Darstellung des Indikators sind generell pro Raumeinheit mindestens 20 gültige Antworten notwendig. Für die Frage der Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte liegen pro Stadtteil insgesamt zu geringe Fallzahlen vor – deshalb wird auf eine kartographische Darstellung verzichtet, Gesamtergebnisse für die Stadt Köln werden aber in Kapitel 3.3.2 dargestellt.

3.2.4 Diskussion und Validierung der Indikatoren

Die Diskussion und Validierung der ausgewählten Indikatoren kann anhand verschiedener Verfahren und Methoden vorgenommen werden, wie logisch-argumentative Verfahren oder statistische Verfahren. Auch Expertenbefragungen sind eine weitere Möglichkeit. Neben den im Folgenden dargelegten statistischen Validierungsmethoden wurden die entsprechenden Indikatoren auch durch die Gespräche mit den Praxispartnern aus den Städten Köln und Dresden sowie mit betroffenen Bürgern diskutiert und damit validiert. Die Validität eines Indikators als Anzeiger für den Zustand eines Indikandums sollte jeweils anhand einer repräsentativen Stichprobe (hier die UNU-EHS-Haushaltsbefragung) und geeigneter Methoden überprüft werden. Dabei gilt es u. a. zu prüfen,

inwiefern die gefundenen Zusammenhänge statistisch valide und übertragbar sind. Im folgenden Kapitel werden diese dargestellt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden insbesondere Indikatoren ausgewählt, die eine Aussage zur Vulnerabilität auf lokaler Ebene ermöglichen. Dabei sind in den Befragungen die Zusammenhänge primär auf Haushalte bezogen. Folglich müssen bei einer Abschätzung bzw. Übertragung dieser Indikatoren auf ganze Stadtviertel oder Stadtteile immer gewisse Unsicherheiten in Kauf genommen werden, die sich selten direkt und einfach quantifizieren lassen. Oftmals müssen mehrere Gütemaße gemeinsam betrachtet werden, um die Validität der Beziehung Indikator – Indikandum auf Stadtteil- oder Stadtviertelebene beurteilen zu können.

3.3 Anwendung der Berechnungsmethoden und Validierung der Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Indikatoren auf die Fallstudien Köln und Dresden angewendet und die Ergebnisse beispielhaft kartographisch dargestellt. Weitere Karten, die nicht in diesem Abschnitt abgebildet sind, finden sich in Kapitel 3.2.3 und in Anhang B.3.

3.3.1 Diskussion und Validierung der Kernindikatoren für die Städte Köln und Dresden

3.3.1.1 Bereich Exposition

Für die Exposition wird die Anzahl bzw. der Anteil der potenziell betroffenen Personen bzw. Haushalte pro Raumeinheit (z. B. Stadtviertel) unter der Annahme eines Hochwasserszenarios bestimmt. Mit dem Anteil exponierter Haushalte oder Einwohner pro Raumeinheit lassen sich räumliche Unterschiede im Expositionsgrad zwischen den Stadtvierteln und Stadtteilen ausmachen. Die Angabe der absoluten Anzahl der exponierten Haushalte und Einwohner bietet insbesondere für die Notfall- und Evakuierungsplanung wichtige Informationen zu den potenziell zu versorgenden oder zu evakuierenden Haushalten je Stadtviertel oder Stadtteil.

Köln

In Köln konnten die von der Hochwasserschutzzentrale herausgegebenen Hochwassergefahrenkarten für das HQ-100 und das EHQ-Szenario (HQ-500) vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln direkt mit der Adressdatei der Einwohnermeldestatistik verschnitten werden. So konnte jeweils die genaue Anzahl der Haushalte im HQ-100 und im EHQ-Gebiet je Stadtviertel ermittelt werden. Durch die Angabe der Gesamtzahl der Haushalte pro Stadtviertel konnte auch der jeweilige Anteil der exponierten Bevölkerung bestimmt werden. Die Haushaltsangaben waren zusätzlich nach der Haushaltsgröße unterteilt (Haushalte mit 1, 2, 3, 4, 5 sowie 6 und mehr Personen), was eine fast genaue Bestimmung der laut Szenario exponierten Personen (und nicht nur der Haushalte) ermöglichte (vgl. Abbildungen 3.11 und 3.12).

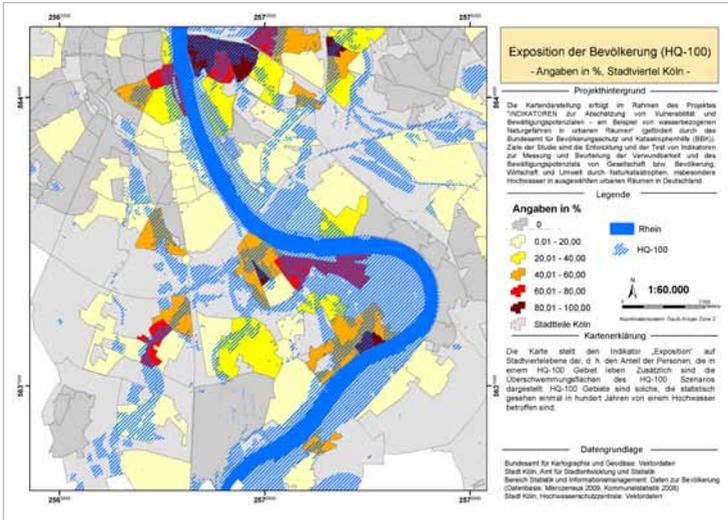


Abb. 3.11 Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

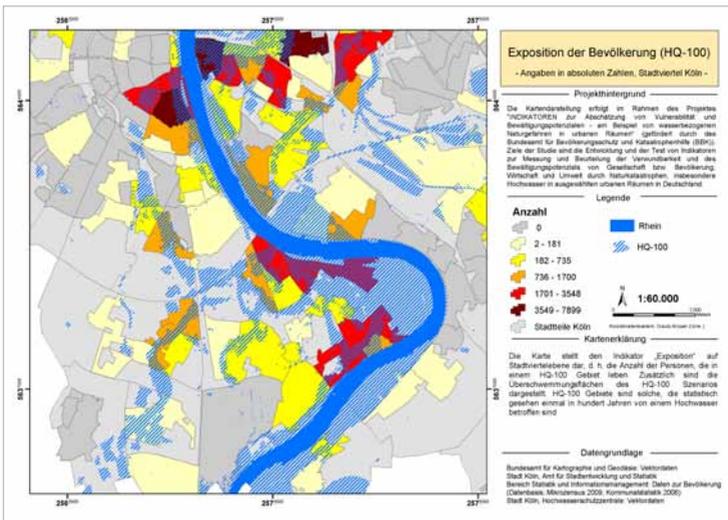


Abb. 3.12 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

Dresden

Für Dresden standen die Hochwassergefahrenkarten für das HQ-100 und für das EHQ-Szenario (Pegelstand 10 m, entspricht in etwa einem HQ-200 – 300) zur Verfügung, außerdem lag die Anzahl der Haushalte auf Stadtteilebene vor. Eine Verschneidung der Adressen mit den Gefahrenkarten war hier derzeit leider nicht möglich, deshalb wurden die Zahlen der potenziell betroffenen Haushalte und Personen geschätzt (vgl. Abbildungen 3.13 und 3.14). Dafür wurde eine zusätzliche Karte herangezogen, die Informationen zum Gebäudebestand mit den entsprechenden Geschosshöhen beinhaltet. Durch die Verschneidung mit den Hochwassergefahrenkarten (HQ-100, EHQ) konnte die Gebäude- und Geschosshöhe pro Expositionslage und Stadtteil ermittelt werden. Mit einem Durchschnittswert ‚Haushalte pro Geschoss‘ wurde die Anzahl der potenziell exponierten Haushalte geschätzt. Die Zahl der potenziell exponierten Personen konnte dabei mit Hilfe der durchschnittlichen Haushaltsgröße geschätzt werden. Eine kleinräumige Abschätzung der Bevölkerungsexposition kann auch über die Methode der Satellitenfernerkundung erfolgen (siehe Kapitel 5).

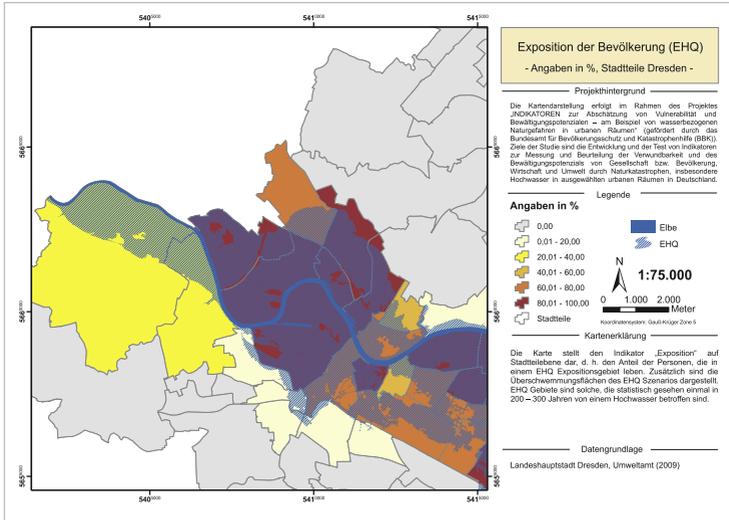


Abb. 3.13 Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

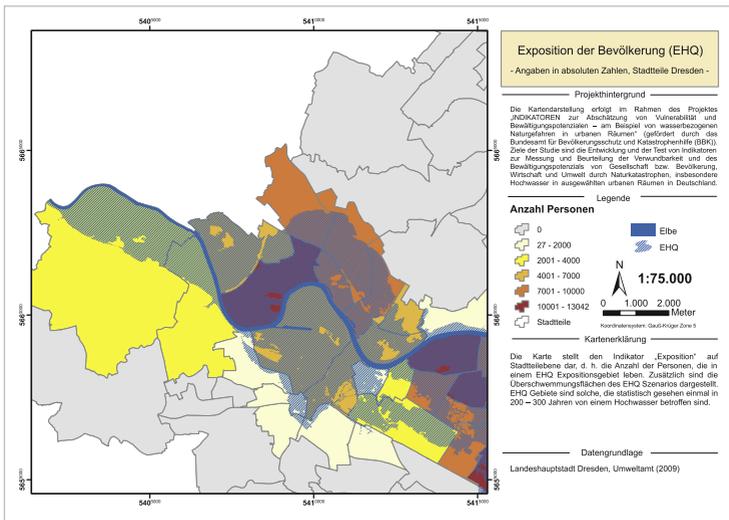


Abb. 3.14 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

3.3.1.2 Bereich Anfälligkeit

Die Indikatoren *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* repräsentieren, wie in Kapitel 3.2.3.1 beschrieben, die Anfälligkeit der Bevölkerung. Sie werden mit Hilfe von statistischen Daten zu Haushaltstypen berechnet. Vom Verbund Kommunales Statistisches Informationssystem (KOSIS-Verbund) wurde in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR, heute Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, BBR) ein Haushaltsgenerierungsverfahren (HHGen) entwickelt, das allen Gemeinden zur Verfügung steht. Mit diesem Verfahren können Haushalte anhand von Daten aus den Einwohnermelderegistern gruppiert werden (KOSIS-Verbund 2009). Unter anderem können damit Haushaltstypen nach Lebensphasen unterschieden werden, die dann – unter bestimmten Annahmen – den vier unten aufgeführten Haushaltstypklassen zugeordnet werden können (siehe unten ‚Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens‘).

Hauptkriterium zur Bildung von Haushaltstypen ist das Alter der Haushaltsmitglieder. Sie stellen eine gute Ausgangsbasis zur Indikatorenberechnung dar, weil das Alter als stärkster Einflussfaktor auf die Mobilität und Bewegungsgeschwindigkeit angesehen wird. Zusätzlich wird für Haushalte mit älteren Mitgliedern zwischen Ein- und Mehrpersonen-Haushalten unterschieden, da für Einpersonen-Haushalte keine Möglichkeit der gegenseitigen Hilfe besteht. Die UNU-EHS-Haushaltsbefragung zeigte, dass Haushalte mit Kindern und älteren Personen bezogen auf die *Evakuierungsfähigkeit* und *Evakuierungszeit* anfälliger sind als andere Haushalte. Hinsichtlich der *Evakuierungsfähigkeit* konnte die Gruppe der älteren alleinlebenden Personen als besonders anfällig identifiziert werden. Hier zeigen sich die Probleme, die mit einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft sowie der zunehmenden Isolierung von hochbetagten Personen verbunden sind. Ein Rückgriff auf soziale Netzwerke ist hier deutlich schwieriger (vgl. BIRKMANN et al. 2009a: 130).

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

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

Zusatzinformationen zur Ableitung der Haushaltstypen mit Hilfe des HHGen-Verfahrens

Das HHGen-Verfahren ermittelt zunächst elf Haushaltstypklassen (siehe Tabelle 3.2), aus denen die zur Errechnung der Indikatoren benötigten vier Haushaltstypen abgeleitet wurden. Für die Klassen ‚Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre‘ sowie ‚Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre – < 60 Jahre‘ wird angenommen, dass auch der ältere Partner jünger als 60 Jahre ist. Ähnliches gilt für die Klasse ‚Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner‘, hier wurde für alle Haushaltsmitglieder ein Alter von unter 60 Jahren angenommen.

HHGen-Klassen	Annahmen für neue Klassen	Neue Klasse/ Haushaltstyp zur Indikatorenentwicklung
Einpersonen-Haushalt < 30 Jahre	–	2.
Einpersonen-Haushalt 30 – < 60 Jahre	–	2.
Einpersonen-Haushalt ab 60 Jahre	–	4.
Gründungsphase: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner < 30 Jahre	Beide < 60 Jahre	2.
Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner 30 Jahre – < 60 Jahre	Beide < 60 Jahre	2.
Seniorenhaushalt: Paar ohne weitere Person, jüngerer Partner ab 60 Jahre	–	3.
Expansionsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person < 6 Jahre	-	1.
Konsolidierungsphase: Paar mit Kindern, jüngste Person 6 – < 18 Jahre	-	2.
Schrumpfungsphase: Paar mit volljährigen Nachkommen ohne eigene Partner	Alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2.
Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind	Mindestens 1 Kind < 6 Jahre	1.
Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder	Alle Mitglieder zwischen 6 und 59 Jahre alt	2.

Tab. 3.2 Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung

In der Klasse ‚Bezugsperson ohne Partner, mindestens 1 Kind‘ wird nicht nach Kindern über oder unter 6 Jahre unterschieden, aber der ersten Klasse zugeordnet. Somit ist hier eine leichte Verzerrung durch Haushalte mit älteren Kindern zu erwarten. Sie kann hingenommen werden, weil diese Klasse nur einen geringen Anteil einnimmt, für Köln etwa 5 %. Die Klasse ‚Sonstiger Mehrpersonen-Haushalt ohne Kinder‘ wird der zweiten Klasse zugeordnet, so dass innerhalb dieser Gruppe Haushalte mit Personen über 60 Jahre falsch zugeordnet werden. Der Gesamtanteil dieser Gruppe ist aber ebenfalls gering (für Köln 7 %), so dass hier der Anteil falsch zugeordneter Haushalte relativ klein sein wird. Die Gruppe ‚Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahre‘ nimmt in Köln beispielsweise knapp 14 % ein, die größte Gruppe bilden die ‚Einpersonen-Haushalte 30-<60 Jahre‘ mit über 25 %.

Für die Schätzung der *Evakuierungsfähigkeit* und der *Evakuierungszeit* wird ein Verfahren vorgestellt, das auf den herkömmlichen kommunalstatistischen Daten zu den Haushaltstypen beruht (*Variante 1*). Des Weiteren wird für die *Evakuierungsfähigkeit* zusätzlich ein weiteres Verfahren vorgestellt (*Variante 2*), das angewendet werden kann, wenn zusätzlich Informationen zu Gehbehinderungen in der Bevölkerung vorliegen (z. B. aus Mikrozensus-erhebungen).

Berechnung des Indikators Evakuierungsfähigkeit

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

Berechnung des Indikators nach Variante 1:

Die Schätzung nach Variante 1 erfolgt durch eine einfache Hochrechnung: Der Anteil der evakuierungsfähigen Haushalte pro Haushaltstyp (HHtyp) aus der Haushaltsbefragung (siehe Tabellen 3.3 bis 3.6) wird auf die Zahlen der HHtypen aus der Kommunalstatistik übertragen.

Die Zahl der evakuierungsfähigen Haushalte (HH) im Expositionsgebiet einer Raumeinheit ergibt sich dann durch:

Formel 1:

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

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Anteilswert der Evakuierungsfähigkeit der Bevölkerung erhält. Für die Anteile der Evakuierungsfähigkeit wurden jeweils die Werte des entsprechenden Expositionsgebietes in der jeweiligen Stadt aus der UNU-EHS-Haushaltsbefragung verwendet (Zeilenprozentage in den Kreuztabellen, vgl. auch Kapitel 3.2.2), siehe Tabellen 3.3 bis 3.6.

Zur Quantifizierung und Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit wird jeweils auch Cramers-V und das Ergebnis eines entsprechenden Signifikanztests (p-Wert) angegeben (Erläuterungen in Kapitel 3.2.2). Diese bestätigen den Zusammenhang zwischen den Haushaltstypen und der Evakuierungsfähigkeit in beiden Städten (Köln und Dresden) und beiden Expositionslagen (HQ-100, EHQ), auch wenn der Zusammenhang in Köln im EHQ-Gebiet relativ schwach ist (Cramers-V erreicht hier nur einen Wert von 0,24). Wie bei fast allen anderen untersuchten Zusammenhängen ist die Abhängigkeit insgesamt in den HQ-100-Gebieten stärker ausgeprägt. Möglicherweise ist dies damit zu begründen, dass die Haushalte in diesem Gebiet mit den Auswirkungen eines Hochwassers besser vertraut sind und ihre Fähigkeiten realistischer einschätzen können (vgl. z. B. Backhaus et al. 2005: 64 ff.).

Wurde der Datensatz der UNU-EHS-Haushaltsbefragung auf die Haushalte beschränkt, die in einem EHQ, aber nicht in einem HQ-100-Gebiet leben, konnte oftmals keine signifikante Abhängigkeit mehr nachgewiesen werden. Allerdings konnten die Einpersonenhaushalte ab 60 Jahre alt als schwächster Typ und der Haushaltstyp mit Mitgliedern zwischen 6 und 59 Jahren als der mit den wenigsten Schwierigkeiten bzgl. der Evakuierungsfähigkeit statistisch bestätigt werden.

Köln:

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		
			Ja	Nein	Gesamt
Haushaltstyp	Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	15	1	16
		% innerhalb des HHtyps	93,8 %	6,3 %	100,0 %
	Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	101	6	107
		% innerhalb des HHtyps	94,4 %	5,6 %	100,0 %
	Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	31	7	38
		% innerhalb des HHtyps	81,6 %	18,4 %	100,0 %
	Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	12	7	19
		% innerhalb des HHtyps	63,2 %	36,8 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	159	21	180
		% gesamt	88,3 %	11,7 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,313	0,001

Tab. 3.3 Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Köln

		Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?			
			Ja	Nein	Gesamt
Haushaltstyp	Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	44	4	48
		% innerhalb des HHtyps	91,7 %	8,3 %	100,0 %
	Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	248	13	261
		% innerhalb des HHtyps	95,0 %	5,0 %	100,0 %
	Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	114	30	132
		% innerhalb des HHtyps	86,4 %	13,6 %	100,0 %
	Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	28	12	40
		% innerhalb des HHtyps	70,0 %	30,0 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	434	47	481
		% gesamt	90,2 %	9,8 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,240	< 0,001

Tab. 3.4 Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ-Gebiete (beinhalten HQ-100-Gebiete), Köln

Dresden:

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		
			Ja	Nein	Gesamt
Haushaltstyp	Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	5	1	6
		% innerhalb des HHtyps	83,3 %	16,7 %	100,0 %
	Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	76	1	77
		% innerhalb des HHtyps	98,7 %	1,3 %	100,0 %
	Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	41	4	45
		% innerhalb des HHtyps	91,1 %	8,9 %	100,0 %
	Einpersonenhaushalte ab 60 Jahren	Anzahl	14	10	24
		% innerhalb des HHtyps	58,3 %	41,7 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	136	16	152
		% gesamt	89,5 %	10,5 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,459	< 0,001

Tab. 3.5 Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Dresden

			Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?		
			Ja	Nein	Gesamt
Haushaltstyp	Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	Anzahl	18	2	20
		% innerhalb des HHtyps	90,0 %	10,0 %	100,0 %
	Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren	Anzahl	170	10	180
		% innerhalb des HHtyps	94,4 %	5,6 %	100,0 %
	Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (mind. 2 Personen)	Anzahl	112	12	124
		% innerhalb des HHtyps	90,3 %	9,7 %	100,0 %
	Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren	Anzahl	30	24	54
		% innerhalb des HHtyps	55,6 %	44,4 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	330	48	378
		% gesamt	87,3 %	12,7 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,393	< 0,001

Tab. 3.6 Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ-Gebiete (beinhalten HQ-100-Gebiete), Dresden

Weitere Untersuchungen ergaben beispielsweise, dass ein Zusammenhang der Evakuierungsfähigkeit mit der Haushaltsgröße besteht, der allerdings nur sehr schwach ist. Möglicherweise ließe sich die Abhängigkeit mit Hilfe einer größeren Stichprobe deutlicher nachweisen. Bei einer Betrachtung von ausschließlich Einpersonenhaushalten ergab sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Evakuierungsfähigkeit und dem Alter der Personen, was den Einfluss des Alters auf die Evakuierungsfähigkeit klar bestätigt.

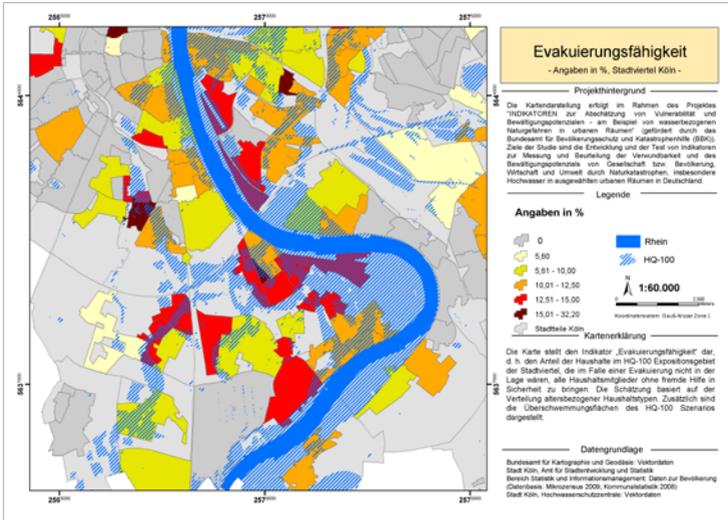


Abb. 3.15 Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

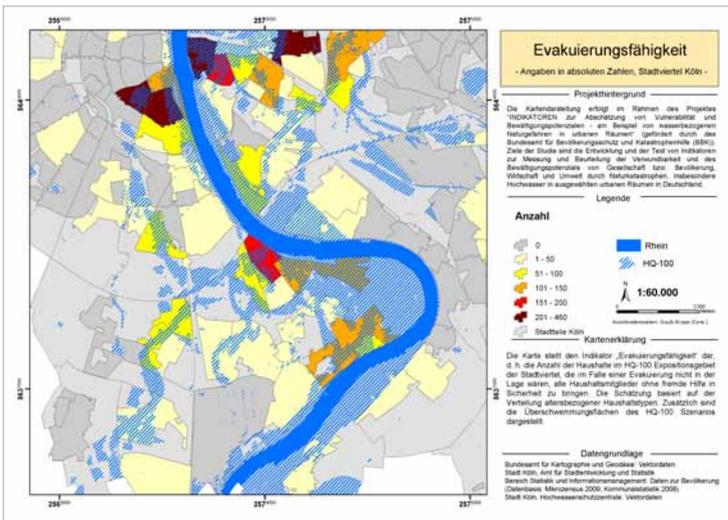


Abb. 3.16 Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

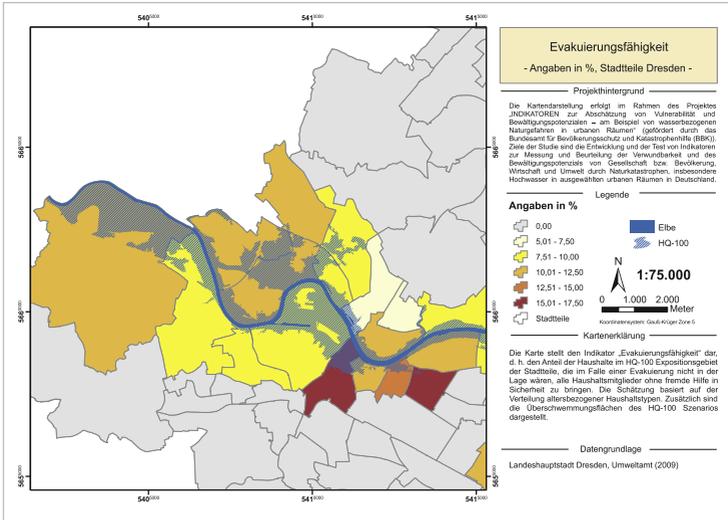


Abb. 3.17 Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

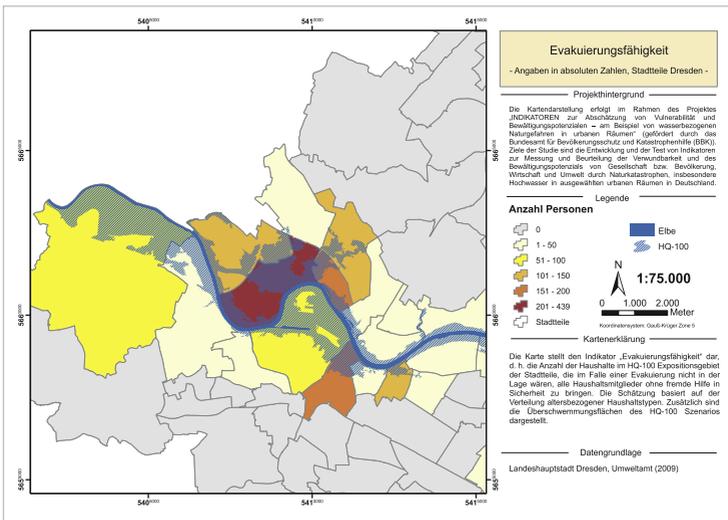


Abb. 3.18 Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

Die Abbildungen 3.15 bis 3.18 zeigen die Kartendarstellungen der Evakuierungsfähigkeit je Stadtviertel bzw. Stadtteil für Köln und Dresden, geschätzt nach Variante 1. Stadtviertel/-teile in Rot sind dabei solche, in denen die Evakuierungsfähigkeit relativ gering ist, die hellgelben Stadtviertel/-teile stehen diesbzgl. relativ gut da. Die Zahlen beziehen sich nur auf die exponierten Gebiete innerhalb der Raumeinheiten, was insbesondere bei der Betrachtung der Prozentzahlen beachtet werden muss. So resultieren besonders hohe oder besonders niedrige Prozentwerte teilweise daraus, dass in diesen Raumeinheiten nur sehr wenige Haushalte überhaupt exponiert sind. Einen guten Überblick vermittelt die ebenfalls in den Karten dargestellte Überschwemmungsfläche des HQ-100 Szenarios.

Berechnung des Indikators nach Variante 2

Die zweite Variante kommt zur Anwendung, sofern Daten zur Lauffähigkeit (z. B. Bevölkerungsanteil mit Gehbehinderung) vorliegen, was in der Stadt Dresden der Fall war. Ein Vorteil dieser Daten ist, dass die Schätzung der Evakuierungsfähigkeit damit noch genauer erfolgen kann. Die Berechnungen beruhen auf der Frage in der UNU-EHS-Haushaltsbefragung *„Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)“*, deshalb sollten die Informationen zur Lauffähigkeit möglichst gut damit übereinstimmen. Für Dresden lagen Daten zu Gehbehinderungen vor, die bei der Anwendung des geschätzten Regressionsmodells verwendet wurden. Es muss beachtet werden, dass die Grundgesamtheit hier nicht identisch ist. Haushalte mit Kleinkindern oder älteren Personen, die sich beispielsweise nicht in der Lage sehen, eine Strecke von über 2 km selbstständig zu bewältigen, werden in der Statistik der ‚Gehbehinderten‘ nicht aufgeführt.

Insbesondere für mehr als eine unabhängige Variable bietet sich die Anwendung einer logistischen Regression an, um eine abhängige nominale Variable abschätzen zu können. Mit einer Regression kann die Beziehung einer abhängigen Variablen zu einer oder mehreren unabhängigen Variablen bestimmt werden. Die logistische Regression kommt dann zum Einsatz, wenn die abhängige Variable, wie in diesem Fall, nominal ist (evakuierungsfähig ja/nein). Von Vorteil ist auch, dass mit einer Regression Daten, die aus verschiedenen Quellen stammen (und damit nicht verschneidbar sind), für die Schätzung verwendet werden können.

Bei der logistischen Regression werden unabhängige Variablen, die ein nominales Skalenniveau mit mehr als zwei Kategorien aufweisen, in binäre Variablen transformiert, wobei jede dieser binären Variablen für eine Kategorie der Ursprungsvariablen steht. Die letzte Variable wird damit redundant, d. h. für diese wird kein Koeffizient berechnet. Dies trifft auf die Variable der Haushaltstypen zu, so dass sich letztlich drei binäre Variablen für die Haushaltstypen ergeben.

Das logistische Regressionsmodell (vgl. Kapitel 3.2.2.3) für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier evakuierungsfähig ja/nein) und vier unabhängige Variablen (hier: drei Variablen zu den Haushaltstypen sowie eine Variable zur Lauffähigkeit), lautet:

Formel 2:

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

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

$P(Y=1)$ ist dabei die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit, x_1 , x_2 und x_3 sind die Variablen HHtyp 1, HHtyp 2 und HHtyp 3 und x_4 ist die Variable ‚Personen im Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten‘. b_i , $i=0,1,2,3,4$ sind die Regressionskoeffizienten, die bei der Modellierung geschätzt werden.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden sind in den Tabellen 3.7 und 3.8, jeweils getrennt nach den zwei Expositionsgebieten, zusammengefasst. Die Regressionskoeffizienten (b) können in Formel 2 eingesetzt werden, um Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Werte der unabhängigen Variablen zu bestimmen. Zur Interpretation der Richtung des Einflusses der unabhängigen Variablen eignet sich der Wert $\text{Exp}(b)$. Er zeigt an, um welchen Faktor die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit zunimmt, wenn sich eine unabhängige Variable um eine Einheit erhöht. Bei Werten über 1 steigt die Wahrscheinlichkeit, bei Werten unter 1 fällt sie (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 444 f.). Die Werte für die Haushaltstypen 1 bis 3 liegen alle über 1. Dies bedeutet, dass die drei Haushaltstypen (Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren, Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und

59 Jahren und Haushalte mit Personen ab 60 Jahren bei einer Haushaltsgröße von mind. 2 Personen) gegenüber der Referenzkategorie Haushaltstyp 4 (Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren) die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit steigern, was den Erwartungen entspricht. Die Exp(b)-Werte bei der Variable zur Lauffähigkeit liegen unter 1, d. h. dieser Zustand verringert die Wahrscheinlichkeit der Evakuierungsfähigkeit.

Die p-Werte des Wald-Tests (vgl. Kapitel 3.2.2.3) bestätigen in den meisten Fällen einen signifikanten Einfluss der unabhängigen Variablen. In Köln kann der Einfluss von HHtyp 3 nicht als signifikant bestätigt werden. Das liegt wahrscheinlich daran, dass HHtyp 4 die Referenzkategorie bildet, d. h. der Einfluss der HHtypen 1 bis 3 muss immer im Verhältnis zu HHtyp 4 betrachtet werden. Folglich ist der Unterschied zwischen den HHtypen 3 und 4 (beides Haushalte mit Personen ab 60 Jahren, einmal Einpersonenhaushalte und einmal Mehrpersonenhaushalte) bzgl. der Evakuierungsfähigkeit nicht so deutlich ausgeprägt wie zwischen den anderen Haushaltstypen. In Dresden ist dieser Unterschied offenbar etwas deutlicher. Dafür wird hier der HHtyp 1 im HQ-100-Gebiet nicht mehr als signifikant ausgewiesen. Dies ist offenbar eine Folge der geringen Fallzahl dieses Haushaltstyps im HQ-100-Gebiet im Rahmen der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

Köln	HQ-100			EHQ		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	1,37	–	0,026	1,53	–	< 0,001
HHtyp 1	2,96	19,20	0,013	2,24	9,36	0,001
HHtyp 2	1,74	5,71	0,013	1,62	5,06	0,001
HHtyp 3	0,62	1,86	0,378	0,75	2,13	0,102
HHtyp 4	0 ^a	–	–	0 ^a	–	–
Lauf	-1,87	0,15	0,001	-1,68	0,19	< 0,001

Dresden	HQ-100			EHQ		
	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test	Regressionskoeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald-Test
Konstanter Term	1,56	–	0,009	1,20	–	0,001
HHtyp 1	1,82	6,17	0,147	2,36	10,60	0,005
HHtyp 2	2,47	11,83	0,002	2,11	8,27	< 0,001
HHtyp 3	1,97	7,15	0,008	1,89	6,61	< 0,001
HHtyp 4	0 ^a	–	–	0 ^a	–	–
Lauf	-2,43	0,09	< 0,001	-2,10	0,12	< 0,001

Tab. 3.7 Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

Abhängige Variable: ‚Würden Sie es ohne fremde Hilfe schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen im Falle einer Evakuierung in Sicherheit zu bringen?‘ Referenzkategorie: Nein.

HHtyp 1: Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren

HHtyp 2: Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich zwischen 6 und 59 Jahren

HHtyp 3: Haushalte mit Personen ab 60 Jahren (bei einer Haushaltsgröße von mind. zwei Personen)

HHtyp 4: Einpersonen-Haushalte ab 60 Jahren.

Lauf: ‚Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weitere Strecke (2 km) zu Fuß bewältigen könnten (z. B. Kleinkinder, ältere Personen)?‘ – ja/nein

a Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

2	Köln, HQ-100	Köln, EHQ	Dresden, HQ-100	Dresden, EHQ
p-Wert LQ-Test	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pseudo-R ² (Nagelkerke)	0,261	0,181	0,414	0,349
Richtig klassifizierte Fälle	88,3 %	89,7 %	92,5 %	91,5 %

Tab. 3.8 Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

Die p-Werte des Likelihood-Quotienten-Tests (LQ-Test, siehe Tabelle 3.8 und Erläuterungen in Kapitel 3.2.2.3) bestätigen in allen Modellen einen höchstsignifikanten Einfluss der unabhängigen Variablen insgesamt.

Das Pseudo- R^2 ist in Köln relativ niedrig, im EHQ-Gebiet liegt es sogar bei unter 0,2. Für Dresden liegt es immerhin bei über 0,3 bzw. 0,4. Der Anteil der richtig klassifizierten Fälle ist in allen Fällen relativ hoch (88,3 % bis 92,5 %). Er sollte allerdings immer zumindest größer sein als der Anteil der größeren Gruppe der Stichprobe (vgl. hierzu Backhaus et al. 2005: 451), dieser ist jeweils den Tabellen 3.3 bis 3.6 zu entnehmen. Für Dresden ist das der Fall. In Köln aber ist er im HQ-100-Gebiet nur genauso groß, und im EHQ-Gebiet liegt er sogar darunter. Hier wäre also eine Anwendung dieses Verfahrens nicht eindeutig zu empfehlen.

Wie bereits bei der Erläuterung der Berechnung nach Variante 1 konstatiert, ist auch im Rahmen der Variante 2 die Modellanpassung bei Anwendung auf die HQ-100-Gebiete erfolgreicher. Gleiches gilt für die Daten aus Dresden im Vergleich zu Köln.

Auch war hier wieder eine logistische Regression bei Beschränkung auf die seltener betroffenen Gebiete (EHQ ohne HQ-100-Gebiete) nicht erfolgreich.

Im Rahmen einer logistischen Regression wurden auch weitere unabhängige Variablen getestet, u. a.: Haushaltsgröße, Hochwassererfahrung und Personen im Haushalt, die ständig auf Medikamente oder medizinische Geräte angewiesen sind. Sie konnten aber keine Verbesserung des Modells bewirken und wurden deshalb wieder verworfen.

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

Für die Schätzung des Indikators auf Stadtteilebene in Dresden wurden also die Anteilswerte (zwischen 0 und 1) der HHtypen und der gehbehinderten Personen in die o. g. Formel eingesetzt. Dabei wurden die geschätzten Regressionskoeffizienten verwendet, vgl. Tabelle 3.7.

Mit $1 - P(Y=1)$ erhält man die Anteilswerte der Haushalte, die sich NICHT selbstständig in Sicherheit bringen können, die sich für eine Kartendarstellung anbieten.

Berechnung des Indikators Evakuierungszeit

Für den Indikator Evakuierungszeit wird berechnet, nach wie vielen Minuten die Hälfte der Haushalte eines Stadtviertels sich selbst, Haustiere und wichtige Dokumente (z. B. Pässe) in Sicherheit gebracht hat²⁴. Der Indikator ist ein relatives Maß zum Vergleich der Anfälligkeit der Bevölkerung einzelner Stadtteile. Der absolute Wert spielt hier weniger eine Rolle, vielmehr werden Unterschiede zwischen den Stadtvierteln oder Stadtteilen deutlich, die aus der unterschiedlichen Struktur der Haushalte resultieren.

Zur Abschätzung der *Evakuierungszeit* wird dabei wieder auf die unterschiedlichen Haushaltstypen als Strukturmerkmale zurückgegriffen, allerdings werden die Haushaltstypen (HHtypen) mit Personen ab 60 Jahren gemeinsam betrachtet, d. h. die HHtypen 3 und 4 werden zusammengelegt. Damit werden für die Berechnung der *Evakuierungszeit* folgende Haushaltsgruppen differenziert:

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

Während es bei der *Evakuierungsfähigkeit* eine Rolle spielt, ob sich mehrere Haushaltsmitglieder möglicherweise gegenseitig helfen können, ist dies für die *Evakuierungsgeschwindigkeit* keine entscheidende Information.

24 „Wenn Sie Ihre Wohnung so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?“

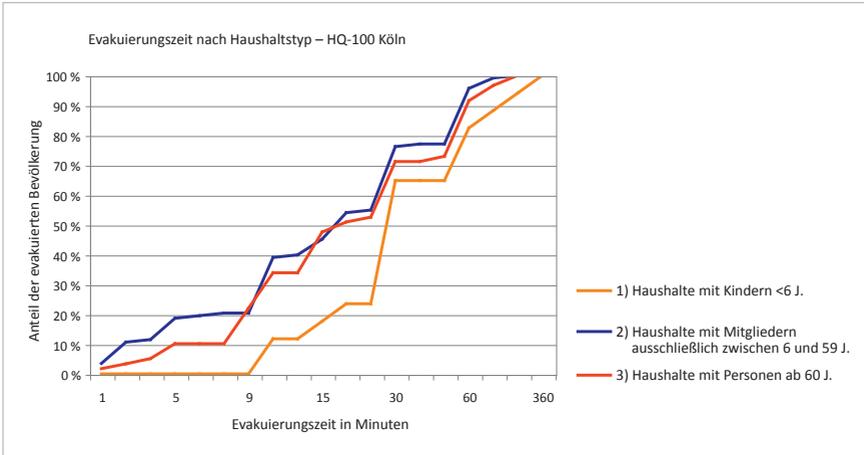


Abb. 3.19 Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

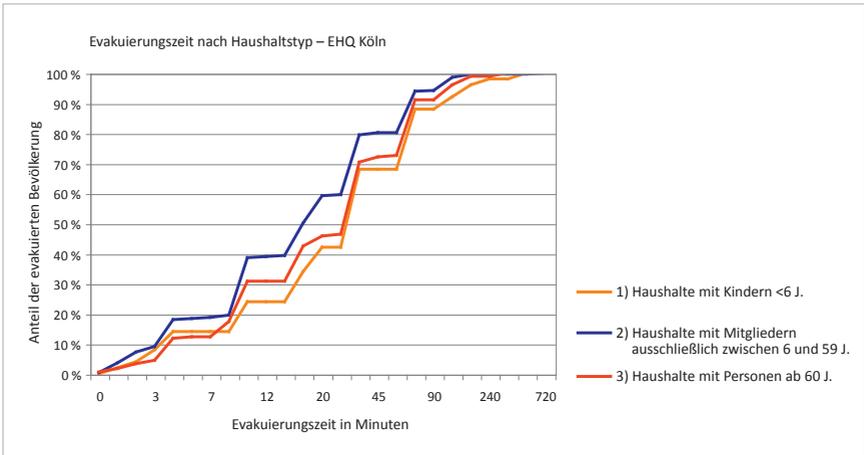


Abb. 3.20 Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

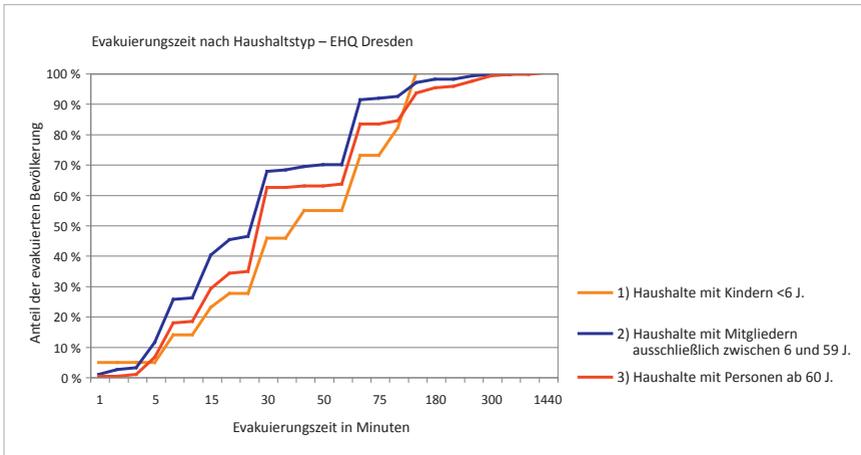


Abb. 3.21 Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

Insgesamt zeigen die Auswertungen der UNU-EHS-Haushaltsbefragung, dass die Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren fast durchgehend eine geringere Evakuierungsgeschwindigkeit aufweisen als die anderen beiden Haushaltsklassen. Zudem wird ersichtlich, dass die Haushalte mit Mitgliedern ausschließlich im Alter zwischen 6 und 59 Jahren am schnellsten sich selbst, Haustiere und wichtige Dokumente in Sicherheit bringen können (siehe Abbildungen 3.19 bis 3.21).

Die Zeit, in der die Hälfte der in einem Stadtviertel oder Stadtteil lebenden Haushalte evakuiert sind, ist der Median der einzelnen Evakuierungszeiten in Minuten. Ausreißer, die insbesondere durch Fehleinschätzungen des eigenen Zeitbedarfs zustande kommen können, beeinflussen den Median kaum. Werden die Messwerte einer Stichprobe aufsteigend sortiert, ist der Median der Wert, für den genauso viele Fälle über diesem Wert liegen wie darunter (vgl. z. B. BORTZ 2005: 36).

Ähnlich wie bei der ersten Schätzvariante der Evakuierungsfähigkeit wird die Zeitspanne, nach der die Hälfte der Haushalte evakuiert ist, geschätzt, indem die Mediane pro HHTyp aus der Haushaltsbefragung (siehe Tabelle 3.9) auf die Zahlen der HHTypen aus der Kommunalstatistik übertragen werden. Die

Evakuierungszeit für die Hälfte der Haushalte im Expositionsgebiet einer Raumeinheit wird dann folgendermaßen geschätzt:

Formel 3:

$$\begin{aligned} \text{Median Zeit} = & \\ & (\text{Anteil HHtyp 1} * \text{Median HHtyp 1}) + \\ & (\text{Anteil HHtyp 2} * \text{Median HHtyp 2}) + \\ & (\text{Anteil HHtyp 3} * \text{Median HHtyp 3}). \end{aligned}$$

Die Zahlen der Haushaltstypen beziehen sich wieder jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man für jede Raumeinheit eine Minutenzahl erhält. Die Mediane werden jeweils basierend auf der UNU-EHS-Haushaltsbefragung nach Stadt, Expositionsgebiet und HHtyp eingesetzt.

Sowohl die Diagramme als auch die Mediane lassen zwar Unterschiede zwischen den Haushaltstypen erkennen, allerdings sind diese nicht immer sehr eindeutig, weshalb eine Überprüfung in der jeweiligen Kommune durchgeführt werden sollte. Zur Überprüfung der Trennbarkeit von Evakuierungszeiten durch Haushaltstypen wurde hier jeweils eine Varianzanalyse durchgeführt, deren ausgewählte Ergebnisse in Tabelle 3.10 dargestellt werden. Für das HQ-100-Gebiet in Dresden sind aufgrund der geringen Fallzahl des ersten Haushaltstyps keine Ergebnisse aufgeführt.

	HHtyp 1: Haushalte mit Kindern unter 6 Jahren	HHtyp 2: Haus- halte mit Mitglie- dern ausschließ- lich zwischen 6 und 59 Jahren	HHtyp 3: Haushalte mit Personen ab 60 Jahren
Köln HQ-100	30	20	20
Köln EHQ	30	15	30
Dresden HQ-100	90 ^a	30	30
Dresden EHQ	45	30	30

Tab 3.9 Mediane der Evakuierungszeit in Minuten

^a Dieser Wert beruht auf nur 9 Fällen in der Haushaltsbefragung. Eine Schätzung für dieses Expositionsgebiet findet nicht statt.

	p-Wert Levene-Test	p-Wert F-Test	Eta-Quadrat (η^2)
Köln HQ-100	< 0,001	< 0,001	0,436
Köln EHQ	0,034	< 0,001	0,325
Dresden EHQ	0,133	< 0,001	0,231

Tab. 3.10 Ausgewählte Maße der Varianzanalysen

Wie in Kapitel 3.2.2.4 beschrieben, testet der Levene-Test die Voraussetzung der Varianzenhomogenität. Aufgrund der kleinen p-Werte kann diese Voraussetzung teilweise nicht erfüllt werden. Dies ist wahrscheinlich eine Folge der unterschiedlich großen Stichprobenumfänge. Insbesondere Haushaltstyp 1 ist relativ gering vertreten, bei einer Beschränkung auf die HQ-100-Expositionsgebiete verringert sich der Stichprobenumfang weiter. Für den Fall nicht gegebener Varianzhomogenität wird empfohlen, nur bei einem besonders kleinen p-Wert des F-Testes die Nullhypothese abzulehnen (BÜHL 2008: 447). Dieser liegt in allen Fällen unter 0,001, so dass dennoch ein Einfluss der Haushaltstypen auf die Evakuierungszeit angenommen wird.

Die Testergebnisse zeigen somit, dass es einen Unterschied zwischen den Haushaltstypen und ihrer Evakuierungszeit gibt. Die Diagramme deuten an, dass sich teilweise zwei der Haushaltstypen ähnlich verhalten, was die Testergebnisse aber nicht ändert, weil sich immer mindestens ein Haushaltstyp anders verhält. Damit ist aber ein Zusammenfallen insbesondere zweier Medianwerte möglich, was hier auch geschieht. Deshalb kann eine Abschätzung des Medians für verschiedene Raumeinheiten – je nachdem wie homogen die Haushaltstypen zwischen den Raumeinheiten verteilt sind – Ergebnisse liefern, die nur wenig differenziert sind (z. B. Dresden, EHQ-Gebiet, hier lagen die Schätzwerte für die Stadtteile sehr nah beieinander).

Der Wert für Eta-Quadrat (η^2), der den Anteil der erklärten Varianz ausdrückt, ist für Dresden relativ klein, was die bereits genannten Probleme für Dresden bestätigt. Am größten ist der Anteil erklärter Varianz mit etwa 44 % für das HQ-100-Gebiet in Köln. Wie bereits bei der Evakuierungsfähigkeit erwähnt, zeigen sich in der UNU-EHS-Haushaltsbefragung viele untersuchte Zusammenhänge in den stärker exponierten Lagen (HQ-100) deutlicher als in den geringer exponierten Lagen (EHQ).

Die Karte zur Evakuierungszeit der HQ-100-Expositionsgebiete in Köln (Abbildung 3.22) zeigt ein ähnliches Bild wie die Karte zur Evakuierungsfähigkeit. Auch hier ist zu erkennen, dass insbesondere die dunkelrot und hellgelb gekennzeichneten Stadtviertel nur zu geringen Teilen im Expositionsgebiet liegen. Diese besonders hohen bzw. niedrigen Werte kommen nur bei einer geringen Anzahl exponierter Haushalte zustande, die meisten Stadtviertel weisen bei der Evakuierungszeit Werte zwischen 22 und 26 Minuten auf. Wie Abbildung 3.19 zeigt, liegen die Haushaltstypen 2 und 3 im HQ-100-Expositionsgebiet in Köln generell relativ nah beieinander, während Haushaltstyp 1 deutlich langsamer ist, was sich insbesondere in den ersten Minuten zeigt. Bei 50 % evakuierter Haushalte hat bereits eine Annäherung stattgefunden; folglich weichen die Mediane nicht mehr stark voneinander ab. Denkbar wäre auch, je nach Anwendungsziel die Unterschiede für z. B. 20 % oder 30 % evakuierter Haushalte zu betrachten, da sich hier möglicherweise deutlichere Unterschiede zwischen den Haushaltstypen ergeben. Für die EHQ-Expositionsgebiete ist diese Situation in den Abbildungen 3.20 und 3.21 nicht mehr zu erkennen.

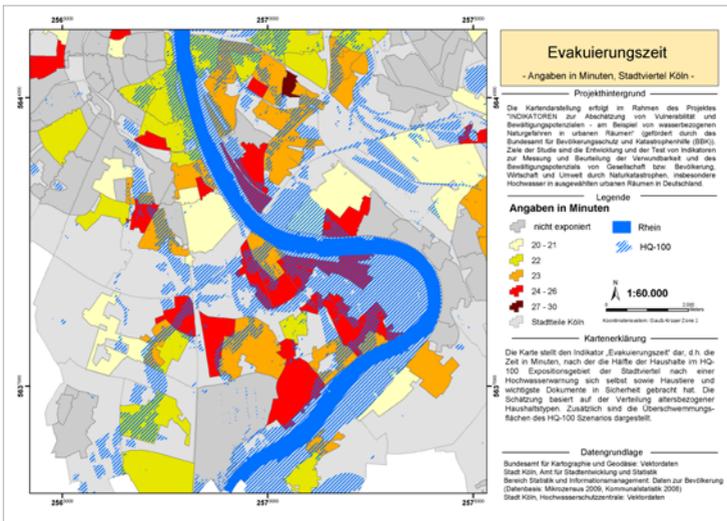


Abb. 3.22 Evakuierungszeiten im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

Die Evakuierungszeiten für das EHQ-Gebiet in Dresden wurden zwar mit der beschriebenen Methode geschätzt, allerdings werden diese hier nicht kartographisch dargestellt, weil die Werte zwischen den Stadtteilen nur gering variieren und folglich Unterschiede kaum deutlich werden. Ein Grund dafür könnte – neben einer recht homogenen Verteilung der Haushaltstypen – darin liegen, dass bereits zwei Haushaltstypen denselben Medianwert haben und der dritte Haushaltstyp (HHtyp 1) nur einen geringen Anteil an den gesamten Haushalten im Stadtteil aufweist.

3.3.1.3 Bereich Bewältigung

Berechnung des Indikators Versicherungsschutz

Als ein Indikator zur Abschätzung der Bewältigungskapazität wurde der Anteil der Haushalte in Köln und Dresden geschätzt, der über eine Elementarschaden-Versicherung verfügt und damit im Fall eines Hochwasserschadens finanziell gegenüber Schäden abgesichert ist. Da der *Versicherungsschutz* nicht direkt in der kommunalen Statistik enthalten ist, wurde der Indikator für Köln im Kernindikatorenset über die Einkommensverteilung abgeschätzt. Dabei gilt die Annahme, dass Personen in höheren Gehaltsklassen tendenziell über einen besseren Versicherungsschutz verfügen. Ersatzweise kann dieser Indikator auch über den Anteil von Mietern bzw. Eigentümern der bewohnten Wohnung (bzw. des bewohnten Hauses) bestimmt werden, wobei die Beobachtung, dass Eigentümer eher eine Elementarschaden-Versicherung abgeschlossen haben, zugrunde gelegt wurde. Da für Dresden keine Informationen zum Haushaltseinkommen zur Verfügung standen, wurde hier die Abschätzung des Versicherungsschutzes gegenüber Hochwasserschäden über den Anteil der Mieter/Eigentümer bestimmt.

Anmerkung: In der UNU-EHS-Haushaltsbefragung konnte nur der Versicherungsschutz gegenüber Elementarschäden der Haushalte selbst abgefragt werden, d. h. ob Eigentümer einer Mietwohnung gegen Elementarschäden am Wohngebäude versichert sind, bleibt unbeachtet. Unbeschadet dessen ist es für die Bewältigungskapazität des jeweiligen Haushaltes entscheidend, ob dieser Haushalt gegenüber Hochwasserschäden an der von ihm bewohnten Wohnung bzw. deren Inventar versichert ist.

Berechnung des Indikators nach Variante 1 (Köln):

Stehen Daten zum Haushaltseinkommen zur Verfügung, kann der prozentuale Anteil des Versicherungsschutzes mit Hilfe einer linearen Regression abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 3.2.2.2).

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

Formel 4:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x.$$

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

Für die Abschätzung des Indikators für die Expositionsgebiete in Köln wurden zunächst die Anteile der Versicherten pro Einkommensklasse in der UNU-EHS Haushaltsbefragung bestimmt. Dann wurde ein lineares Regressionsmodell mit den Mittelwerten der Einkommensklassen als unabhängige und den Anteilswerten der Versicherten in der jeweiligen Einkommensklasse erstellt. Die Regressionsgeraden und tatsächlichen Beobachtungswerte in den beiden Expositionsgebieten sind in Abbildung 3.23 und 3.24 dargestellt.

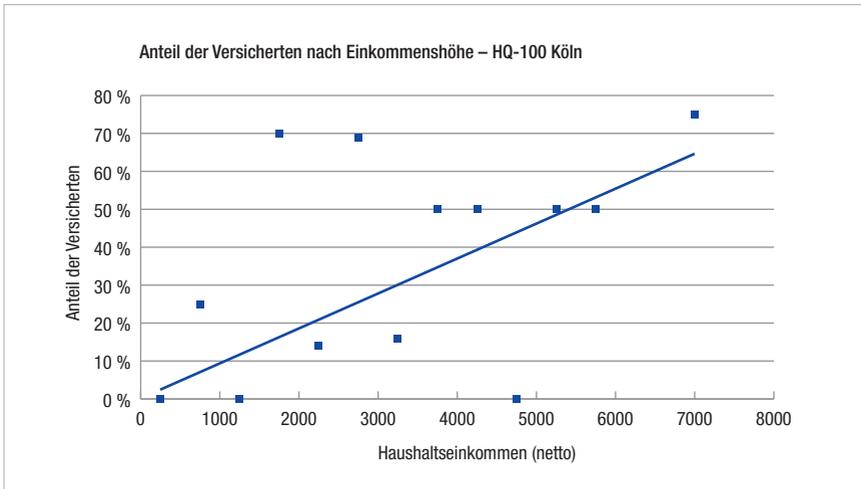


Abb. 3.23 Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

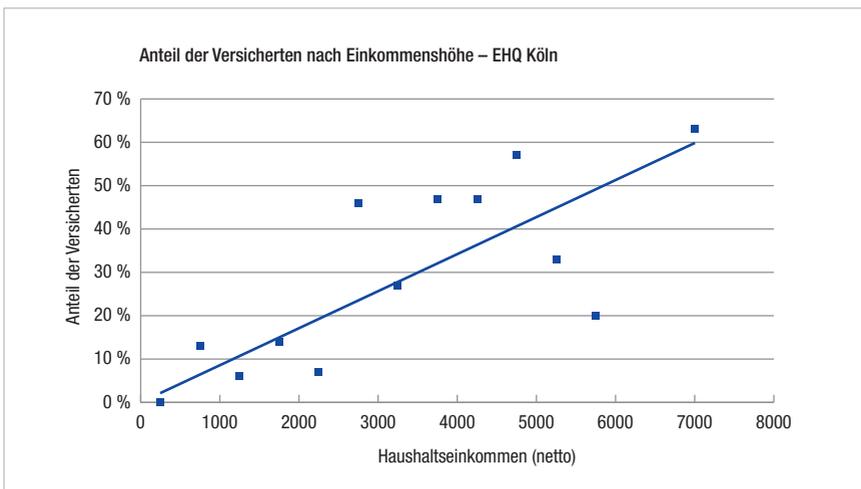


Abb. 3.24 Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete HQ-100 und EHQ in Köln sind in den Tabellen 3.11 und 3.12 zusammengefasst (vgl. auch Kapitel 3.2.2.2). Bei Regressionsschätzungen, die neben dem Regressionskoeffizienten (b_1) auch eine Konstante (b_0) enthalten, wurde diese Konstante als nicht signifikant von 0 verschieden getestet. Deshalb wurde sie von vornherein ausgeschlossen bzw. = 0 gesetzt. Inhaltlich bedeutet eine Konstante von 0, dass bei Haushalten ohne Einkommen der Anteil der gegenüber Hochwasserschäden versicherten Haushalte laut Regression bei 0 % läge. Die Regressionskoeffizienten (b_1) erscheinen sehr klein (vgl. Tabelle 3.11), was an der Einheit ‚Euro‘ der Variablen liegt, d. h. die Regressionskoeffizienten geben die Veränderung des Versichertenanteils pro 1 Euro an und sind damit entsprechend klein.

Bei der Interpretation des Bestimmtheitsmaßes R^2 muss beachtet werden, dass dieses bei einem Modell ohne konstanten Term den Anteil der Variabilität in der abhängigen Variablen durch den Ursprung misst, der durch die Regression erklärt werden kann. Es kann nicht mit dem R^2 bei Modellen verglichen werden, die einen konstanten Term enthalten²⁵. Der F-Test bestätigt in beiden Fällen den Zusammenhang mit einem höchstsignifikanten Ergebnis. Der mittlere Fehler liegt bei 20,6 % bzw. 13,8 %. Dieser Fehler erscheint recht hoch, was aber bei einem simplen Zusammenhang Einkommen – Versichertenanteil auch zu erwarten ist. Dennoch bestätigt die Regression eindeutig den Zusammenhang und kann insbesondere zum Aufzeigen räumlicher Unterschiede als erste Näherung verwendet werden.

	HQ-100		EHQ	
	Regressionskoeffizient (b_1)	p-Wert F-Test	Regressionskoeffizient (b_1)	p-Wert F-Test
Einkommen	0,00009	< 0,001	0,00008	< 0,001

Tab. 3.11 Koeffizienten der linearen Regressionsmodelle

25 Anmerkung in der SPSS-Ausgabedatei

	HQ-100	EHQ
R ²	0,76	0,86
Standardfehler des Schätzers	0,206	0,138

Tab. 3.12 Ausgewählte Gütemaße der linearen Regressionsmodelle

Mit dem linearen Regressionsmodell kann jeder Einkommenshöhe ein Anteilswert der gegenüber Hochwasserschäden versicherten Haushalte zugeordnet werden.

Der gesamte Anteilswert (pro Stadtteil) wird dann durch folgende Berechnung bestimmt:

Formel 5:

Anteil Versicherte =

(Anteil HH Einkommensklasse 1 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 1) +

(Anteil HH Einkommensklasse 2 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 2) +

(Anteil HH Einkommensklasse 3 * Anteil der versicherten HH in der Einkommensklasse 3) +

... (weitere Einkommensklassen und ihr Anteil an versicherten Haushalten).

Die Zahlen der Einkommensklassen beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) pro Stadtteil. Für die Anteile der versicherten Haushalte werden jeweils die Regressionswerte des entsprechenden Expositionsgebietes verwendet.

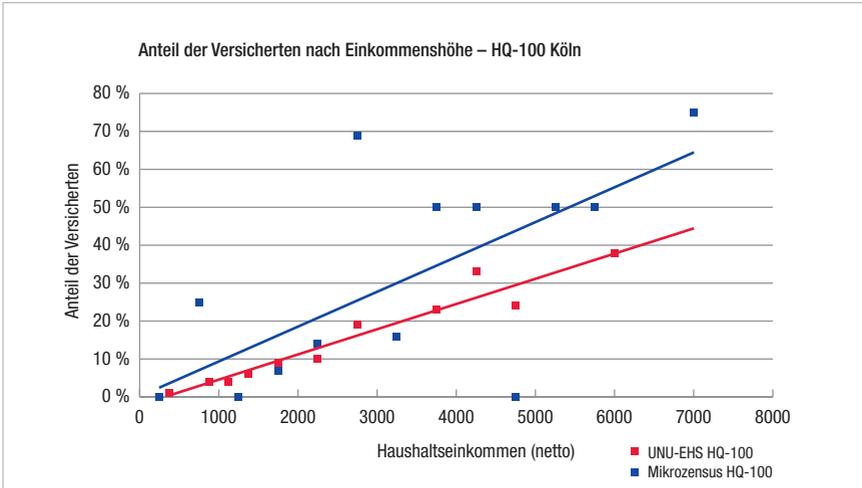


Abb. 3.25 Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009.

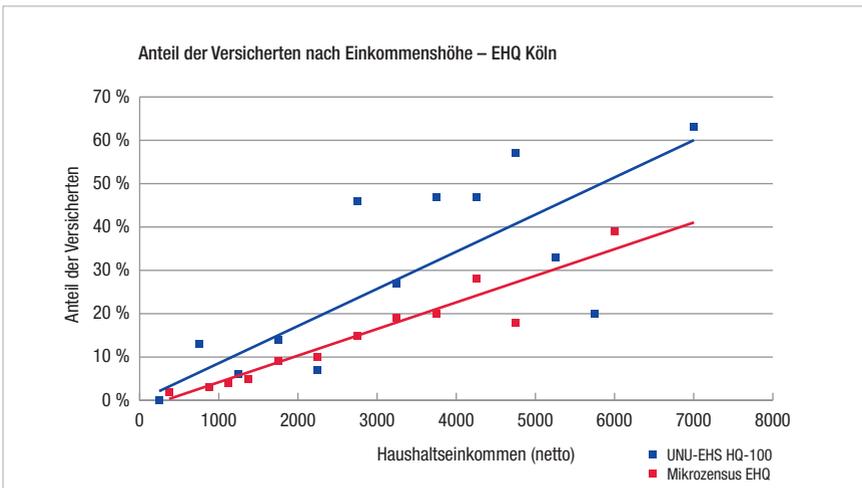


Abb. 3.26 Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009.

Für Köln bestand zudem die Möglichkeit, die Schätzmethode zum Versicherungsschutz, die auf der UNU-EHS-Haushaltsbefragung beruht, mit den Ergebnissen des kommunalen Mikrozensus zu verifizieren. Eine lineare Regression, wie sie oben beschrieben ist, wurde deshalb auch mit den Mikrozensus-Daten durchgeführt (vgl. Abbildungen 3.25 und 3.26). Sie bestätigen sehr deutlich den linearen Zusammenhang zwischen der Einkommenshöhe und dem Versicherungsschutz der betrachteten Haushalte. Allerdings liegen die Anteile der Versicherten bei den Mikrozensusdaten insgesamt unter denen der UNU-EHS-Befragungsdaten (ca. 10-20 %).

Die Daten aus dem kommunalen Mikrozensus Köln lassen eine direkte Darstellung des Versicherungsschutzes der Haushalte gegenüber Elementarschäden zu. Dies entspricht dem kommunalspezifischen Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz*, vgl. Kapitel 3.3.2.

Berechnung des Indikators nach Variante 2 (Dresden):

Ersatzweise, wenn Einkommensdaten nicht verfügbar sind, können auch Daten zur Anzahl der Eigentümer und Mieter in einer Raumeinheit als erste Orientierung zur Abschätzung des *potenziellen Versicherungsschutzes* herangezogen werden. Dieses Vorgehen ist damit zu begründen, dass in der UNU-EHS-Haushaltsbefragung die Gruppe der Eigentümer nachweislich zu einem höheren Anteil gegenüber Hochwasserrisiken versichert ist als dies innerhalb der Gruppe der Mieter der Fall ist. Bei den Eigentümer-Haushalten entsteht vielfach auch der größere finanzielle Schaden, da neben dem Inventar häufig auch das Haus deutlichen Schaden nimmt. Eigentümer, die in ihrem eigenen Haus wohnen, verfügen also möglicherweise nicht nur im Rahmen der Hausratversicherung über eine Zusatzversicherung gegen Elementarschäden, sondern auch im Rahmen der Wohngebäudeversicherung. Für Mieter ist meist nur eine Versicherung des Hausrats gegenüber Elementarschäden relevant.

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

Formel 6:

Anteil versicherte Haushalte =
 (Anteil Mietwohnungen/ -häuser * Anteil versicherte Mieter) +
 (Anteil Wohnungen/Häuser bewohnt vom Eigentümer * Anteil versicherte
 Eigentümer).

Die Anteile der Wohnungen/Häuser beziehen sich dabei jeweils auf das Expositionsgebiet (HQ-100 oder EHQ) einer Raumeinheit, so dass man am Ende für jede Raumeinheit einen Wert erhält. Für die Anteile der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung werden jeweils die Werte des entsprechenden Expositionsgebietes aus der UNU-EHS-Haushaltsbefragung verwendet. Die Anteile ergeben sich durch die Zeilenprozentage (vgl. auch Kapitel 3.2.2.1) in den Kreuztabellen (siehe Tabellen 3.13 und 3.14).

		Elementarschaden- Versicherung		
		Nein	Ja	Gesamt
Mieter	Anzahl	69	32	101
	% der Mieter	68,3 %	31,7 %	100,0 %
Eigentümer	Anzahl	23	52	75
	% der Eigentümer	30,7 %	69,3 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl	92	84	176
	%	52,3 %	47,7 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,373	< 0,001

Tab. 3.13 Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, HQ-100-Gebiete, Dresden

		Elementarschaden- Versicherung		
		Nein	Ja	Gesamt
Mieter	Anzahl	173	74	247
	% der Mieter	70,0 %	30,0 %	100,0 %
Eigentümer	Anzahl	48	92	140
	% der Eigentümer	34,3 %	65,7 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl	221	166	387
	%	57,1 %	42,9 %	100,0 %

	Wert	p-Wert
Cramers-V	0,347	< 0,001

Tab. 3.14 Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, EHQ-Gebiete, Dresden

Die Visualisierung der berechneten Werte in Karten zeigt z. B., dass der rechtsrheinische Innenstadt-Bereich in Köln als ein Gebiet identifiziert wurde, welches nur einen geringen Versicherungsschutz und damit auch eine relativ geringe finanzielle Bewältigungskapazität aufweist, obwohl dieser zu großen Teilen im potenziellen Überschwemmungsgebiet eines HQ-100-Hochwassers liegt. Die Einkommensverteilung lässt auf eine eher geringe Versicherungsdichte schließen. Der ebenfalls zu großen Teilen exponierte Stadtteil Rodenkirchen im Süden z. B. verfügt dagegen über eine potenziell hohe Versicherungsdichte (siehe Abbildung 3.27).

Die Daten zur Abschätzung des Versicherungsschutzes in Dresden standen nur auf Stadtraumebene zur Verfügung, so dass sich die vorliegende Karte nicht sinnvoll interpretieren lässt. Für eine eingehende Information und Auswertung des Indikators ist hier die Verbesserung der Datenlage unabdingbar.

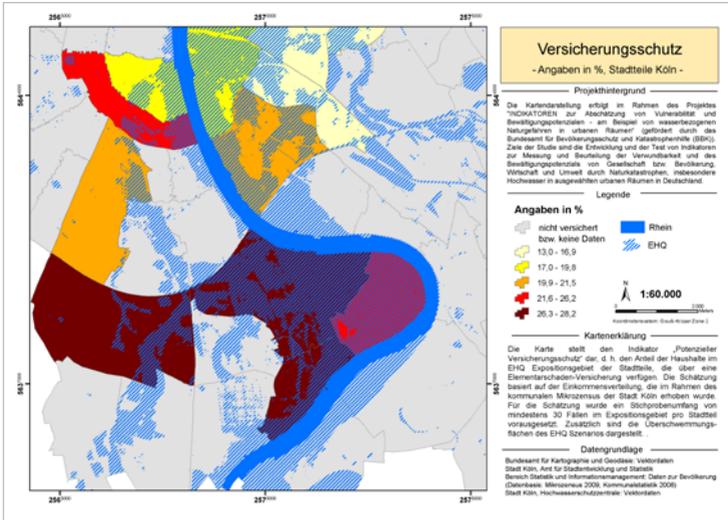


Abb. 3.27 Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

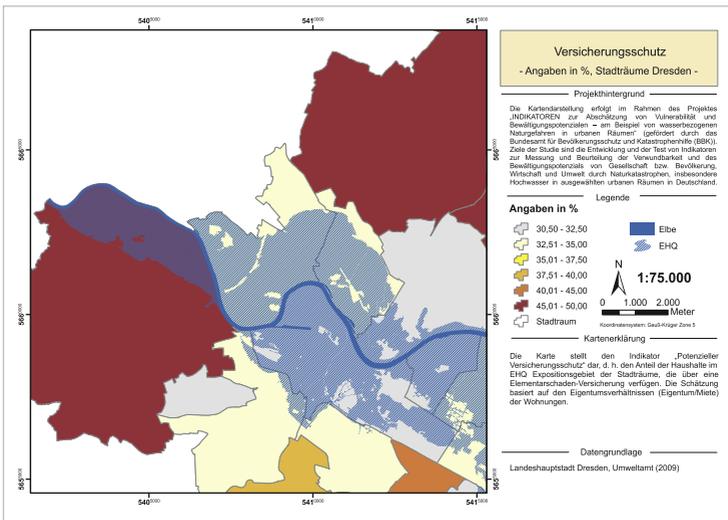


Abb. 3.28 Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

Berechnung des Indikators Hochwassererfahrung

Für die Abschätzung der *Hochwassererfahrung* wurde zunächst versucht, eine rein theoretische Wahrscheinlichkeit zu verwenden, die auf der statistischen Wiederkehrrate eines Hochwasserereignisses beruht (vgl. auch CARDONA 2005: 38 f.). Diese ergibt sich aus der Expositionslage des Wohnstandortes (z. B. HQ-100, HQ-500) und der Zahl der Jahre, die ein Haushalt bereits an diesem Wohnort lebt („Wohndauer“). Die Wahrscheinlichkeit, noch kein Hochwasser am Wohnort erlebt zu haben, lautet danach:

Formel 7a:

$$P(\text{keine Hochwassererfahrung}) = (1 - 1/\text{HQ})^{\text{Wohndauer}}$$

Für „HQ“ ist hier z. B. 100 (HQ-100-Gebiet) oder 500 (HQ-500-Gebiet) einzusetzen. In diesem Fall müssen die Expositionsbereiche als überschneidungsfreie Gebiete betrachtet werden: Ein HQ-100-Gebiet liegt normalerweise auch gleichzeitig im EHQ (z. B. HQ-500-)Gebiet. Hier aber werden die Gebiete getrennt betrachtet, d. h. das HQ-100-Gebiet und das EHQ ohne HQ-100-Gebiet.

Ein Hochwasserereignis im HQ-100-Gebiet tritt in jedem Jahr mit der Wahrscheinlichkeit $1/100=0,01$ ein. Die Wahrscheinlichkeit, dass es nicht eintritt, ist dann die Gegenwahrscheinlichkeit, also 0,99. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt in einem HQ-100 Gebiet bei einer Wohndauer von 20 Jahren kein Hochwasser erlebt, liegt dann theoretisch bei 0,99 hoch 20.

Es ist wichtig, zu betonen, dass bei Anwendung dieser rein theoretischen Formel zwei bedeutende Annahmen gemacht werden: Erstens, dass die mittlere Wartezeit für ein Hochwasser tatsächlich 100 Jahre beträgt und zweitens, dass die Wahrscheinlichkeiten der Hochwasser voneinander unabhängig sind. An der Gültigkeit beider Voraussetzungen gibt es wohl berechtigte Zweifel; denn erstens beobachten wir in den letzten Jahren eine Verkürzung der Wartezeit und zweitens wird bei einer so langen Zeit wie etwa 100 Jahren davon auszugehen sein, dass nach jedem Hochwasser bauliche Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit eines weiteren Hochwassers verändern, so dass die Ereignisse teilweise voneinander unabhängig sind.

Ein Ansatz war nun, den Zusammenhang zwischen dieser theoretischen Wahrscheinlichkeit und der real erlebten Hochwassererfahrung zu ermitteln. Dafür

könnte ein logistisches Regressionsmodell (vgl. Kapitel 3.2.2.3) unter Verwendung der Ergebnisse der UNU-EHS-Haushaltsbefragungen eingesetzt werden. Diese Idee wurde aus folgenden Gründen verworfen:

Neben der zweifelhaften Gültigkeit der genannten Annahmen ist die Anwendung einer solchen Formel insbesondere bei der Betrachtung vergangener (und nicht zukünftiger) Jahre problematisch: Selbst wenn die mittlere Wartezeit für ein Hochwasser beispielsweise 100 Jahre beträgt, so kann doch das letzte Hochwasser vor – zum Beispiel – 10 Jahren gewesen sein. Damit ist die Wahrscheinlichkeit, keine Erfahrung zu haben, für alle Haushalte, die länger als 10 Jahre dort leben, nicht 0,99 hoch 10 ($\approx 0,9$) sondern einfach nur genau = 0, modifiziert nur um den Umstand, ob sie es so erlebt haben.

Mit einer logistischen Regression hätte man nun versucht, die „theoretische“ Wahrscheinlichkeit in die „tatsächliche“ Wahrscheinlichkeit umzuwandeln, wobei im Grunde die einzige Variable durch die Wohndauer gebildet wird (die Regressionen müssten getrennt nach Expositionsgebiet erstellt werden, so dass die Expositionsgebiete keine Variable mehr darstellen).

Deshalb wird stattdessen diese einzige Variable direkt als unabhängige Variable in einem logistischen Regressionsmodell verwendet:

Das logistische Regressionsmodell für eine binäre abhängige Variable (binär: zwei mögliche Zustände, hier Hochwassererfahrung/keine Hochwassererfahrung) und einer unabhängigen Variablen (hier: Wohndauer), lautet (vgl. z. B. BACKHAUS 2005: 431):

Formel 7b:

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

mit $z = b_0 + b_1x_1$.

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

x_1 ist die unabhängige Variable, hier die Wohndauer.

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

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

$P(Y=1)$, also die Wahrscheinlichkeit für „keine Hochwassererfahrung“, kann bei der Anwendung auf Raumeinheiten als Anteil der Haushalte interpretiert werden, die noch kein Hochwasser am Wohnort erlebt haben. Für Köln und Dresden lagen die Angaben zur Wohndauer klassiert vor, so dass für die Abschätzung auf Stadtviertel-/Stadtteilebene jeweils der Mittelwert der Klasse in das zugehörige Regressionsmodell eingesetzt wurde. Man erhält auf diese Weise einen Anteil der Hochwassererfahrung für jede Wohndauerklasse und Expositionslage. Diese Werte werden anschließend mit den jeweiligen Anteilswerten der Wohndauerklassen in der Raumeinheit gewichtet und ergeben einen gemeinsamen Anteilswert pro Raumeinheit. Für das Schätzverfahren des Indikators werden also die tatsächlich in der Vergangenheit überfluteten Bereiche nicht einbezogen, stattdessen gehen die HQ-100- bzw. EHQ-Szenarien in die Schätzung mit ein.

Für die Regressionsschätzungen wurden die Antworten auf die Fragen *„Seit wann wohnen Sie in Köln/Dresden?“* bzw. *„Haben Sie persönlich schon ein Hochwasser in Köln/Dresden erlebt?“* der UNU-EHS-Haushaltsbefragung verwendet. Es wurde also nach der Wohndauer in der Stadt und nicht der Wohndauer am konkreten Wohnstandort oder im Expositionsgebiet gefragt. Für die Schätzung auf Stadtviertel-/Stadtteilbasis wurde aber die Wohndauer am konkreten Wohnstandort eingesetzt, was eine Ungenauigkeit zur Folge hat, weil innerstädtische Umzüge vernachlässigt werden. Dies muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

Die Ergebnisse der Regressionsschätzungen für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden sind in den Tabellen 3.15 und 3.16 zusammengefasst (zur Interpretation vgl. auch Kapitel 3.2.2.3). Die Regressionskoeffizienten (b) können in Formel 7b eingesetzt werden, um Wahrscheinlichkeiten bzw. relative Häufigkeiten für bestimmte Werte der unabhängigen Variablen zu bestimmen (vgl. z. B. BACKHAUS et al. 2005: 444 f.).

Köln	HQ-100			EHQ (ohne HQ-100)		
	Regressions- koeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald- Test	Regressions- koeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald- Test
Konstanter Term	1,85	–	< 0,001	1,87	–	< 0,001
Wohndauer	-0,10	0,97	< 0,001	-0,09	0,91	< 0,001

Dresden	HQ-100			EHQ (ohne HQ-100)		
	Regressions- koeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald- Test	Regressions- koeffizienten (b)	Exp(b)	p-Wert Wald- Test
Konstanter Term	0,46	–	0,3	0,64	–	0,3
Wohndauer	-0,22	0,80	< 0,001	-0,20	0,82	< 0,001

Tab. 3.15 Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle

Abhängige Variable: Hochwassererfahrung. Referenzkategorie: Hochwassererfahrung = Ja.

	Köln, HQ-100	Köln, EHQ (ohne HQ-100)	Dresden, HQ-100	Dresden, EHQ (ohne HQ-100)
p-Wert LQ-Test	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pseudo-R² (Nagelkerke)	0,225	0,170	0,303	0,284
Richtig klassifizierte Fälle	69,6 %	68,2 %	91,0 %	89,2 %

Tab. 3.16 Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

Für Köln ist dieser Ansatz einigermaßen erfolgreich: Die p-Werte der Wald-Tests und des LQ-Tests sind sehr klein, das Pseudo-R² deutet zwar auf einen nicht sehr hohen Anteil erklärter Variation hin, aber es werden ausreichend viele Fälle richtig klassifiziert: Die Werte liegen mit 69,6 % bzw. 68,2 % deutlich über den Prozentwerten der größeren Gruppe der Stichprobe mit 58,2 % bzw. 53,6 % (vgl. hierzu BACKHAUS et al. 2005: 451). Für Dresden erscheint zwar der Anteil

erklärter Variation größer, allerdings sind die p-Werte des Wald-Tests bei den konstanten Termen relativ groß. Der Anteil der richtig klassifizierten Fälle erscheint zunächst hoch, relativ gesehen werden aber mit 91,0 % bzw. 89,2 % nur wenige Fälle richtig klassifiziert, da der Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung in der Stichprobe bereits bei 91,0 % bzw. 90,1 % liegt. Diese generell hohen Zahlen aus der Stichprobe resultieren aus dem extremen Elbehochwasser im Jahr 2002. Die logistische Regression schafft es nun offenbar nicht, neben den Haushalten mit Hochwassererfahrung auch die wenigen Haushalte ohne Hochwassererfahrung richtig zu klassifizieren. Die konkrete Anwendung ist deswegen aber nicht direkt hinfällig, weil keine einzelnen Haushalte klassifiziert werden. Stattdessen werden Wahrscheinlichkeiten pro Stadtteil bestimmt, die als Anteilswerte interpretiert werden.

Ein Vergleich der durchschnittlichen Anteile der Hochwassererfahrung mit Angaben aus dem Mikrozensus bzw. den Ergebnissen der UNU-EHS-Haushaltsbefragung zeigt eine Unterschätzung von etwa 20 %. Eine Erklärung liegt in dem bereits erwähnten Unterschied der Definition von „Wohndauer“: Die Schätzung des Regressionsmodells beruht auf der Wohndauer in der Stadt, während die verwendete Wohndauer aus der Kommunalstatistik die Wohndauer am konkreten Wohnstandort meint. Letztere wird insgesamt kürzer sein als die Gesamtwohndauer in der Stadt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Unterschätzung der Hochwassererfahrung nicht verwunderlich – relative Unterschiede sollten aber dennoch gelten.

Die Abbildungen 3.29 und 3.30 zeigen die kartographischen Darstellungen der geschätzten Hochwassererfahrung auf Grundlage der logistischen Regressionsmodelle für Köln und Dresden. Die Angaben beziehen sich auf die EHQ-Gebiete der Stadtviertel, wobei die Anteile – wie erläutert – zunächst getrennt nach Expositionsgebiet bestimmt werden und anschließend durch Gewichtung den gemeinsamen Wert ergeben. Sowohl für Köln als auch für Dresden sind danach Innenstadtgebiete schlechter gestellt als beispielsweise nordwestliche Teile in Dresden und südliche Teile (z. B. Rodenkirchen) in Köln. Dies lässt sich leicht mit häufigen Zu- bzw. Fortzügen im Innenstadtbereich erklären.

Hohe Werte für Stadtviertel, die relativ weit vom Fluss entfernt liegen, könnten zunächst überraschen. Zu beachten ist aber, dass teilweise nur eine kleine Anzahl an Haushalten in den Expositionsgebieten dieser Stadtviertel liegt – die dann möglicherweise auch noch eine hohe Wohndauer aufweist. Auch befinden sich selbst weit entfernte kleinere Gebiete teilweise im Gebiet des HQ-100-Szenarios.

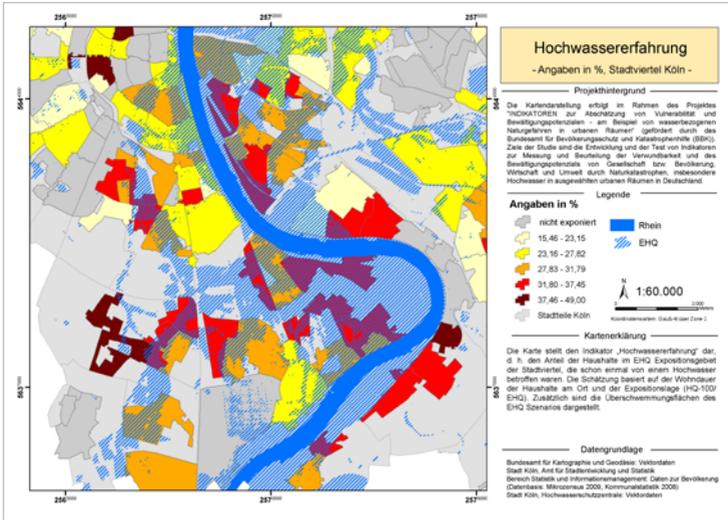


Abb. 3.29 Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

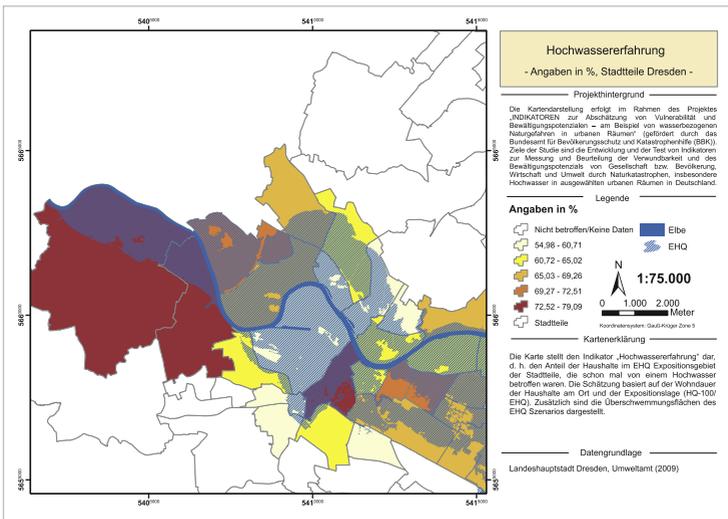


Abb. 3.30 Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)

Eine Übertragung der konkreten Regressionsergebnisse zur Abschätzung des Indikators Hochwassererfahrung in anderen Kommunen kann nicht vertreten werden, auch nicht, wenn die Befragungsergebnisse aus Köln und Dresden gemeinsam zur Regressionsschätzung verwendet würden. Grund ist, dass die Angaben zur Hochwassererfahrung stark ortsabhängig sind, weil diese durch konkrete Hochwasser der Vergangenheit in der jeweiligen Stadt bestimmt sind. Dadurch werden auch die ermittelten Zusammenhänge zwischen Wohndauer und Hochwassererfahrung in Gebieten, in denen Hochwasserereignisse in anderen Jahren und in anderer Intensität aufgetreten sind, ganz anders aussehen. Hier müssten also die Zusammenhänge mit eigenen Befragungsergebnissen ermittelt werden.

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

Im Idealfall können die räumlichen Informationen zur Wohndauer mit kartographischen Darstellungen vergangener Hochwasserereignisse verschnitten werden. So könnte ziemlich genau ermittelt werden, wie viele Haushalte jeweils zum Zeitpunkt eines bestimmten Hochwassers bereits am Wohnort gelebt haben. Daraus könnte dann die Hochwassererfahrung pro Raumeinheit geschätzt werden. Für Köln und Dresden standen diese Informationen nicht zur Verfügung, so dass diese Möglichkeit nicht erprobt werden konnte. Eine Schwierigkeit wird auch sein, dass die Informationen wahrscheinlich auf Luft- oder Satellitenbildern beruhen würden und z. B. durch Abflussrohre eindringendes Wasser nicht erfasst würde. Weiterhin spielt der Zeitpunkt der Aufnahme eine Rolle. Die jeweilige Kommune müsste entscheiden, welche Hochwasserereignisse in die Untersuchung einbezogen werden sollen und entsprechend sicherstellen, dass die räumlichen Informationen zu jedem dieser Ereignisse vorliegen.

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

3.3.2 Diskussion und Validierung der kommunalspezifischen Indikatoren für die Städte Köln und Dresden

Zur Bestimmung kommunalspezifischer Indikatoren konnten für Köln Ergebnisse eines kommunalen Mikrozensus aus dem Jahr 2008/2009 verwendet werden, da vorab entsprechende Fragestellungen speziell zu diesem Thema in den Fragebogen integriert werden konnten. Für Dresden wurden Ergebnisse der UNU-EHS-Haushaltsbefragung verwendet.

Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Anfälligkeit der Bevölkerung

Neben den in Kapitel 3.3.1 diskutierten Kernindikatoren zur Erfassung der Anfälligkeit können bei Durchführung eigener Befragungen auch weitere kommunalspezifische Indikatoren angewendet werden. Im Folgenden sollen die beiden Indikatoren Hochwassersensibilität und Informationslage zur Hochwassergefährdung als solche beschrieben werden.

Berechnung des Indikators Hochwassersensibilität

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

Insgesamt ist der Indikator *Hochwassersensibilität* als die gemittelte Bewertung (die Durchschnittswerte der Klassenwerte von Klasse 1 ‚sehr unwahrscheinlich‘ bis Klasse 8 ‚sehr wahrscheinlich‘) zu verstehen und stellt damit ein direktes Maß der von den befragten Haushalten subjektiv eingeschätzten Hochwassergefahr dar. Die Visualisierung in der Karte (Abbildung 3.31) gibt die subjektive Einschätzung der Hochwassergefahr der befragten Haushalte im Vergleich zu deren tatsächlicher Exposition wieder. Anhand dieser Darstellung lassen sich dann z. B. Stadtviertel erkennen, in denen die Hochwassersensibilität sehr gering ist, obschon eine Hochwasserexposition gegeben ist.

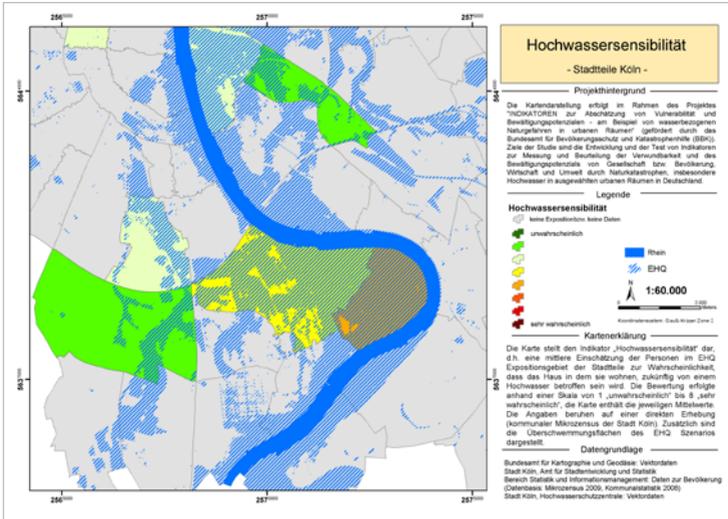


Abb. 3.31 Hochwassersensibilität im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

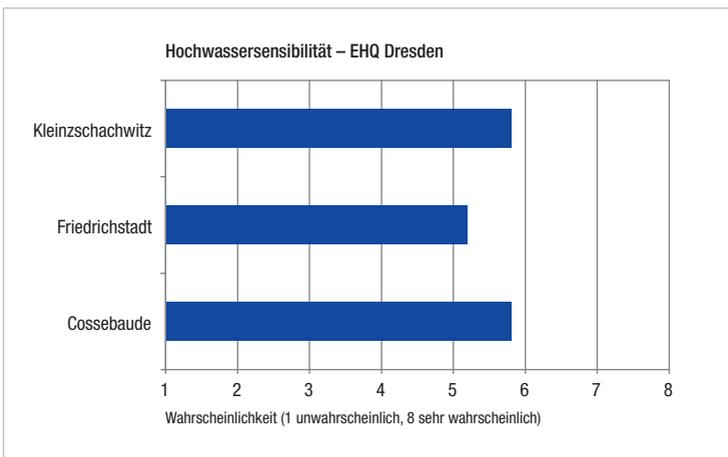


Abb. 3.32 Mittelwerte der Hochwassersensibilität für die UNU-EHS-Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

In Köln zeigen insbesondere südliche Stadtteile mit starker Exposition eine relativ hohe Sensibilität.

Für Dresden wurden die Angaben der UNU-EHS-Haushaltsbefragung ausgewertet (Abbildung 3.32). Die Auswertung verdeutlicht, dass sich die Gebiete hinsichtlich der Hochwassersensibilität kaum unterscheiden, wobei tendenziell in Friedrichstadt eine geringere Hochwassersensibilität zu erkennen ist.

Berechnung des Indikators Informationslage zur Hochwassergefährdung

Die Erfassung der Informationslage der Haushalte gegenüber Hochwassergefahren am Wohnort wurde durch diese Frage erhoben: *„Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?“* Als Antwortkategorien werden die folgenden aufgeführt:

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

Die Auswertung dieser Frage zeigt auf, wie hoch der Informationsgrad der Bevölkerung hinsichtlich der Hochwassergefahr zum Zeitpunkt des Bezugs der Wohnung bzw. des Hauses war. Die Beantwortung erfolgt unabhängig vom Zeitpunkt des Einzugs, so dass sowohl Befragte, die schon länger am Wohnort leben, erfasst werden, als auch Befragte, die gerade erst in die Wohngegend gezogen sind. Des Weiteren lässt die Auswertung der Antwortmöglichkeiten eine Differenzierung zwischen den Haushalten, die Informationen zur Hochwassergefährdung selbstständig eingeholt haben und den Haushalten, die diese Informationen durch die Stadt oder Dritte erhalten haben, zu. Demzufolge können auch Stadtteile ermittelt werden, in denen die Kommune bzw. Bezirksvertretungen recht aktiv (oder eben nur in geringem Maße) entsprechende Informationen bereitgestellt haben. Unabhängig davon, ob sich die Befragten mittlerweile informiert haben oder durch den Eintritt eines Hochwasserereignisses auf die Gefährdung aufmerksam wurden, kann man davon ausgehen, dass die Haushalte, die in einer exponierten Lage leben und die bei der Auswahl ihres Wohnstandortes keine Informationen über Hochwassergefahren bei der Entscheidung oder der Auswahl ihres Wohnstandortes in exponierter Lage hatten, tendenziell verwundbarer gegenüber Hochwasserereignissen sind als Informierte.

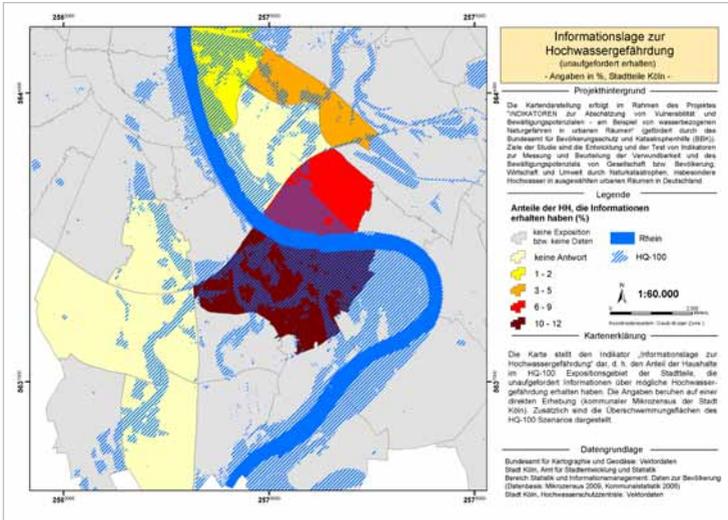


Abb. 3.33 Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

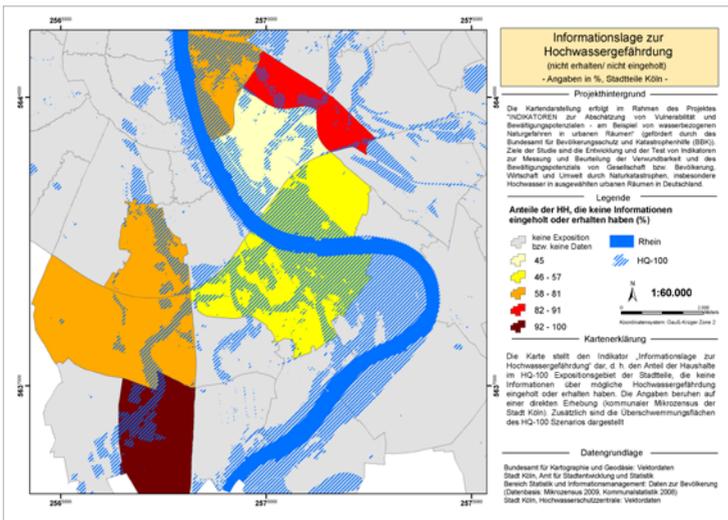


Abb. 3.34 Informationslage (keine Informationen erhalten/eingeholt) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)

Die erste Karte (Abbildung 3.33) beruht auf der Auswertung der Antwortkategorie A), sie lässt also erkennen, in welchen Stadtteilen mehr und in welchen weniger Informationen gegenüber Hochwassergefahren unaufgefordert bereitgestellt werden. Die zweite Karte (Abbildung 3.34) beruht auf den Ergebnissen der Antwortkategorie C) und stellt damit die Informationslage insgesamt dar, also in welchen Stadtteilen weder die unaufgeforderte Bereitstellung von Informationen noch die Eigeninitiative der Bewohner zur Informationsbeschaffung hoch ist. Hier schneidet Rodenkirchen relativ gut ab (dunkelrot), während z. B. der rechtsrheinische Innenstadtbereich auf Basis der Daten des Mikrozensus aus dem Jahr 2008/2009 offenbar relativ schlecht informiert ist.

Für Dresden wurden wieder die Angaben der UNU-EHS-Haushaltsbefragung ausgewertet (Abbildung 3.35). Hier liegt das Gebiet Cossebaude weit vorne, was die Bereitstellung von Informationen betrifft, insbesondere im Vergleich zu Kleinzschachwitz. Hinsichtlich dieser Unterschiede merkte unser Praxispartner in Dresden – das Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden – an, dass es prinzipiell keinerlei Bevorzugung von Cossebaude bzgl. der allgemeinen Informationsvorsorge gibt, allerdings ist nach Ansicht des Praxispartners vor Ort tatsächlich zu beobachten, dass auch baulich-technische Maßnahmen bzw. Maßnahmenplanungen in Cossebaude weiter fortgeschritten sind als in den anderen Untersuchungsgebieten. Dies wäre ein möglicher Hinweis auf die unterschiedliche Informations- und Sensibilisierungslage.

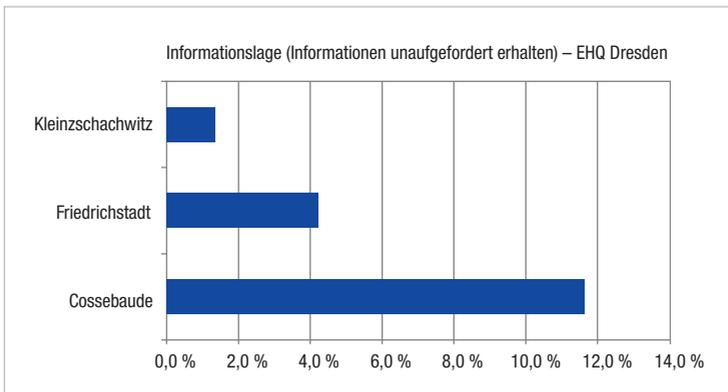


Abb. 3.35 Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten, Angaben in %) für die UNU-EHS-Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

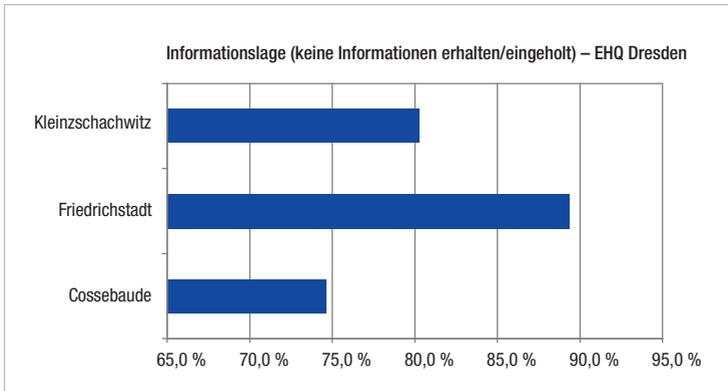


Abb. 3.36 Informationslage (keine Informationen erhalten oder eingeholt, Angaben in %) für die UNU-EHS Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

Berechnung von kommunalspezifischen Indikatoren zur Bewältigungskapazität der Bevölkerung

An dieser Stelle werden die Indikatoren *tatsächlicher Versicherungsschutz* und *Hochwasserschutzmaßnahmen* privater Haushalte als zusätzliche, kommunalspezifische Indikatoren im Bereich Bewältigungskapazität beschrieben.

Berechnung des Indikators tatsächlicher Versicherungsschutz

Neben der bereits durch den Kernindikator *potenzieller Versicherungsschutz* abgedeckten Frage, welche Haushalte potenziell über eine Elementarschaden-Versicherung verfügen (im Kernindikatorenset ausgehend von den Befragungen und dem Einkommensniveau bzw. dem Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeschätzt) wird mit dem kommunalspezifischen Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* diese Information durch eine direkte Erhebung ermittelt. Die Frage, mit deren Hilfe bei der Durchführung der Befragung die notwendigen Informationen eingeholt wurden, lautet: ‚Haben Sie für Ihre Wohnung oder Ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?‘ Neben Versicherungen wie z. B. Wohngebäudeversicherung, Haftpflichtversicherung, Hausratversicherung war die Elementarschaden-Versicherung, welche als einzige der genannten Hochwasserschäden abdeckt, als Antwortkategorie gegeben.

Der Indikator *tatsächlicher Versicherungsschutz* erlaubt wichtige Rückschlüsse auf die finanzielle Bewältigungskapazität von Haushalten gegenüber Hochwasserschäden. Anders als der ersatzweise über das Haushaltseinkommen bzw. das Eigentümer-Mieter-Verhältnis abgeleitete Versicherungsschutz im Kernindikatorenset, vermag der tatsächliche Versicherungsschutz lokalen Besonderheiten Raum zu geben.

Berechnung des Indikators Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte

Um einen Einblick in die tatsächlichen Hochwasservorsorgemaßnahmen privater Akteure zu erhalten, ist die Auswertung einer Frage zu selbst durchgeführten Maßnahmen zum Hochwasserschutz sinnvoll. Wird die Frage offen gestellt, d. h. ohne vorgegebene Antwortkategorien, können die Antworten anschließend z. B. in folgende Kategorien untergliedert werden: A Fundamentale Maßnahmen (z. B. Umzug), B Finanzielle Vorsorge (z. B. Versicherung), C Technisch einfache/preiswerte Maßnahmen (z. B. Rückstauventil), D Technischbauliche Maßnahmen mit Aufwand (z. B. Mauerbau), E Organisatorische Maßnahmen (z. B. Hochstellen von Besitztümern).

Für Dresden konnte dieser Indikator nicht ermittelt werden, weil eine entsprechende Frage in der UNU-EHS-Haushaltsbefragung nicht implementiert war. Für Köln lagen Ergebnisse des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009 vor, hier wurde gefragt, *Haben Sie nach den Hochwassern 1993 und 1995 bei sich selber Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien ergriffen?* Es konnten ein, zwei oder drei Maßnahmen genannt werden. Für eine kartographische Darstellung war die Anzahl der Fälle pro Stadtteil zu gering – das folgende Diagramm zeigt die Nennungen der gesamten Befragung, inklusive zweiter und dritter Nennung.

Am häufigsten wurden Maßnahmen genannt, die nur einen geringen Aufwand erfordern (*Technisch einfache/preiswerte Maßnahmen* sowie *Organisatorische Maßnahmen*). Aber auch Maßnahmen mit höherem Aufwand bis hin zu fundamentalen Maßnahmen wie ein Wegzug aus dem Expositionsgebiet wurden häufiger genannt. Eine finanzielle Vorsorge haben allerdings erstaunlich wenige der befragten Haushalte ergriffen. Hier könnte eine Rolle spielen, dass bereits vor 1993/1995 eine Versicherung abgeschlossen wurde, oder aber ein Versicherungsabschluss aufgrund der Expositionslage gar nicht möglich war (vgl. Kapitel 3.2.3.1).

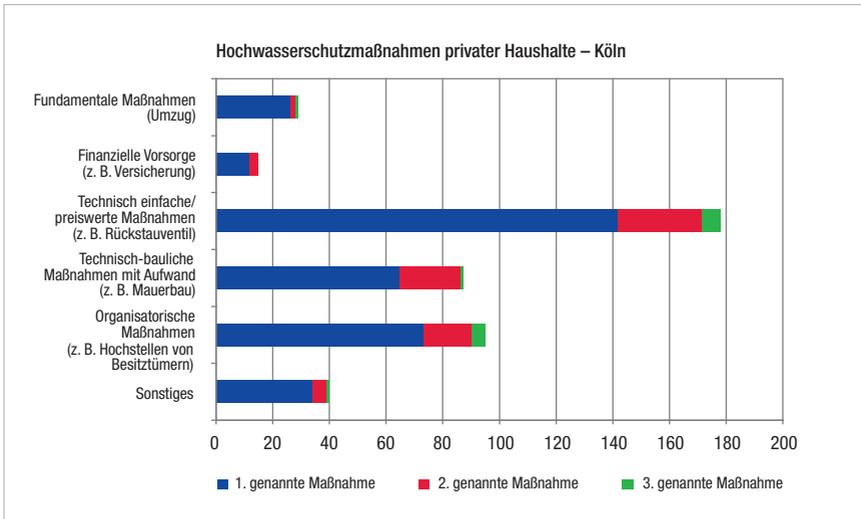


Abb. 3.37 Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien

3.4 Anwendung und Nutzen der Indikatoren

Die im Rahmen dieser Studie identifizierten Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren wurden für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden angewendet. Ein wesentliches Ziel des Projektes bestand allerdings auch darin, eine Übertragbarkeit der Untersuchungen bzw. Methoden und Indikatoren für andere Kommunen zu gewährleisten. Dieses Ziel wurde erreicht und in einem separaten „Leitfaden“ dargelegt, der insbesondere die jeweiligen Bedeutungen der ausgewählten Indikatoren, ihre Berechnungsmethodiken und Datengrundlagen skizziert (siehe BIRKMANN et al. 2010). Im 4. Abschnitt des Leitfadens wird die Verwundbarkeitsabschätzung gegenüber Hochwassergefahren im Bereich Bevölkerung/Soziales eingehend dargelegt. Schritt für Schritt wird erläutert, wie die im vorangegangenen Kapitel erläuterten Verwundbarkeitsindikatoren in der anwendenden Kommune ermittelt werden können. Dabei werden auch Ergebnisse der Haushaltsbefragungen, die in Kapitel 3.3 detailliert dargestellt wurden, verwendet. Insbesondere handelt es sich dabei um Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter, die für die Abschätzung der Indikatoren übernommen werden können. Um den Einfluss lokaler Besonderheiten zu begrenzen und gleichzeitig die Stichprobe zu vergrößern, wurden die Stichproben aus Köln und Dresden für die HQ-100-Gebiete zusammengelegt und damit die für die Schätzung verwendbaren Gewichtungsfaktoren und Regressionsparameter bestimmt. Die Beschränkung auf das HQ-100-Gebiet ist dadurch begründet, dass das entsprechende Szenario für die meisten Kommunen vorliegt. Der Leitfaden geht zudem auf die Möglichkeit ein, dass die Kommune eine eigene Haushaltsbefragung zu diesem Thema durchführt. In diesem Fall können die Parameter kommunal-spezifisch bestimmt werden. Im Vergleich zum Leitfaden (Handlungsanleitung) wurden in dem hier vorliegenden Bericht beispielhaft die Berechnungsmethoden, Ergebnisse und Validierungsmethoden der erzielten Ergebnisse dargestellt, die sich speziell für Köln und für Dresden ergeben. Zudem wurde verdeutlicht, wie durch entsprechende graphische oder kartographische Darstellungen die Ergebnisse übersichtlich und leicht verständlich aufbereitet werden können. Neben dem HQ-100-Gebiet wurde hier jeweils auch das

EHQ-Gebiet betrachtet. Damit ergeben sich jeweils – auf Basis von Stadtvierteln bzw. Stadtteilen – Werte der Indikatoren für zwei Städte und jeweils zwei Überflutungsszenarien. Die Auswertungen verdeutlichen die Anwendbarkeit des gewählten Ansatzes und die Sinnhaftigkeit der Differenzierung der Indikatoren in ein Kernset und ein erweitertes kommunalspezifisches Indikatorenset.

3.5 Schlussbetrachtung

Insgesamt bieten die ausgewählten und berechneten Indikatoren einen deutlichen Informationsgewinn gegenüber den reinen Hochwassergefahrenkarten, die im Wesentlichen nur die Gefahrenkomponente umfassen. Insbesondere für die hier anvisierten Endnutzer, *vorsorgender Bevölkerungsschutz* sowie *strategische Stadtentwicklung*, sind weitere Informationen über die Anfälligkeiten und Bewältigungskapazitäten von potenziell exponierten Bevölkerungsgruppen besonders wichtig, um gezielt entsprechende Problemstadtteile und besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen durch Maßnahmen zu unterstützen.

Die berechneten Bewältigungsindikatoren – die nur einige Schlaglichter auf die unterschiedlichen Fähigkeiten der Bewohner zur Bewältigung von Hochwasserereignissen werfen, zeigen ganz deutliche Unterschiede hinsichtlich der ökonomischen Bewältigungskapazität in exponierten Stadtvierteln z. B. für Köln auf. Zudem macht die Auswertung der Hochwassererfahrung deutlich, dass die Einwohner der Stadtviertel im Bereich der Innenstadt von Köln wesentlich weniger hochwassererfahren sind als die der exponierten Stadtviertel im Süden, wie beispielsweise in Rodenkirchen. Die kommunalspezifischen Indikatoren zeigen deutliche Unterschiede in der Hochwassersensibilität sowie in der Hochwasserinformationslage auf. Hier bieten sich direkte Ansatzpunkte für Kommunen und Akteure des Bevölkerungsschutzes an, indem besonders in exponierten Stadtvierteln oder Stadtteilen mit geringer Informationslage entsprechende Sensibilisierungs- und Informationskampagnen verstärkt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Indikatoren eine systematische Erweiterung der Informationslage zur Beurteilung der Vulnerabilität von Einwohnern gegenüber Hochwassergefahren bieten. Unbeschadet dessen ist es nur ein erster Ansatzpunkt, um die vielschichtigen Problemlagen, aus denen Risiken resultieren, offenzulegen. Durch die leicht verständliche Darstellung der Indikatoren in Form von Karten und Grafiken können die vielschichtigen Problemlagen verständlich kommuniziert werden, so dass die

potenziell betroffene Bevölkerung selbst sowie entsprechende Entscheidungsträger in Behörden und Politik diese Informationen erfassen und für die Verbesserung des Bevölkerungsschutzes nutzen können.

4

Verwundbarkeit von Umwelt und Landwirt- schaft gegenüber Hochwasserereignissen

Verfasserin: Kathleen Meisel

Als theoretische Grundlage für die Ermittlung der Verwundbarkeit in den Bereichen Umwelt und Landwirtschaft wird die Allgemeine Systemtheorie verwendet. Demnach werden die Landwirtschaft und die Umwelt als Systeme betrachtet. Das Wort System leitet sich aus dem griechischen „*to systeme*“ ab und bedeutet „*etwas Zusammengeselltes, Geordnetes*“. Systeme bilden sich, indem zusammengehörende Elemente gegenüber der Umgebung abgegrenzt werden. Innerhalb der Systeme bestehen zwischen den zusammengehörenden Systemelementen Wirkbeziehungen. Mit der Ausbildung der Wirkbeziehungen entsteht im System eine Ordnung. Durch diese Ordnung werden zum einen andere Elemente aus der Umgebung abgegrenzt, zum anderen bestimmt diese Ordnung das Verhalten eines Systems. Darüber hinaus führt die Selektion von Systemelementen zu einem abgegrenzten System, zu einer Reduktion der Komplexität (KRIEGER 1998: 12). Für VESTER (2004: 18, 25, 55 f.) stellen Systeme Gebilde dar, in denen die Systemkomponenten in einer bestimmten dynamischen Ordnung zueinander stehen. Sie sind zu einem Wirkungsgefüge vernetzt. Um sinnvolle Lösungen für Probleme zu finden, ist es wichtig, die vernetzten Zusammenhänge zur Kenntnis zu nehmen und sich über lineare Denkweisen hinwegzusetzen. Mit der Darstellung eines Systems in einem Wirkungsgefüge gelingt es, die Komplexität zu reduzieren, indem die unübersehbare Zahl der beteiligten Systemelemente durch wenige Schlüsselgrößen repräsentiert wird. Sie stellen die Knotenpunkte eines Systems dar. Auch MOSER (2001: 48, 53) gibt an, dass systemtheoretische Abstraktionen es erleichtern, komplexe Annahmen begreifbar, praktisch vorstellbar und methodisch handhabbar zu machen. Die Darstellung von Systemen in Systemmodellen ermöglicht demnach die praktische Vorstellung von Wirkungsgefügen.

Nach VESTER (2004: 33, 49) besteht das Hauptziel von Systemen darin, ihre Lebensfähigkeit zu erhöhen und zu sichern. Für MALIK (2006: 80) sind Systeme lebensfähig, wenn sie die Eigenschaften „*adaptiv*“, „*lernfähig*“ und „*selbstregulierend*“ besitzen.

Die Lebensfähigkeit eines Systems richtet sich, so VESTER (2004: 33, 49), vorwiegend nach dessen Fähigkeit zur kybernetischen Selbststeuerung. Die kybernetische Selbststeuerung stellt sich im nachfolgend beschriebenen Regelkreis dar (siehe Abbildung 4.0.1). Der Regelkreis besteht aus den Komponenten: Störgröße, Messfühler, Regelgröße, Istwert, Regler, Führungsgröße, Sollwert, Stellglied.

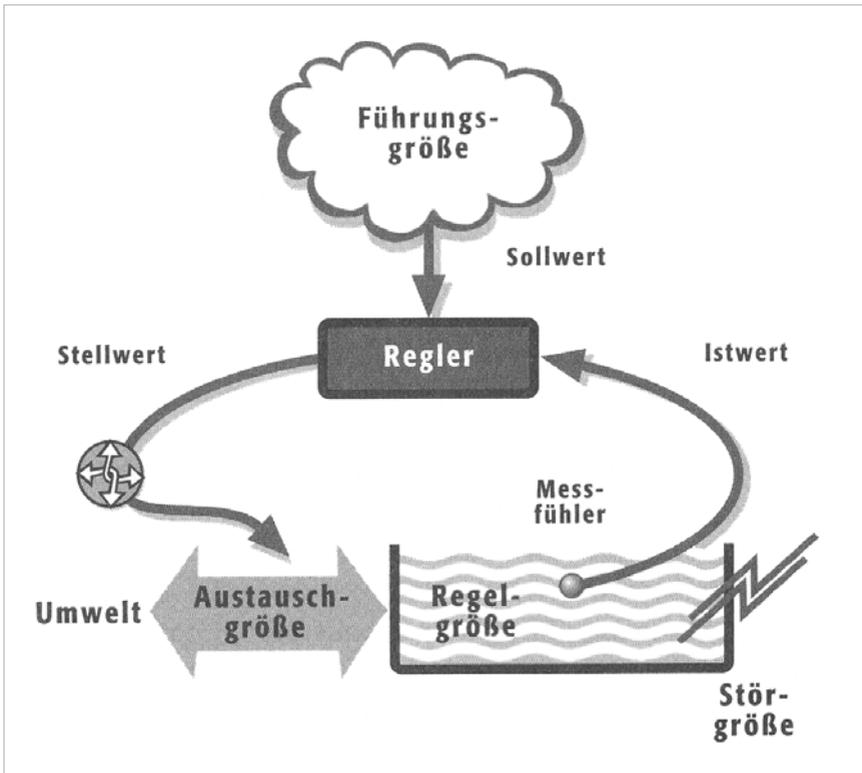


Abb. 4.0.1 Klassischer Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen

Quelle: Vester 2004: 43

Der Regler misst über den Messfühler den momentanen Zustand der Regelgröße, den Istwert. Ist der Zustand durch einen Störfaktor verändert, weicht also der Istwert von einem von der Führungsgröße definierten Sollwert ab, gibt der Regler eine entsprechende Anweisung an ein Stellglied, die Störung zu beheben,

d. h. den Istwert auf den gewünschten Sollwert zu „regeln“. Auf diese Weise ist das System mit sich selbst rückgekoppelt. Ein System, das nach dem Prinzip des Regelkreises funktioniert, ist somit in der Lage, auftretende Störungen aufzufangen und selbstregulierend auszugleichen (VESTER 2004: 43, 154 f.). Über diesen beschriebenen negativen Rückkopplungsprozess stabilisiert sich das System nach der aufgetretenen Störung wieder (KRIEGER 1998: 26; MALIK 2006: 384; LASZLO 1998: 56; MOSER 2001: 216).

In dem konkreten Fall – die Verwundbarkeit der Umwelt und der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen – stellt die Verwundbarkeit die Regelgröße und das Hochwasserereignis die Störgröße in den Systemen Umwelt bzw. Landwirtschaft dar. Nach einem Hochwasserereignis wird anhand des Schadensausmaßes ersichtlich, wie verwundbar das System ist. Hat nämlich das Hochwasser tatsächlich zu einer Störung mit Schäden in der Umwelt und/oder der Landwirtschaft geführt, so zeigt der Istwert eine hohe Verwundbarkeit an. Eine Führungsgröße definiert in diesem Fall, als Reaktion auf diesen Schaden, einen Sollwert der Verwundbarkeit. Über Gesetze, Richtlinien und Handlungsempfehlungen werden Vorgaben darüber gemacht, wie dieser Sollwert zu erreichen ist, während der Stellwert in der Praxis für die Umsetzung dieser Vorgaben sorgt. Im Bereich der Landwirtschaft stellt der Landwirt den Stellwert dar. Über die Art und Weise seiner Bewirtschaftung (z. T. durch Vorgaben beeinflusst, z. T. basierend auf eigenen Entscheidungen) beeinflusst er die Verwundbarkeit seiner landwirtschaftlichen Flächen. Hat ein Landwirt einen Hochwasserschaden erlitten, wird er neben den infolge des Hochwassers für die Allgemeinheit aufgestellten Regelungen zur Minimierung der Hochwasserschäden zusätzlich in Eigeninitiative Maßnahmen ergreifen. Diese Maßnahmen könnten beispielsweise darin bestehen, die Bewirtschaftung so zu verändern, dass künftig Schäden vermieden werden, wodurch der gewünschte Sollwert, nämlich eine geringe Verwundbarkeit, erreicht wird.

Im Bereich der Umwelt hält sich das System nach der „Registrierung“ von Schäden durch Anpassungsstrategien selbstregulierend stabil. So werden sich beispielsweise Arten, die auf trockenen Standorten leben, zurückziehen, während Feuchte liebende Arten die Landschaft besiedeln. Sind Populationszahlen durch ein Hochwasserereignis zurückgegangen, kann ein verändertes Fortpflanzungsverhalten dazu führen, die Populationschwankung wieder auszugleichen. Bewirken vom Menschen sekundär ausgelöste Schäden in der Umwelt (z. B. Kontamination bei Hochwasser) auch eine Beeinträchtigung der menschlichen Lebensgrundlagen

(z. B. fruchtbare Böden, sauberes Trinkwasser), so muss die Gesellschaft über Vorgaben die Verhaltensweisen so steuern, dass die Lebensgrundlagen in Zukunft erhalten bleiben. Schaffen es Systeme nicht, eine Störung selbstregulierend abzufangen und auszugleichen, sind sie nicht mehr lebensfähig.

Für den konkreten Fall bedeutete das, dass die Systeme Umwelt (Umwelt betrachtet aus menschlicher Sicht als „Bereitsteller“ menschlicher Lebensgrundlagen) und Landwirtschaft zusammenbrechen würden. Die Umwelt könnte infolge eines Hochwasserereignisses nicht mehr ihre Funktionen für die Existenz des Menschen erfüllen, die landwirtschaftlichen Betriebe müssten ihre Bewirtschaftung aufgeben.

Besteht das Ziel darin, die Verwundbarkeit in den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt auf ein geringes Maß zu reduzieren, empfiehlt es sich, die Landwirtschaft und Umwelt als Systeme zu betrachten und in einem Systemmodell darzustellen. Erst mit der Erstellung von Systemmodellen, also der Darstellung der wesentlichen Schlüsselgrößen (= Systemelemente) mit ihren Beziehungen untereinander, werden systemimmanente Wirkbeziehungen deutlich, die vermutlich bei anderen Ansätzen, die der Komplexität des realen Geschehens nicht gerecht werden, unentdeckt blieben. Gerade das Erkennen sämtlicher Wirkbeziehungen ist sowohl beim Ableiten von Kriterien zur Bestimmung der Verwundbarkeit als auch bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Verwundbarkeit notwendig. Hingegen könnten infolge sektoraler Sichtweisen empfohlene Maßnahmen zu unbeabsichtigten negativen Nebenwirkungen führen, wenn sie die Systemzusammenhänge nicht umfassend berücksichtigen (VESTER 2004: 37).

4.1 Verwundbarkeitsassessment der Umwelt

4.1.1 Umwelt als Untersuchungsgegenstand

4.1.1.1 *Definition Umwelt*

Wie unter dem einführenden Kapitel 4 beschrieben, wird die Umwelt als System nach den Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie verstanden.

Um ein Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit zu entwickeln, muss der Begriff Umwelt neben der Festlegung eines Systemverständnisses für das Forschungsprojekt genau definiert und eindeutig abgegrenzt werden.

Dafür erschien es zunächst sinnvoll, die Gesetzgebung und deren Definitionen von Umwelt oder ähnlichen Begriffen wie Natur und Naturschutz zu Rate zu ziehen. Unter den Zielen des Naturschutzes wird nach dem Bundesnaturschutzgesetz Folgendes verstanden: „Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlagen des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, wiederherzustellen...“. Dabei sind die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer zu sichern (§ 1 BNatSchG). Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) wird unter dem Begriff Umwelt neben den Tieren, den Pflanzen, der biologischen Vielfalt, dem Boden, dem Wasser, der Luft, dem Klima und der Landschaft, auch der Mensch und seine Gesundheit, die Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den Schutzgütern verstanden (§ 2 UVPG). Der Mensch und dessen Gesundheit, die Kultur- und Sachgüter sowie die Eigenart, die Schönheit und der Erholungswert von Natur und Landschaft sollen für das Forschungsprojekt allerdings ausgeschlossen werden, da

diese Aspekte je in eigenen Forschungsprojekten untersucht werden könnten bzw. untersucht werden und so den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würden. Wesentlich scheint die Aussage, dass die Umwelt bzw. Natur und Landschaft als Lebensgrundlage des Menschen und hinsichtlich ihres Eigenwertes betrachtet werden muss. Die Lebensgrundlagen des Menschen können relativ einfach benannt werden. Hierzu zählen z. B. das Vorhandensein von fruchtbaren, qualitativ hochwertigen Böden zum Anbau von Nahrungsmitteln oder die Existenz von sauberem Wasser für die Trinkwassergewinnung. Ohne diese ‚Leistungen‘ bzw. ‚Funktionen‘, die die Umwelt für die Menschen erbringt bzw. erfüllt, könnten diese nicht überleben. Was sich hinter ‚auf Grund ihres Eigenwertes‘ verbirgt, kann allerdings nicht so klar definiert werden. Aus menschlicher Sicht lässt es sich schwer einschätzen, welchen Zustand die Umwelt anstrebt. Beobachtet man sich selbst überlassene Flächen, so führt die Selbstorganisation zu nachhaltigen und tragfähigen Systemen. Dieser angestrebte Zustand der Umwelt scheint auch im Sinne der Menschheit zu liegen, da mit dem Erhalt des Eigenwertes gleichzeitig die menschlichen Lebensgrundlagen aufrechterhalten werden können. In der folgenden Betrachtung erfolgt deshalb keine Unterscheidung mehr – die Umwelt wird aus dem Betrachtungswinkel des Menschen in erster Linie als Lebensgrundlage für den Menschen unter der Annahme, dass, um die Lebensgrundlagen des Menschen zu sichern, auch gleichzeitig in gewisser Weise der Eigenwert erhalten wird, definiert. Bei der Betrachtung der Umwelt innerhalb des Projektes sollte der Fokus allerdings nicht auf die einzelnen Komponenten wie Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser etc., wie im Gesetzestext beschrieben, gelegt werden, sondern stärker auf die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sowie die Regenerations- und Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, die auf den Wechselwirkungen innerhalb dieser einzelnen Komponenten beruht. Genau diese Wechselwirkungen, hinter welchen sich komplexe Vorgänge verbergen, ermöglichen u. a. den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und die Bereitstellung von sauberem Wasser.

In einem zweiten Ansatz sollten zur Definition des Begriffes Umwelt die Aussagen aus wissenschaftlichen Literaturquellen herangezogen werden. BASTIAN & SCHREIBER (1994: 39 ff.) verwenden die Begriffe ‚Landschaft‘ bzw. ‚Landschaftsfunktionen‘, um die Umwelt zu beschreiben. Sie betonen mit dem von ihnen verwendeten Begriff ‚Landschaftsfunktionen‘ die für den Menschen notwendige funktionale Bewertung der Landschaftsstrukturen. Da der Mensch die Naturräume teilweise seit Jahrhunderten zum Erhalt seiner Lebensgrundlagen nutzt, ist es nur logisch, dass die Autoren sie hinsichtlich ihrer

Funktionsfähigkeit bewerten. Sie unterscheiden Produktionsfunktionen (ökonomische Funktionen), Regulationsfunktionen (ökologische Funktionen) und Lebensraumfunktionen (soziale Funktionen). Unter den Produktionsfunktionen verstehen die beiden Autoren zusammengefasst die Verfügbarkeit erneuerbarer Ressourcen, unter den Regulationsfunktionen die Regulation von Stoff- und Energiekreisläufen wie die Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion des Bodens, die Grundwasserneubildung, die Selbstreinigung von Oberflächengewässern, den Temperatúrausgleich oder die Regulation der Organismenpopulationen und unter den Lebensraumfunktionen psychologische und humanökologische Funktionen, aber auch die Informations- und Erholungsfunktion. Im Millennium Ecosystem Assessment (2005: 5) wird von Ökosystemdienstleistungen gesprochen, da Ökosysteme für sie Funktionen und Güter bereitstellen, die für das menschliche Wohlergehen unverzichtbar sind. Ökosysteme und die Gesellschaft können demnach nicht getrennt betrachtet werden. Ökosystemdienstleistungen werden hier in vorsorgende Ökosystemdienstleistungen wie Nahrung, Trinkwasser oder Brennholz, in regulierende Ökosystemdienstleistungen wie die Klimaregulation, die Wasserspeicherung oder die Bestäubung, in kulturelle Ökosystemdienstleistungen wie ästhetischer Wert, Erholung, regionale Identität und in die erhaltenden Ökosystemdienstleistungen wie die Bodenbildung, die Nährstoffkreisläufe und die Primärproduktion eingeteilt. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) greift das Konzept des Millennium Ecosystem Assessment auf und spricht ebenfalls von Ökosystemdienstleistungen. Hier werden die erhaltenden Ökosystemdienstleistungen als Basisdienstleistungen bezeichnet (BMU 2008). COSTANZA ET AL. unterscheiden zwischen Umweltfunktionen und Ökosystemdienstleistungen, wobei sich die Umweltfunktionen auf die Systemeigenschaften und die Prozesse im Ökosystem beziehen und die Ökosystemdienstleistungen den menschlichen Nutzen aus diesen Umweltfunktionen darstellen (COSTANZA ET AL., 1997: 253). Für das Forschungsprojekt wurden die Überlegungen bzgl. der ‚Landschaftsfunktionen‘, ‚Umweltfunktionen‘ und ‚Ökosystemdienstleistungen‘ von BASTIAN & SCHREIBER, vom Millennium Ecosystem Assessment, vom BMU und COSTANZA ET AL. aufgenommen und als Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen bezeichnet. Unter dem Begriff Umwelt werden also resultierend aus den Gesetzestexten und den wissenschaftlichen Literaturquellen folgende Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen als Lebensgrundlage für den Menschen im besiedelten und unbesiedelten Bereich verstanden:

- Erhalt der Bodenfruchtbarkeit in Verbindung mit intaktem Nährstoff- und Wasserkreislauf als Voraussetzung für die Existenz von Kultur- und Wildpflanzen, diese wiederum als Voraussetzung der Nahrungssicherung (Bodenfunktion)
- Erhalt der Filter-, Puffer- und Transformatorfunktionen des Bodens als Schutz des Grundwassers und somit Sicherstellung der Grundwasserqualität als Voraussetzung für die Trinkwassergewinnung, aber auch zur Sicherung der Bodenqualität als Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und für die Ansiedlung von Lebensgemeinschaften (Boden- und Grundwasserfunktion)
- Erhalt der Oberflächenwasserqualität als Lebensraum für aquatische Lebensgemeinschaften und zur Sicherung der Wassergewinnung für die Trinkwasserversorgung (Oberflächenwasserfunktion)
- Erhalt von Lebensräumen als Voraussetzung für den Erhalt von Lebensgemeinschaften zur Sicherung eines Genpools und zur Gewährleistung der Sauerstoffproduktion, der Bestäubung von Pflanzen, der Bodenbildung und anderer Prozesse (Arten- und Biotopschutzfunktion)

4.1.1.2 *Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen*

Für die Ermittlung der Umweltverwundbarkeit muss nun bestimmt werden, ob und wie diese Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen durch ein Hochwasserereignis beeinträchtigt werden können. Ausgehend von den innerhalb des Forschungsprojektes erhobenen Expertenmeinungen²⁶ und der eigenen Einschätzung ist die Umwelt gegenüber den reinen Überschwemmungsprozessen nicht verwundbar. Hochwasser wird in der Literatur und in den Äußerungen der befragten Experten als natürlicher Prozess in Auenlandschaften bezeichnet. Überschwemmungen sind sogar eine notwendige Voraussetzung für den Erhalt des Lebensraums der Aue. Nach einem Hochwasserereignis ändert sich zwar die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften, der Boden kann abgetragen werden und mitgeführtes Material wird sedimentiert, aber die Vorgänge gehören zu einer natürlichen Auendynamik. Die Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen werden dadurch nicht nachhaltig beeinträchtigt. Die Lebensgrundlage des Menschen ist nicht gefährdet. Anders sind die von den menschlichen Nutzungen ausgehenden Gefährdungen infolge

26 Siehe Kapitel 4.1.2.1.1 Methodische Grundlagen

eines Hochwassers, wie z. B. die Schadstoffausbreitung von unzureichend gesicherten Kontaminationsquellen, zu bewerten. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE 2007 die Anlagen nach § 62 WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe). Dieser Ansatz wurde zur Bearbeitung der Forschungsfrage um die Altlasten erweitert, da von ihnen laut Expertenmeinungen und anderen Veröffentlichungen ebenfalls eine potenzielle Schädigung auf die Umwelt ausgehen kann²⁷. Es verbleiben nur wenige weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch landwirtschaftliche Nutzfläche oder Bahntrassen, von denen Agrochemikalien bzw. Chemikalien gespült werden, als potenzielle Kontaminationsquellen betrachtet werden. Diese sollen aber unberücksichtigt bleiben, zum einen um das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit zu vereinfachen. Zum anderen werden in der Literatur und in den Experteninterviews die Anlagen nach § 19 g WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten als die potenziellen Hauptkontaminationsquellen bei einem Hochwasser angeführt. Diese Kontaminationsquellen können zu Kontaminationen in der Umwelt führen und die oben aufgeführten Umweltfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen beeinträchtigen. Die Menschen sind auf die Umweltfunktionen angewiesen. Ein Ausfall bzw. eine Einschränkung über eine längere Zeit wäre für die Sicherung der Lebensgrundlagen, auch die künftiger Generationen (vgl. § 1 BNatSchG), bedrohlich.

Die Voraussetzung für eine mögliche Schädigung auf die Umwelt und damit für die Existenz einer Umweltverwundbarkeit sind also im Überschwemmungsgebiet liegende potenzielle Kontaminationsquellen. Die Umwelt ist damit nur in den Einfluss- bzw. Ausbreitungsbereichen der Schadstoffe aus den potenziellen Kontaminationsquellen verwundbar.

27 Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“, z. B. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & ULLRICH K. 2005

4.1.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode

4.1.2.1 Methodisches Vorgehen

Die methodische Herangehensweise zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen in Kommunen orientiert sich an der Arbeit von VILLA & MCLEOD von 2002, in der, allerdings auf nationaler Ebene und nicht auf ein Naturereignis bezogen, Umweltverwundbarkeitsindikatoren erstellt, diese bewertet und zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden. VILLA & MCLEOD führen zur Erstellung ihres Indikatorensets drei Schritte durch. Im ersten Schritt wurde ein Verwundbarkeitsmodell erarbeitet. Mit dessen Hilfe gilt es den Verwundbarkeitsbegriff zu definieren und für den jeweiligen Untersuchungsgegenstand zu konkretisieren. In einem zweiten Schritt wird ein System- bzw. Sachmodell erstellt. Es beschreibt die hierarchische Zerlegung des betrachteten Systems, in dem die wesentlichen Systemkomponenten in ein großes System eingepasst sind und eine gemeinsame Berechnung und Aggregation der daraus abgeleiteten Indikatoren erlauben. Die Zerlegung muss so erfolgen, dass das gesamte komplexe Wirkungsgefüge des Systems wiedergegeben wird und es so generell-abstrakt ist, dass es nicht nur die ortstypische Situation wiedergibt, sondern auch auf andere Systeme übertragen werden kann. Die Erstellung des Systemmodells muss entsprechend der Verwundbarkeitsdefinitionen des Verwundbarkeitsmodells erfolgen. Im mathematischen Modell (Schritt 3) werden die aus dem Systemmodell abgeleiteten Sachinformationen (Indikatoren) bewertet, gewichtet und zu einer Verwundbarkeitsaussage aggregiert (VILLA & MCLEOD 2002: 337 ff.).

Das Verfahren von VILLA & MCLEOD wird allerdings innerhalb der vorliegenden Arbeit erweitert und verändert. Zum einen wird vor die Erstellung des Verwundbarkeits-, System- und mathematischen Modells die Erarbeitung eines Verwundbarkeitskonzeptes gestellt. Es soll das gesamte Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit abstrakt darstellen, d. h. es umfasst abstrakt formuliert die Schritte, um zu einer Verwundbarkeitsaussage zu gelangen. Zum anderen erfolgt eine Erweiterung um einen vierten Schritt. Dieser besteht darin, Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Verwundbarkeit zu geben. Zudem erscheint es für das Projekt nicht sinnvoll, die Bewertung der Kriterien/Indikatoren und deren Zusammenführung zur Umweltverwundbarkeitsaussage als mathematisches Modell zu bezeichnen. Dieser Schritt wird einfach mit ‚Bewertung und Aggregation‘ betitelt.

4.1.2.1.1 *Methodische Grundlagen*

Für die Erarbeitung und Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit wurden primäre und sekundäre Literaturquellen ausgewertet, Experteninterviews durchgeführt und auf die Nutzung von Indikatoren/Kriterien und Bewertungsverfahren zurückgegriffen.

Es gibt nur wenige Literaturquellen, die sich konkret mit den Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt beschäftigen. Zwar kann für das Einzugsgebiet der Elbe und speziell für den Raum Dresden auf einige wenige Publikationen zurückgegriffen werden, doch zur Bearbeitung des Fallbeispiels Köln standen keine Quellen dieser Art zur Verfügung. Der Problemzusammenhang muss daher als bislang wenig bearbeitet gelten.

Die Experteninterviews erfolgten als mündliche Befragung in Form qualitativer Interviews. Die Interviewpartner waren relevante Akteure aus den Beispielkommunen Köln und Dresden. Die Durchführung qualitativer Interviews wurde deshalb als Methode gewählt, da sie sich immer dann anbietet, wenn es um die Erschließung neuen Wissens wie z. B. die Aufdeckung von Zusammenhängen, Strukturen und Abläufen geht (POHL 1998: 98; DIEKMANN 1996: 444). Besteht das Ziel darin, ein genaueres Abbild der Realität zu gewinnen, sollte die Befragung so offen und flexibel wie möglich gehalten werden (POHL 1998: 102). Da es im Bereich Umwelt darum ging, neues Wissen über die Abläufe bei einem Hochwasser zu akquirieren, d. h. die Geschehen im Hochwasserfall zu rekonstruieren und abzubilden, um die wesentlichen verwundbaren Aspekte zu identifizieren, wurden die qualitativen Interviews in offener Form durchgeführt. Dabei wurde nur ein Gesprächsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten verwendet, welche angepasst an den Gesprächsverlauf, ohne feste Reihenfolge, abgefragt wurden. So bestand genügend Freiheit für neue, bisher nicht bedachte Aspekte (DIEKMANN 1996: 450). Unter den Verfahren der qualitativen Interviews eignete sich das problemzentrierte Interview, welches sich auf einen Problemschwerpunkt fokussiert – in dem konkreten Fall die Folgen eines Hochwassers (MAYRING 1999: 50).

Folgende Themenschwerpunkte wurden in den Interviews abgefragt:

- Auswirkungen des Hochwassers auf die Umwelt im Allgemeinen
- Auswirkungen auf Boden, Wasser, Lebensräume und Arten

- Existenz von Umweltverwundbarkeit
- Existenz von Verwundbarkeit der einzelnen Umweltmedien, Lebensräume und Arten
- Bedeutung potenzieller Kontaminationsquellen und deren Sicherheit

Die Auswahl der Akteure wurde mit der Zielsetzung getroffen, möglichst viele Akteure bzw. Repräsentanten im Bereich Umwelt, die in Verbindung mit dem Hochwasser und seinen Folgen standen, zu interviewen.

In Dresden wurden 17 Experteninterviews geführt. Als Experten wurden Mitarbeiter der Ressorts Boden, Grundwasser und Altlasten, Oberflächenwasser, Naturschutz und Landschaftspflege der folgenden Behörden und Verbände ausgewählt²⁸:

- Mitarbeiter des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden
 - ein Mitarbeiter der Stadtökologie
 - ein Mitarbeiter im Bereich Grundwasser und Altlasten
 - drei Mitarbeiterinnen des Abfall- und Bodenschutzes (in einem Interview)
 - ein Mitarbeiter der Gewässer- und Bodenpflege
 - eine Mitarbeiterin im Bereich Oberflächenwasser
 - eine Mitarbeiterin, zuständig für VAWS-Anlagen²⁹
 - zwei Mitarbeiter im Naturschutz (in einem Interview)
- Mitarbeiter des Staatlichen Umweltfachamtes Radebeul
 - ein Mitarbeiter im Bereich Ober- und Grundwasser
 - eine Mitarbeiterin in der Naturschutz- und Landschaftspflege
 - ein Mitarbeiter im Bereich Boden und Altlasten
 - ein Mitarbeiter des Landesamtes für Umwelt und Geologie
 - ein Mitarbeiter des Referates Landschaftspflege und Artenschutz
 - ein Mitarbeiter des Referates Bodenschutz
 - die Gewässergüterreferentin
 - eine Mitarbeiterin des Referates Grundwasser und Altlasten
 - ein Mitarbeiter des Landeshochwasserzentrums

28 Die Befragung fand vor der Funktionalreform statt, so dass einige Behörden mit der oben beschriebenen Formulierung gar nicht mehr existieren.

29 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

- ein Mitarbeiter des Umweltforschungszentrums Halle-Leipzig
- ein Mitglied der Ortsgruppe des Umweltverbandes Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)

In Köln sollte analog zu Dresden verfahren werden. Leider war das Interesse, an den Experteninterviews teilzunehmen, geringer. So konnte beispielsweise auch kein Mitglied eines Umweltverbandes für ein Interview gewonnen werden. Insgesamt wurden 12 Interviews geführt. Befragt wurden:

- Mitarbeiter des Umwelt- und Verbraucherschutzamtes Köln
 - drei Mitarbeiter der Abteilung Boden- und Grundwasserschutz
 - ein Mitarbeiter der Unteren Landschaftsbehörde
 - ein Mitarbeiter der Abteilung Immissionsschutz, Wasser- und Abfallwirtschaft
- Mitarbeiter der Bezirksregierung Köln
 - ein Mitarbeiter des Dezernates Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
 - ein Mitarbeiter des Dezernates Natur- und Landschaftsschutz
 - ein Mitarbeiter des Dezernates Abfallwirtschaft (einschließlich anlagenbezogener Umweltschutz)
- Mitarbeiter des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
 - ein Mitarbeiter der Abteilung Bodenschutz und Altlasten
 - ein Mitarbeiter der Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege
 - ein Mitarbeiter der Abteilung Wasserwirtschaft und Gewässerschutz
- ein Mitarbeiter der RheinEnergie AG

Die Interviews dienten als Grundlage bei der Bearbeitung der vier bereits vorgestellten Verfahrensschritte. Die Expertenmeinungen verhalfen mit zu einem Verständnis darüber, was Umweltverwundbarkeit bedeutet und was es umfasst. Die Interviews bildeten neben der Literaturrecherche die wesentliche Grundlage für die Erstellung eines Systemmodells und die Ableitung von Handlungsempfehlungen. Sie trugen auch mit zur Bewertung und Gewichtung der aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien/Indikatoren bei. Auf eine ausführliche qualitative Auswertung der Interviews soll hier aber verzichtet werden, da dadurch kein Informationsmehrgewinn entstehen würde.

Bei dem Ziel, Indikatoren/Kriterien der Verwundbarkeit zu entwickeln, mussten solche Größen gefunden werden, die es ermöglichen, sämtliche Wechselbeziehungen innerhalb des Systems Umwelt zu erfassen. Sie müssen repräsentativ für die Beschreibung bestimmter Wirkweisen eines Systems sein, d. h. sie müssen das gesamte System, das die verwundbare Umwelt darstellt, widerspiegeln (siehe dazu auch die Erläuterungen zur Allgemeinen Systemtheorie unter Kapitel 4). Die Kriterien/Indikatoren sollten nachvollziehbar, vergleichbar, weitestgehend objektiv und kontrollierbar sein (SCHOLLES 2008a: 320; BASTIAN & SCHREIBER 1994: 52).

Auf die Anwendung von Bewertungsverfahren, um die entwickelten Kriterien/Indikatoren einer Wertstufe hinsichtlich der Verwundbarkeit zuzuordnen und diese zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammenzuführen, wird im Kapitel ‚Bewertung und Aggregation‘ (Kapitel 4.1.2.1.5) näher eingegangen.

4.1.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept

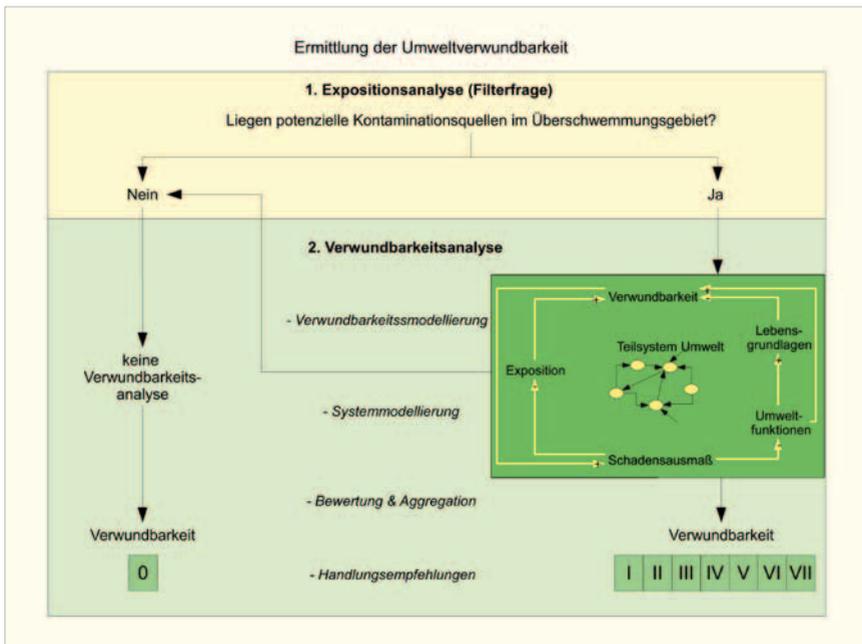


Abb. 4.1.1 Darstellung des Verwundbarkeitskonzeptes

Wie bereits erwähnt, stellt das Verwundbarkeitskonzept die Vorgehensweise zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen abstrakt dar. Innerhalb des Projektverlaufes wurde es immer wieder rückgreifend durch neue gewonnene Erkenntnisse ergänzt, verändert und angepasst. Das Verwundbarkeitskonzept besteht aus zwei Arbeitsschritten: der vorab geschalteten Expositionsanalyse als Filter für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse, die die vier bereits benannten Verfahrensschritte umfasst (siehe Abbildung 4.1.1).

Expositionsanalyse

Da eine Umweltverwundbarkeit bei Hochwasserereignissen nur gegenüber Kontaminationen besteht, ist die Exposition von potenziellen Kontaminationsquellen im betrachteten Überschwemmungsgebiet die Voraussetzung für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse. Liegen keine potenziellen Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet, wird die Umwelt infolge eines Hochwassers auch nicht kontaminiert, wodurch sich eine Verwundbarkeitsanalyse erübrigt. Die Umwelt der betrachteten Kommune wäre damit nicht gegenüber Überschwemmungen verwundbar.

Dazu sollten von der Kommune zunächst ein oder mehrere Überschwemmungsgebiete definiert werden. Erst mit der Festlegung dieser Überschwemmungsgebiete kann die Umweltverwundbarkeit gegenüber Kontaminationen konkret ermittelt werden. Für Kommunen, die an einem Fließgewässer liegen und für die Schäden durch ein Hochwasser zu erwarten sind, ist die Ausweisung von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (entspricht einem HQ-100) ohnehin vom Gesetzgeber vorgeschrieben (vgl. § 76 WHG). Es empfiehlt sich aber darüber hinaus, ein weiteres Hochwasserszenario größerer Jährlichkeit zu betrachten, um auch im Falle des Eintritts dieses Extremereignisses vorbereitet zu sein. Die Ermittlung der Umweltverwundbarkeit ist demnach an die Festlegung des Überschwemmungsgebietes, also der Exposition, und die Betrachtung der darin liegenden potenziellen Kontaminationsquellen gekoppelt.

Die Expositionsanalyse erfolgt durch die Kommune und ist somit auf die Fläche innerhalb der Stadtgrenzen beschränkt. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass potenzielle Kontaminationsquellen direkt hinter der Stadtgrenze liegen und mit der Ausbreitung der Schadstoffe in Fließrichtung die angrenzende Kommune

bedrohen. Daher empfiehlt sich eine Zusammenarbeit benachbarter Kommunen bei der Bestimmung der Umweltverwundbarkeit.

Verwundbarkeitsanalyse

Die Verwundbarkeitsanalyse umfasst das nachfolgend beschriebene Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.1.2.1.3), die in Kapitel 4.1.2.1.4 beschriebene Systemmodellerstellung, die in Kapitel 4.1.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren/Kriterien und die Ableitung von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.1.2.1.6). Das Ergebnis der Verwundbarkeitsanalyse ist eine Einschätzung der Verwundbarkeit in den Wertstufen von I (besonders gering verwundbar) bis VII (besonders hoch verwundbar).

4.1.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell

Im Rahmen der Erstellung des Verwundbarkeitsmodells soll der Begriff der Verwundbarkeit für den gegebenen Untersuchungsgegenstand, in dem Fall die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen, konkretisiert werden. Bei der Erstellung wurde deutlich, dass eine Trennung zwischen der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität, anders als in der allgemeinen Projektdefinition (vgl. Kapitel 1), aus praktischen Erwägungen nicht sinnvoll ist. Ginge man wissenschaftlich ins Detail, so könnte eine Trennung, wie im Folgenden beispielhaft beschrieben, vorgenommen werden. So könnte z. B. der pH-Wert von Böden als Anfälligkeitsindikator gegenüber der Freisetzung und der Verlagerung von Schadstoffen und die Pufferkapazität von Böden, gemessen an dem Vorhandensein von Humus, Tonmineralien und Sesquioxiden als Bewältigungskapazitätsindikator interpretiert werden. Allerdings ist der pH-Wert nur für Schwermetalle richtungssicher zu interpretieren, da organische Schadstoffe bezüglich des pH-Wertes ein anderes Verhalten zeigen. Demnach müssten verschiedene Schadstoffgruppen getrennt betrachtet werden. Mit dem Anspruch, den Kommunen ein einfaches Verfahren zur Verwundbarkeitsermittlung zu bieten, wären diese detaillierten wissenschaftlichen Betrachtungen zu komplex. Zudem müsste eine Reihe von Daten neu erhoben werden, da die Informationen zu den Schadstoffgehalten nicht in der benötigten Form in den Kommunen vorliegen dürften.

Es geht bei der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen um die Beeinträchtigung von Umweltfunktionen und damit um die Bedrohung der

menschlichen Lebensgrundlagen. Im Begriff der Umweltfunktionen sind die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität enthalten: Werden die Umweltfunktionen in einem hohen Maße erfüllt, (hier gleichzusetzen mit einer relativ intakten Umwelt), besteht einerseits eine hohe Anfälligkeit. Das bedeutet, dass bei einer Kontamination ein hohes Schädigungspotenzial bzw. ein hohes Potenzial an Qualitäts- und damit Funktionsverlust besteht. Eine hochgradige Erfüllung der Umweltfunktionen steht andererseits gleichzeitig für ein großes Puffervermögen und damit eine hohe Bewältigungskapazität, diesen potenziellen Schaden bzw. Funktionsverlust über Selbstorganisation wieder auszugleichen. Grundsätzlich bedeutet eine Kontamination aber immer einen Eingriff in die Umwelt. Umweltfunktionen werden beeinträchtigt. Die Schäden, die beispielsweise durch eine Kontamination mit Schwermetallen oder schwer abbaubaren organischen Schadstoffen entstehen, sind nicht immer vollständig auszugleichen. In anderen Fällen bedarf es einer bestimmten Zeitspanne der Regeneration, in der aber die Umweltfunktionen auch nur eingeschränkt erfüllt werden. Damit stehen intakte Umweltfunktionen für eine hohe Verwundbarkeit.

Wie bereits beschrieben, ist die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontamination aber ausschließlich an den Wirkungsbereich der Schadstoffe aus den potenziellen Kontaminationsquellen gebunden. Dieser Wirkungsbereich beschränkt sich laut Festsetzung innerhalb des Projektes für die Altlasten nur auf die Altlastenfläche. Bei den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV wurden drei Zonen unterschiedlicher Schadintensität um die Schadquelle definiert (vgl. Kapitel 4.1.2.1.5).

Das Verwundbarkeitsmodell stellt nach der unter Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie einen Regelkreis dar (siehe Abbildung 4.1.2). Es zeigt, dass intakte Umweltfunktionen eine hohe Verwundbarkeit der Umwelt implizieren. Die Verwundbarkeit gegenüber Kontaminationen existiert nur, wenn potenzielle Kontaminationsquellen im definierten Überschwemmungsgebiet liegen. Sie reduziert sich stark, wenn nur wenige mit geringer Schadwirkung im Überschwemmungsgebiet exponiert sind. Die Verwundbarkeit, die sich aus dem Maß der Erfüllung der Umweltfunktionen, verschnitten mit dem Einflussbereich der Schadwirkungen und verknüpft mit der Intensität der Schadwirkung von potenziellen Kontaminationsquellen, ergibt, bestimmt das Schadensmaß. Ein großer Schaden führt zu einer reduzierten Erfüllung der Umweltfunktionen und damit zu einer zunehmenden Bedrohung der Lebensgrundlagen. Die gefährdeten Lebensgrundlagen erhöhen wiederum die Verwundbarkeit der

Gesellschaft. Gleichzeitig werden, wie die Erfahrungen in der Praxis zeigen, bei einer geringen Erfüllung der Umweltfunktionen (hier gleichzusetzen mit einer degradierten Umwelt), also einem tatsächlich aufgetretenen Schaden, rechtliche Grundlagen erlassen, um die potenziellen Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet zu sichern oder zu vermeiden. Werden die Rechtsetzungen umgesetzt, wäre die Verwundbarkeit stark reduziert. Bei einem nächsten Hochwasserereignis fiel demnach der Schaden geringer aus, was zum Erhalt der Umweltfunktionen und damit der Lebensgrundlagen beitrüge. Eine Verlagerung der potenziellen Kontaminationsquellen aus dem Überschwemmungsgebiet würde über die Vermeidung der Exposition zu einer Verwundbarkeit von Null führen (siehe Abbildung 4.1.1).

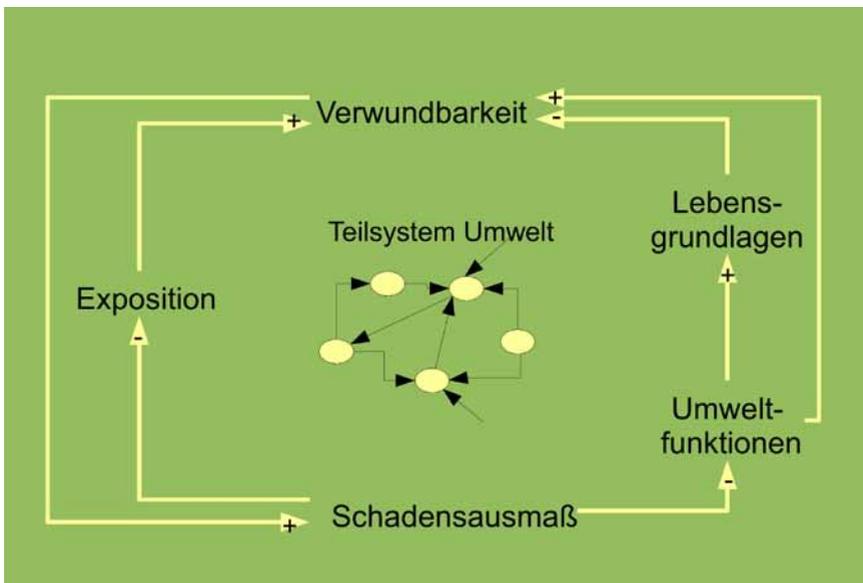


Abb. 4.1.2 Darstellung des Verwundbarkeitsmodells

4.1.2.1.4 Systemmodell

Für die nachfolgenden Ausführungen zur Systemmodellierung gelten die in Kapitel 4 beschriebenen Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie und im Besonderen die Kybernetik nach Vester (2004).

Das Systemmodell konkretisiert thematisch die abstrakte Darstellung des Verwundbarkeitsmodells, d. h. es stellt die Komponenten der Verwundbarkeit im Wirkungsgefüge dar. Hierbei werden die wesentlichen Elemente des Systems ‚Umwelt‘, genauer gesagt ‚Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen‘ und die untereinander bestehenden Beziehungen dargestellt. Im Systemmodell wird aufgezeigt, wie sich die Umwelt vor, während und nach einem Hochwasser verhält. Es ist der Versuch, diese ‚Realität‘ abstrakt und vereinfacht abzubilden. Es muss aber betont werden, dass aufgrund der Komplexität der ökosystemaren Prozesse und einer weitgehenden Unkenntnis über das genaue Geschehen in der Umwelt nach einem Hochwasser das Systemmodell nur ein Versuch ist, die Wirklichkeit darzustellen.

Die Erstellung eines Systemmodells führt zu einem vertieften Systemverständnis, das dazu führt, auch die tatsächlich systemrelevanten Kriterien/Indikatoren abzuleiten. Diese Kriterien/Indikatoren repräsentieren das gesamte System. Zudem gibt die dargestellte Stärke der Wirkbeziehungen (repräsentiert durch die Pfeilstärken) im Systemmodell eine Orientierung bei der Gewichtung der abgeleiteten Kriterien für die Zusammenführung zu einer Verwundbarkeitsaussage. Darüber hinaus werden aus dem abgebildeten Sachzusammenhang die ersten abstrakten Handlungsempfehlungen sichtbar. Es wird deutlich, welche Systemelemente mit dem Ziel der Reduktion der Verwundbarkeit verändert werden müssen.

Das nachfolgend dargestellte Systemmodell stellt im Wesentlichen eine Regelschleife dar, mit der über negative Rückkopplungen die Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen, damit die Umweltfunktionen und damit die Verwundbarkeit gegenüber Kontamination infolge eines Hochwassers reguliert werden (siehe Abbildung 4.1.3).

Aus dem Systemmodell wird deutlich, dass von den menschlichen Nutzungen in der Aue bzw. durch damit ggf. einhergehende unzureichende Sicherung potenzieller Kontaminationsquellen Gefahren für die Umwelt ausgehen. Damit gefährdet der Mensch über die möglicherweise durch sein Handeln ausgelöste Degradierung der Umwelt, die sich aus den degradierten Boden-, Grundwasser-, Oberflächenwasser-, Arten- und Biotopschutzfunktionen ergibt, seine eigenen Lebensgrundlagen. Bekommt die Gesellschaft das zu spüren und/oder messen Behörden kritische Werte im Boden, Grund- und Oberflächenwasser, leiten sie Maßnahmen für eine Erhöhung der Sicherheit der potenziellen

Kontaminationsquellen ein, um die Umweltfunktionen und damit ihre Lebensgrundlagen in Zukunft zu erhalten. An den ein- und ausgehenden Wirkungen des Systemelementes ‚Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen‘ wird deren Dominanz ersichtlich. Das Systemmodell macht damit auch klar, dass die Verwundbarkeit der Umwelt erst aus einer unzureichenden Sicherung der potenziellen Kontaminationsquellen resultiert.

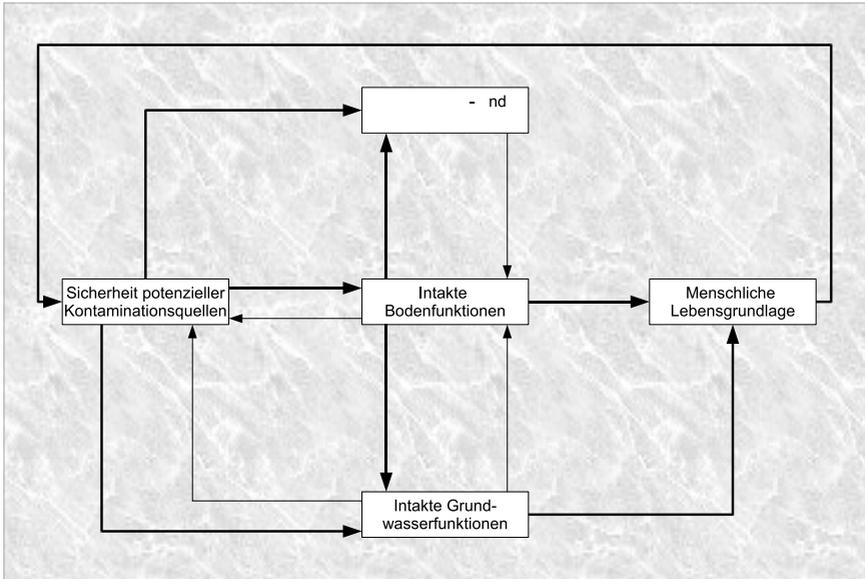


Abb. 4.1.3 Darstellung des Systemmodells

Zunächst werden die Schadwirkungen ausgehend von den Altlasten im Systemmodell betrachtet. Über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall können Altlasten remobilisiert werden und den Boden und bei erneut sinkendem Grundwasserspiegel nach einem Hochwasserereignis das Grundwasser kontaminieren. Es ist aber auch vorab möglich, dass infolge der erhöhten Niederschläge, die zu dem Hochwasser führten, verstärkte Versickerungsprozesse einsetzen, die eine Auswaschung der Schadstoffe aus unzureichend gesicherten Altlasten in den Boden und das Grundwasser bewirken. Über den Bodenpfad können so pflanzliche und tierische Lebensgemeinschaften bedroht werden. Über den Zwischenabfluss im Boden und den Grundwasserpfad kann zudem

das Oberflächenwasser kontaminiert werden. Auch hier besteht die Gefahr, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden. Da im Oberflächenwasser, gerade innerhalb der Fließgewässer, nach einem Schadstoffeintrag rasch Verdünnungseffekte einsetzen und für Fließgewässer gegenüber Kontaminationen innerhalb eines kleinen Untersuchungsgebietes wie den Kommunen keine spezifischen Verwundbarkeitsunterschiede festzumachen sind, bleiben Aussagen zum Oberflächenwasser im Systemmodell und damit bei der Verwundbarkeitsermittlung der Umwelt unberücksichtigt. Über die anderen drei Informationen, die in die Umweltverwundbarkeit eingeflossen sind, können jedoch auch Rückschlüsse für das Oberflächenwasser gezogen werden.

Neben den Altlasten müssen auch die Wirkungen ausgehend von den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV im Systemmodell berücksichtigt werden. Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach 12. BImSchV, kann es zum Stoffaustrag aus den Anlagen und Betriebsbereichen kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe kommt es in Stromrichtung zu Ablagerungen der Schadstoffe. Daraus können sich direkt Belastungen für den Boden oder Pflanzen ergeben. Über den Bodenpfad besteht die Möglichkeit, dass die Belastungen über Versickerung an das Grundwasser oder über Nährstoffaufnahme an die Pflanzen und Tiere weitergeleitet werden.

Eine Beeinträchtigung der Grundwasserfunktion und der Bodenfunktion durch Kontamination aus den Altlasten und den Anlagen/Betriebsbereichen nach § 62 WHG und nach der 12. BImSchV führt zur Gefährdung der menschlichen Lebensgrundlagen, da Schadstoffe über das Grundwasser in das Trinkwasser und über die Aufnahme aus dem Boden in die Kulturpflanzen und damit in die Nahrungskette gelangen können.

Wie bereits beschrieben, besteht die Gefahr, dass über kontaminierte Böden die Tiere und Pflanzen und deren Lebensräume und damit die Arten- und Biotopschutzfunktion beeinträchtigt werden. Rückgekoppelt bedeuten Schäden in den Lebensräumen und den darin lebenden Lebensgemeinschaften, beispielsweise in den Lebensgemeinschaften der Bodenorganismen, infolge von Kontamination eine Einschränkung der Bodenfunktionen.

Wird über Messungen festgestellt, dass die Boden- oder Grundwasserqualität unter bestimmte Schwellenwerte gesunken ist oder die Lebensgrundlagen

(Nahrung, Trinkwasser) kontaminiert sind, dann werden Maßnahmen gefordert und auch formuliert, um die Kontaminationsquellen zu sichern oder zu vermeiden³⁰. Mit einer höheren Sicherheit der potenziellen Kontaminationsquellen geht eine geringe Verwundbarkeit einher. Werden potenzielle Kontaminationsquellen vermieden, so sind weniger Umweltflächen von potenzieller Kontamination betroffen. Sie sind damit nach der gewählten Definition nicht verwundbar.

Abgeleitete Verwundbarkeitskriterien

Aus dem Systemmodell konnten Kriterien der Umweltverwundbarkeit abgeleitet werden³¹.

Diese Kriterien sollten sich nicht nur aus dem Sachzusammenhang ergeben und damit wissenschaftlich begründet sein. Sie sollten auch zur Vergleichbarkeit in anderen Kommunen (auch kleineren) z. B. aus der Erstellung des Landschaftsplanes oder eines Umweltberichtes zur Verfügung stehen. Damit sind die abgeleiteten Kriterien das Resultat des Anspruches, zum einen ein einfaches transparentes Verfahren der Verwundbarkeitsermittlung zu entwickeln und zum anderen auf bereits vorhandene Daten zuzugreifen.

Für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen in einer Kommune ist zunächst, wie bereits beschrieben, das Vorhandensein von potenziellen Kontaminationsquellen im Überschwemmungsgebiet Voraussetzung. In dem Einflussbereich dieser potenziellen Schadwirkungen sind Böden, Grund- und Oberflächenwasser-, Arten- und Biotopschutzfunktionen bedroht. Wie oben bereits erwähnt, lässt sich jedoch für das Oberflächenwasser keine spezifische Verwundbarkeit ermitteln. Damit wird die Verwundbarkeit der

30 Dieser Aspekt wurde in Dresden nach dem Hochwasser 2002 im Zusammenhang mit den ausgelaufenen Öltanks deutlich – das rechtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiet wurde neu ausgewiesen. Danach wurden die dort angesiedelten Gewerbe- und Industriebetriebe wie auch Privatpersonen kontaktiert und über die Vorschriften der VAWS informiert.

31 Für den Bereich Umwelt ist es nicht sinnvoll, Indikatoren im Sinne von Messgrößen wie z. B. pH-Wert oder Humusgehalt abzuleiten. Um die Verwundbarkeit genau zu ermitteln, müssten eine Reihe von speziellen Messgrößen verknüpft werden. Zum einen werden diese Größen z. T. in Kommunen gar nicht erhoben, zum anderen wäre das Verfahren der Verknüpfung und der Aggregation der vielen Messgrößen sehr umständlich und schwer nachvollziehbar. Aus diesem Grund sollten wenige Kriterien die Verwundbarkeit des dargestellten Gesamtsystems widerspiegeln (siehe Kapitel 4.2.2.1.1)

Kommune über die Bodenfunktion, die Grundwasserfunktion und die Arten- und Biotopschutzfunktion, die im Einflussbereich potenzieller Kontaminationsquellen erfüllt werden, ermittelt.

Die in den Kommunen vorhandenen Daten über die Schutzwürdigkeit der Böden könnten die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust der Funktionsfähigkeit von Böden widerspiegeln. So stünde ein sehr schutzwürdiger Boden aufgrund der Gefahr, bei Kontamination seine vorhandenen, noch relativ intakten Bodenfunktionen nur eingeschränkt oder gar nicht mehr zu erfüllen, für eine hohe Verwundbarkeit. Die Verwundbarkeit gegenüber dem Verlust von Grundwasserfunktionen könnte über die Größe der natürlichen Grundwassergeschüttheit dargestellt werden. Eine geringe natürliche Grundwassergeschüttheit wäre mit einer hohen Verwundbarkeit gleichzusetzen, da in dem Fall die Schadstoffe relativ ungehindert zum Grundwasser vordringen können. Der Biotopwert macht Aussagen darüber, wie wertvoll die Lebensräume von Lebensgemeinschaften sind und damit, wie gut die Arten- und Biotopschutzfunktion erfüllt wird. Es ist davon auszugehen, dass wertvolle Biotope auch Lebensgemeinschaften beherbergen, die die Funktionen der Sicherung des Genpools, der Sauerstoffproduktion, der CO₂-Aufnahme, der Bestäubung, der Bodenbildung etc. sehr gut erfüllen. Wertvolle Biotope stünden demnach für eine hohe Verwundbarkeit, da in diesen Fällen der Funktionsverlust sehr groß wäre.

Im Folgenden sind die aus dem Systemmodell abgeleiteten und i. d. R. in den Kommunen als Daten vorliegenden verwundbarkeitsrelevanten Kriterien aufgeführt:

- Schutzwürdigkeit des Bodens
- Natürliche Grundwassergeschüttheit
- Biotopwert

Diese drei Kriterien repräsentieren die verwundbarkeitsrelevanten Umwelteigenschaften. Werden diese Umwelteigenschaften zusammengeführt, ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation. Erst die räumliche Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Ausbreitungsräumen der potenziellen Schadwirkungen und die Verknüpfung mit der Intensität der Schadwirkung ergibt die zu ermittelnde Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen.

4.1.2.1.5 *Bewertung und Aggregation*

Um zu einer Verwundbarkeitsaussage zu kommen, müssen zunächst die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verwundbarkeit bewertet und zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation zusammengeführt werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen. Die so abgestuften Schadintensitäten sollten auch hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verwundbarkeit bewertet werden. In einem letzten Schritt wird dann die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation mit den unterschiedlich starken Schadwirkungen zur Umweltverwundbarkeit aggregiert. Die Zusammenführung der Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Aggregation zur Umweltverwundbarkeit erfolgen über das Verfahren der ‚logischen Verknüpfung‘ (siehe unten).

1. Bewertung und Zusammenführung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

Zunächst wird die Bewertung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und die Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation über die logische Verknüpfung erläutert. Vor der Durchführung der logischen Verknüpfung muss man sich der Bedeutung der einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien für die Verwundbarkeit bewusst werden. Nach eigener Meinung und der Meinung der befragten Experten steht eine hohe Schutzwürdigkeit des Bodens für eine sehr hohe Verwundbarkeit, da diese Böden noch sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Bodenfunktionen erfüllen. Eine Kontamination würde einen großen Eingriff in die Bodenfunktionen darstellen. Böden mit geringer Schutzwürdigkeit leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfunktion. Sie werden als sehr gering verwundbar eingestuft. Sind die Grundwasserleiter durch mächtige und bindige Bodenkörper überdeckt, was einer sehr hohen oder hohen natürlichen Grundwasserschutztheit entspricht, dann ist von einer sehr geringen Verwundbarkeit gegenüber Kontamination auszugehen. Ist das Grundwasser dagegen nur gering oder sehr gering durch den überlagernden Bodenkörper geschützt, ist von einer sehr hohen Verwundbarkeit auszugehen. Ein hoher bzw. sehr hoher Biotopwert steht für eine sehr hohe Verwundbarkeit, da Biotopbeide Wertstufen noch gut bzw. sehr gut ihre Umweltfunktion, also ihre Arten- und Biotopschutzfunktionen erfüllen. Es ist davon auszugehen, dass Kontaminationsprozesse Eingriffe

in die Lebensräume, damit in die Lebensgemeinschaften und somit einen Funktionsverlust bedeuten würden. Biotop mit geringem oder sehr geringem Wert leisten dagegen kaum oder gar keinen Beitrag zum Erhalt der Arten- und Biotopschutzfunktion. Sie können als sehr gering verwundbar eingeschätzt werden. Diese beschriebenen Zusammenhänge zwischen den verwundbarkeitsrelevanten Kriterien und der Verwundbarkeit bilden die Grundlage für die logische Verknüpfung. Das Verfahren der logischen Verknüpfung wird angewendet, wenn mehrere, aber mindestens zwei ordinalskalierte Größen zu einer gemeinsamen Zielaussage zusammengeführt werden sollen (BACHFISCHER 1978: 89; SCHOLLES 2008 a: 49). Bei ordinalskalierten Größen stellen die Ausprägungen Wertstufen in einer Rangfolge dar, z. B. sehr geringer Biotopwert, geringer Biotopwert, mittlerer Biotopwert, hoher Biotopwert, sehr hoher Biotopwert. Diese verbal formulierten Wertstufen sind i. d. R. römischen Ziffern I, II, III, IV, V zugeordnet. Dennoch dürfen sie nicht arithmetisch über Addition oder Multiplikation zur gewünschten Zielaussage zusammengeführt werden. Formal dürfen sie nur ‚logisch verknüpft‘ werden (SCHOLLES 2008a: 409, 411). Zur Durchführung von logischen Verknüpfungen wird in der Literatur u. a. die Verwendung von Präferenzmatrizen vorgeschlagen. Dabei werden zwei zu verknüpfende Größen mit ihren rangskalierten Ausprägungen gegenübergestellt (siehe Abbildung 4.1.4).

		Größe 1			
		I	II	III	IV
Größe 2	I				
	II				
	III				
	IV				
	V				

Abb. 4.1.4 Eine noch leere Präferenzmatrix

Die jeweiligen Ausprägungen, also die Wertstufen der Größen logisch zu verknüpfen, bedeutet, sich anhand logischer Gesichtspunkte zu überlegen, was das Ergebnis aus der Zusammenführung z. B. der Wertstufe ‚gering‘ (I) der einen Größe mit der Wertstufe ‚mittel‘ (III) der anderen Größe sein könnte. So gilt es im vorliegenden konkreten Fall, ein Zwischenergebnis der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus beispielsweise ‚geringer Schützwürdigkeit des Bodens‘ und der ‚mittleren Grundwassergeschützteit‘ zu finden. Für die Verknüpfung zweier Größen nach logischen Gesichtspunkten in einer Präferenzmatrix gibt es kein einheitliches oder standardisiertes Verfahren. Es liegt im Ermessen des jeweiligen Bearbeiters, dies logisch und nachvollziehbar zu entscheiden. Um diese Entscheidungen bei der Zusammenführung der Kriterien zur gewünschten Zielaussage ‚verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ zu vereinfachen, wurde ein neues Verfahren unter Anwendung der Präferenzmatrix entwickelt. Dabei wird den in den Kommunen vorliegenden ordinalen Ausprägungen der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien, mit Hilfe einer funktionalen Darstellung fachlich begründet, je ein Verwundbarkeitswert zugeteilt. Aus der Zusammenführung der drei Verwundbarkeitswerte der Kriterien ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation. In der Funktion wird die gerade beschriebene Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit dargestellt. Sie zeigt also, wie sich die Verwundbarkeit mit steigender Rangfolge der Ausprägungen des Kriteriums verändert.

Für die Darstellung der Funktion sollte zunächst festgelegt werden, wie viele Wertstufen die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation aufweisen soll. Danach richtet sich auch die Anzahl der Wertstufen der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm. Bezüglich der Anzahl der Wertstufen zeigen Erfahrungen, dass Ordinalskalen nicht mehr als 5-7 Stufen haben sollten (BACHFISCHER 1978: 178). Die Anzahl der Wertstufen sollte sich nach dem Sachverhalt richten. Je genauer ein Sachverhalt wissenschaftlich untersucht ist, je besser also die Datengrundlage ist, desto mehr Klassen können gegründet werden. Neun Klassen stellen allerdings die Obergrenze dar, da der Mensch nicht mehr differenzieren kann (SCHOLLES 2008 a: 411). Bei nur drei Klassen besteht allerdings die Gefahr, dass die Aussagekraft des Ergebnisses zu gering ist. Innerhalb des Forschungsprojektes wird zur Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation eine fünfstufige Darstellung der Ergebnisse angestrebt. Zum einen wird so im Vergleich zur dreistufigen Bewertung von gering über mittel bis hoch eine höhere Aussagekraft des Ergebnisses erzielt, zum anderen ist eine stärkere Differenzierung als in fünf Klassen durch die vorhandene Datenbasis nicht

sinnvoll. Allerdings sollte in den Kommunen die gleiche Anzahl der Klassen zur Darstellung der Verwundbarkeit gewählt werden, um einen Vergleich mit anderen Kommunen zu ermöglichen.

Demnach stellt das Funktionsdiagramm die Verwundbarkeit in fünf Wertstufen dar. Die Anzahl der Ausprägungen des jeweiligen Kriteriums richtet sich nach der in den Kommunen vorliegenden Wertabstufung. Der abgebildete Zusammenhang – das entspricht dem generellen Verlauf der Funktion – zwischen dem jeweiligen Kriterium und der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm steht fest. Da in jeder Kommune eine andere Anzahl an Ausprägungen der Kriterien vorliegen, muss der Funktionsverlauf gestaucht (weniger Ausprägungen als in den Beispielverläufen, siehe Abbildung 5, 6, 7) oder gestreckt werden (mehr Ausprägungen als in den Beispielverläufen). Im folgenden Beispiel wird der Zusammenhang zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit dargestellt (siehe Abbildung 4.1.5).

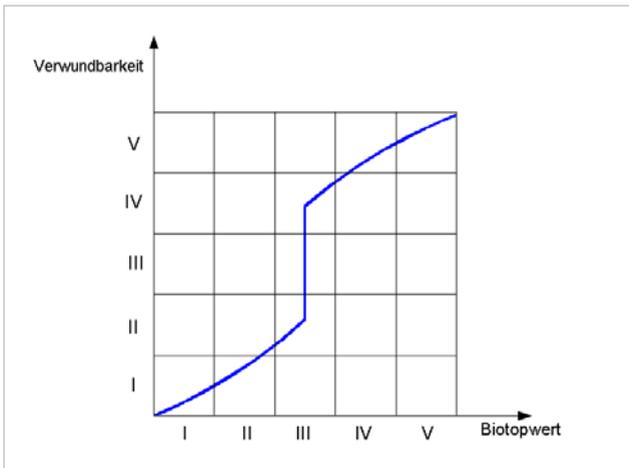


Abb. 4.1.5 Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit

Bei diesem Beispiel weist der Biotopwert fünf Ausprägungen (I-V) auf. Der Verlauf zeigt, dass ein sehr geringer und geringer Biotopwert (Ausprägung I und II) vorwiegend für sehr geringe Verwundbarkeiten steht (vorwiegend Wertstufe I), während hohe und sehr hohe Biotopwerte (Ausprägungen IV und V) für eine vorwiegend sehr hohe Verwundbarkeit (vorwiegend Wertstufe V). Damit ist der Verlauf der Funktion nicht linear. Linearität hieße, dass mit zunehmender Rangfolge der

Ausprägung des Kriteriums auch die Verwundbarkeitswertstufen entsprechend steigen. Das würde bedeuten, dass die Ausprägung ‚sehr gering‘ für eine sehr geringe Verwundbarkeit, die Ausprägung ‚gering‘ für eine geringe Verwundbarkeit usw. ständen. Der Übergang der Funktion von geringer zu hoher Verwundbarkeit (Wertstufe II zu Wertstufe IV) ist durch einen Sprung gekennzeichnet. Die anderen Kriterien ‚Schutzwürdigkeit des Bodens‘ und ‚Grundwassergeschüttheit‘ weisen ebenfalls diesen skizzierten, nichtlinearen Verlauf auf (siehe Abbildungen 4.1.6 und 4.1.7).

Der generelle nichtlineare Verlauf der Funktionen wurde mit Hilfe der geführten Experteninterviews erarbeitet. Zudem sollte vor der Verknüpfung die Gewichtung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien klar sein. Aus dem Systemmodell lässt sich erkennen, dass die drei verwundbarkeitsrelevanten Kriterien gleichermaßen die Umwelt bzw. die Umweltfunktionen repräsentieren. Aus diesem Grund ist keine Gewichtung der Kriterien notwendig.

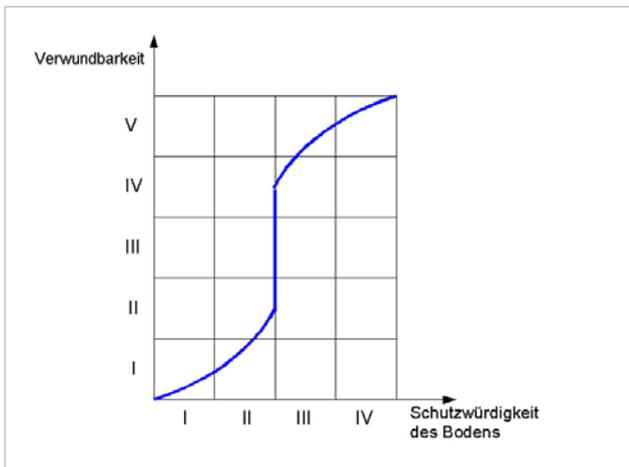


Abb. 4.1.6 Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit

Für jede Ausprägung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien kann nun aus den Funktionsverläufen eine Verwundbarkeitsstufe (= Verwundbarkeitswert) abgelesen werden. Für die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix muss überlegt werden, was das Ergebnis aus beiden abgelesenen Verwundbarkeitswerten ist. Ein geringer Verwundbarkeitswert (Wertstufe II) und ein hoher Verwundbarkeitswert (Wertstufe IV) werden bei Gleichgewichtung der

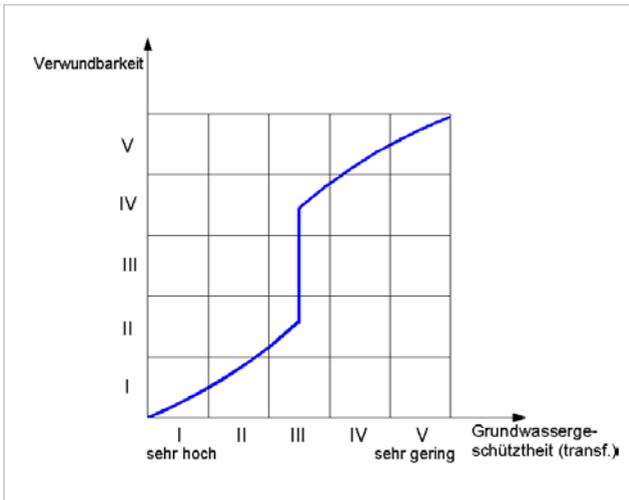


Abb. 4.1.7 Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit

beiden Kriterien eine mittlere Verwundbarkeitsstufe (Wertstufe III) zum Ergebnis haben. Das Ergebnis wird in das entsprechende Feld der Präferenzmatrix eingetragen.

Es kann aber auch vorkommen, dass der Funktionsverlauf zwei Wertstufen der Verwundbarkeit schneidet. So sind für die Ausprägung ‚geringer Biotopwert‘ (Ausprägung II) die Wertstufen sehr geringe und geringe Verwundbarkeit (Wertstufen I und II) abzulesen (siehe Abbildung 4.1.5). Da sich aber der Funktionsverlauf eher in der Wertstufe sehr geringe Verwundbarkeit (Wertstufe I) befindet, würde man $I/_{II}$ ablesen, d. h. für eine Verknüpfung würde die Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ stärker zu bewerten sein als die Wertstufe ‚geringe Verwundbarkeit‘. Die logische Verknüpfung zweier Kriterien in der Präferenzmatrix ist dann beendet, wenn für jede Kombinationsmöglichkeit aus den Ausprägungen der beiden Kriterien ein Ergebnis in die Präferenzmatrix eingetragen ist. Für die logische Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation können zunächst nur zwei Kriterien in der Präferenzmatrix gegenübergestellt und verknüpft werden, z. B. die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, und die ‚Grundwassergeschüttheit‘. Für die Umsetzung im GIS können ohnehin maximal zwei Kriterien zusammengeführt werden. Für das Zwischenergebnis aus der Verknüpfung der

‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ mit der ‚Grundwassergeschüttheit‘ muss ebenfalls die Bedeutung für die Verwundbarkeit in Form einer Funktion dargestellt werden. Da das Zwischenergebnis aus den beiden Einzelkriterien resultiert, besteht der gleiche generelle funktionale Zusammenhang zwischen dem Zwischenergebnis und der Verwundbarkeit wie zwischen den Einzelkriterien und der Verwundbarkeit (siehe Abbildung 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7). Für die Verknüpfung mit dem noch ausstehenden Kriterium ‚Biotopwert‘ gilt das gleiche beschriebene Prinzip. Für die entsprechenden zu verknüpfenden Ausprägungen des Zwischenergebnisses und des Biotopwertes in der Präferenzmatrix sind die Verwundbarkeitswerte aus den beiden Funktionsverläufen abzulesen und nach eigenem Ermessen logisch zusammenzuführen. Mit den in dieser Präferenzmatrix eingetragenen Verwundbarkeitswerten sind die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation ermittelt, d. h. die Wertstufen in der Präferenzmatrix der beiden Größen ‚Zwischenergebnis‘ und ‚Biotopwert‘ entsprechen den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation.

Das Verfahren der logischen Verknüpfung lässt sich i. d. R. in jedem Geoinformationssystem (GIS), wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, umsetzen und darstellen.

Dazu müssen die umweltrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Grundwassergeschüttheit‘ und ‚Biotopwert‘ als digitale Themen in ein View eingeladen werden. Die Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚sehr gering‘, ‚gering‘ usw. räumlich dargestellt werden. Für die nächsten Arbeitsschritte werden die erarbeiteten Präferenzmatrizen benötigt. Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung im GIS wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl des Werkzeugkastens genutzt. Dort sind die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also die ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und die ‚Grundwassergeschüttheit‘ auszuwählen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt. Das könnte beispielsweise ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ heißen. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. In der Tabelle muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Unter Nutzung des Abfragefensters der Attributtabelle müssen nun nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Kriterien abgefragt werden, z. B. Schutzwürdigkeit = I AND Grundwassergeschüttheit = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun kann

man sich das neue Thema ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. Für die Verknüpfung dieses Zwischenergebnisses mit dem dritten verwundbarkeitsrelevanten Kriterium ‚Biotopwert‘ wird analog vorgegangen, d. h. man nutzt den ‚Vereinigung- bzw. Union-Befehl, wählt die beiden Themen ‚Umweltinformation_Zwischenergebnis‘ und ‚Biotopwert‘ aus, legt in der Attributtabelle des neuen Themas, das ‚Umweltinformation‘ heißen könnte, eine neue Spalte an, fragt nacheinander jede Kombinationsmöglichkeit der Ausprägungen der beiden Themen ab und trägt die entsprechenden Ergebnisse aus der Präferenzmatrix in die Felder der neuen Spalte ein. Sind alle Ergebnisse eingetragen, kann man sich im View das neue Thema ‚Umweltinformation‘, klassifiziert nach der neuen Spalte, anzeigen lassen. So ist die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation zu sehen.

2. Bewertung der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Da eine Umweltverwundbarkeit nur in dem Einflussbereich potenzieller Kontaminationsquellen besteht, muss die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation mit den potenziellen Kontaminationsquellen verschnitten und mit der Intensität der Schadwirkung verknüpft werden. Dazu muss die Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen zunächst bewertet werden.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten während und nach dem Hochwasserereignis im Boden und im angestiegenen Grundwasser nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, werden ausschließlich die auf und unter der Fläche der Altlast befindlichen Umweltausschnitte mit ihren Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation betrachtet.

Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung nach dem Absinken des Grundwasserspiegels im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird, mit dem Ziel, das Verfahren möglichst einfach zu halten, nicht mit berücksichtigt³². Nur für die Umweltausschnitte innerhalb der

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

Altlastenflächen besteht eine Umweltverwundbarkeit gegenüber einer möglichen Kontamination. In dem Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter bewertet, da aus Datenschutzgründen aus den Kommunen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Das bedeutet, dass es für die Gefährdung durch Altlasten keine Abstufungen der Schadintensität gibt. Möchte eine Gemeinde die Verwundbarkeit der Umwelt genauer ermitteln, kann sie beispielsweise die nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadpotenzial einer Altlastenverdachts- bzw. einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskilierung zu bewerten.

Für die Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Schadquelle Verdünnungseffekte in der Hochwasserwelle einsetzen, so dass sich die potenzielle Schadwirkung abschwächt. Dargestellt wird dies über die Festlegung von drei Zonen um die potenzielle Schadquelle. Den Zonen werden Wertstufen von I-III unterschiedlicher Schadintensitäten zugeordnet. So ist in der unmittelbar an die Schadquelle angrenzenden Zone die potenzielle Schadintensität am höchsten. Sie bekommt beispielsweise den Wert I (hohe Schadwirkung) zugeordnet.

3. Verschneidung und Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Die Verwundbarkeitsaussage gegenüber potenziellen Kontaminationen durch Altlasten erhält man über die Verschneidung der Altlastenflächen mit den Umweltflächen, auf denen Daten zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegen. Wie bereits erwähnt, sind dabei nur die bewerteten Umweltflächen innerhalb der Altlastenflächen verwundbar. Die Höhe der Umweltverwundbarkeit richtet sich aufgrund der fehlenden Information zu unterschiedlichen Schadintensitäten innerhalb der Altlastenflächen nur nach der vorliegenden Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation. Ein Umweltausschnitt innerhalb der Altlastenflächen ist also sehr verwundbar, wenn dort eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegt. Die Verschneidung der Altlastenflächen mit der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation kann in einem GIS umgesetzt

werden. Dazu sollte das definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Altlastenflächen eingeladen werden. Nun schneidet man über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl des Werkzeugkastens die Altlastenflächen aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aus, so dass nur noch die Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenflächen mit ihrer Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation in der Gemeindefläche angezeigt werden. Auf demselben Weg wird anschließend das definierte Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Altlastenflächen liegenden Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ermittelt werden konnte, verschnitten. Als Ergebnis erhält man die Umweltausschnitte, die bei dem definierten Überschwemmungsgebiet gegenüber einer potenziellen Kontamination ausgehend von den Altlasten verwundbar sind.

Im Gegensatz zu dem gerade beschriebenen Prozess der Ermittlung der Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber den potenziellen Schadwirkungen aus Altlasten erfolgt im Falle einer potenziellen Kontamination durch Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV neben der Verschneidung des Einflussbereiches der Schadwirkung (dargestellt durch die drei Zonen) mit den Umweltflächen, auf denen die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation erhoben werden kann, auch eine Verknüpfung der Wertstufen der Schadwirkung mit den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation. Dabei sind die Umweltausschnitte, die zugleich eine sehr hohe Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation aufweisen und im unmittelbaren Einflussbereich einer Anlage oder eines Betriebsbereiches liegen, sehr verwundbar gegenüber potenziellen Kontaminationen ausgehend von Anlagen und Betriebsbereichen. Die Verknüpfung erfolgt ebenfalls unter Zuhilfenahme von Funktionen und in Form der Präferenzmatrix. Dabei müssen der Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit und zwischen der Schadintensität der potenziellen Kontaminationsquellen und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit abgebildet werden. Da sich die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation aus den drei Kriterien zusammensetzt, die jeweils den beschriebenen nicht-linearen Verlauf aufweisen, nimmt auch der Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der endgültig darzustellenden Verwundbarkeit den nicht-linearen Verlauf an (siehe Abbildung 4.1.8).

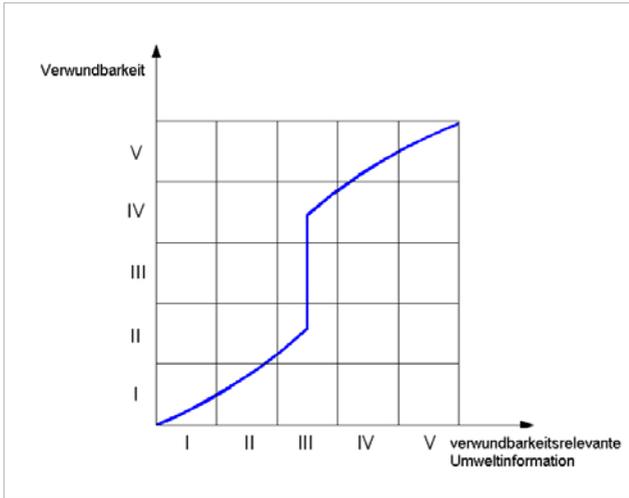


Abb. 4.1.8 Funktionaler Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit

Der Zusammenhang zwischen der Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV und der Verwundbarkeit ist linear, da angenommen wird, dass sich die Schadwirkung über die definierten Zonen gleichmäßig abschwächt (siehe Abbildung 4.1.9).

Die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit der Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen in der Präferenzmatrix verläuft nach dem gleichen bereits beschriebenen Prinzip der logischen Verknüpfung. Es wurden für jede Ausprägung beider Größen die Verwundbarkeitswerte abgelesen und nach eigenem Ermessen in die entsprechenden Felder der Präferenzmatrix eingetragen (siehe Abbildung 4.1.10). Diese bereits erarbeitete Präferenzmatrix kann in jeder Kommune übernommen werden, die den Vorschlag der fünfstufigen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der dreistufigen Darstellung der Schadwirkung angenommen hat.

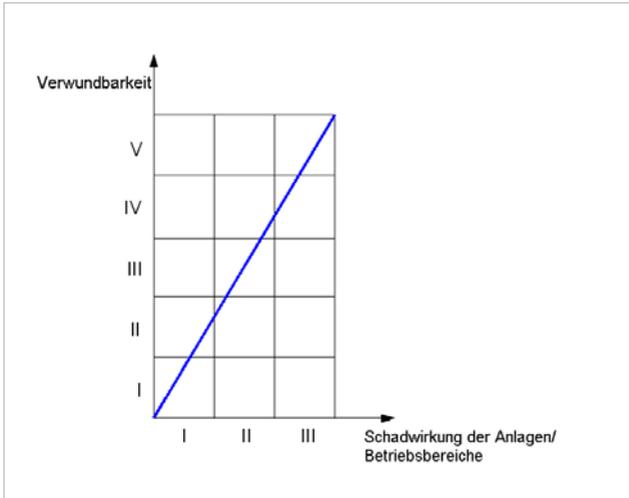


Abb. 4.1.9 Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schädigung von Anlagen/Betriebsbereichen und der Verwundbarkeit

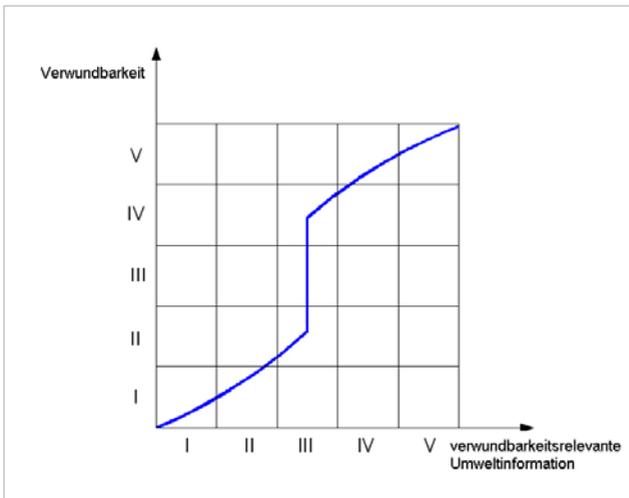


Abb. 4.1.10 Präferenzmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Schädigung ausgehend von Anlagen/Betriebsbereichen nach § 62 WHG und nach der 12. BImSchV

Diese Präferenzmatrix wird für die Umsetzung im GIS benötigt. Dazu sollte das definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und die Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach

der 12. BImSchV eingeladen werden. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so müssen beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl des Werkzeugkastens vereinigt werden. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Nun sollte aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ des Werkzeugkastens ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m³³ erstellt und die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘ vereinigt werden. In der Attributtabelle dieses Themas werden nun den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zugeordnet, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I). Nun erfolgt die Verknüpfung der Themen ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ und ‚verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Damit entsteht ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält. In der Attributtabelle des neuen Themas muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Über das Abfragefenster müssen alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Themen abgefragt und in die neue Spalte der markierten Datensätze die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Ist die neue Spalte vollständig gefüllt, wird im View das neue Thema nach der neuen Spalte klassifiziert. Als Ergebnis sind die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schadwirkung aus den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV verwundbar sind, zu sehen. Dabei werden nur die Umweltausschnitte innerhalb der Pufferzonen dargestellt.

Nun wird über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das definierte Überschwemmungsgebiet mit den innerhalb der Pufferzonen liegenden verwundbaren Umweltflächen verschnitten. So erhält man die innerhalb des definierten Überschwemmungsgebietes liegenden verwundbaren Umweltflächen gegenüber den Anlagen und Betriebsbereichen.

33 Die Distanzen abgestufter Schadwirkung wurden mit Hilfe von Expertengesprächen festgelegt. Obwohl eine Schadwirkung nur in Fließrichtung auftreten kann, werden zur Vereinfachung des Verfahrens Puffer mit einem einheitlichen Abstand um die Kontaminationsquellen erzeugt. Die tatsächliche Ausbreitungsfahne der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle in Fließrichtung kann nicht ohne Zuhilfenahme anderer Programme dargestellt werden.

4. Aggregation zur endgültigen Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen

Es ist davon auszugehen, dass sich die schädlichen Auswirkungen und damit die gesamte hochwasserbedingte Umweltverwundbarkeit bei einer Überlagerung der potenziellen Schadwirkungen ausgehend von den unterschiedlichen Kontaminationsquellen erhöhen. Liegt beispielsweise der Einflussbereich einer Anlage nach § 62 WHG, dargestellt durch die Pufferzonen, über einer Altlastfläche, so wird die Verwundbarkeit des sich dort befindlichen Umweltausschnittes gesteigert. Dazu muss zunächst die Umweltverwundbarkeit gegenüber der potenziellen Kontamination aus Altlasten mit der Umweltverwundbarkeit gegenüber der potenziellen Kontamination gegenüber Anlagen nach § 62 WHG/Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV verknüpft werden. Dabei entstehen zwei Fälle. Für den Fall, dass eine Umweltfläche nur durch eine Altlast oder nur durch eine Anlage oder einen Betriebsbereich gefährdet ist, wird die bereits über den Punkt 3 ermittelte Verwundbarkeitsaussage übernommen. Ist eine Umweltfläche gleichzeitig durch eine potenzielle Schadwirkung aus Altlasten und Anlagen/Betriebsbereichen gefährdet, erhöht sich der Mittelwert beider Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Wertstufen. Im GIS wird dieser Schritt wie folgt umgesetzt: Die beiden Themen aus dem Punkt 3, also die Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten und die Verwundbarkeit der Umwelt unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus den Anlagen/Betriebsbereichen müssen in ein View eingeladen werden. Ist zu erkennen, dass sich beide Themen überlagern, erfolgt die Verknüpfung beider Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Kontaminationen‘ heißen könnte. Nun wird in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte angelegt. In der Tabelle sind die beiden beschriebenen Fälle erkennbar. Entweder liegen die Umweltausschnitte, die gegenüber der Schadwirkung ausgehend von Altlasten und Anlagen § 62 WHG/Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV verwundbar sind, nicht übereinander, sondern nebeneinander (in diesen Fällen werden die Verwundbarkeitsabstufungen von jedem der beiden Themen 1:1 in die neue Spalte übernommen), oder sie überlagern sich. In diesen Fällen wird der Mittelwert aus beiden Verwundbarkeitsabstufungen um zwei Klassen erhöht und in das neue Feld eingetragen. Liegt für beide Themen der Wert I vor, so wird diesen Datensätzen nun in der vereinten Attributtabelle der Wert III zugeordnet. Damit geht die bisherige fünfstufige Bewertung in eine siebenstufige Bewertung über. Das neue Thema ‚Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber

Kontaminationen‘ wird nun über die neue Spalte im View klassifiziert. Somit sind die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften Umweltausschnitte innerhalb der Altlastenverdachtsflächen und Pufferzonen um die Anlagen/Betriebsbereiche ersichtlich. Es handelt sich dabei um jene Umweltausschnitte, die bei dem definierten Hochwasserszenario gegenüber potenziellen Schädwirkungen, ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen, verwundbar sind.

4.1.2.1.6 Handlungsempfehlungen

Wie bereits erwähnt, ergeben sich erste allgemeine Handlungsempfehlungen aus der Analyse des Systemmodells, z. T. aber auch aus den direkten Vorschlägen und Anregungen der Experten. Aus den Wirkbeziehungen zwischen den wesentlichen Schlüsselgrößen des Systems ‚Umwelt‘ im Systemmodell wird deutlich, an welcher Stelle, also an welchen Schlüsselgrößen, angepackt werden muss, um die Verwundbarkeit zu reduzieren.

Zunächst wird den Kommunen dringend empfohlen, mit den benachbarten Kommunen bei der Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse zusammenzuarbeiten bzw. sich abzustimmen, da die potenziellen Schädwirkungen, die die Voraussetzung für die Verwundbarkeit der Umwelt gegenüber Hochwasserereignissen darstellen, nicht an Gemeindegrenzen enden. Die Zusammenarbeit der Kommunen sollte sich auch über die Ermittlung der Verwundbarkeit hinaus auf die erwähnt, vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen zur Minderung der Umweltverwundbarkeit erstrecken.

Wie erwähnt, wird aus dem Systemmodell die dominante Rolle des Systemelementes ‚Sicherheit potenzieller Kontaminationsquellen‘ ersichtlich. Es wird auch deutlich, dass es keine Umweltverwundbarkeit gäbe, fiel dieses Systemelement weg. Deshalb beschränken sich die Handlungsempfehlungen im Wesentlichen auf die Vermeidung bzw. stärkere Sicherung dieser Kontaminationsquellen. Es bestehen zwar bereits Gesetze und Verordnungen, die den Umgang mit den potenziellen Kontaminationsquellen regeln. Dennoch existieren Lücken im bestehenden Recht, so dass Gefahren für die Umwelt bestehen. Bestimmungen über den Hochwasserschutz von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 62 WHG-Anlagen) treffen das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes und die ländereigenen Wassergesetze und Verordnungen. In dem bis zur Novellierung 2009 und weiteren Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes zum 11.9.2010 geltenden alten Wasserhaushaltsgesetz wurden Anforderungen zur Sicherung der Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen für

die Überschwemmungsgebiete (ehemals § 31 b WHG) und für die überschwemmungsgefährdeten Gebiete (ehemals § 31 c WHG) getroffen. Diese Anforderungen sollten in den Ländergesetzen konkretisiert werden. Diese verweisen auf genauere Bestimmungen in den ländereigenen Verordnungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. In der Regel bestanden genaue Sicherheitsvorschriften für die Anlagen im rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet nach dem ehemaligen § 31 b WHG – also für jene Gebiete, die bei einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet werden. Für die nach dem ehemaligen § 31 c beschriebenen überschwemmungsgefährdeten Gebiete – jene Gebiete, die bei einem größeren Hochwasser als einem 100-jährlichen Hochwasser oder einem Deichversagen überschwemmt werden – wurden in den Ländern entweder keine oder nur Bestimmungen mit einem großen Interpretationsspielraum getroffen. Das bedeutet, dass nur für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet klare Hochwasserschutzanforderungen galten. Anlagen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten könnten im Hochwasserfall eine Gefahr für die Umwelt darstellen, da ihre Sicherung gar nicht oder nur sehr schwammig geregelt war. Nach der Novellierung 2009 und weiteren Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes zum 11.9.2010 gibt es nun keine Unterscheidung mehr in Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Gebiete. Es müssen von den Ländern nur noch Überschwemmungsgebiete ausgewiesen werden. Der Begriff der überschwemmungsgefährdeten Gebiete taucht nicht mehr auf. Somit sind nun auch die zwar schwammigen, aber dennoch existenten Hochwasserschutzanforderungen für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten verschwunden. Hier wird ein großer Handlungsbedarf gesehen. Um eine Gefährdung für die Umwelt zu vermeiden, sollte rechtlich nachgebessert werden. Die Sicherheitsauflagen dürfen nicht nur für ein 100-jährliches Hochwasser gelten.

Trotz der konkreten Hochwasserschutzanforderungen in den rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten darf jedoch dennoch nicht von einer hundertprozentigen Sicherheit der Anlagen ausgegangen werden. Zum einen sind rechtlich keine Umsetzungsfristen für die geforderten Auflagen vorgesehen, zum anderen fehlen in den Behörden die Kapazitäten, um die Umsetzung der Anforderungen zu kontrollieren. So lässt sich vermuten, dass einige Anlagen, wenn kein eigenes Interesse des Anlagenbetreibers an der Sicherheit besteht, unzureichend gegenüber einem potenziell auftretenden Hochwasser gesichert sind. Demnach wird empfohlen, Umsetzungsfristen in den Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden der Behörden an die Anlagenbetreiber zu verankern. Darüber hinaus

sollte der Anlagenbetreiber aufgefordert sein, bis zum Ablauf der Umsetzungsfrist eine Meldung an die Behörde zu machen, in der er anzeigt, welche Maßnahmen zum Hochwasserschutz er getroffen hat. Es sollte auch im Interesse des Betreibers liegen, einen Hochwasserschaden, der mit Kosten verbunden ist, zu vermeiden. Die Behörde sollte darüber hinaus stichpunktartig Kontrollen der Umsetzung durchführen. Wurden die geforderten Auflagen nicht realisiert, sollten Geldbußen eine abschreckende Wirkung erzielen. Zudem sollten Anlagenbetreiber, die den rechtlichen Bestimmungen nicht nachgekommen sind, auch keinen Anspruch auf irgendeine Form der Wiederaufbauhilfe nach einem Hochwasser haben.

Die Regelungen zum Hochwasserschutz von Störfallbetrieben sind sehr vage und ausschließlich in der 12. Bundesimmissionsschutzverordnung geregelt. Demnach muss der Betreiber die notwendigen Schutzvorkehrungen treffen, um einen Störfall, der durch ein Hochwasser ausgelöst werden könnte, zu verhindern (§ 3 I 12. BImSchV). Der Gesetzgeber lässt jedoch offen, für welche Betriebe das gilt. In der Regel fordern die Genehmigungsbehörden die Schutzvorkehrungen nicht nur von Störfallbetrieben, die in einem rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet liegen, sondern auch von denen, die bei einem 200-jährlichen Hochwasser betroffen sein könnten. Eine feste Regelung besteht dazu nicht. Es liegt im Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden. Anders als beim Wasserrecht sind über § 16 der 12. BImSchV Kontrollen bzw. das Betreiben eines Systems zur Überwachung der Sicherheitsauflagen rechtlich verankert. Als Alternative für die vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen innerhalb des Wasserrechtes könnte so ein Überwachungssystem auch als Vorbild für das Wasserrecht dienen. Durch den Ermessensspielraum der Genehmigungsbehörden ist jedoch nicht auszuschließen, dass von einigen Störfallbetrieben bei einem größeren Hochwasserereignis als einem 100-jährlichen eine Gefahr für die Umwelt ausgeht. Aus diesem Grund sollte entweder eine Nachbesserung in der 12. BImSchV erfolgen, in der konkret die Schutzanforderungen auch für seltenere als 100-jährliche Hochwasser formuliert werden oder die Genehmigungsbehörden in den Gemeinden oder Regierungspräsidien stimmen sich auf eine einheitliche Vorgehensweise ab, so dass die geforderten Schutzvorkehrungen Betriebe auch bei einem potenziellen Extremhochwasser absichern.

Es ist zudem ein großes Problem, dass sowohl im Wasser- als auch im Immissionsschutzrecht eine drohende Gefahr, die ausschließlich von einem ansteigenden Grundwasserspiegel resultiert, nicht mit berücksichtigt wird. Auch

außerhalb von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten können gelagerte wasser- bzw. umweltgefährdende Stoffe über den Grundwasserdruck freigesetzt werden. Mit Hilfe von Grundwassermodellierung sollten jene Bereiche ausgewiesen werden, die zwar nicht vom oberflächlichen Hochwasser, jedoch von hoch anstehendem Grundwasser bedroht werden könnten. Hier gilt es ebenfalls, Sicherheitsanforderungen für die Anlagen und Störfallbetriebe rechtlich festzusetzen.

Da die Sicherheit von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Störfallbetrieben in den Überschwemmungsgebieten und den grundwassergefährdeten Gebieten nicht nur von den technischen Hochwasserschutzvorkehrungen abhängt, sondern auch von der menschlichen Fähigkeit, die richtigen Entscheidungen zu treffen, sollte es bei weiteren Planungen in Erwägung gezogen werden, Genehmigungen in Überschwemmungs- oder grundwassergefährdeten Gebieten zu versagen. Des Weiteren sollten Behörden die Betreiber von Anlagen und Betrieben mit dem Hinweis auf die Vermeidung von Eigen- und Fremdschäden anregen, wasser- bzw. umweltgefährdende Stoffe aus dem Überschwemmungs- und grundwassergefährdeten Gebiet auszulagern.

Für den Bereich der Altlasten bestehen bezüglich eines Hochwassers keine gesonderten Anforderungen. Sie unterliegen den allgemeinen Bestimmungen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Es ist aber denkbar und empfehlenswert, dass bei der Untersuchung, Bewertung und der Sanierung von Altlastenverdachtsflächen bzw. Altlasten mit berücksichtigt wird, wo Altlasten auf sehr verwundbare Umweltflächen treffen, d. h. an welchen Stellen die Altlastenflächen einen besonders großen Schaden in der Umwelt anrichten können. Werden von den Kommunen die im Leitfaden beschriebenen Einzelbetrachtungen durchgeführt, so wird auch ersichtlich, an welchen Stellen der Boden oder das Grund- bzw. das Trinkwasser von Schadwirkungen aus Altlasten gefährdet werden könnten. Somit könnten die Verwundbarkeitsermittlungen eine Grundlage für die Priorisierung bei der Altlastensanierung sein.

Das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit könnte analog dazu dienen, beispielsweise eine Verlagerung oder den Rückbau von bestehenden Anlagen nach § 62 WHG oder Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV in Überschwemmungs- oder grundwassergefährdeten Gebieten zu priorisieren. Sollte eine Verlagerung oder der Rückbau nicht durchsetzbar sein, könnte sich die Behörde bei Genehmigungs- oder Nachrüstungsbescheiden jedoch mit der Höhe der Sicherheitsanforderungen mit an der Umweltverwundbarkeit orientieren.

Auf jeden Fall sollte die Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation als Grundlage für weitere räumliche Planungen verwendet werden. Unabhängig von den Auswirkungen im Hochwasserfall könnte man über die Karte der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation ableiten, an welchen Stellen keine weiteren Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieausweisungen erfolgen sollten. So könnten die erzeugten Karten die Grundlagen für Stellungnahmen bei Vorhabensplanungen sein. Die Ergebnisse könnten zudem bei der Aktualisierung des Landschaftsplanes oder der Umweltberichte verwendet werden.

Konkrete Handlungsempfehlungen können Kommunen erst dann aussprechen, wenn sie das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit durchgeführt und flächengenaue Aussagen zur Umweltverwundbarkeit vorliegen haben. Erst dann können die Kommunen entscheiden, in welchen Gebieten die Verwundbarkeit akzeptabel ist und in welchen sie über zu ergreifende Maßnahmen reduziert werden muss.

4.1.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode

Die Assessment-Methode, die bereits in Kapitel 4.1.2.1 beschrieben wurde, wird in dem Leitfaden zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit umgesetzt (vgl. Anhang A). Der Leitfaden ist unabhängig von diesem Abschlussbericht ein eigenständiges Werk. Er ist deshalb so aufgebaut, dass die Kommunen diesen auch ohne Einarbeitung in den Abschlussbericht anwenden können. Der Leitfaden enthält für die Kommunen konkrete Anweisungen zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen. Das beschriebene abstrakte Verwundbarkeitskonzept wird also im Leitfaden konkret umgesetzt. Dabei bleibt der hier im Forschungsbericht beschriebene wissenschaftliche Hintergrund der Erarbeitung eines Verwundbarkeits- und Systemmodells außen vor. Das vorgestellte Verwundbarkeits- und Systemmodell stellt die Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen von Kommunen so abstrakt dar, dass es für alle Kommunen gilt. Es diene vorwiegend der Entwicklung der Kriterien. Aus diesem Grund müssen die Kommunen bei der Ermittlung ihrer individuellen Umweltverwundbarkeit nur die abgeleiteten Kriterien anwenden. Ein Verwundbarkeits- und ein Systemmodell muss somit nicht von den Kommunen erstellt werden. Auch werden im Leitfaden keine Handlungsempfehlungen aufgeführt, da jede Kommune individuell entscheiden muss, inwieweit sie die Ergebnisse aus der Verwundbarkeitsermittlung für akzeptabel hält.

Im Leitfaden (vgl. Anhang A) wird zunächst der Begriff Umwelt kurz definiert und abgegrenzt, die abgeleiteten Kriterien werden nur benannt und deren Bedeutung für die Verwundbarkeit kurz erläutert. Den Hauptteil bilden konkrete Bewertungs- und Aggregationsverfahren, die bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 erläutert sind, um die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und diese mit den Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen zu verknüpfen. Der Hauptteil gliedert sich in zwei Kapitel. Im ersten Kapitel wird die Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit beschrieben. Es umfasst die Expositions- und Verwundbarkeitsanalyse.

Die Expositionsanalyse beinhaltet die Verfahrensschritte:

- Festlegung des Überschwemmungsgebietes einschließlich exponierter potenzieller Kontaminationsquellen (Exposition)
- Expositionstest ‚Liegen potenzielle Kontaminationsquellen im definierten Überschwemmungsgebiet?‘

Die Verwundbarkeitsanalyse enthält die Verfahrensschritte:

- Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation
- Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen
- Verknüpfung der hochwasserbedingten verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV
- Ermittlung der hochwasserbedingten Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen

Im zweiten Kapitel werden zusätzlich noch Einzelbetrachtungen zur Verwundbarkeit aufgezeigt. Hierbei wird den Kommunen vorgeschlagen, neben der allgemeinen Verwundbarkeit der Umwelt noch die potenzielle Beeinträchtigung der einzelnen Umweltfunktionen, also der Bodenfunktion, der Grundwasserfunktion und der Arten- und Biotopschutzfunktion durch die Anlagen nach § 62 WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten zu ermitteln. Dabei wird analog zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit vorgegangen. Die einzelnen verwundbarkeitsrelevanten Kriterien, die die einzelnen Umweltfunktionen repräsentieren, werden mit dem Einflussbereich der

Altlasten, der Anlagen und Betriebsbereiche verschnitten und im letzteren Fall noch mit der Schadwirkung verknüpft. Das zweite Kapitel umfasst die differenzierte Verwundbarkeitsanalyse mit folgenden Verfahrensschritten:

- Ermittlung potenzieller Schadwirkungen aus Altlasten auf den Boden und das Grundwasser bzw. Trinkwasser
- Ermittlung potenzieller Schadwirkungen aus Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf den Boden und Biotope (inkl. Lebensgemeinschaften)

Jeder Verfahrensschritt in den beiden Kapiteln wird durch eine allgemeine Erläuterung, konkret durchzuführende Arbeitsschritte, ein Beispiel und einen Hinweis zum Umgang mit Datenlücken untersetzt. Da es sich um räumliche Analysen handelt, sind die Arbeitsschritte mit Hilfe eines Geoinformationssystem (GIS) durchzuführen. Die Beispiele wurden mit der Software ArcGIS 9.2 erstellt. Die notwendigen Funktionen, um die Arbeitsschritte umzusetzen, sind jedoch auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten.

Im angehängten Leitfaden (vgl. Anhang A) wird das Verfahren zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit anhand der Kommune Köln aufgezeigt, d. h. als Datengrundlage für die Kriterien dienen die aus dem Umweltamt der Stadt Köln, dem Regierungsbezirk Köln und dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen stammenden Daten.

4.1.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus der Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen anhand der Kommune Köln vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse aus den einzelnen Verfahrensschritten präsentiert. Die konkreten Arbeitsschritte, die zu diesem Ergebnis führen, sind bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 und im Leitfaden (vgl. Anhang A) beschrieben. Darüber hinaus hat die Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit für die Stadt Köln gezeigt, dass die bisher abgeleiteten Kriterien nicht geeignet sind, um die Umweltverwundbarkeit von Kommunen untereinander zu vergleichen. Zu Vergleichszwecken müssen andere, und zwar relative Größen, bemüht werden. Diese werden nach der beispielhaften Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit vorgestellt.

4.1.3.1 *Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit*

Expositionsanalyse

Entsprechend dem Verwundbarkeitskonzept erfolgt zunächst die Expositionsanalyse. Dazu müssen die potenziellen Kontaminationsquellen, also die Anlagen nach § 19 g WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten mit einem definierten Überschwemmungsgebiet überlagert werden. Für Köln wurde in diesem Fall ein 500-jährliches Hochwasserereignis (HQ-500) gewählt. Dieses ist mit einem Extremereignis gleichzusetzen. Aus dem Umweltamt Köln und der Bezirksregierung Köln liegen die Daten der potenziellen Kontaminationsquellen vor, wobei die Anlagen nach § 62 WHG und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV zusammen als Punktquellen vorliegen. Eine Unterscheidung ist hier nicht möglich. Abbildung 4.1.11 zeigt deutlich, dass sowohl Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV als auch Altlasten im Überschwemmungsgebiet liegen. Damit ist die Umwelt gegenüber potenziellen Kontaminationen infolge eines Hochwassers verwundbar. Somit ist eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen.

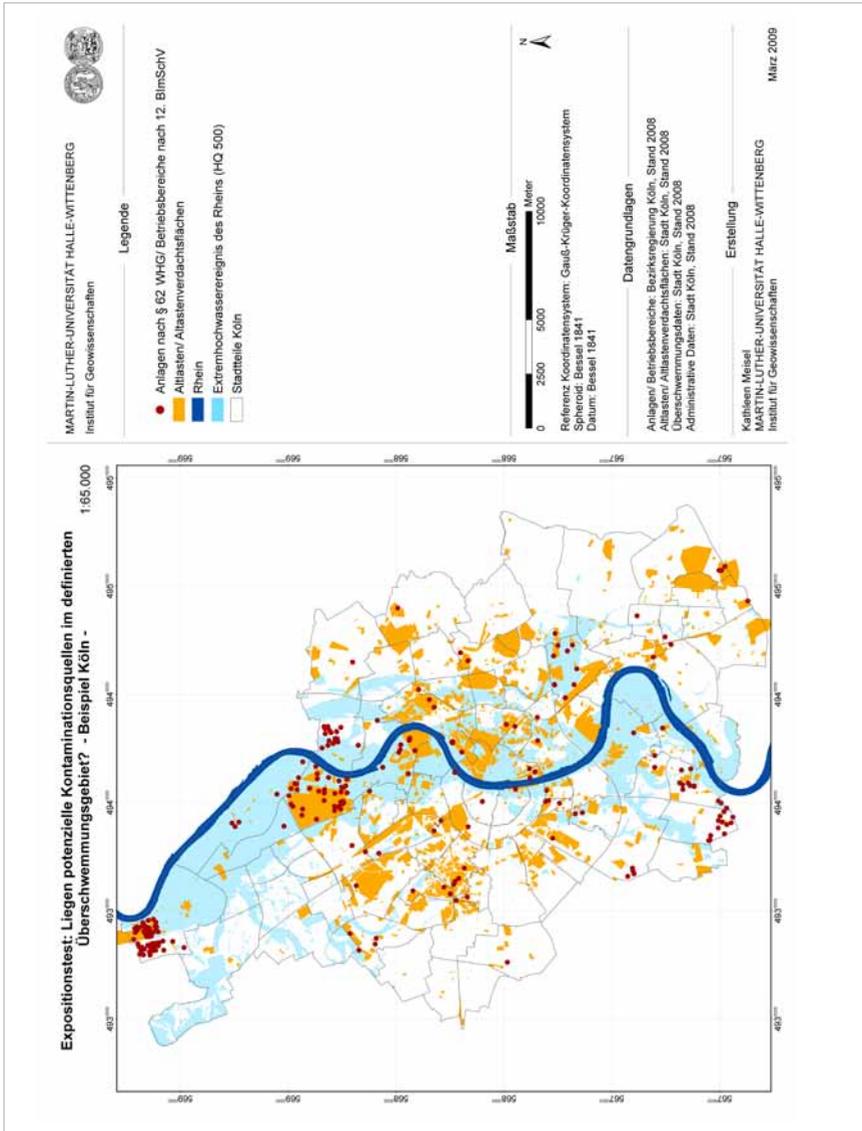


Abb. 4.1.11 Expositionstest für die Stadt Köln

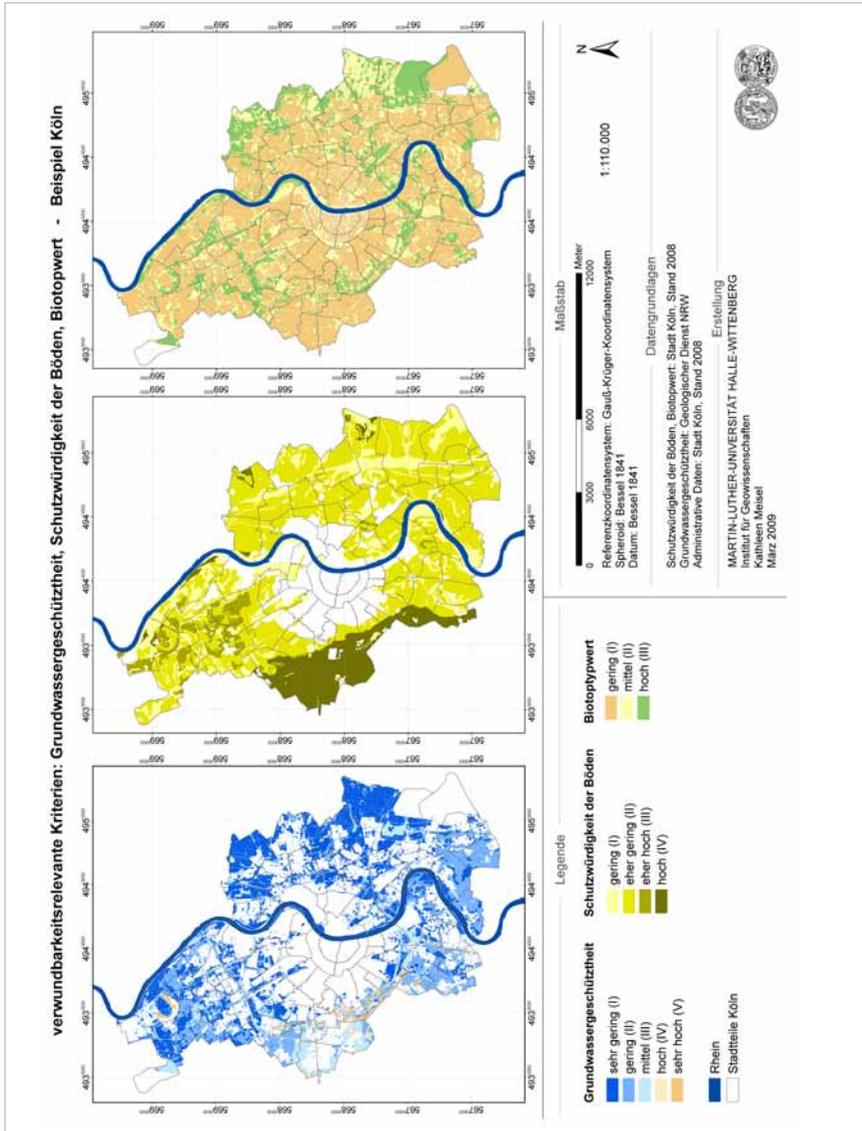


Abb. 4.1.12 Verwendbarkeitsrelevante Kriterien, dargestellt für die Stadt Köln

Verwundbarkeitsanalyse

Zunächst wird unabhängig vom festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen (Exposition) die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ermittelt. Somit erhält man zunächst die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation innerhalb des ganzen Stadtgebietes. Für Köln liegen die verwundbarkeitsrelevanten Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘, ‚Biotopwert‘ und ‚natürliche Grundwassergeschüttheit‘³⁴, die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation ergeben, aus dem Umweltamt der Stadt Köln und dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen bereits klassifiziert vor (siehe Abbildung 4.1.12).

Die Daten der Schutzwürdigkeit der Böden liegen für den Stadtraum von Köln nicht flächendeckend vor. Der dicht besiedelte Innenstadtbereich und einige wenige Kernsiedlungsräume sind ausgespart, da die bewerteten Böden naturnahe und wenig überprägte Böden voraussetzen. Die Schutzwürdigkeit wird nach dem Vorhandensein bzw. nach dem Grad der Erfüllung der Kriterien ‚Archivfunktion‘, ‚Biotopentwicklung‘ und ‚Fruchtbarkeit/Regelungsfunktion‘ bewertet (SCHREY o. J.). Für das Forschungsprojekt wurden die Bezeichnungen der Wertstufen zu gering, eher gering, eher hoch und hoch modifiziert.

Bis auf zwei nicht kartierte Flächen im Norden und Süden der Stadtflächen von Köln liegen im Rahmen des Biotoptypenkatasters die Daten der Biotopbewertung flächendeckend vor. Basierend auf dem Bewertungssystem von LUDWIG 1991 zur Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft werden die Biotopwerte in drei Wertstufen: 0-6 Punkte (teilversiegelte und überprägte Biotoptypen), 7-15 Punkte (hier muss bei Vorhaben frühzeitig die Beurteilung des Umweltamtes eingeholt werden) und 16-35 Punkte (sehr wertvolle Flächen, so dass Überplanung eigentlich verboten ist) eingeteilt. Den Wertstufen wurden die Bezeichnungen gering, mittel und hoch zugeteilt.

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, was der natürlichen Grundwassergeschüttheit gleichgesetzt werden kann, wird vom Geologischen Dienst über das Hölting-Verfahren unter Zuhilfenahme der Sickerwasserdaten ermittelt. Als Ergebnis liegen fünf Wertstufen (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) vor.

34 In Köln werden die Daten mit Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bezeichnet.

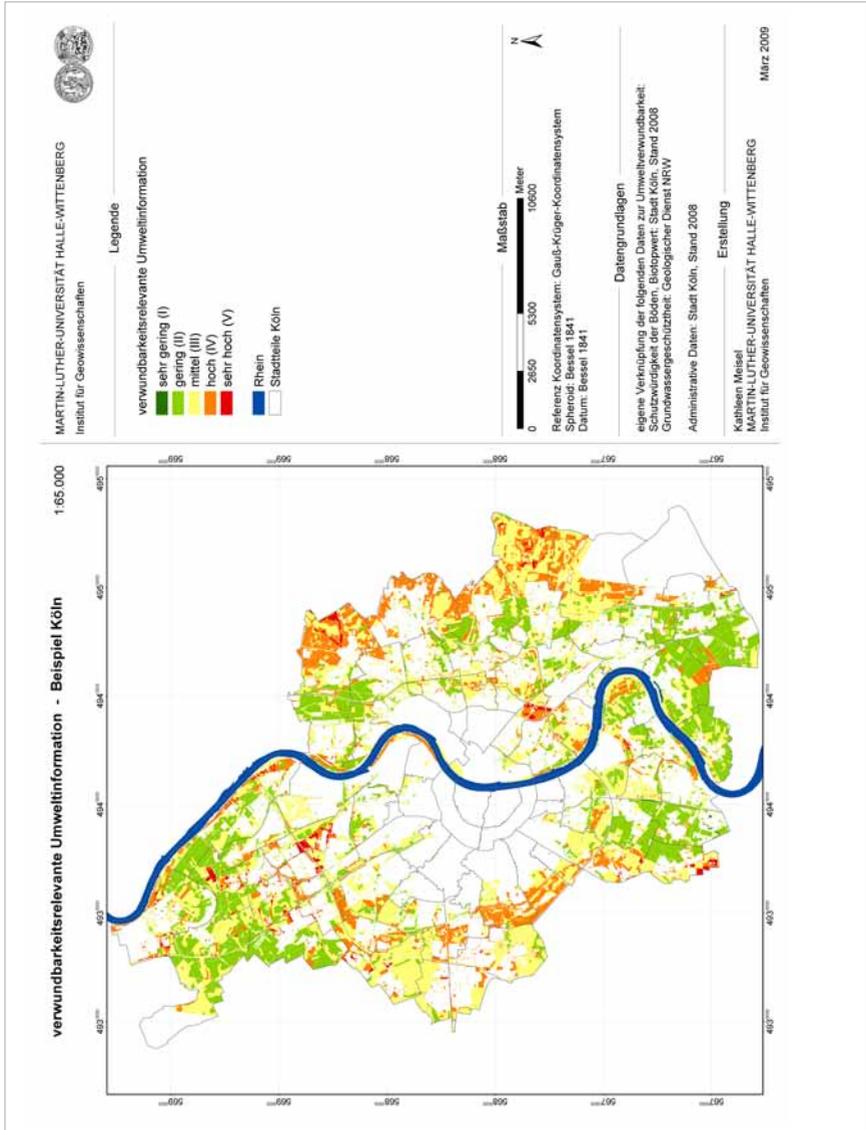


Abb. 4.1.13 Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation, dargestellt für die Stadt Köln

Über die Darstellung von Funktionen, die die Bedeutung der Kriterien für die Verwundbarkeit verdeutlichen und über die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix (siehe Kapitel 4.1.2.1.5) kann die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation räumlich abgebildet werden (siehe Abbildung 4.1.13).

Um zu ermitteln, welche Umweltverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schädwirkungen aus Altlasten bei einem Extremereignis bestehen, müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlastenflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen des Extremereignisses verschnitten werden. Das Ergebnis ist für das Beispiel Köln in Abbildung 4.1.14 zu sehen.

Es gilt zu beachten, dass die dargestellten verwundbaren Umweltflächen nicht vollständig sein müssen. Liegt beispielsweise bei der Verschneidung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit den Altlasten unter einer Altlast ein ‚weißer Fleck‘ der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation bedingt durch Informationslücken in den Einzelkriterien, so können hier keine Aussagen gemacht werden. Es ist aber durchaus möglich, dass hier eine Umweltverwundbarkeit gegenüber der Schädwirkung von Altlasten existiert, nur liegen keine Informationen dazu vor. Das ist für das Beispiel Köln der Fall. Gerade durch die fehlenden Informationen zur Schutzwürdigkeit der Böden und der Grundwassergeschüttheit im innerstädtischen Bereich können an diesen Stellen auch keine Aussagen zur Umweltverwundbarkeit gegenüber der Schädwirkung aus Altlasten und Altlastenverdachtsflächen getroffen werden.

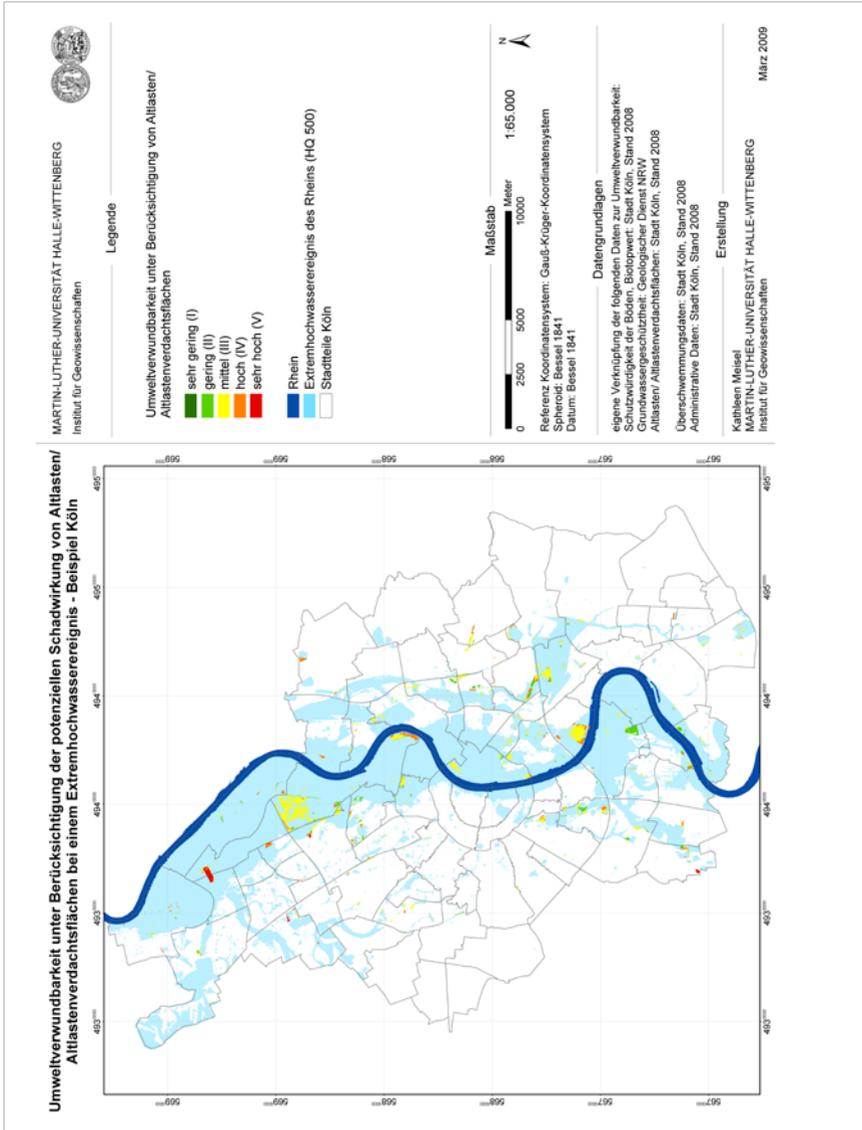


Abb. 4.1.14 Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schädigungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Köln

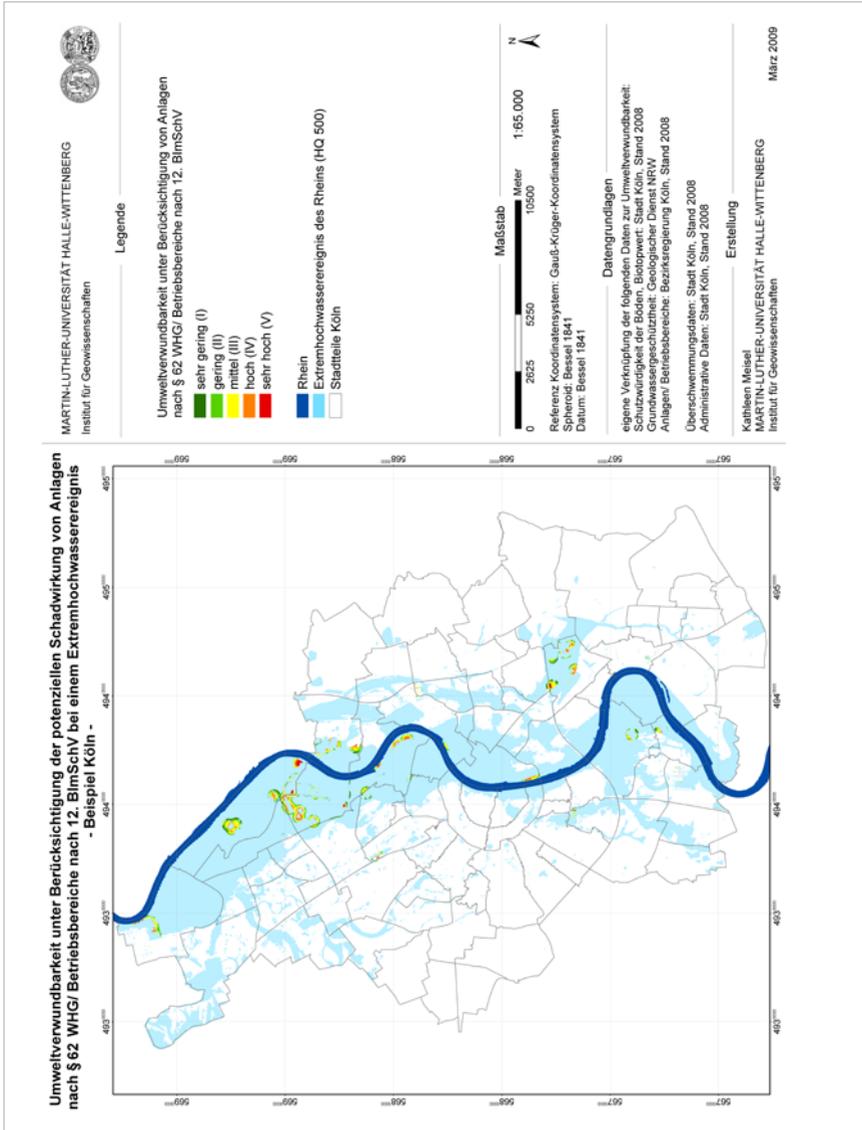


Abb. 4.1.15 Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schädigungen von Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Köln

Zur Ermittlung der Umweltverwundbarkeit gegenüber potenziellen Schadwirkungen aus Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation mit dem Einflussbereich der Anlagen und Betriebsbereiche innerhalb des festgelegten HQ-500-Bereiches verschnitten und mit den unterschiedlich starken Schadwirkungen ausgehend von den Kontaminationsquellen verknüpft werden. Der Einflussbereich wird durch die drei Zonen unterschiedlicher Schadwirkung dargestellt. Die Festlegung der Distanzen der Zonen erfolgte mit Hilfe von Experteneinschätzungen. Das Ergebnis der räumlichen Analyse wird in Abbildung 4.1.15 gezeigt.

Auch hier ist wieder bei der Interpretation dieser Karte zu beachten, dass aufgrund fehlender Daten durchaus Umweltflächen verwundbar sein können, obwohl sie nicht dargestellt sind. Denn: Liegt innerhalb des festgelegten Überschwemmungsgebietes in einem Einflussbereich einer Anlage bzw. eines Betriebsbereiches keine Information der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vor, so können hier keine Verwundbarkeitsaussagen getroffen werden.

Die Umweltverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen ist für die Stadt Köln in Abbildung 4.1.16 dargestellt. Hierbei wurden die Einflussbereiche der Schadwirkungen aller potenziellen Kontaminationsquellen überlagert bzw. verknüpft. Damit erhöht sich an den Stellen, an denen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation gleichzeitig den potenziellen Schadwirkungen von Altlasten und von Anlagen/Betriebsbereichen ausgesetzt sind, die Verwundbarkeit. Damit geht die Verwundbarkeitsdarstellung in eine siebenstufige Bewertung über.

Auch hier muss bei der Interpretation der Karte beachtet werden, dass das Ergebnis aufgrund der lückenhaften Informationen bei den Kriterien ‚Schutzwürdigkeit der Böden‘ und ‚Grundwassergeschütztheit‘ nicht vollständig ist.

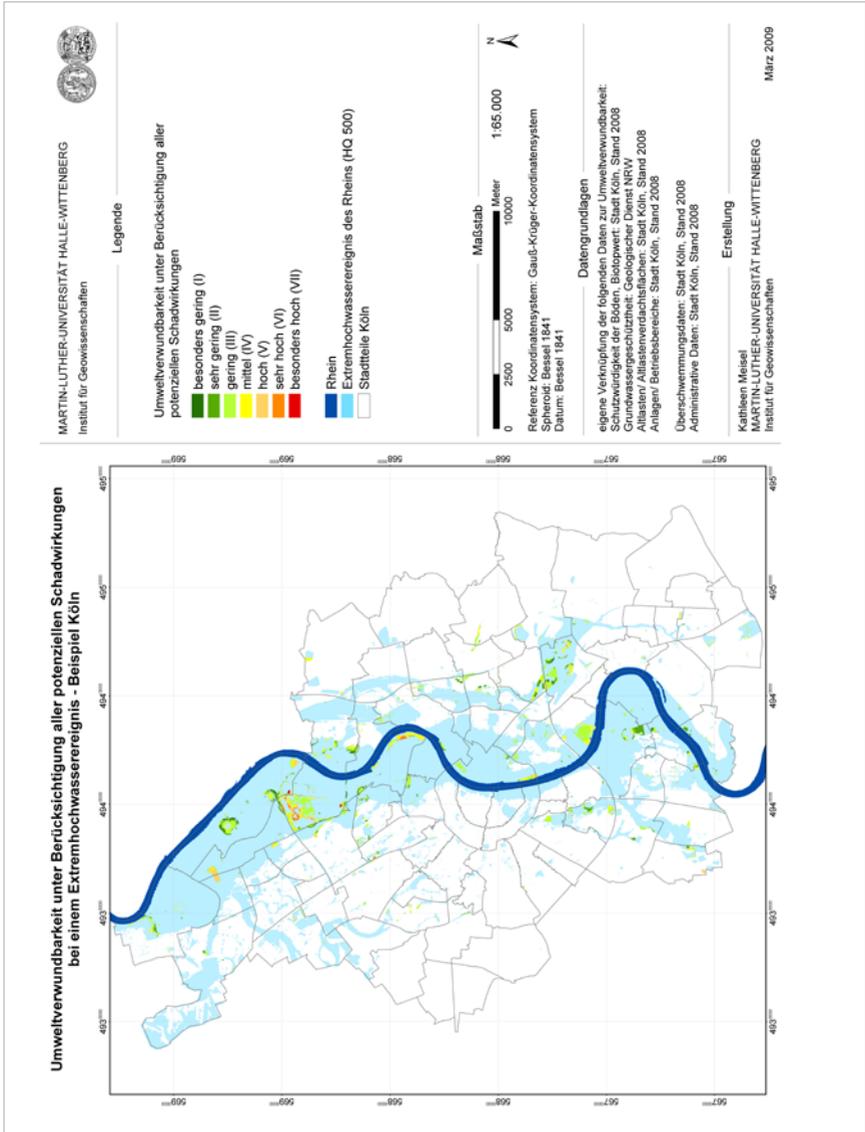


Abb. 4.1.16 Umweltverwundbarkeit gegenüber den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Köln

4.1.3.2 Kommunale Vergleichsindikatoren der Umweltverwundbarkeit

Um verschiedene Kommunen hinsichtlich ihrer Umweltverwundbarkeit vergleichen zu können, genügen diese räumlichen Darstellungen nicht. Es müssen direkt messbare Größen bemüht werden. Diese lassen sich aus der kartographischen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation nach der Verschneidung und Verknüpfung mit den potenziellen Kontaminationsquellen ermitteln. Folgende Indikatoren könnten dazu herangezogen werden:

Indikator der Exposition

- Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt, gemessen an allen im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation vorliegt

Indikator der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

- Anteil der Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt, mit Wertstufen je I-V gemessen an allen exponierten Umweltflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt

Indikator der endgültigen Umweltverwundbarkeit

- Anteil der endgültigen Verwundbarkeitsflächen mit Wertstufen je I-VII gemessen an allen exponierten endgültigen Verwundbarkeitsflächen im definierten Überschwemmungsgebiet

Da diese Indikatoren auf relativen Größen basieren, sich also auf die je vorhandenen Daten beziehen, ist die Vergleichbarkeit in Kommunen trotz unterschiedlicher Datenlage gesichert.

Für das Beispiel Köln wurden innerhalb der festgelegten Überschwemmungsfläche des Extremereignisses folgende Werte ermittelt:

- Exposition: 59 %

Von den wenigen Flächen innerhalb des festgelegten Hochwasserszenarios des Extremhochwassers, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation bestimmt werden kann (siehe Abbildung 4.1.13), liegen mehr als die Hälfte (59 %) innerhalb von Altlasten oder im Einflussbereich der Anlagen nach § 62 WHG oder der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV. Dieser Wert ist sehr hoch. Er verdeutlicht, dass viele potenzielle Kontaminationsquellen gerade in Flussnähe angesiedelt sind.

– verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation:	
sehr gering (I)	0 %
gering (II)	42 %
mittel (III)	44 %
hoch (IV)	13 %
sehr hoch (V)	1 %

Bei der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation sind die Wertstufen der geringen und mittleren Verwundbarkeit dominierend. Ca. 14 % der Flächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation vorliegt, weisen hohe und sehr hohe Wertstufen auf, d. h. hier werden die Umweltfunktionen noch gut bzw. sehr gut erfüllt. Diese wertvollen Umweltausschnitte gilt es zu bewahren. Die Ausschnitte, die sich in Flussnähe befinden, sollten nicht neuen potenziellen Kontaminationsquellen ausgesetzt werden.

– endgültige Umweltverwundbarkeit:	
besonders gering (I)	3 %
sehr gering (II)	19 %
gering (III)	45 %
mittel (IV)	20 %
hoch (V)	9 %
sehr hoch (VI)	2 %
besonders hoch (VI)	1 %

Für die endgültige Verwundbarkeit lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Flächen sehr gering, gering und mittel verwundbar ist. Dennoch sind ca. 12 % hoch bis besonders hoch verwundbar. Hier besteht Handlungsbedarf. Die Verwundbarkeit lässt sich hier nur über die Sicherung oder Vermeidung der potenziellen Kontaminationsquellen reduzieren (siehe Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.1.2.1.6)

4.2 Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft

4.2.1 Landwirtschaft als Untersuchungsgegenstand

4.2.1.1 Definition Landwirtschaft

Wie in der Einführung zu Kapitel 4 beschrieben, wird neben der Umwelt auch die Landwirtschaft als System nach den Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie verstanden.

Um ein Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit in der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen zu entwickeln, muss der Begriff Landwirtschaft neben der Festlegung eines Systemverständnisses für das Forschungsprojekt genau definiert und eindeutig abgegrenzt werden. Bei der Betrachtung der Landwirtschaft werden die Ackerlandbewirtschaftung, die Grünlandbewirtschaftung einschließlich der Viehhaltung und die Bewirtschaftung der Gartenbaubetriebe berücksichtigt. Dabei werden in einem flächenbasierten Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit ausschließlich die ackerbaulichen Nutzflächen, die Grünflächen und die gärtnerischen Nutzflächen betrachtet (kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung). Neben diesem Bezug auf die Fläche rückt in einem separaten Verfahren der wirtschaftende Landwirt mit seinem Betriebsstandort in den Fokus der Verwundbarkeitsermittlungen. Dieses Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit bezieht sich damit auf einen einzelnen Betrieb bzw. das individuelle Verhalten der Landwirte (einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung).

4.2.1.2 Verwundbarkeit der Landwirtschaft

Wie bereits angedeutet, wird die hochwasserbezogene Verwundbarkeit der Landwirtschaft in zwei Verfahren getrennt ermittelt. In dem flächenbasierten Verfahren kann sich die Kommune einen Überblick über die Verwundbarkeit der Landwirtschaft verschaffen. Es wird untersucht, inwieweit die Bewirtschaftung

der landwirtschaftlichen Nutzflächen an die bestehenden Hochwassergefahren angepasst ist. Dabei gelten die landwirtschaftlichen Nutzflächen als verwundbar, wenn die dort angebaute Kulturen nicht mit potenziell auftretenden Überschwemmungen zurechtkommen bzw. Schaden nehmen können. Zusätzlich führen aber auch potenzielle Schädigungen wie beispielsweise eine Kontamination der Böden, die bei Hochwasser aus unzureichend gesicherten Kontaminationsquellen resultieren können, zur Erhöhung der Verwundbarkeit. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE (2007) die Anlagen nach § 62 WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe). Dieser Ansatz wurde um die Altlasten erweitert, da von ihnen laut Experteninterviews und anderen Veröffentlichungen ebenfalls eine potenzielle Schädigung auf Böden³⁵ ausgehen kann³⁶. Es verbleiben nur wenige Kontaminationsquellen, die nicht darunterfallen. So könnten beispielsweise auch Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden, als potenzielle Kontaminationsquellen betrachtet werden. Diese sollen aber hier unberücksichtigt bleiben. Zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu vereinfachen, zum anderen, da in der Literatur und in den Experteninterviews die Anlagen nach § 62 WHG, die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV und die Altlasten als die Hauptkontaminationsquellen bei einem Hochwasser bezeichnet werden.

In dem einzelfallbezogenen Verfahren wird beschrieben, wie Landwirte ihre individuelle Verwundbarkeit ermitteln können. Hierbei werden individuelle Bewirtschaftungsweisen und das Verhalten des Landwirts vor, während und nach einem Hochwasser berücksichtigt. Als verwundbar gelten die Landwirte, die ihre Bewirtschaftungsweise und ihr Verhalten nicht an die potenziell bestehenden Hochwassergefahren angepasst haben und somit in ihrer beruflichen Existenz bedroht sind. Auch in diesem Verfahren wird eine mögliche Erhöhung der Verwundbarkeit über potenziell auftretende Schädigungen aus den im Überschwemmungsgebiet liegenden Kontaminationsquellen mit berücksichtigt.

35 Böden als zentrale Grundlage landwirtschaftlicher Produktion

36 Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: „Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser“, z. B. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & ULLRICH, K. 2005

4.2.2 Methodisches Vorgehen und Vorstellung der Assessment-Methode

4.2.2.1 Methodisches Vorgehen

Die methodische Herangehensweise zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen in den beiden Verfahren orientiert sich analog zum Verwundbarkeitsassessment für den Teilbereich Umwelt an der Arbeit von VILLA & MCLEOD (2002: 337 ff.). An dieser Stelle wird auf die Erläuterungen in Kapitel 4.1.2.1 verwiesen. Die dort beschriebenen Erweiterungen und Veränderungen des in VILLA & MCLEOD vorgeschlagenen Verfahrens werden auch für den Bereich Landwirtschaft übernommen, d. h. ein den gesamten Ermittlungsprozess umfassendes Verwundbarkeitskonzept wird der Erarbeitung eines Verwundbarkeitsmodells zur Konkretisierung des Verwundbarkeitsbegriffes für den Untersuchungsgegenstand, der Erstellung eines Systemmodells zur Darstellung des Sachzusammenhanges und zur Ableitung der systemrelevanten Verwundbarkeitskriterien und der Bewertung und Aggregation der Kriterien zur Verwundbarkeitsaussage vorangestellt. Zudem werden abschließend Handlungsempfehlungen zur Reduktion der ermittelten Verwundbarkeit gegeben.

4.2.2.1.1 Methodische Grundlagen

Für die Erarbeitung des Verfahrens zur Ermittlung der Landwirtschaftsverwundbarkeit wurden analog zum Vorgehen im Bereich Umwelt primäre und sekundäre Literaturquellen ausgewertet, Experteninterviews durchgeführt und auf die Nutzung von Indikatoren/Kriterien und Bewertungsverfahren zurückgegriffen. Im Unterschied zur Verwundbarkeitsermittlung im Bereich Umwelt war es möglich, Interviews mit betroffenen Landwirten durchzuführen.

Bei der Literaturrecherche konnten nur wenige Artikel und Aufsätze gefunden werden, die sich über das Auflisten von Schadenssummen mit konkreten Auswirkungen auf die Landwirtschaft beschäftigen. Um mehr Erkenntnisse zu erlangen, wurden Betroffenen- und Experteninterviews durchgeführt. Sie erfolgten, wie im Bereich Umwelt, als mündliche Befragung in Form qualitativer Interviews. Die Durchführung qualitativer Interviews bot sich zudem an, um neues Wissen wie z. B. die Aufdeckung von Zusammenhängen, Strukturen und Abläufen zu erschließen (POHL 1998: 98; DIEKMANN 1996: 444). Da es im

Bereich Landwirtschaft ebenfalls darum ging, neues Wissen über die Abläufe bei einem Hochwasser zu akquirieren, d. h. das Geschehen im Hochwasserfall zu rekonstruieren und abzubilden, um die wesentlichen verwundbaren Aspekte zu identifizieren, wurden die qualitativen Interviews in offener Form durchgeführt. Dabei wurde nur ein Gesprächsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten verwendet, welcher, angepasst an den Gesprächsverlauf, ohne feste Reihenfolge abgefragt wurde. So bestand genügend Freiheit für neue bisher nicht bedachte Aspekte (DIEKMANN, 1996: 450).

Folgende Themenschwerpunkte wurden in den Interviews abgefragt:

- Hochwasserschadensbilder der Landwirtschaft
- die Rolle der Exposition
- die Existenz unterschiedlicher Anfälligkeiten
- die Existenz unterschiedlicher Bewältigungskapazitäten

Das Ziel bestand darin, in den Interviews bestehende Meinungen im Bereich Landwirtschaft bezüglich Hochwasser und seinen Folgen möglichst vollständig zu erfassen.

In Dresden wurden sechs Experteninterviews und sechs Betroffeneninterviews geführt. Als Experten galten:

- der Leiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- eine Mitarbeiterin der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, tätig im Fördervollzug
- ein Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, zuständig für den Bereich Gartenbau
- ein Mitarbeiter der Außenstelle Großenhain des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, zuständig für den Bereich Acker- und Grünlandwirtschaft
- ein Mitarbeiter des Sächsischen Landesbauernverbandes
- ein Mitarbeiter des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, zuständig für Fördergelderausgabe

Als betroffene Landwirte wurden befragt:

- zwei Gartenbaubetriebe
- ein ehemaliger Gartenbaubetrieb, der zum Hochwasser 2002 noch betrieben wurde
- eine Landwirtin in der Ackerwirtschaft im Vollerwerb
- ein Landwirt in der Ackerwirtschaft im Nebenerwerb
- ein Landwirt in der Acker- und Grünlandwirtschaft mit Viehhaltung

In Köln sollte analog zu den Befragungen in Dresden verfahren werden. Hier war die Suche nach Gesprächspartnern sehr viel schwieriger als in Dresden. Es konnte nur ein Interviewpartner (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) gefunden werden, der ausführlich Auskunft geben konnte. Einige Schilderungen wurden in einem Kurztelefonat von einem Mitarbeiter des Kreisverbandes Köln Rhein-Erftkreis geliefert. Da die Deiche in Köln anders als in Dresden auf ein Bemessungshochwasser von HQ-100 ausgelegt waren und gut gepflegt wurden³⁷, konnten diese beiden Experten keine in den letzten Jahren vom Hochwasser betroffenen Landwirte nennen.

Für Köln wurden interviewt:

- ein Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
- der Vorsitzende des Landwirtschaftskreisverbandes Köln Rhein-Erftkreis

Die Experten- und Betroffenenmeinungen halfen bei der Definition des Begriffes Verwundbarkeit der Landwirtschaft und somit bei der Erstellung der Verwundbarkeitsmodelle. Die Interviews bildeten neben der Literaturrecherche die wesentliche Grundlage für die Erstellung der Systemmodelle, die Entwicklung von Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen. Sie trugen auch mit zur Bewertung und Gewichtung der aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien bei. Auf eine ausführliche qualitative Auswertung der Interviews soll hier aber verzichtet werden, da dadurch für das Verwundbarkeitsassessment kein Informationsmehrgewinn entstehen würde. Bei dem Ziel, Indikatoren bzw. Kriterien der Verwundbarkeit zu entwickeln, mussten solche Größen gefunden werden, die es ermöglichen, sämtliche Wechselbeziehungen innerhalb des Systems Landwirtschaft zu erfassen. Sie müssen repräsentativ für die Beschreibung bestimmter

37 Diese Aussage bezieht sich auf den Zeitpunkt der letzten beiden großen Hochwasser in Köln und Dresden

Wirkweisen eines Systems sein, d. h. sie müssen das gesamte System, das die verwundbare Landwirtschaft darstellt, widerspiegeln (siehe dazu auch die Erläuterungen zur Allgemeinen Systemtheorie in Kapitel 4). Die Kriterien/Indikatoren sollten nachvollziehbar, vergleichbar, weitestgehend objektiv und kontrollierbar sein (SCHOLLES 2008a: 320, BASTIAN & SCHREIBER 1994: 52).

Auf die Anwendung von Bewertungsverfahren, um die entwickelten Kriterien/Indikatoren zu einer Verwundbarkeitsaussage zusammenzuführen, wird im Abschnitt, Bewertung und Aggregation‘ näher eingegangen.

4.2.2.1.2 Verwundbarkeitskonzept

Wie bereits erwähnt, umfasst das Verwundbarkeitskonzept die Darstellung des gesamten Prozesses der Ermittlung der Verwundbarkeit in der Landwirtschaft. Innerhalb des Projektverlaufes wurde es immer wieder rückgreifend durch neue Erkenntnisse ergänzt, verändert und angepasst.

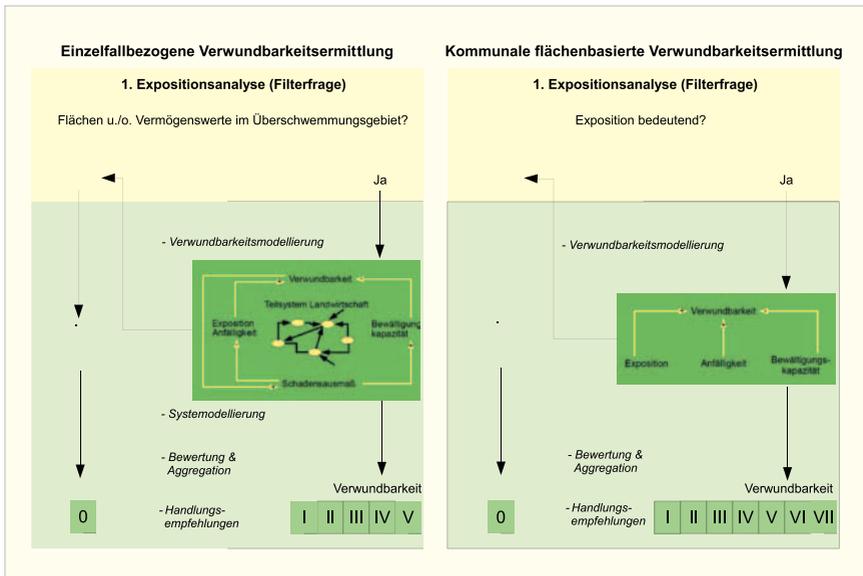


Abb. 4.2.1 Darstellung des Verwundbarkeitskonzeptes

Es besteht, wie bereits erwähnt, aus zwei Verfahren: der einzelfallbezogenen und der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung. Beide Verfahren bestehen aus zwei Arbeitsschritten: der vorab geschalteten Expositionsanalyse als Filter für die eigentliche Verwundbarkeitsanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse (siehe Abbildung 4.2.1).

Expositionsanalyse

Im Rahmen der Expositionsanalyse der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung kann eine Kommune entscheiden, ob der Anteil der landwirtschaftlichen Flächen im Überschwemmungsgebiet groß genug ist, um eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen. Wird der Anteil der Fläche durch die Kommune als gering bzw. unbedeutend eingestuft, so erübrigt sich eine Verwundbarkeitsanalyse. Damit wird die Landwirtschaft als nicht verwundbar eingeschätzt.

Dazu sollten von der Kommune zunächst ein oder mehrere Überschwemmungsgebiete definiert werden. Erst mit der Festlegung dieser Überschwemmungsgebiete kann die Verwundbarkeit der Landwirtschaft konkret ermittelt werden. Für Kommunen, die an einem Fließgewässer liegen und für die Schäden durch ein Hochwasser zu erwarten sind, ist die Ausweisung von rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten (entspricht einem HQ-100) ohnehin vom Gesetzgeber vorgeschrieben (vgl. § 76 WHG). Es empfiehlt sich aber, darüber hinaus ein Hochwasserszenario größerer Jährlichkeit zu betrachten, um auch im Falle dieses Extremereignisses vorbereitet zu sein. Die Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft erfordert neben der Festlegung des Überschwemmungsgebietes, also der Exposition gegenüber dem Hochwasserereignis, auch die Betrachtung der in dem Expositionsgebiet (Überschwemmungsgebiet) liegenden potenziellen Kontaminationsquellen.

Bei der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung ist anzunehmen, dass ein Landwirt nur dann seine individuelle Verwundbarkeit ermittelt, wenn seine landwirtschaftlichen Flächen oder sonstigen Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet liegen. Sind weder landwirtschaftliche Flächen noch sonstige Vermögenswerte des Landwirts exponiert, erübrigt sich eine Verwundbarkeitsanalyse. Der Landwirt wird damit als nicht verwundbar eingestuft. Da die Landwirte bei der Verwundbarkeitsbestimmung auf Überschwemmungskarten zugreifen müssen, nutzen sie die von den Kommunen festgelegten

Überschwemmungsgebiete. Hat die Kommune Überschwemmungsflächen für ein 100-jährliches Hochwasser und ein Extremereignis ausgewiesen, so können die Landwirte ihre individuelle Verwundbarkeit für die beiden verschiedenen Hochwasserszenarien bestimmen.

Verwundbarkeitsanalyse

Die Verwundbarkeitsanalyse der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung umfasst das nachfolgend beschriebene Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.2.2.1.3), die Entwicklung von Indikatoren bzw. Kriterien aus dem Verwundbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.2.2.1.4), die in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation dieser entwickelten Indikatoren bzw. Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.2.2.1.6). Das Ergebnis der Verwundbarkeitsanalyse ist eine Einschätzung der Verwundbarkeit in den Wertstufen von I (besonders gering verwundbar) bis VII (besonders hoch verwundbar).

Die Verwundbarkeitsanalyse der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung beinhaltet das Verwundbarkeitsmodell, das in Kapitel 4.2.2.1.3 erläutert wird, das in Kapitel 4.2.2.1.4 beschriebene Systemmodell, die in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertung und Aggregation der aus dem Systemmodell abgeleiteten Indikatoren bzw. Kriterien und den Vorschlag von Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 4.2.2.1.6). Die individuelle Verwundbarkeit der Landwirte wird in fünf Wertstufen von I (sehr gering verwundbar) bis V (sehr hoch verwundbar) dargestellt.

4.2.2.1.3 Verwundbarkeitsmodell

Im Rahmen der Erstellung der beiden Verwundbarkeitsmodelle soll der Begriff der Verwundbarkeit für den gegebenen Untersuchungsgegenstand, im ersten Fall für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft und im zweiten Fall für die einzelfallbezogene Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen, konkretisiert werden.

In beiden Verwundbarkeitsmodellen ergibt sich die Verwundbarkeit aus den Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘.

Abbildung 4.2.2 stellt das Verwundbarkeitsmodell für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung dar. Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen die Verwundbarkeit erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität dieser Flächen die Verwundbarkeit. Dabei muss die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch solche Größen repräsentiert werden, die in jeder Kommune zur Verfügung stehen und einfach auf einer Fläche darstellbar sind, um so einen schnellen Überblick zu ermöglichen.

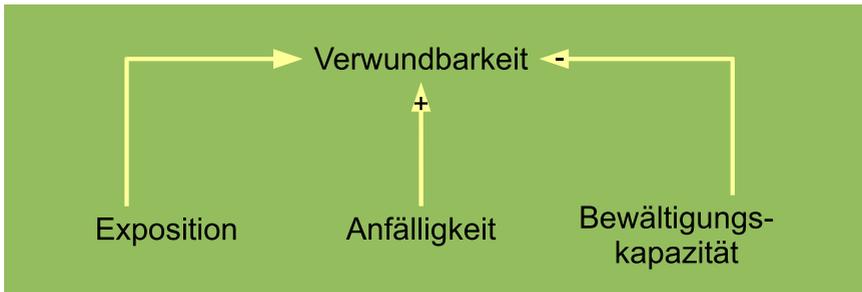


Abb. 4.2.2 Verwundbarkeitsmodell der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung

Abbildung 4.2.3 stellt das Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung dar. Es stellt nach der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie einen Regelkreis dar, in dem über negative Rückkopplungen das Maß der Verwundbarkeit reguliert wird und sich somit im Idealfall auf ein gewünschtes Maß (Sollwert) stabilisiert. Das Modell enthält ebenfalls die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ (siehe auch BBC-Rahmenkonzept Kap. 1). Während eine hohe Exposition und eine hohe Anfälligkeit des Landwirts die Verwundbarkeit erhöhen, reduziert eine hohe Bewältigungskapazität die individuelle Verwundbarkeit des landwirtschaftlichen Betriebs. Diese entscheidet über das Ausmaß der Schäden. Ist ein großer Schaden eingetreten, setzen in der Regel bei den Landwirten so genannte Lerneffekte ein, die dazu führen, dass die Exposition und die Anfälligkeit reduziert und/oder die Bewältigungskapazität erhöht und somit die Verwundbarkeit gesenkt wird. Das wirkungsvollste Mittel zur Senkung der Verwundbarkeit liegt in der Vermeidung der Exposition beispielsweise durch die Nutzung von Alternativflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes. Setzen keine Lerneffekte ein, so wird das System nach der allgemeinen Systemtheorie langfristig nicht bestehen bleiben, d. h. der

Betriebstandort wäre in seiner Existenz gefährdet. Die Komponenten ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ müssen durch individuelle Größen der Verhaltens- und Bewirtschaftungsweisen der Landwirte repräsentiert werden.

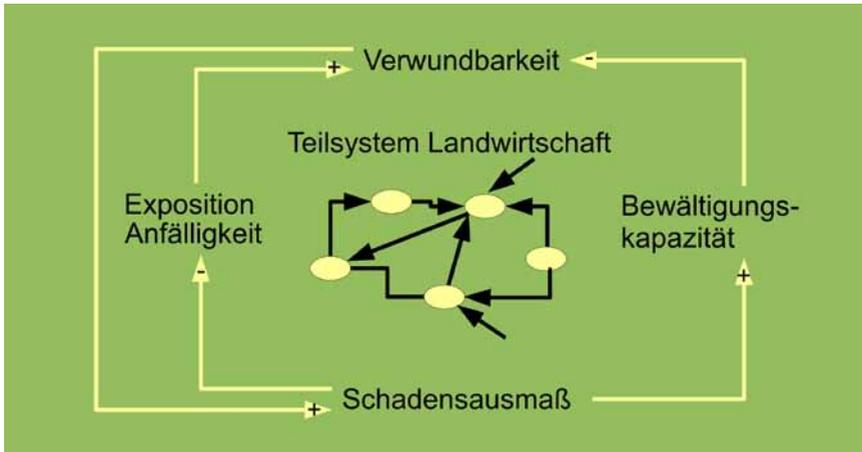


Abb. 4.2.3 Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung

4.2.2.1.4 Systemmodell

Zunächst muss angemerkt werden, dass eine Systemmodellierung nur für die einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung sinnvoll ist, da die individuelle Verwundbarkeit der Landwirte, repräsentiert durch die individuellen Bewirtschaftungs- und Verhaltensweisen an einem Betriebsstandort, als ein System im Sinne der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie verstanden werden kann. Das bedeutet u. a., dass jeder einzelne Landwirt aufgrund der Bewirtschaftung der Fläche bzw. der Betriebsstandorte und des jeweiligen Verhaltens bei einem Hochwasser die Verwundbarkeit selbst bestimmt. So kann ein Landwirt beispielsweise seine Verwundbarkeit durch an potenziell auftretende Überschwemmungen angepasste Bewirtschaftungs- und Verhaltensweisen reduzieren. Die Erstellung eines Systemmodells verhilft hierbei zu einem vertieften Systemverständnis, das dazu führt, auch die tatsächlich systemrelevanten Kriterien/Indikatoren abzuleiten. Das heißt, dass die Systemmodellerstellung u. a. dem Zweck dient, die ‚richtigen‘ Indikatoren bzw. Kriterien der Verwundbarkeit herauszufiltern. Bei der Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit

geht es darum, einfach und schnell einen Überblick über die Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu bekommen. Dabei muss die Kommune auf die Bewirtschaftungsdaten der landwirtschaftlichen Nutzfläche zurückgreifen. Diese ergeben sich wiederum aus der Bewirtschaftung jedes einzelnen Landwirtes. Die Landwirtschaftsbehörden der Kommunen erfassen diese Bewirtschaftungsdaten und können über die Einschätzung, ob diese Bewirtschaftung hochwasserangepasst erfolgt, die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen ermitteln. Die Kommunen haben aber selber keinen direkten Einfluss auf die Verwundbarkeit. In der in Kapitel 4 beschriebenen Systemtheorie besteht damit kein eigenes System. Die Kriterien der Verwundbarkeit müssen deshalb bei diesem Verfahren einerseits fachlich begründet aus dem Verwundbarkeitsmodell abgeleitet werden, andererseits kann nur auf die in den Landwirtschaftsbehörden zur Verfügung stehenden Daten zurückgegriffen werden.

Systemmodelle der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit

Innerhalb des Verfahrens zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit wird klar, dass zwei Systemmodelle erstellt werden müssen. Eines spiegelt die Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe wider, das andere stellt die Verwundbarkeit der Betriebe der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) dar.

Die Systemmodelle der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit konkretisieren thematisch die abstrakte Darstellung des Verwundbarkeitsmodells, d. h. sie stellen die Komponenten der Verwundbarkeit ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ im Wirkungsgefüge dar. Hierbei werden die wesentlichen Elemente der beiden Systeme ‚individuelle Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘ und ‚individuelle Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung‘ und die untereinander bestehenden Beziehungen dargestellt. In den Systemmodellen wird aufgezeigt, wie sich die Landwirte vor, während und nach einem Hochwasser verhalten. Es ist der Versuch, diese ‚Realität‘ abstrakt und vereinfacht abzubilden. Zudem gibt die dargestellte Stärke der Wirkbeziehungen (repräsentiert durch die Pfeilstärken) in den Systemmodellen eine Orientierung bei der Gewichtung der abgeleiteten Kriterien für die Zusammenführung zu einer Verwundbarkeitsaussage. Darüber hinaus werden aus den abgebildeten Sachzusammenhängen die ersten abstrakten Handlungsempfehlungen sichtbar. Es wird deutlich, welche Systemelemente mit dem Ziel der Reduktion der Verwundbarkeit verändert werden müssen.

Für die nachfolgenden Ausführungen zur Systemmodellierung gelten die in Kapitel 4 beschriebenen Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie und im Besonderen die Kybernetik nach Vester (2004). Die dargestellten Systemmodelle stellen im Wesentlichen eine Regelschleife, mit der über negative Rückkopplungen die Existenz des Landwirtschaftsbetriebes und damit die Verwundbarkeit reguliert wird, dar.

Systemmodell der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben

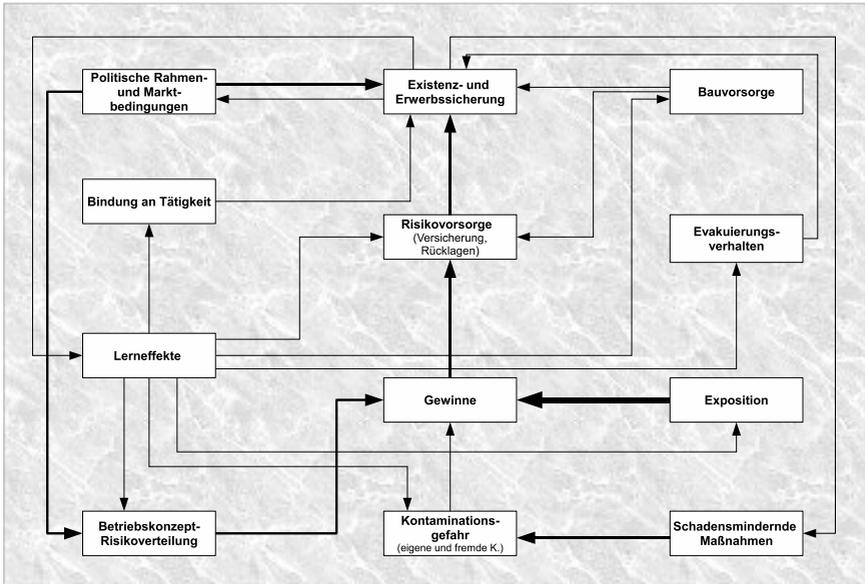


Abb. 4.2.4 Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben

Im Systemmodell wird eine große Regelschleife sichtbar. Diese ist bereits im Verwundbarkeitsmodell abstrakt dargestellt. Ist dem Gartenbaubetrieb durch das Hochwasser ein Schaden entstanden, der die Existenz des Betriebes mehr oder weniger stark bedroht, führen Lerneffekte i. d. R. dazu, Maßnahmen für einen besseren Hochwasserschutz, z. B. der Bau- oder Risikovorsorge, zu treffen. Lerneffekte können aber auch darin bestehen, zukünftig das Evakuierungsverhalten zu verbessern sowie das Schadenspotenzial zu reduzieren, indem die vorhandenen Vermögenswerte so untergebracht sind, dass sie schnell in Sicherheit

gebracht werden können. Diese Maßnahmen zur Erhöhung der Bewältigungskapazität führen zu einer Reduzierung der Verwundbarkeit und somit zu einer erhöhten Sicherheit der Existenz bei zukünftigen Hochwasserereignissen. Allerdings könnte nach mehrmaligem Erleben eines Hochwassers die Bindung bzw. die Identifikation mit der Tätigkeit und damit die Bereitschaft, nach Schäden den Betrieb immer wieder neu aufzubauen, nachlassen. Die Existenzaufgabe wäre die Folge.

Lerneffekte könnten zudem darin bestehen, dass Betriebe ihre Bewirtschaftung auf Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes verlagern, um die Exposition gegenüber Hochwassergefahren zu mindern. Würden die Flächen so in Zukunft nicht mehr überschwemmt, gäbe es keine Gewinneinbußen. Mit wachsenden Rücklagen wäre die Existenz gesichert und die Verwundbarkeit besonders effektiv reduziert bzw. nicht mehr vorhanden. Diese Option ist allerdings mit Schwierigkeiten verbunden, da die Flächenverfügbarkeit in Kommunen zumeist beschränkt ist und die Nutzung bzw. der Neuerwerb von Flächen mit zusätzlichen Kosten einhergehen. Weitere Gewinneinbußen, bedingt durch Nutzungsausfälle resultierend aus Kontaminationen der landwirtschaftlichen Nutzfläche, könnten mit der Minimierung der Kontaminationsgefahr reduziert werden. Hat der Gartenbaubetrieb einen Schaden infolge von Kontaminationen erlitten, könnte er im Falle der Selbstverschuldung gelernt haben, seinen Öltank³⁸ zu sichern oder auf alternative Heizmöglichkeiten umzurüsten. Gingen die Verschmutzungen von anderen potenziellen Kontaminationsquellen in der Umgebung aus, so könnten die Auswirkungen in der Öffentlichkeit ein Handlungsdruck auslösen, der dazu führt, dass schadensmindernde Maßnahmen angeordnet werden, die die Kontaminationsgefahr reduzieren. Lerneffekte könnten sich aber auch darin äußern, dass das Betriebskonzept der Hochwassergefahr angepasst wird. So würden eine Diversifizierung in den angebauten Kulturen und/oder der Aufbau eines zweiten Standbeines (z. B. Handel mit Produkten aus dem Gartenbau) die Abhängigkeit von nur einer Einnahmequelle herabsetzen und so die Wahrscheinlichkeit senken, Totalverluste zu erleiden. Da das Betriebskonzept allerdings an den Markt- und politischen Rahmenbedingungen ausgerichtet wird, ist es wahrscheinlich, dass die Gartenbaubetriebe wegen eines relativ selten zu befürchtenden Hochwassers ihr Betriebskonzept nicht umstellen werden. In diesem wahrscheinlichen Fall würden die

38 Öltanks zählen zu den Anlagen nach § 19 g WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen)

Gartenbaubetriebe nicht die Chance nutzen, über eine minimierte Anfälligkeit die Verwundbarkeit zu senken.

Bei einem erlittenen Schaden können auch finanzielle Hilfen der Öffentlichkeit die Existenz retten. Allerdings haben die Gartenbaubetriebe keinen Einfluss darauf. Die Politik bestimmt, an wen und in welcher Höhe die Hilfen ausgezahlt werden. Sich darauf zu verlassen und die Maßnahmen, die in der eigenen Hand liegen, deshalb zu unterlassen, würde zu einer noch größeren Verwundbarkeit führen.

Thesen der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe

Aus dem Sachzusammenhang des erstellten Systemmodells können für die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ Thesen der Verwundbarkeit abgeleitet werden.

Exposition

- Liegt der Gartenbaubetrieb in einem definierten Überschwemmungsgebiet, so ist dieser verwundbar.
- Je größer die Kontaminationsgefahr ist, der ein Gartenbaubetrieb ausgesetzt ist, desto verwundbarer ist dieser.

Anfälligkeit

- Ein Gartenbaubetrieb mit vielfältig aufgestelltem Betriebskonzept, der mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden, anbaut und neben der Produktion noch ein zusätzliches Einkommen, z. B. aus dem Handel oder der Vermietung hat, ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden als Betriebe, die diese Diversifizierung nicht aufweisen.

Bewältigung

- Je größer die Risikovorsorge ist, die ein Gartenbaubetrieb betreibt, desto besser kann dieser einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen. Zur Risikovorsorge gehören Versicherungen und erwirtschaftete Rücklagen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden zu erleiden.
- Je besser das Evakuierungsverhalten, also je mehr Vermögenswerte ein Gartenbaubetrieb sichern kann, desto besser wird der Schadensentstehung vorgebeugt.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist die Belastbarkeit/Widerstandsfähigkeit.³⁹

39 Die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit spielt für die Ermittlung der individuellen Verwundbarkeit eine Rolle; sie lässt sich aber anders als die anderen aufgeführten Punkte nicht monetarisieren. Es handelt sich dabei eher um eine Einstellung des Landwirts, die nicht einfach zur Minderung der Verwundbarkeit verändert werden kann.

Abgeleitete Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe

Aus den aufgestellten Thesen der Verwundbarkeit können Kriterien abgeleitet werden. Diese repräsentieren die individuelle Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe gegenüber Hochwasserereignissen. Diese Kriterien sollten in einem für jeden Gartenbaubetrieb zugänglichen Online-Fragebogen, der sich thematisch in die Bereiche ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ gliedert, abgefragt werden. Mit der Beantwortung der abgefragten Kriterien kann jeder Gartenbaubetrieb seine Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität und letztendlich seine eigene Verwundbarkeit einschätzen. So erfährt der Betreiber, in welchen Bereichen seines Wirtschaftens und Verhaltens Handlungsbedarf zur Senkung der Verwundbarkeit besteht. Um einen freien Zugang zum dem Online-Fragebogen zu gewähren, könnte dieser beispielsweise auf die Homepage der Landwirtschaftsbehörden gestellt werden.

Exposition

- Anteil der betrieblichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet
- Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Anfälligkeit

- Anzahl verschiedener Kulturen oder Sätze (Betriebskonzept)
- zusätzliche Einnahmequellen (Betriebskonzept)

Bewältigungskapazität

- Risikovorsorge
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit

Systemmodell der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)

Die Abbildung 4.2.5 zeigt das Systemmodell der verwundbaren Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung).

Ähnlich zu dem Systemmodell ‚Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘ besteht auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung eine große Regelschleife, die die im Verwundbarkeitsmodell dargestellte Rückkopplung konkretisiert.

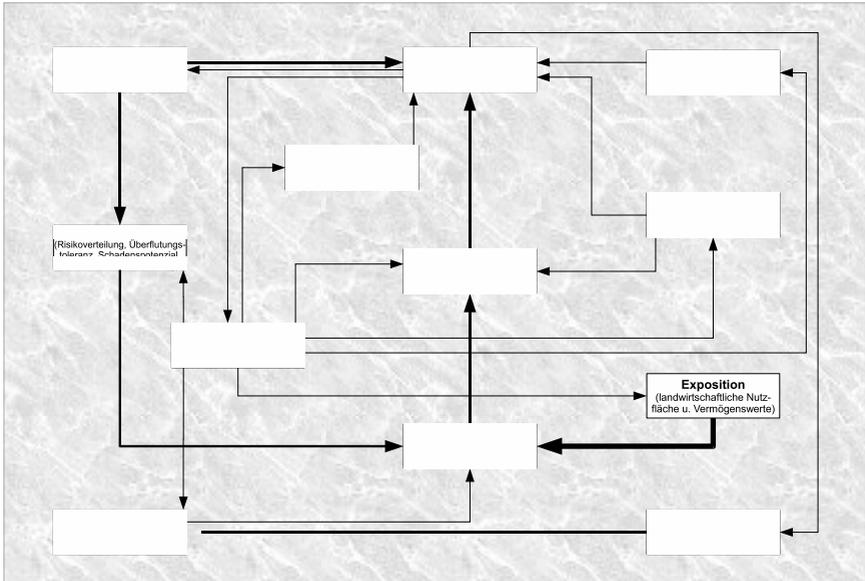


Abb. 4.2.5 Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)

Auch hier könnte ein erlittener Schaden, der die Existenz bedroht, zu Lerneffekten führen, die über das Treffen von Hochwasserschutzmaßnahmen (Bau- und Risikovorsorge, verbessertes Evakuierungsverhalten) die Bewältigungskapazität erhöhen, über ein verändertes Betriebskonzept die Anfälligkeit und über die Herausnahme von Vermögenswerten und die Verlegung der landwirtschaftlichen Nutzung aus dem Überschwemmungsgebiet die Exposition senken. Die Aussagen zur Reduktion der Kontaminationsgefahr treffen neben den Gartenbaubetrieben auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung zu. Mit der so reduzierten Exposition und Anfälligkeit und erhöhten Bewältigungskapazität wäre die Verwundbarkeit gesenkt und damit die Existenz und der Erwerb bei einem künftigen Hochwasser in einem höheren Maße gesichert. Die bereits bei der Beschreibung des Systemmodells für die Gartenbaubetriebe erwähnten Schwierigkeiten, der Exposition durch Nutzung von Flächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu entgehen und das Betriebskonzept bei der bestehenden Abhängigkeit von den Markt- und politischen Rahmenbedingungen zu ändern, gelten ebenfalls für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung.

Thesen der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich. Viehhaltung)

Aus dem dargestellten Sachzusammenhang im Systemmodell können ebenfalls für die Verwundbarkeitskomponenten ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ Thesen der Verwundbarkeit abgeleitet werden.

Exposition

- Je größer die landwirtschaftliche Nutzfläche ist, die in einem definierten Überschwemmungsgebiet liegt, desto verwundbarer ist der Betrieb.
- Je mehr Vermögenswerte sich in Form von Wirtschaftsgebäuden, Maschinen/Technik und Vieh im definierten Überschwemmungsgebiet befinden, desto verwundbarer ist der Betrieb.
- Je größer die Kontaminationsgefahr ist, der der Betrieb ausgesetzt ist, desto verwundbarer ist dieser.

Anfälligkeit

- Ein landwirtschaftlicher Betrieb mit einem der Hochwassergefahr angepassten Betriebskonzept ist weniger anfällig gegenüber einem Hochwasserschaden. Dazu gehören eine günstige Risikoverteilung, z.B. mehrere Kulturen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet werden und/oder zusätzliche Einnahmequellen wie z.B. Handel oder Vermietung. Zu einem angepassten Wirtschaften zählt aber auch der Anbau von Kulturen mit möglichst hoher Überflutungstoleranz und geringem Schadenspotenzial. Zum Betriebskonzept gehört ebenfalls die konservierende Bodenbearbeitung: Betreibt ein Landwirt auf seinen Flächen konservierende Bodenbearbeitung, kann er möglichen Schäden durch Bodenerosion infolge eines Hochwassers vorbeugen.

Bewältigung

- Je größer die Risikovorsorge (Versicherungen, Rücklagen) ist, die ein Landwirtschaftsbetrieb betreibt, desto besser kann dieser einen durch Hochwasser entstandenen Schaden bewältigen.
- Je mehr Hochwasserschutzmaßnahmen zur Bauvorsorge getroffen wurden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden zu erleiden.
- Je besser das Evakuierungsverhalten ist, also je mehr Vermögenswerte ein Landwirtschaftsbetrieb sichern kann, desto besser wird der Schadensentstehung vorgebeugt.
- Je größer die Bindung bzw. Identifikation mit der Tätigkeit ist, desto höher ist die Belastbarkeit/Widerstandsfähigkeit.

Die Aussagen über die Sicherung der Existenz über staatliche Hilfen sowie die Existenzbedrohung durch nachlassende Bindung an die Tätigkeit treffen hier auch zu. Im Vergleich zu den Gartenbaubetrieben umfasst das Betriebskonzept, das über die Höhe der Anfälligkeit entscheidet, mehrere Komponenten⁴⁰.

40 In dem Systemelement ‚Betriebskonzept‘ wurden die Elemente verschiedene Einnahmequellen, Überflutungstoleranz, Schadenspotenzial und konservierende Bodenbearbeitung zusammengefasst, weil sie thematisch das Betriebskonzept darstellen und weil jedes einzelne Element von den politischen Rahmen- und Marktbedingungen und von Lerneffekten beeinflusst wird und alle Einfluss auf die zu erzielenden Gewinne haben.

Nicht nur die Diversität an Kulturen und die Anzahl von verschiedenen Einnahmequellen bestimmen das Betriebskonzept, sondern auch die Wahl der angebauten Kulturen und die damit verbundenen Eigenschaften der Überflutungstoleranz und des Schadenspotenzials, aber auch die Entscheidung, konservierende Bodenbearbeitung zu betreiben oder nicht, ist von großer Bedeutung.

Kriterien der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)

Aus diesen aufgestellten Thesen können Kriterien, die die Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) bestimmen, abgeleitet werden. Diese Kriterien sollten ebenfalls in einem für jeden Landwirt zugänglichen Online-Fragebogen abgefragt werden (s. o. Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe).

Exposition

- Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche im definierten Überschwemmungsgebiet
- Anteil der Vermögenswerte im definierten Überschwemmungsgebiet
- Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Anfälligkeit

- Anzahl der verschiedenen Einnahmequellen (Betriebskonzept)
- Schadenspotenzial (Betriebskonzept)
- Überflutungstoleranz der Kulturen (Betriebskonzept)
- Anwendung konservierender Bodenbearbeitung (Betriebskonzept)

Bewältigungskapazität

- Risikovorwarnung
- Bauvorsorge
- Evakuierungsverhalten
- Bindung an die Tätigkeit⁴¹

Die aus dem Systemmodell abgeleiteten Kriterien des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz erscheinen ebenfalls in der Literatur (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; Emschergenossenschaft

41 Siehe Fußnote in ‚Kriterien der Verwundbarkeit der Gartenbaubetriebe‘

HYDROTEC 2004: 11). Hier wird deren Verwendung zur Ermittlung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung empfohlen.

Kriterien der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung

Wie bereits erwähnt, ist es nicht sinnvoll, für die kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsanalyse ein Systemmodell zu erstellen. Dennoch müssen Kriterien für die flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung abgeleitet werden. Gerade diese flächenbasierten räumlichen Aussagen sind für eine erste Einschätzung der Verwundbarkeit und zum Vergleich mit anderen Kommunen wünschenswert. Es wurde nach Kriterien gesucht, die insgesamt auf der Fläche die Verwundbarkeit der Landwirtschaft widerspiegeln und die ohne zusätzliche empirische Ermittlung von Daten auskommen. Die Daten für die Kriterien sollten also bereits verfügbar sein und über ein einfaches Verfahren zu einer flächenbasierten Verwundbarkeitsaussage zusammengeführt werden können. Andererseits besteht die Anforderung, dass diese grobe Verwundbarkeitseinschätzung auch der in der Realität existierenden Verwundbarkeit möglichst nahekommt. Über die Nachfrage bei den Landwirtschaftsbehörden stellte sich heraus, dass jedes Jahr bei dem Antrag für die Auszahlung der EU-Beihilfen die jeweilige Flächenbewirtschaftung, also die angebaute Kultur pro Fläche vom Landwirt angegeben werden muss. Zudem werden in der Literatur im Zusammenhang mit der Einschätzung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung zwei Größen, und zwar das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz, benannt, die beide auf Grundlage der existierenden Flächenbewirtschaftungsdaten, also der angebauten Kultur, ermittelt werden können (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC 2004: 11). Das Schadenspotenzial kann als Komponente der Anfälligkeit verstanden werden. Besitzt eine Kulturart ein hohes Schadenspotenzial, dann ist sie sehr anfällig gegenüber einer Überschwemmung. Die Überflutungstoleranz wird als Größe der Bewältigungskapazität interpretiert⁴². Kulturen, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, besitzen eine hohe Bewältigungskapazität gegenüber einem Hochwasserereignis.

42 Bei der einzelfallbezogenen Vulnerabilitätsermittlung wird die Überflutungstoleranz mit zum Betriebskonzept gezählt und damit als Anfälligkeitskomponente betrachtet. Es erscheint aber sinnvoll, das Betriebskonzept eher der Anfälligkeit als der Bewältigungskapazität zuzuordnen.

Bei der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung spielt die Exposition für die Verwundbarkeit ebenfalls eine große Rolle. Wie in Kapitel 4.2.2.1.2 beschrieben, stellen exponierte landwirtschaftliche Flächen die Voraussetzung dar, um eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen. Wie auch bei der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung erhöht sich die Verwundbarkeit, wenn von vorhandenen potenziellen Kontaminationsquellen eine Kontaminationsgefahr auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgeht. Als Kriterien für die Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung gelten:

Exposition

- Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Anfälligkeit

- Schadenspotenzial

Bewältigungskapazität

- Überflutungstoleranz

Da die beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ als Größen der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität die verwundbaren Eigenschaften der landwirtschaftlichen Nutzflächen widerspiegeln, werden sie im Folgenden als die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften bzw. verwundbarkeitsrelevanten Kriterien der Landwirtschaft bezeichnet.

4.2.2.1.5 Bewertung und Aggregation

Die aus beiden Verfahren abgeleiteten Kriterien der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität müssen bewertet werden und anschließend zu den Aussagen der einzelfallbezogenen und flächenbasierten Verwundbarkeit aggregiert werden.

Kommunale flächenbasierte Verwundbarkeit

Für die Ermittlung der kommunalen flächenbasierten Verwundbarkeit ist es sinnvoll, zunächst das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz zu verknüpfen. Diese beiden Kriterien der Anfälligkeit und der Bewältigungskapazität repräsentieren die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Diese aus beiden Kriterien resultierende

verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation kann anschließend mit dem in der Expositionsanalyse festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen verschnitten bzw. verknüpft werden. Daraus wird ersichtlich, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt, noch von der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen überlagert werden. Dazu muss die Schadwirkung der unterschiedlichen Kontaminationsquellen bewertet werden. Aus der Verschneidung bzw. Verknüpfung der Schadwirkung der Kontaminationsquellen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation ergibt sich die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

Die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Aggregation zur flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft erfolgen über das bereits in Kapitel 4.1.2.1.5 beschriebene Verfahren der ‚logischen Verknüpfung‘.

1. Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation

Zur Erleichterung der Verknüpfung der beiden Größen ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ müssen die in der Literatur (BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC 2004: 11) vorliegenden Angaben zum Schadenspotenzial in € bzw. €/ha je Kulturart und zur maximal tolerierbaren Überflutungszeit in Tagen je Kulturart in eine rangskalierte Wertabstufung überführt werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 4.2.1 zu sehen.

Für das Schadenspotenzial liegt somit eine vierstufige und für die Überflutungstoleranz eine dreistufige Bewertung vor. Da nun die beiden Größen ordinalskaliert bzw. rangskaliert vorliegen, dürfen sie nur über das Verfahren der logischen Verknüpfung zur Aussage der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation zusammengeführt werden.

Vor der Durchführung der logischen Verknüpfung zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation muss man sich, wie in Kapitel 4.1.2.1.5 bereits beschrieben, der Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit bewusst werden. Das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz besitzen folgende Bedeutung für die zu ermittelnde Verwundbarkeit der

Landwirtschaft: Kulturarten mit einem hohen Schadenspotenzial, d. h. einem hohen potenziellen Ertragsverlust⁴³ bei Überschwemmung, sind als sehr verwundbar einzustufen. Kulturarten, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, sind dagegen als sehr gering verwundbar zu betrachten. Für eine vereinfachte Verknüpfung beider Kriterien wurden die Wertstufen der Überflutungstoleranz transformiert. So steht die Wertstufe I für eine hohe Überflutungstoleranz, während die Wertstufe III für eine geringe Überflutungstoleranz steht. Damit lassen sich die Wertstufen I beider Kriterien als sehr gering verwundbar interpretieren. Das in Kapitel 4.1.2.1.5 beschriebene neu entwickelte Verfahren unter Nutzung der Präferenzmatrix wird auch hier angewendet. Das heißt, den ordinalen Ausprägungen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz wird mit Hilfe

Flächennutzungs- Kulturart	Schadenspotenzial	Überflutungstoleranz
Getreide	II (eher gering)	II (mittel) transformiert zu II
Hackfrüchte	III (eher hoch)	I (gering) transformiert zu III
Hülsenfrüchte	I (gering)	I (gering) transformiert zu III
Ölsaaten	II (eher gering)	I (gering) transformiert zu III
Ackerfutter	II (eher gering)	I (gering) transformiert zu III
Dauergrünland	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I
Gemüse- und sonstige Handels- gewächse	IV (hoch)	I (gering) transformiert zu III
Dauerkulturen	IV (hoch)	I (gering) transformiert zu III
Stillgelegte Flächen	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I
Aus Erzeugung genommene Flächen	I (gering)	III (hoch) transformiert zu I

Tab. 4.2.1 Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz nach den Flächennutzungs-
klassen (eigene Zusammenstellung)

einer funktionalen Darstellung fachlich begründet je ein Verwundbarkeitswert zugeteilt. Aus der Zusammenführung der beiden Verwundbarkeitswerte der

43 Zu den Ertragsverlusten zählen die direkten Verluste der Kulturen, aber auch indirekte Verluste wie die Beseitigung des Schwemmgutes und Verluste durch Wiederherstellungsmaßnahmen wie Neusaat oder Zukäufe.

Kriterien ergibt sich die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation. In der Funktion wird die gerade beschriebene Bedeutung des jeweiligen Kriteriums für die Verwundbarkeit dargestellt. Diese zeigt also, wie sich die Verwundbarkeit mit steigender Rangfolge der Ausprägungen des Kriteriums verändert.

Für die Darstellung der Funktion sollte zunächst festgelegt werden, wie viele Wertstufen die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation aufweisen soll. Danach richtet sich auch die Anzahl der Wertstufen der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm. Innerhalb des Forschungsprojektes wird zur Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation eine fünfstufige Darstellung der Ergebnisse angestrebt (siehe Erläuterungen in Kapitel 4.1.2.1.5). Demnach stellt das Funktionsdiagramm die Verwundbarkeit in fünf Wertstufen dar. Die Anzahl der Ausprägungen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz stehen mit der Einstufung aus der Tabelle 4.2.1 fest. Damit steht auch der abgebildete Zusammenhang – das entspricht dem Verlauf der Funktion – zwischen dem Schadenspotenzial, der Verwundbarkeit, der Überflutungstoleranz und der Verwundbarkeit im Funktionsdiagramm fest (siehe Abbildungen 4.2.6 und 4.2.7). Die Kommunen müssen also nicht, wie das im Bereich der Umwelt der Fall war, den Funktionsverlauf stauchen oder strecken.

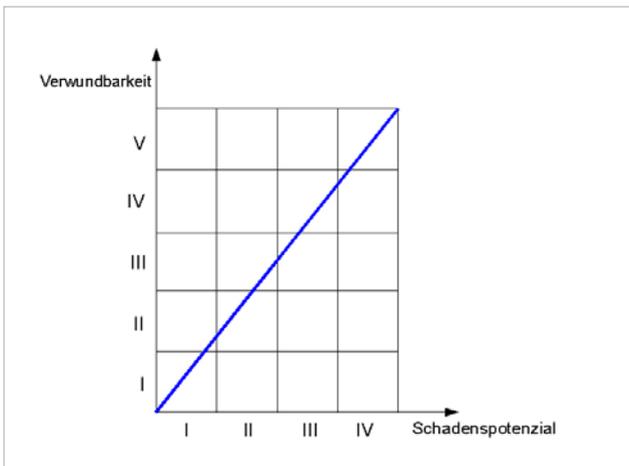


Abb. 4.2.6 Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Schadenspotenzial und der Verwundbarkeit

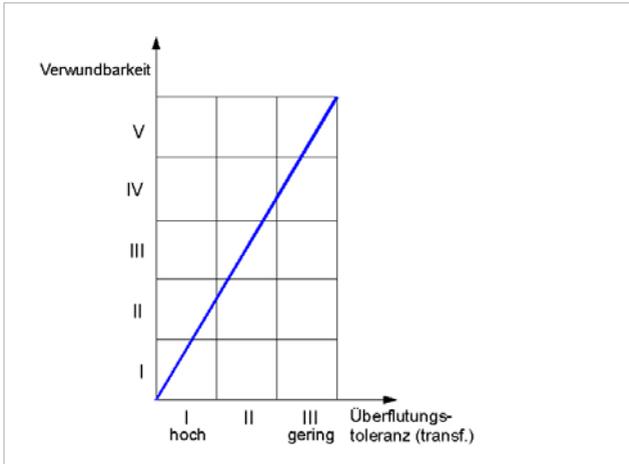


Abb. 4.2.7 Funktionaler Zusammenhang zwischen Überflutungstoleranz und Verwundbarkeit

Beide Verläufe sind linear, d. h. mit wachsendem Schadenspotenzial und wachsenden transformierten Wertstufen der Überflutungstoleranz erhöht sich die Verwundbarkeit gleichmäßig. Dieser lineare Zusammenhang konnte aus der Literatur abgeleitet werden, vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC 2004: 11. Zudem sollte vor der Verknüpfung die Gewichtung der Kriterien klar sein. Da beide Kriterien gleich großen Einfluss auf die Verwundbarkeit haben, erfolgt keine Gewichtung der beiden Größen.

Für jede Ausprägung der beiden Kriterien kann nun aus den Funktionsverläufen eine Verwundbarkeitsstufe (= Verwundbarkeitswert) abgelesen werden. Für die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix muss überlegt werden, was das Ergebnis aus beiden abgelesenen Verwundbarkeitswerten ist. Ein geringer Verwundbarkeitswert (Wertstufe II) und ein hoher Verwundbarkeitswert (Wertstufe IV) werden bei Gleichgewichtung der beiden Kriterien eine mittlere Verwundbarkeitsstufe (Wertstufe III) zum Ergebnis haben. Das Ergebnis wird in das entsprechende Feld der Präferenzmatrix eingetragen.

Es kann aber auch vorkommen, dass der Funktionsverlauf zwei Wertstufen der Verwundbarkeit schneidet. So sind für die Ausprägung ‚geringes Schadenspotenzial‘ (Ausprägung I, siehe Abbildung 4.2.6) die Wertstufen ‚sehr geringe‘ und ‚geringe Verwundbarkeit‘ (Wertstufen I und II) abzulesen. Da sich aber der

Funktionsverlauf eher in der Wertstufe sehr geringe Verwundbarkeit (Wertstufe I) befindet, würde man I/II ablesen, d. h. für eine Verknüpfung würde die Wertstufe ‚sehr geringe Verwundbarkeit‘ stärker zu bewerten sein als die Wertstufe ‚geringe Verwundbarkeit‘. Die logische Verknüpfung beider Kriterien in der Präferenzmatrix ist dann beendet, wenn für jede Kombinationsmöglichkeit aus den Ausprägungen der beiden Kriterien ein Ergebnis in die Präferenzmatrix eingetragen ist. Diese Wertstufen in der Präferenzmatrix entsprechen den Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation. Da die beiden in Abbildung 4.2.6 und Abbildung 4.2.7 dargestellten Funktionsverläufe feststehen, können die Ergebnisse aus der logischen Verknüpfung, die in der Präferenzmatrix (siehe Abbildung 4.2.8) aufgeführt sind, von den Kommunen übernommen werden. Das Verfahren der logischen Verknüpfung lässt sich in der Regel in jedem Geoinformationssystem (GIS), wie im folgenden Arbeitsschritt beschrieben, umsetzen und darstellen. In diesem Verfahren wurde die Software ArcGIS 9.2 verwendet, wodurch sich im weiteren Verlauf die Benennung der einzelnen Befehle hierauf beziehen wird. Eventuell können die Bezeichnungen in anderen Programmen abweichen.

		Überflutungstoleranz (transf.)		
		I	II	III
Schadenspotenzial	I	I	II	III
	II	II	III	III
	III	III	III	IV
	IV	III	IV	V

Abb. 4.2.8 Präferenzmatrix aus dem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz

Dazu müssen zunächst die in den Landwirtschaftsbehörden vorliegenden Flächenbewirtschaftungsdaten als Thema in ein View geladen und diese, soweit noch nicht geschehen, nach den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten: Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölsaaten, Ackerfutter, Dauergrünland, Gemüse- und sonstige Handelsgewächse, Dauerkulturen, stillgelegte Flächen

und aus der Erzeugung genommene Flächen klassifiziert werden. In der Attributtabelle des Themas müssen zwei neue Spalten erstellt werden. Über das Abfragefenster in der Attributtabelle sind nun nacheinander die Kulturarten abzufragen. In die neuen Spalten der markierten Datensätze werden dann die entsprechenden Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz der Tabelle 4.2.1 eingetragen. Das nach den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten klassifizierte Thema wird nun zweimal in das View eingeladen. Einmal wird es nach der neuen Spalte, in der das Schadenspotenzial der Kulturarten eingegeben wurde, klassifiziert und zum anderen erfolgt die Klassifikation nach der zweiten neuen Spalte, in der die Überflutungstoleranz aufgeführt ist. Die beiden Kriterien können somit in ihren Ausprägungen ‚gering‘, ‚mittel‘ usw. räumlich dargestellt werden.

Für die nächsten Arbeitsschritte wird die bereits erstellte Präferenzmatrix benötigt. Im ersten Schritt der logischen Verknüpfung im GIS wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl genutzt. Dort sind die beiden zu verknüpfenden Kriterien, also das ‚Schadenspotenzial‘ und die ‚Überflutungstoleranz‘ auszuwählen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, welches ‚Landwirtschaftsinformation‘ heißen könnte. In der dazugehörigen Attributtabelle dieses Themas erscheinen die Datensätze beider Kriterien. In der Tabelle muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Unter Nutzung des Abfragefensters der Attributtabelle müssen nun nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Ausprägungen beider Kriterien abgefragt werden, z. B. Schadenspotenzial = I AND Überflutungstoleranz = II. Werden die abgefragten Datensätze markiert, muss in das markierte Feld der neuen Spalte das entsprechende Ergebnis aus der Präferenzmatrix eingetragen werden. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind. Nun kann man sich das neue Thema ‚Landwirtschaftsinformation‘ klassifiziert nach der neuen Spalte im View anzeigen lassen. So ist die räumliche Verbreitung der Wertstufen ‚sehr gering‘, ‚gering‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘ der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation zu sehen. Sollte sich nach der Verschneidung bzw. Verknüpfung mit den Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen, wie in nachfolgendem Punkt 3 beschrieben, herausstellen, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen von keiner Schadwirkung überlagert werden, so stellt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation bereits die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar.

2. Bewertung der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Da sich die Verwundbarkeit für den Fall, dass landwirtschaftliche Nutzflächen von den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen überlagert werden, erhöht, muss die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Kontaminationsquellen bzw. deren Schadwirkung verknüpft werden. Dazu muss die Schadwirkung der potenziellen Kontaminationsquellen zunächst bewertet werden.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe aus Altlasten während und nach dem Hochwasserereignis im Boden und angestiegenem Grundwasser nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, erfolgt die Erhöhung der Verwundbarkeit ausschließlich dort, wo sich landwirtschaftliche Nutzflächen auf Altlastenflächen befinden. Die Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasserleiter in Fließrichtung nach dem Absinken des Grundwasserspiegels im Fall des Schadstoffeintrages in das Grundwasser wird, mit dem Ziel, das Verfahren möglichst einfach zu halten, nicht mit berücksichtigt⁴⁴. In dem Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend von Altlasten nicht weiter differenziert bewertet, da aus Datenschutzgründen in den Kommunen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlastenverdachts- bzw. Altlastenflächen vorlagen. Das bedeutet, dass es für die Gefährdung durch Altlasten keine Abstufungen der Schadwirkung gibt. Möchte eine Gemeinde die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft genauer ermitteln, kann sie beispielsweise die nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadpotenzial einer Altlastenverdachts- bzw. einer Altlastenfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten.

Für die Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Kontaminationsquelle Verdünnungseffekte in der Hochwasserwelle einsetzen, so dass sich die potenzielle Schadwirkung abschwächt. Dargestellt wird das über die Festlegung von drei Zonen um die

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

potenzielle Kontaminationsquelle. Den Zonen werden Wertstufen von I-III unterschiedlicher Schädwirkungen zugeordnet. So ist in der unmittelbar an die Kontaminationsquelle angrenzenden Zone die potenzielle Schadintensität am höchsten. Sie bekommt beispielsweise den Wert III (hohe Schädwirkung) zugeordnet.

3. Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schädwirkung potenzieller Kontaminationsquellen

Die flächenbasierte Verwundbarkeitsaussage unter Berücksichtigung der potenziellen Kontaminationen durch Altlasten erhält man über die Verknüpfung der Altlastenflächen mit den landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt. Bei der Verknüpfung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Für die landwirtschaftlichen Flächen, die sich nicht mit Altlastenflächen überschneiden, besteht keine Kontaminationsgefährdung. Auf diesen Flächen entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen. Liegt jedoch eine landwirtschaftliche Nutzfläche über einer Altlast, so werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Diese nun von fünf auf sechs Stufen gehobene Wertabstufung entspricht der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen. Die Verknüpfung der Altlastenflächen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation kann in einem GIS umgesetzt werden. Dazu sollte das zuvor definierte Überschwemmungsgebiet in einem View dargestellt werden. Diese Darstellung wird ergänzt, indem das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Altlastenflächen eingeladen werden. Zur Verknüpfung beider Themen wird der ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl genutzt. Dort wählt man die beiden Themen, also die ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘ und die ‚Altlastenflächen‘ aus. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das die Datensätze beider Themen enthält. Nun muss in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte angelegt werden. Aus der vereinten Attributtabelle wird ersichtlich, ob über einer Altlastenfläche eine landwirtschaftliche Nutzfläche liegt oder nicht. Besteht keine Überlagerung, so wird für die landwirtschaftlichen Nutzflächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation in die neue Spalte übernommen. Liegt eine Überlagerung vor, so wird für diese Flächen die bereits

ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe hochgestuft und in die neue Spalte eingetragen. Klassifiziert man das neue Thema über die zuvor entstandene Spalte, so sieht man die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkung ausgehend von den Altlastenflächen.

Nun wird mit dem ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl das definierte Überschwemmungsgebiet mit der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Altlastenwirkung verschnitten, so dass nur noch die verwundbaren Flächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

Die flächenbasierte Verwundbarkeitsaussage unter Berücksichtigung der potenziellen Kontaminationen durch Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV erhält man über die Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schadwirkung aus den Anlagen und Betriebsbereichen. Bei der Verknüpfung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Besteht keine Überlagerung mit der Schadwirkung aus Anlagen/Betriebsbereichen, ist keine Gefährdung zu erwarten. In diesem Fall entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung ausgehend von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV. Im Fall der Überlagerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen mit der potenziellen Schadwirkung ergibt sich die Abstufung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung ausgehend von den Anlagen und Betriebsbereichen aus der Verknüpfung der Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der unterschiedlichen Schadwirkung, repräsentiert durch die drei Zonen. Dabei werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation im Fall, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen in der unmittelbar die Kontaminationsquelle umgebenden Zone (Zone mit der Wertstufe III) liegen, um zwei Wertstufen hochgestuft. Für den Fall, dass sich die landwirtschaftlichen Flächen mit den Zonen der Wertstufe II und I (mittlere und geringe Schadwirkung) überschneiden, werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe erhöht (siehe Präferenzmatrix in Abbildung 4.2.9). Zur Visualisierung der Ergebnisse sollte die Verknüpfung im GIS umgesetzt werden. Dazu werden zunächst wieder das zuvor definierte Überschwemmungsgebiet, die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation und die Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach

der 12. BImSchV in ein View eingeladen. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so sind beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl zu vereinigen. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen nach § 62 WHG als auch die Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV enthält. Nun sollte aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m⁴⁵ erstellt und die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘ vereinigt werden. In der Attributtabelle dieses Themas werden nun den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zugeordnet, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I). Nun erfolgt die Verknüpfung der Themen ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ und ‚verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation‘ über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Damit entsteht ein neues Thema, das die Datensätze beider Themen enthält. In der Attributtabelle des neuen Themas muss nun eine neue Spalte erzeugt werden. Über das Abfragefenster der Attributtabelle werden nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen abgefragt, z. B. verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation = I AND potenzielle Schadwirkung = I. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. In die neue Spalte der markierten Datensätze sind die entsprechenden Werte aus der Präferenzmatrix einzutragen, in dem Beispiel also der Wert II. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

Wird das vereinte Thema über die neue Spalte klassifiziert, so sieht man die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkung ausgehend von den Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

45 Die Distanzen abgestufter Schadwirkung wurden mit Hilfe von Expertengesprächen festgelegt. Obwohl die schädliche Wirkung von Kontaminationen nur in Fließrichtung auftreten kann, wird zur Vereinfachung des Verfahrens und um der Unberechenbarkeit des exakten Abflusses Rechnung zu tragen, ein ringförmiger Bereich mit einheitlichem Abstand um die Kontaminationsquelle angenommen. Die tatsächliche Ausbreitungsfähigkeit der Schadstoffe um die Kontaminationsquelle kann nicht ohne Zuhilfenahme komplexerer Verfahren ermittelt werden.

		Schadwirkung der Anlagen/ Betriebsbereiche (Zonen)		
		I	II	III
Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation	I	II	II	III
	II	III	III	IV
	III	IV	IV	V
	IV	V	V	VI
	V	VI	VI	VII

Abb. 4.2.9 Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schadwirkung der Anlagen nach § 62 WHG und der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV

Nach der Verschneidung des Überschwemmungsgebietes mit dem neuen Thema über den ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl erscheinen nur noch die verwundbaren Nutzflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen.

4. Aggregation zur flächenbasierten Landwirtschaftsverwundbarkeit unter Berücksichtigung aller potenzieller Kontaminationsquellen

Um die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu ermitteln, müssen die potenziellen Schadwirkungen ausgehend von den Altlastenflächen, den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gemeinsam betrachtet werden. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen gleichzeitig von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und den Schadwirkungen aus Anlagen/Betriebsbereichen überlagert, so müssen die beiden Ergebnisse aus Punkt 3 (Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Schadwirkungen aus Altlasten, Verwundbarkeit unter Berücksichtigung der Schadwirkungen aus Anlagen/Betriebsbereichen) verknüpft werden. Dabei bestehen nun vier mögliche Fälle. Im ersten Fall wird die landwirtschaftliche Nutzfläche von keiner potenziellen Schadwirkung bedroht. Damit entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation der endgültigen Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Im zweiten Fall gehen nur von Altlastenflächen Gefahren für die darüber liegende landwirtschaftliche Nutzfläche aus und im dritten Fall bestehen nur von Anlagen und Betriebsbereichen

potenzielle Schädwirkungen auf die Nutzflächen. In den Fällen 2 und 3 werden die Verwundbarkeitsabstufungen aus den beiden Ergebnissen von Punkt 3 übernommen. Diese stellen nun die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar. Für den vierten Fall, dass eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig von der potenziellen Schädwirkung aus Altlasten und aus Anlagen bzw. Betriebsbereichen bedroht wird, erhöht sich auf diesen Flächen die hochwasserbedingte Verwundbarkeit.

Im GIS wird dieser Schritt wie folgt umgesetzt: Die beiden resultierenden Themen aus Punkt 3, also die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Altlasten und die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus den Anlagen/Betriebsbereichen, müssen in ein View eingeladen werden. Ist zu erkennen, dass sich beide Themen überlagern, erfolgt die Verknüpfung beider Themen über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ heißen könnte. Nun wird in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte angelegt. In der Tabelle sind die beiden beschriebenen Fälle erkennbar. Für die Nutzflächen bzw. für die Datensätze der Nutzflächen, die keinen potenziellen Schädwirkungen ausgesetzt sind, bleibt die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bestehen. Sie werden so in die neue Spalte eingegeben. Im zweiten Fall, bei dem nur von Altlastenflächen Gefahren für die darüber liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgehen, wird die Erhöhung der Verwundbarkeitsstufe um eine Klasse entsprechend Punkt 3 vorgenommen und in das Feld eingetragen. Im Fall, dass nur von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV potenzielle Schädwirkungen auf die Nutzfläche ausgehen, bleibt die Verwundbarkeitsabstufung aus der in Abbildung 4.2.9 dargestellten Präferenzmatrix bestehen. Überlagern sich die potenziellen Schädwirkungen aus den Altlastenflächen und den Anlagen/Betriebsbereichen, erfolgt in die neue Spalte eine Wertzuweisung entsprechend der in Abbildung 4.2.10 bereits vorgegebenen Präferenzmatrix. Über das Abfragefenster der Attributtabelle sind nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen abzufragen, z. B. Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Altlasten = II AND Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Anlagen/Betriebsbereichen = II. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Dann wird in die neue Spalte der markierten Datensätze der entsprechende Wert aus der

Präferenzmatrix, in dem Beispiel also der Wert III, eingetragen. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

		Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Anlagen/ Betriebsbereiche					
		II	III	IV	V	VI	VII
Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen	II	III	IV	IV	V	V	VI
	III	III	IV	V	V	VI	VI
	IV	IV	IV	V	VI	VI	VII
	V	IV	V	V	VI	VII	VII
	VI	V	V	VI	VI	VII	VII
	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII

Abb. 4.2.10 Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen und der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV

Das neue Thema ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Berücksichtigung aller potenziellen Schadwirkungen sichtbar. Es handelt sich dabei um landwirtschaftliche Nutzflächen, die im definierten Überschwemmungsgebiet verwundbar sind.

Einzelfallbezogene Verwundbarkeit

Die aus den beiden Systemmodellen abgeleiteten Kriterien der Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungskapazität werden in den Online-Fragebögen für die Gartenbaubetriebe und für die Ackerland- und Grünlandbewirtschaftung einzeln abgefragt (siehe Anhang C I). Mit der Beantwortung dieser Fragebögen kann jeder Landwirt seine eigene individuelle Verwundbarkeit ermitteln. Der Online-Fragebogen muss mit einem Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus hinterlegt werden, so dass direkt am Bildschirm eine Auswertung der individuellen Eingaben erfolgen kann. Dieser Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus sollte so abstrakt sein, dass dieser alle möglichen Eingabefälle berücksichtigt.

Für die Auswertung erscheint es sinnvoll, zunächst die Kriterien innerhalb der Fragebogenabschnitte ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ zu verknüpfen, das bedeutet, die Antwortmöglichkeiten jeder Frage pro Abschnitt zu verknüpfen. Durch die Gliederung des Fragebogens in ‚Exposition‘, ‚Anfälligkeit‘ und ‚Bewältigungskapazität‘ kann der Landwirt über die drei getroffenen Einzeleinschätzungen sehen, bei welchen Bereichen der Verwundbarkeit Handlungsbedarf besteht. Erst in einem zweiten Schritt erfolgt dann die Aggregation der drei Einzelaussagen zur einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsaussage.

Eine Besonderheit ist noch für die Bewältigungskapazität zu erwähnen. Hier erfolgt zunächst eine getrennte Ermittlung der Bewältigungskapazität I, welche die Kriterien Risiko- und Bauvorsorge und Evakuierungsverhalten umfasst, und der Bewältigungskapazität II, welche die Bindung an die Tätigkeit beinhaltet. Die getrennte Einschätzung ist für die Landwirte hilfreich. Die Bewältigungskapazität I kann der Landwirt aktiv über sein Verhalten verbessern, während die Bewältigungskapazität II zwar für eine zu treffende Aussage der Bewältigungskapazität insgesamt benötigt wird, aber kaum von den Landwirten beeinflusst werden kann, da sie dazu ihre Einstellung bzw. Mentalität ändern müssten.

Zur Erläuterung des Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus wird zu jedem Schritt ein Beispiel beschrieben. Die Antwortmöglichkeiten in den Fragebögen wurden so formuliert, dass sie rangskaliert bewertet werden können. Jede Antwortmöglichkeit bekam zunächst entsprechend ihrer Einreihung in die Rangskala eine Wertstufe zugeteilt. Die Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu Wertstufen ist im Anhang C II nachzuvollziehen. Mit ihrer Rangskalierung dürfen die Antworten pro Abschnitt formal nur durch logische Verknüpfung zusammengeführt werden (siehe Kapitel 4.1.2.1.5). Das hieße für den ersten Abschnitt ‚Exposition‘, dass man 64 Fälle⁴⁶ einzeln betrachten und nach logischen Gesichtspunkten ein Ergebnis der Exposition zuteilen müsste. Dieser Aufwand schien zu groß. Zur Vereinfachung wurden die vergebenen Wertstufen je Antwort als Punktwerte betrachtet, die auch arithmetisch über Addition und Multiplikation zusammengeführt werden dürfen.

46 Diese Anzahl ergibt sich aus der Multiplikation der einzelnen Ausprägungen je Frage:
 $4 * 4 * 4 = 64$

Beispiel:**Erfassung der Exposition (Abschnitt 1)**

Frage 1

1	Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ-100/EHQ ⁴⁷ liegt?	Wertstufe
a)	Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsgebiet	I
b)	1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	III
d)	mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	IV

Dann wurde jeder gestellten Frage pro Abschnitt ein Gewicht zugeordnet. Die Gewichtung der Fragen bzw. Antworten wurde anhand der aufgestellten Systemmodelle, basierend auf den Betroffenen- und Experteninterviews, vorgenommen. Die Gewichtungsfaktoren sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Beispiel:**Gewichtung der Einzelkriterien (Fragen) der Exposition (Abschnitt 1)**

Frage 1: Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche	dreifach	3/7	0,43
Frage 2: Anteil der landwirtschaftlichen Vermögenswerte	dreifach	3/7	0,43
Frage 3: Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen	einfach	1/7	0,14

Die Angabe ‚dreifach‘ in der Tabelle bedeutet, dass die Exposition der

47 Der Fragebogen ist so konzipiert, dass der Landwirt seine individuelle Verwundbarkeit für zwei verschiedene Hochwasserszenarien ermitteln kann, in dem Fall für ein 100-jährliches Hochwasser und für ein Extremhochwasser. Da der Landwirt zur Beantwortung der Fragen auf die Überschwemmungskarten der Kommune zurückgreifen muss, ist er bei der Bestimmung seiner Verwundbarkeit an die von der Kommune festgelegten Überschwemmungsgebiete gebunden.

landwirtschaftlichen Nutzflächen und der Vermögenswerte im Systemmodell ein dreifaches Gewicht bekommt. Dieses dreifache Gewicht spiegelt sich im Systemmodell in der Stärke der Wirkbeziehungen wider. In Abbildung 4.2.5 wird deutlich, dass das Systemelement Exposition mit einem dicken Pfeil (der Stärke 3) in das Systemmodell eingebunden ist. Das Systemelement Kontaminationsgefahr, das durch das Kriterium Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen repräsentiert wird, ist dagegen nur mit einfachem Gewicht in das Systemmodell eingebunden. Der Gewichtungsfaktor je Frage bzw. Antwortmöglichkeit ergibt sich aus dem Gewicht der einzelnen Frage geteilt durch die Gesamtsumme der Gewichte pro Abschnitt.

Dann wurde jeder mögliche Eingabefall je Abschnitt notiert.

**Beispiel:
Eingabefälle des Abschnitts 1**

I+I+I, d. h. Bei der Frage 1 des Fragebogens wurde die Antwort, die mit ‚I‘ bewertet wurde, angegeben. Auch bei den Fragen 2 und 3 wurden die Antworten gewählt, die jeweils mit ‚I‘ bewertet wurden
II+I+I
II+I+II
I+II+I
I+II+II
II+II+I
II+II+II
I+II+III
I+III+II
II+I+III
II+III+I...
usw.

Das Ergebnis pro Abschnitt erhält man, indem der Mittelwert aus den gewichteten Eingaben bestimmt wird, d. h. die Wertstufe jeder der Antworten wird mit ihrem ihr zugeteilten Gewicht multipliziert und anschließend zum Ergebnis pro Abschnitt addiert.

Beispiel:**Berechnungsvorschrift des Abschnitts 1**

Wertstufe Frage 1 * 0,43 + Wertstufe Frage 2 * 0,43 + Wertstufe Frage 3 * 0,14

Eingabefälle	Berechnung
I+I+I	1
I+I+II	1,29
I+II+I	1,29
II+I+I	1,43
I+II+II	1,57
I+I+III	1,57
I+III+I	1,57
II+I+II	1,71
II+II+I	1,71
III+I+I	1,86
I+I+IV...	1,86...
usw.	

Mit dem Ziel, die Ergebnisse in einer fünfstufigen Bewertung (sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch) darzustellen, wurde die Spanne zwischen dem geringsten und höchsten Mittelwert pro Abschnitt so unterteilt, dass fünf gleich große Klassen entstanden. So ist dem gebildeten Mittelwert pro Abschnitt leicht seine entsprechende Wertstufe zuzuordnen. Aus der Zusammenführung der Wertstufen je Abschnitt erhält man die Verwundbarkeitsaussage.

Beispiel:
Klassenbildung des Abschnitts 1

geringster Wert:	1
höchster Wert:	4

Klassenzuordnung des Abschnitts 1

I	1,00-1,59
II	1,60-2,19
III	2,2-2,79
IV	2,8-3,39
V	3,4-4,00

Eingabefälle	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I...	1,86...	II...
usw.		

Eine Besonderheit liegt für den Fragebogen für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich. Viehhaltung) vor. Hier gibt es für Abschnitt 2 und 3 verschiedene Fälle. Diese richten sich nach den Filterfragen und den damit auszulassenden Fragen im Fragebogen. Diese müssen bei der Auswertung über den Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus berücksichtigt werden (siehe

Anhang C II).

Anschließend wurde den drei Ergebnissen je Abschnitt, dargestellt durch die Wertstufen I-V, je ein Gewicht zugeteilt. Das Gesamtergebnis, das die individuelle hochwasserbedingte Verwundbarkeit des Landwirts darstellt, ergibt sich aus dem Mittelwert der gewichteten Abschnittsergebnisse. Auch diesem Mittelwert wird, wie bereits beschrieben, über die vorgenommene Klasseneinteilung eine Wertstufe zugeteilt. Diese Wertstufen entsprechen den Wertstufen der Verwundbarkeit. Die ausführlichen Bewertungs- und Aggregationsalgorithmen, die in den beiden Online-Fragebögen hinterlegt werden, befinden sich im Anhang C II.

4.2.2.1.6 Handlungsempfehlungen

Die im Folgenden beschriebenen Handlungsempfehlungen sollen der Reduktion oder im günstigsten Fall der Vermeidung der ermittelten Verwundbarkeit dienen.

Kommunale flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung

Da sich die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft, dargestellt über das Schadenspotenzial und die Überflutungstoleranz der angebauten Kulturen, und der möglichen Schadwirkungen aus den Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Störfallbetrieben und Altlastenflächen ergibt, können sich die Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Verwundbarkeit auch nur auf diese Aspekte beschränken.

Da die Landwirtschaftsbehörden nach der Durchführung des vorgestellten Verfahrens über Karten der flächenbasierten Verwundbarkeit verfügen, sollten sie verstärkt die Landwirte ansprechen, deren Flächen im Überschwemmungsgebiet durch die dort angebauten Kulturen als sehr hoch oder hoch verwundbar eingestuft sind. In ihrem eigenen Interesse sollte diesen Landwirten geraten werden, hochwasserangepasst zu bewirtschaften, d. h. solche Kulturen zu wählen, die sowohl überflutungstolerant sind als auch ein geringes Schadenspotenzial aufweisen. Dabei könnten über die Landwirtschaftsbehörden direkt Listen von Kulturen erstellt werden, die nach ihrem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz eingestuft werden. Da Überschwemmungen nicht in jeder Kommune gleich häufig auftreten, werden Landwirte, die in bisher sehr selten

überschwemmten Bereichen wirtschaften, nicht die Notwendigkeit der Umstellung sehen. Eine Beratung durch die zuständigen Behörden oder im Internet veröffentlichte Hinweise der Behörden können dennoch Interesse wecken. Letzten Endes verbleibt die Wahl der angebauten Kulturen beim Landwirt. Er wird diese Wahl vorrangig von den zu erzielenden Marktpreisen und den Förderangeboten der EU abhängig machen. Aus diesem Grund könnte durch die EU über verschiedene Programme ein Anreiz für eine an potenziell auftretende Überschwemmungen angepasste Bewirtschaftung erfolgen.

Auf die potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Störfallbetrieben und Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen haben die Landwirte keinen Einfluss. Es sei denn, sie betreiben beispielsweise selbst Heizölanlagen. In diesen Fällen könnte auch über die zuständigen Landwirtschaftsbehörden eine Beratung hinsichtlich der Umrüstung auf alternative Heizmöglichkeiten erfolgen. Ansonsten sollte die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft über die verstärkte Sicherung oder Vermeidung von potenziellen Schadquellen reduziert werden. Welche Maßnahmen dazu getroffen werden könnten, ist in Kapitel 4.1.2.1.6 vermerkt.

Einzelfallbezogene Verwundbarkeitsermittlung

Bei der Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit können die Handlungsempfehlungen direkt bei der Online-Auswertung der Fragebögen gegeben werden. Dabei ist es sinnvoll, die Handlungsempfehlungen nach jedem ausgefüllten Abschnitt (Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungskapazität) zu geben, damit der Landwirt genau weiß, in welchen Bereichen seine Schwächen liegen. Die Handlungsempfehlungen können sich natürlich nur auf die abgefragten Kriterien pro Abschnitt beziehen. Bei einem schlechten Abschneiden im Abschnitt ‚Exposition‘ wird vorgeschlagen, darüber nachzudenken, Alternativflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu bewirtschaften, sofern Flächen verfügbar sind. Im Fall der Acker- und Grünlandbewirtschaftung kann zudem empfohlen werden, Vermögenswerte außerhalb des Überschwemmungsgebietes zu lagern. Für das Kriterium ‚Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen‘ kann nur darauf verwiesen werden, eigene Schadquellen wie Heizöltanks durch Umrüstung auf alternative Heizquellen aus dem Überschwemmungsgebiet zu beseitigen. Ansonsten liegt es nicht im Einflussbereich des Landwirts, die Schadwirkung, der er potenziell ausgesetzt ist, zu vermeiden.

Bei einem schlechten Ergebnis im Abschnitt ‚Anfälligkeit‘ wird den Landwirten nahegelegt, das Risiko von Ernteausfällen durch Überschwemmung zu streuen, indem mehrere Kulturen angebaut werden und zusätzliche Einnahmequellen geschaffen werden. Im Bereich der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung) wird dem Landwirt vorgeschlagen, möglichst überflutungstolerante Kulturen mit geringem Schadenspotenzial anzubauen. Betreibt ein Landwirt auf den Ackerbauflächen im Überschwemmungsgebiet keine konservierende Bodenbearbeitung, so wird dies in Zukunft zur Vorbeugung gegen Bodenerosion empfohlen.

Bei einem schlechten Abschneiden im dritten Abschnitt ‚Bewältigungskapazität‘ wird vorgeschlagen, verstärkt bauliche Maßnahmen zum Hochwasserschutz zu treffen, eine Versicherung abzuschließen und/oder Vermögenswerte so zu lagern, dass sie jederzeit schnell evakuiert werden können. Neben diesen direkten Hinweisen sollte auf der Homepage der Landwirtschaftsbehörde, auf der auch die Online-Fragebögen erscheinen, eine Kontaktadresse stehen, um sich bei Bedarf von den Landwirtschaftsbehörden hinsichtlich einer hochwasserangepassten Bewirtschaftung und eines richtigen Verhaltens im Hochwasserfall beraten zu lassen. Die Landwirtschaftsbehörden können, wenn eine Beratung gewünscht ist, individuelle Handlungsempfehlungen geben. Über die Auswertung der eingegebenen Fragebögen können sie auch in Broschüren oder im Internet allgemeine Handlungsempfehlungen geben.

Aus den erstellten Systemmodellen wird ersichtlich, dass die Exposition im Vergleich zu den Systemelementen, die die Anfälligkeit (Systemelement ‚Betriebskonzept‘) und die Bewältigungskapazität (Systemelemente ‚Risikovorsorge‘, ‚Bauvorsorge‘, ‚Evakuierungsverhalten‘ und ‚Bindung an die Tätigkeit‘) widerspiegeln, eine große Bedeutung für die Verwundbarkeit hat. Das ist an der Pfeilstärke, mit der das Systemelement ‚Exposition‘ in die Systemmodelle eingebunden ist, zu erkennen. Das heißt, um die Verwundbarkeit wirkungsvoll zu senken, sollte zunächst versucht werden, die Exposition zu senken oder ganz zu vermeiden. Durch Verlagerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen oder von Vermögenswerten aus dem Überschwemmungsgebiet könnte das erreicht werden. Dieses besondere Gewicht der Exposition sollte auch in der online erscheinenden Handlungsempfehlung für den Abschnitt Exposition betont werden. So könnte der Rat gegeben werden, möglichst bei der Verminderung und der Vermeidung der Exposition anzusetzen, um die individuelle Verwundbarkeit zu senken.

4.2.2.2 Vorstellung der Assessment-Methode

Die Assessment-Methode, die bereits in Kapitel 4.2.2.1 beschrieben wurde, wird in dem Leitfaden zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft umgesetzt (vgl. Anhang A). Da der Leitfaden auch unabhängig von den ausführlichen Erläuterungen dieses Abschlussberichtes in den Kommunen angewendet werden soll, muss er so aufgebaut sein, dass er als eigenständiges Werk zu verstehen ist und seine enthaltenen Verfahrensschritte ohne Beschreibungen des Abschlussberichtes von den Kommunen durchgeführt werden können. Der Leitfaden enthält für die Kommunen konkrete Anweisungen zur Ermittlung der flächenbasierten Landwirtschaftsverwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen. Der in Kapitel 4.2.2.1.5 erläuterte Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit ist nicht im Leitfaden enthalten. Dieser muss unabhängig von einem Leitfaden an die entsprechenden Landwirtschaftsbehörden gereicht werden und dort von der EDV-Abteilung auf deren Internetseite eingearbeitet werden.

Das beschriebene abstrakte Verwundbarkeitskonzept für die flächenbasierte Verwundbarkeitsermittlung wird also im Leitfaden (vgl. Anhang A) detailliert beschrieben und in Verfahrensschritte umgesetzt. Im Vergleich zu dem Leitfaden bieten die Ausführungen des hier vorliegenden Endberichts zudem eine detaillierte Darlegung der Herleitung der wissenschaftlichen Konzepte und des Verwundbarkeitskonzeptes, insbesondere bezogen auf das Systemmodell und die dahinter stehenden Annahmen. Zudem führt dieser Endbericht konkrete Handlungsempfehlungen auf, die Möglichkeiten zur Verwundbarkeitsreduzierung beinhalten.

Im Leitfaden (vgl. Anhang A) wird zunächst der Begriff Landwirtschaft kurz definiert und abgegrenzt, die abgeleiteten Kriterien werden nur benannt und deren Bedeutung für die Verwundbarkeit kurz erläutert. Den Hauptteil bilden konkrete Bewertungs- und Aggregationsverfahren, die bereits in Kapitel 4.2.2.1.5 erläutert sind, um die Kriterien zur verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und diese mit den Schadwirkungen der potenziellen Kontaminationsquellen zu verknüpfen, um so eine Aussage zur Verwundbarkeit zu erhalten.

Der Hauptteil umfasst die Expositions- und die Verwundbarkeitsanalyse. Die Expositionsanalyse beinhaltet die folgenden Verfahrensschritte:

- Festlegung eines Hochwasserszenarios (Exposition)
- Expositionstest ‚Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet?‘

Die Verwundbarkeitsanalyse enthält die Verfahrensschritte:

- Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation
- Bestimmung und Verortung der Kontaminationsquellen
- Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Schadwirkungen aus Altlastenflächen
- Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV
- Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen

Jeder Verfahrensschritt wird durch eine allgemeine Erläuterung, die Beschreibung der konkret durchzuführenden Arbeitsschritte, ein Beispiel und Hinweise zum Umgang mit Datenlücken unterlegt. Da es sich um räumliche Analysen handelt, sind die Arbeitsschritte mit Hilfe eines Geoinformationssystems (GIS) durchzuführen. Die Beispiele wurden mit der Software ArcGIS 9.2 erstellt. Die notwendigen Funktionen, um die Arbeitsschritte umzusetzen, sind jedoch auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten.

Im angehängten Leitfaden (vgl. Anhang A) wird das Verfahren zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft anhand von Beispielen aus der Stadt Dresden aufgezeigt, d. h. als Datengrundlage für die Kriterien dienen die aus dem Umweltamt der Stadt Dresden und dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft stammenden Daten.

4.2.3 Validierung der Ergebnisse und beispielhafte Anwendung

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen anhand der Stadt Dresden vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse aus den einzelnen Verfahrensschritten präsentiert. Die konkreten Arbeitsschritte, die zu diesem Ergebnis führen, sind in Kapitel 4.2.2.1.5

beschrieben. Darüber hinaus hat die Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft für die Stadt Dresden gezeigt, dass die bisher abgeleiteten Kriterien nicht geeignet sind, um die Verwundbarkeit der Landwirtschaft von Kommunen untereinander zu vergleichen. Zu Vergleichszwecken müssen andere, relative Größen bemüht werden. Diese werden nach der beispielhaften Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft vorgestellt. Da die erstellten Online-Fragebögen zur Ermittlung der einzelfallbezogenen Verwundbarkeit noch nicht auf der Homepage der Landwirtschaftsbehörde in Dresden erschienen sind, konnten sie auch noch nicht von Landwirten ausgefüllt werden. Aus diesem Grund steht ein Test, ob sich die Fragebögen in der Praxis bewähren, ebenfalls noch aus. Dieser konnte im Rahmen des Forschungsprojektes nicht mehr geleistet werden.

4.2.3.1 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft

Expositionsanalyse

Entsprechend dem Verwundbarkeitskonzept erfolgt zunächst die Expositionsanalyse. Dazu müssen die landwirtschaftlichen Nutzflächen mit einem definierten Überschwemmungsgebiet überlagert werden. Für Dresden wurde in diesem Fall ein Extremhochwasserereignis (Pegel 10,00 m) gewählt. Abbildung 4.2.11 zeigt deutlich, dass sich landwirtschaftliche Nutzflächen in den Überschwemmungsflächen des Extremhochwasserereignisses befinden. Eine Verwundbarkeitsanalyse wird allerdings erst dann notwendig, wenn eine Kommune den Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen als bedeutend einstuft. Um dieses Verfahren der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung beispielhaft durchzuführen, wurde der Anteil für Dresden als bedeutend eingeschätzt. Somit ist die Landwirtschaft als verwundbar zu betrachten. Zur genauen Bestimmung der Verwundbarkeit ist nun eine Verwundbarkeitsanalyse durchzuführen.

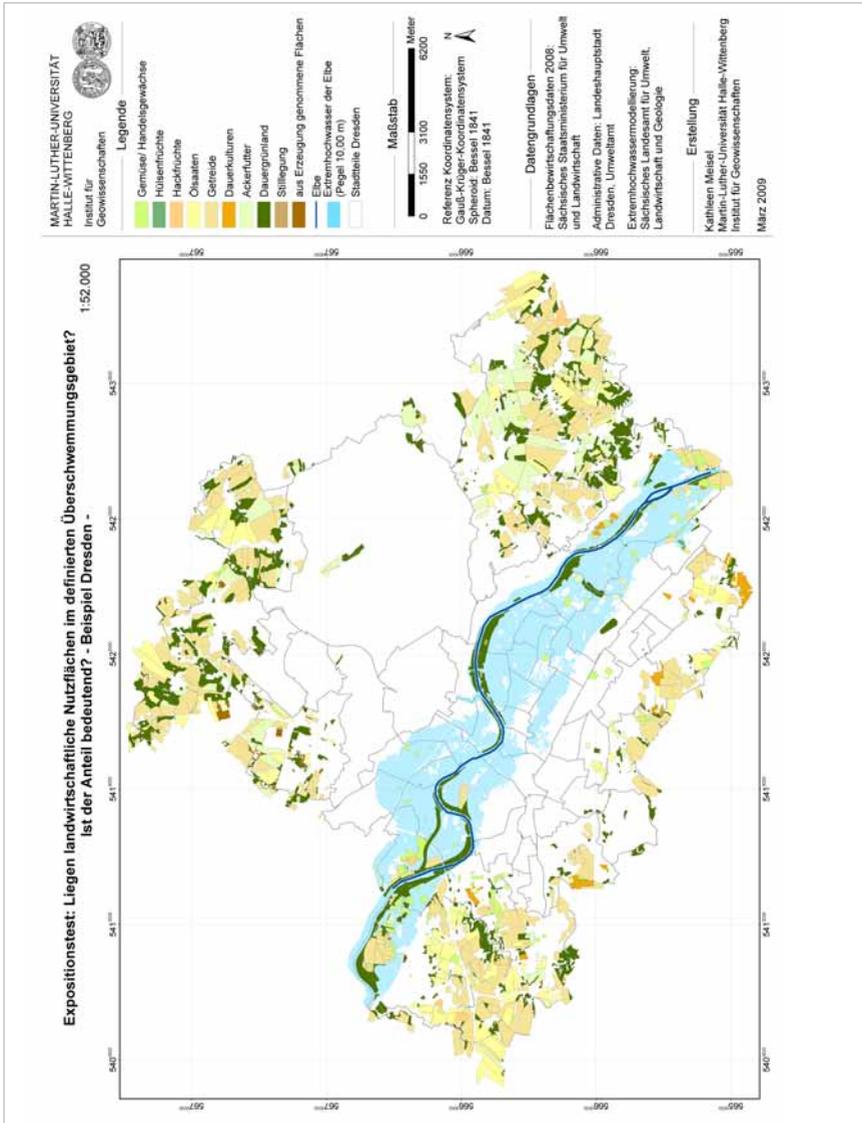


Abb. 4.2.11 Expositionstest für die Stadt Dresden

Die Expositionsanalyse könnte erschwert werden, wenn die landwirtschaftlichen Flächennutzungsdaten nicht vollständig vorliegen. So lagen z. B. in Dresden viele gartenbaulich genutzte Flächen über die Flächenbewirtschaftungsdaten der Landwirtschaftsbehörde nicht vor. In diesen Fällen sollte z. B. auf ATKIS-Daten oder andere Daten, die die Flächenbewirtschaftung in der Landwirtschaft enthalten, zurückgegriffen werden.

Verwundbarkeitsanalyse

Zunächst wird unabhängig vom festgelegten Überschwemmungsgebiet und den darin enthaltenen potenziellen Kontaminationsquellen (Exposition) die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation ermittelt. Somit erhält man zunächst die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation innerhalb des ganzen Stadtgebietes. Sie ergibt sich, wie in den Kapiteln 4.2.2.1.4 und 4.2.2.1.5 beschrieben, aus den verwundbarkeitsrelevanten Kriterien der Landwirtschaft ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘. Den Flächennutzungsklassen bzw. Kulturarten, die über die Flächenbewirtschaftungsdaten aus dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft vorliegen, konnten aufgrund von Literaturangaben Wertstufen der beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ zugeordnet werden (siehe Abbildungen 4.2.12 und 4.2.13).

Über die Darstellung von Funktionen, die die Bedeutung der beiden verwundbarkeitsrelevanten Kriterien für die Verwundbarkeit verdeutlichen und über die logische Verknüpfung in der Präferenzmatrix (siehe Kapitel 4.2.2.1.5) kann die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation räumlich abgebildet werden (siehe Abbildung 4.2.14). Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht von den Schadwirkungen ausgehend von potenziellen Kontaminationsquellen überlagert, so entsprechen die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation den Wertstufen der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

Probleme treten bei der Interpretation der Karten nur dann auf, wenn den Kommunen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine vollständigen Bewirtschaftungsdaten vorliegen. Bei der Interpretation der Verwundbarkeit muss dann darauf geachtet werden, dass sich hinter ‚weißen Flecken‘ auf der Karte durchaus auch verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen verbergen können.

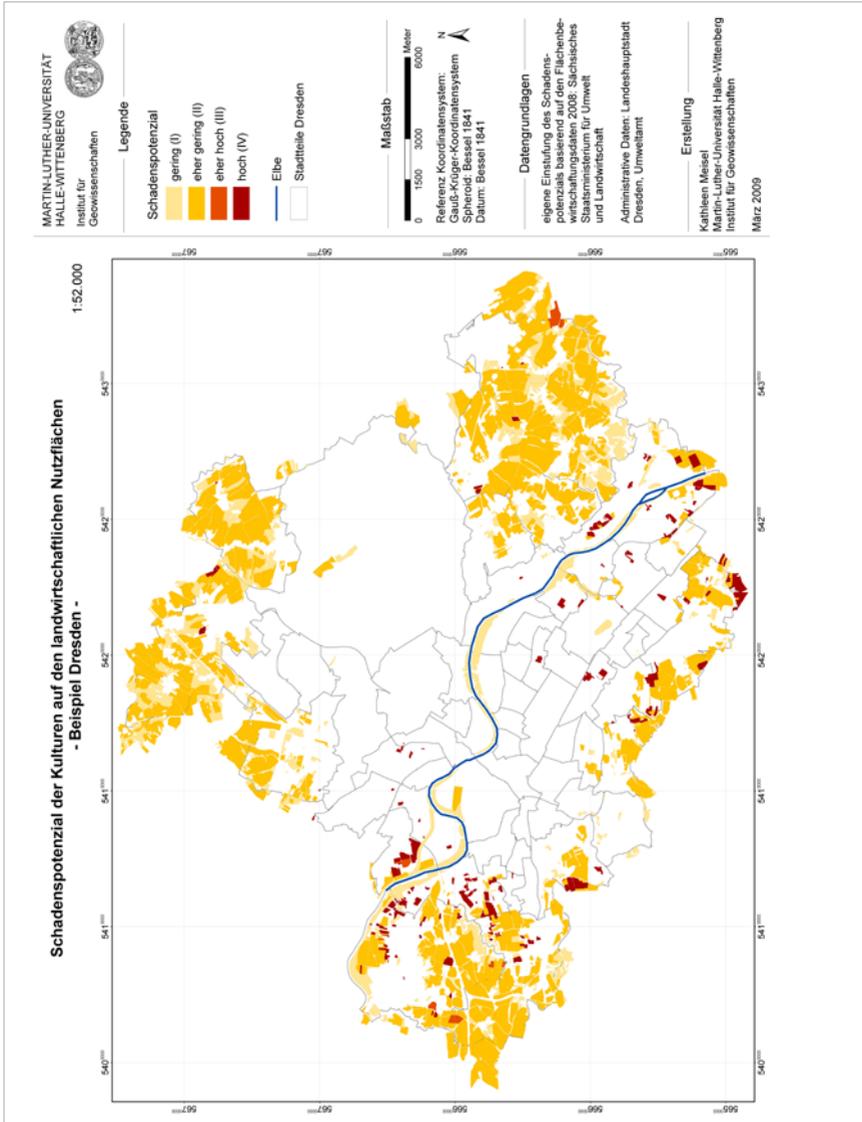


Abb. 4.2.12 Schadenspotenzial der landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden

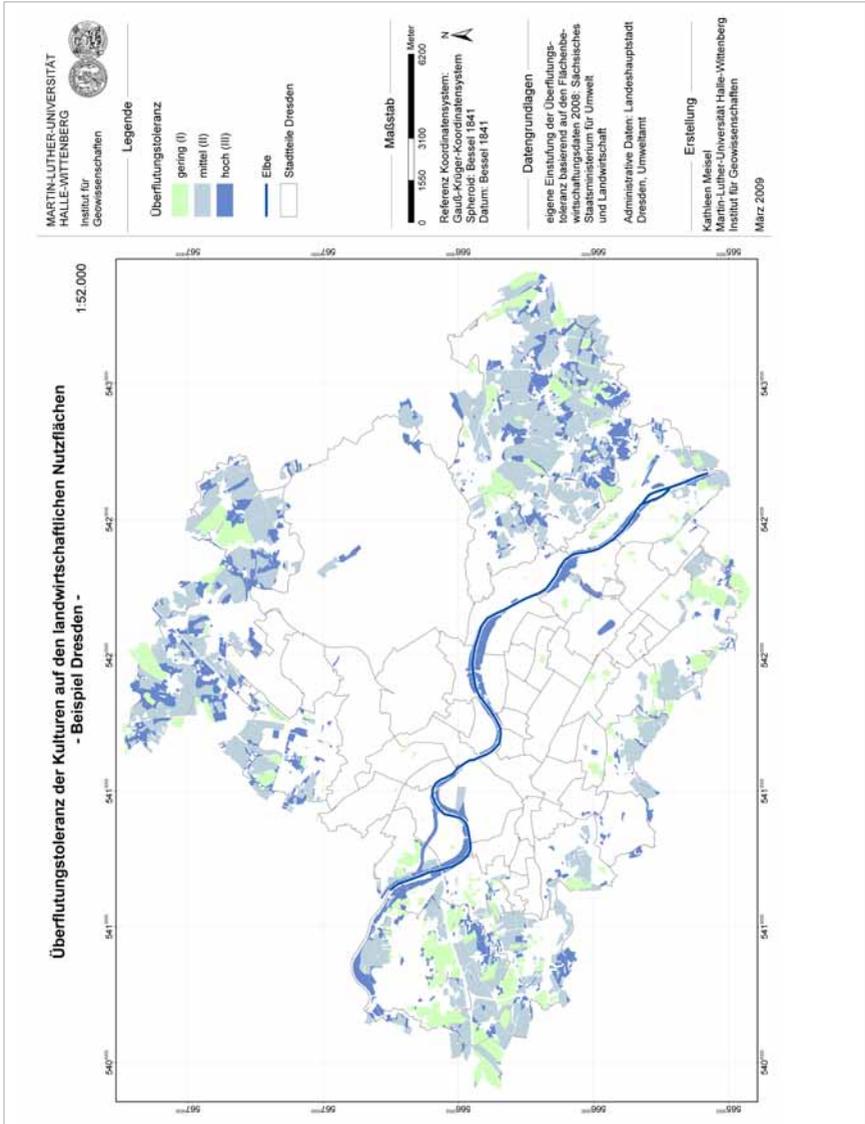
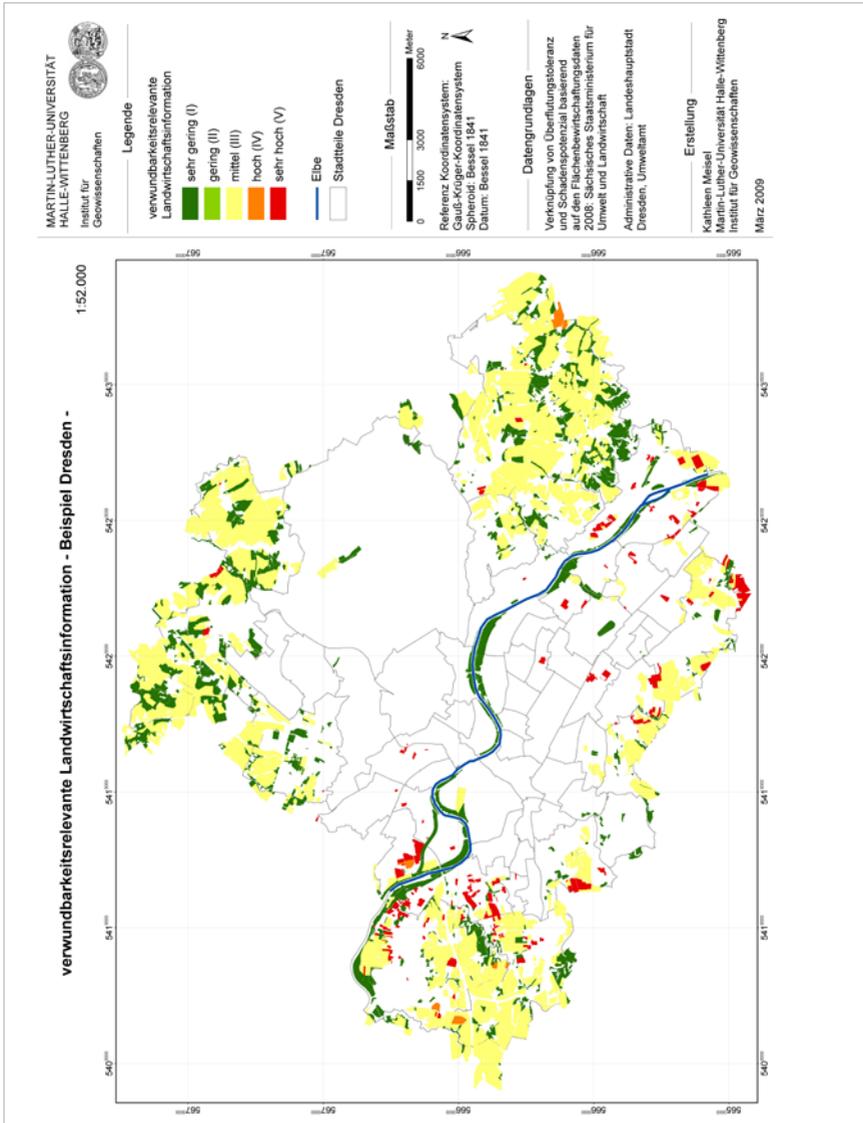


Abb. 4.2.13 Überflutungstoleranz landwirtschaftlicher Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden



Abbi. 4.2.14 Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, dargestellt für die Stadt Dresden

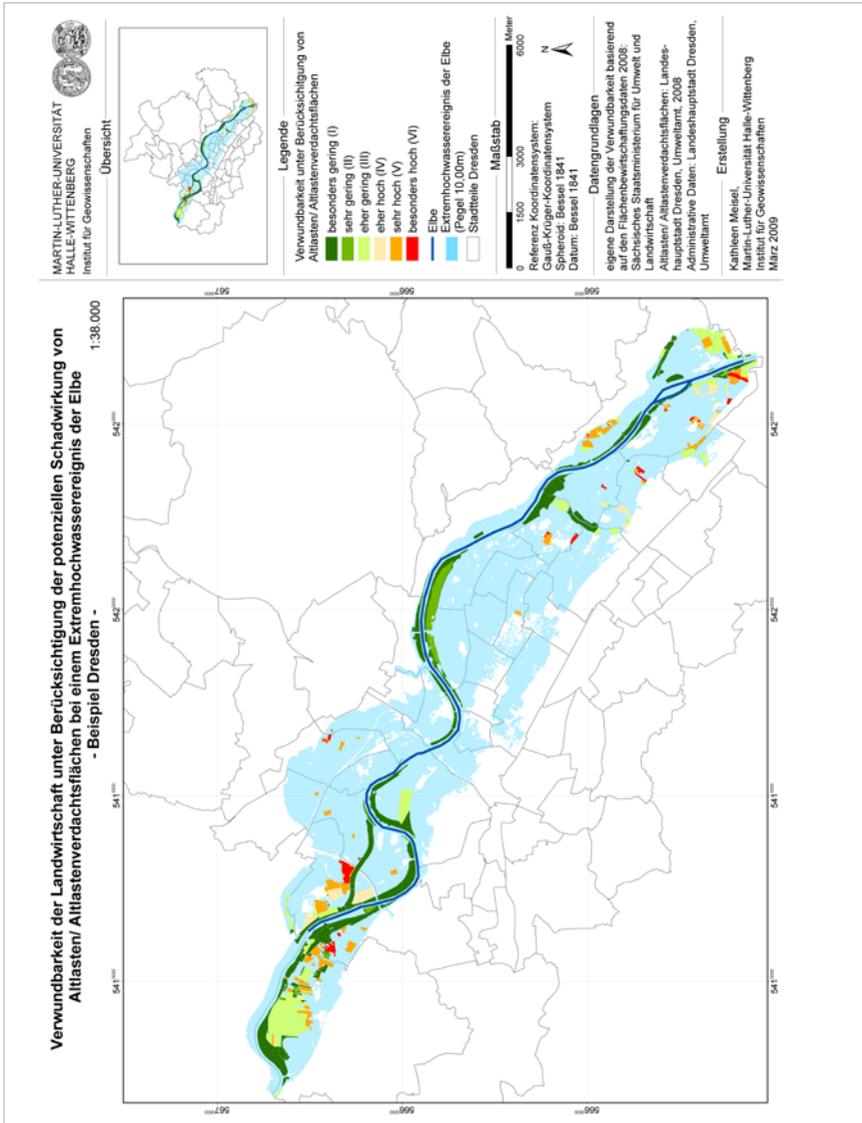


Abb. 4.2.15 Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädigungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Dresden

Da sich die Verwundbarkeit der Landwirtschaft aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und möglichen Schadwirkungen ausgehend von Kontaminationsquellen ergibt, muss geprüft werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem Hochwasserfall über Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV gefährdet werden könnten. Aus diesem Grund müssen die landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegen, mit den Altlastenflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen des Extremereignisses verknüpft werden. Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen von der Schadwirkung einer Altlast gefährdet, so wird die Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Damit geht die Darstellung in eine sechsstufige Wertabstufung über. Das Ergebnis ist für das Beispiel Dresden in Abbildung 4.2.15 zu sehen.

Auch hier gilt zu beachten, dass die dargestellten verwundbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht vollständig sein müssen. Liegen nicht für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen Flächenbewirtschaftungsdaten vor, so können hier keine Aussagen zur Verwundbarkeit gemacht werden. In Dresden konnte bei fehlenden Flächenbewirtschaftungsdaten auf ATKIS-Daten zurückgegriffen werden.

In einem weiteren Schritt wird geprüft, ob neben den potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten auch eine Kontaminationsgefährdung aus den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgeht. Zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen aus diesen Anlagen und Betriebsbereichen müssen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Schadwirkungen der Anlagen und Betriebsbereiche innerhalb des festgelegten Extremhochwasserbereiches verknüpft werden. Der Einflussbereich der Schadwirkungen wird durch die drei Zonen unterschiedlicher Schadintensität dargestellt. Die Festlegung der Distanzen der Zonen erfolgte mit Hilfe von Experteneinschätzungen. Werden die landwirtschaftlichen Nutzflächen von der Schadwirkung einer Anlage oder eines Betriebsbereiches gefährdet, so wird die Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bei Überlagerung mit der unmittelbar an die Kontaminationsquelle angrenzenden Zone um zwei Stufen, ansonsten um eine Stufe erhöht. Damit geht die Darstellung in eine siebenstufige Wertabstufung über. Das Ergebnis der räumlichen Analyse wird in Abbildung 4.2.16 gezeigt.

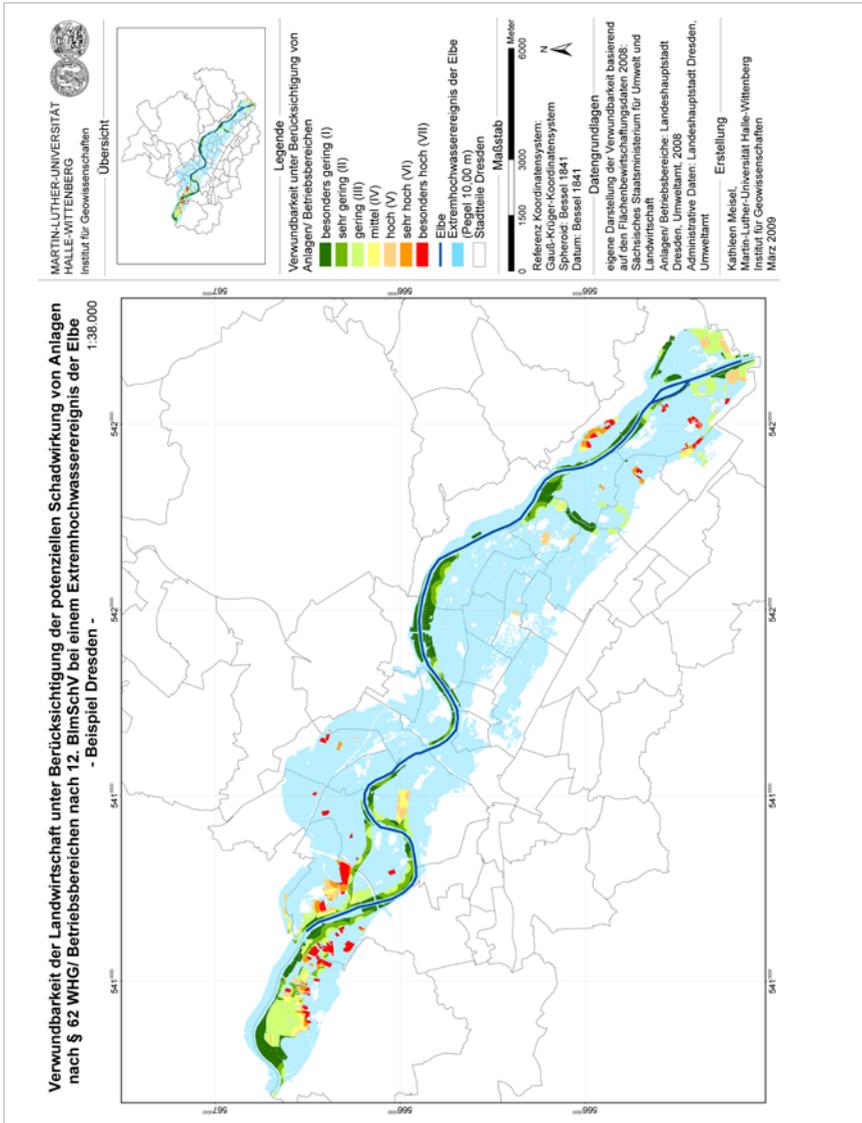


Abb. 4.2.16 Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädigungen von Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Dresden

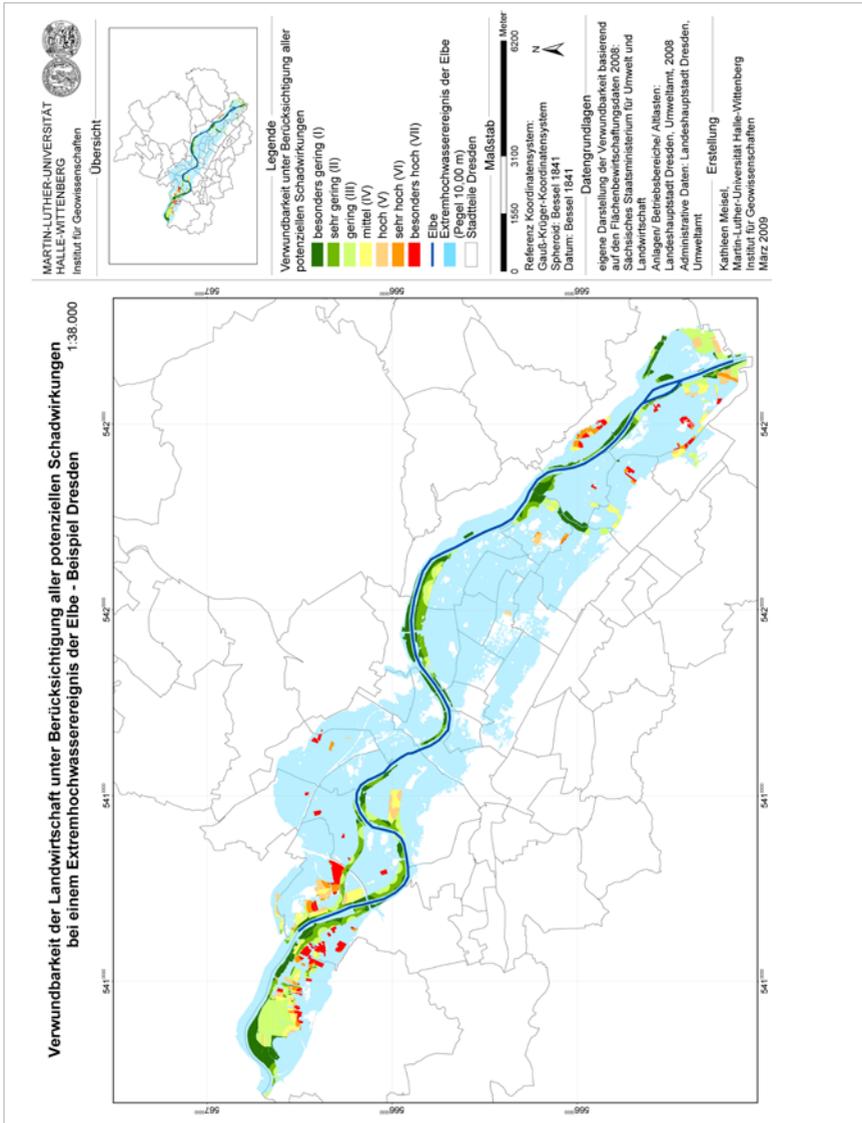


Abb. 4.2.17 Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Dresden

Auch hier ist wieder bei der Interpretation der Karte zu beachten, dass aufgrund fehlender Flächenbewirtschaftungsdaten einige verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen nicht dargestellt werden.

Die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller potenziellen Kontaminationsquellen ist für die Stadt Dresden in Abbildung 4.2.17 dargestellt. Hierbei wurden die Einflussbereiche der Schadwirkungen aller potenziellen Kontaminationsquellen mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation überlagert bzw. verknüpft. Damit erhöht sich an den Stellen, an denen die Flächen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation gleichzeitig den potenziellen Schadwirkungen von Altlasten und von Anlagen/Betriebsbereichen ausgesetzt sind, die Verwundbarkeit. Die Darstellung in sieben Stufen bleibt erhalten.

Auch hier muss bei der Interpretation der Karte beachtet werden, dass das Ergebnis nicht vollständig sein muss.

4.2.3.2 *Vergleichsindikatoren der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft*

Um verschiedene Kommunen hinsichtlich ihrer flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft vergleichen zu können, genügen diese räumlichen Darstellungen nicht. Es müssen direkt messbare Größen bemüht werden. Diese lassen sich aus der kartographischen Darstellung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation nach der Verschneidung und Verknüpfung mit den potenziellen Kontaminationsquellen ermitteln. Folgende Indikatoren könnten dazu herangezogen werden:

Indikatoren der Exposition

- Anteil der im Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen gemessen an den gesamtstädtischen landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten landwirtschaftlichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt, gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vorliegt.

Indikator der Anfälligkeit

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Flächen mit Schadenspotenzial in den Wertstufen I, II, III, IV, gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die das Schadenspotenzial angegeben werden kann

Indikator der Bewältigungskapazität

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten landwirtschaftlichen Flächen mit Überflutungstoleranz in den Wertstufen I, II, III, gemessen an allen exponierten landwirtschaftlichen Nutzflächen, für die die Überflutungstoleranz angegeben werden kann

Indikator der Verwundbarkeit

- Anteil der im definierten Überschwemmungsgebiet exponierten Verwundbarkeitsflächen mit den Wertstufen I, II, III, IV, V, gemessen an allen exponierten Verwundbarkeitsflächen

Da sich diese Indikatoren auf die je vorhandenen Daten in den Kommunen beziehen, ist die Vergleichbarkeit zwischen Kommunen trotz unterschiedlicher Datenlage gesichert.

Für das Beispiel Dresden wurden innerhalb der festgelegten Überschwemmungsfläche des Extremereignisses folgende Werte ermittelt:

- Exposition I: Anteil der im Überschwemmungsgebiet exponierten Flächen: ca. 10 %

Mit 10 % liegt ein relativ geringer Anteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet. Um das Verfahren zur Ermittlung der flächenbasierten Verwundbarkeit der Landwirtschaft beispielhaft für Dresden durchzuführen, wurden diese 10 % als bedeutend eingestuft. Somit wurde die Durchführung der Verwundbarkeitsanalyse erforderlich.

- Exposition II: Anteil der durch potenzielle Kontaminationsquellen gefährdeten landwirtschaftlichen Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet: ca. 53 %

Von den wenigen landwirtschaftlichen Nutzflächen, die innerhalb der Überschwemmungsfläche eines Extremhochwassers liegen, werden mehr als die Hälfte (53 %) von den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen gefährdet. Dieser Wert ist sehr hoch. Er verdeutlicht, dass viele potenzielle Kontaminationsquellen gerade in Flussnähe zu finden sind.

- Anfälligkeit:

gering (I)	ca. 53 %
eher gering (II)	ca. 28 %
eher hoch (III)	ca. 1 %
hoch (IV)	ca. 18 %

Bei der Anfälligkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen sind die Wertstufen der geringen und eher geringen Anfälligkeit dominierend. Ca. 19 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen weisen eher hohe und hohe Wertstufen auf, d. h. diese Flächen werden von den Landwirten nicht hochwasserangepasst bewirtschaftet.

- Bewältigungskapazität:

gering (I)	ca. 26 %
mittel (II)	ca. 22 %
hoch (III)	ca. 52 %

Bei der Bewältigungskapazität der landwirtschaftlichen Nutzflächen ist die Wertstufe der hohen Bewältigungskapazität mit ca. 52 % dominierend. Ca. 26 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen weisen jedoch eine geringe Bewältigungskapazität auf, d. h. diese Flächen werden von den Landwirten nicht hochwasserangepasst bewirtschaftet.

- Verwundbarkeit:

besonders gering (I)	25 %
sehr gering (II)	17 %
gering (III)	25 %
mittel (IV)	11 %
hoch (V)	9 %
sehr hoch (VI)	6 %
besonders hoch (VII)	7 %

Für die flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Flächen besonders gering, sehr gering und gering verwundbar sind. Hier lässt sich kein Handlungsbedarf erkennen. Dennoch sind ca. 22 % hoch bis besonders hoch verwundbar. Hier besteht Handlungsbedarf. Die Verwundbarkeit lässt sich hier über eine hochwasserangepasste Bewirtschaftung und über die Sicherung oder Vermeidung der potenziellen Kontaminationsquellen reduzieren (siehe Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.2.2.1.6).

4.3 EXKURS: Verwundbarkeit der Wirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen

Verfasser: Prof. Dr. Wilfried Kühling

4.3.1 Gliederung der Wirtschaftssektoren

Der komplexe Bereich „Wirtschaft“ bedarf zunächst einer der Aufgabenstellung entsprechenden Untergliederung, da sich Fragestellungen zu Hochwassergefahren nicht nur hinsichtlich möglicher Umweltgefährdungen ergeben, sondern auch ökonomische und weitere Aspekte einzubeziehen sind. Eine erste Unterscheidung wird darin gesehen, den Bereich Wirtschaft entsprechend der drei Wirtschaftssektoren in die folgenden Bereiche zu gliedern:

- Primärer Sektor (Landwirtschaft, hier ohne Bergbau, Forstwirtschaft und Fischerei) mit den generellen Untersuchungsaspekten:
 - Areale/Flächen (z. B. Grünland, ackerbauliche Flächen)
 - Betriebsstandorte (ggf. auch § 62 WHG-Anlagen wie Dunganlagen, Silage-sickersaftanlagen)
- Sekundärer (industrieller) Sektor: (Wirtschaftszweige des verarbeitenden und produzierenden Gewerbes, die besondere Gefahrenpotenziale bei Hochwasser bergen, wie: Industrie, Handwerk, hier ohne Energiewirtschaft, Energie- und Wasserversorgung, da diese im Rahmen der Kritischen Infrastruktur erfasst werden)
- Tertiärer Sektor (Wirtschaftszweige mit Dienstleistungen, die an vorwiegend größere, durch Hochwasser gefährdete Einrichtungen gebunden sind wie Verwaltungen, Handel, Verkehr/Logistik, Hotel- und Gaststättengewerbe, Kreditinstitute/Versicherungen)

Für diese Unterscheidung spricht, dass jeweils generelle und unterschiedliche Problemstellungen zu betrachten sind: die eher großflächigen Fragen landwirtschaftlicher Nutzflächen, die besonderen Gefährdungspotenziale gewerblich-industrieller Nutzungen und die besonderen Fragen im Hinblick auf besondere Gebäude mit z. T. hoher Personenzahl. In diesen Sektoren sind jeweils die

Fragestellungen hinsichtlich der Umwelt, wirtschaftlicher und sozialer Auswirkungen/Probleme zu untersuchen und daraus Indikatoren für die Anfälligkeit und Bewältigung zu generieren.

4.3.2 Industriell-gewerbliche Wirtschaftszweige

4.3.2.1 Untersuchungsgegenstand

Problemaufriss Hochwassergefahren

Aus der Vielzahl möglicher Wirkungen durch Extremhochwasser und der dadurch hervorgerufenen Probleme und Gefahren kann anhand der Ergebnisse eines UBA-Forschungsvorhabens (UFOPLAN, vgl. Warm & Köppke 2007) zusammenfassend der Stand der Technik zum Hochwasserschutz als Grundlage für die Entwicklung eines kriteriengestützten Wirkungsmodells verwendet werden. Dort werden als wesentliche Maßnahmen die bauseitige Vorsorge (trockene und nasse Vorsorge) und organisatorische Maßnahmen konkreter beschrieben. Sie werden hier lediglich als Überblick aufgeführt:

- Zur trockenen Vorsorge zählen:
 - Anheben des Geländeniveaus
 - Eindeichung
 - Errichtung von stationären oder mobilen Schutzsystemen
 - Einbau von Kanalverschlüssen
 - Errichtung von Speicherbehältern für Abwasser während des Hochwassers für abwasserrelevante Betriebsbereiche
 - Sicherung der Energieversorgung
 - Sicherung der Betriebsmittelversorgung für Betriebsbereiche
 - Sicherung der Kommunikationswege für Betriebsbereiche
- Zur nassen Vorsorge zählen:
 - Auftriebssicherheit von Behältern durch Verankerung der Tanks in einer Bodenplatte bzw. Fundamenten oder durch DT ausreichende Überdeckung bei erdverlegten Anlagen
 - Einsatz von zugelassenen Tanks, welche dem äußeren Wasserdruck widerstehen

- Anordnung von Entlüftungen oberhalb der Wasserlinie
- wasserdichte Ausführung von DT-Anschlüssen, die unterhalb der Wasserlinie liegen
- Verzicht auf Untergeschossnutzung
- Anordnung von gefährdeten Elektroeinrichtungen, wie z. B. Hauptschalter und Verteilungseinrichtungen oberhalb der Wasserlinie
- Sicherung der Anlagen und Rohrleitungen vor Treibgut und Eisgang durch z. B. Leitbleche
- Hochlagerung von gefährlichen Stoffen auf Stahl- oder Betonkonstruktionen
- Einblocksysteme für Betriebsbereiche
- Einrichtung von geschützten Prozessleitsystemen zum sicheren Abfahren von Anlagen

Generell sind Maßnahmen zur trockenen Vorsorge zu bevorzugen.

- Zu den organisatorischen Maßnahmen zählen:
 - Informationsbeschaffung und Auswertung von möglichen Hochwasserständen und Flusscharakteristiken sowie der behördlichen Vorsorgemaßnahmen bezüglich des Gefährdungspotenzials der betrachteten Anlage bzw. des Betriebsbereiches
 - Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes entsprechend den Möglichkeiten der trockenen und nassen Vorsorge
 - Bearbeitung von internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen unter besonderer Berücksichtigung der Gefahren durch Hochwasser inklusive der Notfallplanung für Betriebsbereiche mit erweiterten Ruhepflichten entsprechend der Störfall-Verordnung und Abstimmung der Planungen mit den Katastrophenschutzbehörden
 - Erarbeitung eines externen Alarm- und Gefahrenabwehrplans durch die Katastrophenschutzbehörden
 - Erprobung der Alarm- und Gefahrenabwehrplanung mit den Behörden, der Feuerwehr bzw. Wasserwehr sowie weiteren beteiligten Institutionen
 - Kommunikation mit dem behördlichen Katastrophenschutz, Bewertung ein treffender Informationen und Veranlassung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz im Ereignisfall
 - Organisation von Maßnahmen zur Verminderung der Umweltauswirkungen bei Schadstofffreisetzungen
 - Zurückhaltung aufschwimmender Stoffe, wie zum Beispiel Heizöl: Verhinderung der Ausbreitung unter bestimmten Umständen

Eine erste Näherung zur Strukturierung der industriell-gewerblichen Wirtschaftszweige anhand deren möglichen Umweltgefährdungen durch betriebliche Anlagen etc. bietet sich mit der Gliederung der Liste der Vorhaben nach Anlage 2 zum UVPG (die in Zusammenhang mit der 4. BImSchV steht) an. Die dort genannten vielzähligen Vorhabensgruppen sind allerdings nicht auf einfache Weise zu überschaubaren Kategorien zusammenzufassen und enthalten auch Anlagen, die hier als Kritische Infrastruktur gesondert betrachtet werden. Versucht man die möglichen Grundwasser- bzw. Umweltgefährdungen dieser Anlagentypen (auch unter Berücksichtigung der Differenzierungen gemäß 4. BImSchV) zu strukturieren, so ergeben sich – nur grob zusammengefasst – insgesamt etwa 50 Systemmodelle, die jeweils unterschiedlich zu betrachten wären⁴⁸.

Typisierungs- und Strukturierungsfragen

Nrn. der Vorhaben nach Anl. 2 zum UVPG	Vorhabensgruppe
1.1 bis 1.6; 1.8; 1.9	Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie
2.1; 2.2; 2.4 bis 2.7	Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe
3.3; 3.5 bis 3.15	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung
4.2; 4.4	Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung
5.1	Oberflächenbehandlung von Kunststoffen
6.2	Holz, Zellstoff
7.1 bis 7.20; 7.22 bis 7.29	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse
8.1 bis 8.4; 8.6 bis 8.9	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen
9.1 bis 9.5; 9.7; 9.8	Lagerung von Stoffen und Zubereitungen
10.3 bis 10.7	Sonstige Industrieanlagen
11.4	Kernenergie

⁴⁸ So ein erster Versuch des Verfassers zur Strukturierung im Rahmen eines beantragten Forschungsvorhabens zur Vereinfachung und Strukturierung der umwelterheblichen Fragestellungen.

Nrn. der Vorhaben nach Anl. 2 zum UVPG	Vorhabensgruppe
12.2	Abfalldeponien
14.1; 14.2; 14.6; 14.8; 14.10 bis 14.12	Verkehrsvorhaben
16.1	Flurbereinigung
18.1 bis 18.8	Bauplanungsrechtliche Vorhaben
19.1 bis 19.9	Leitungsanlagen und andere Anlagen
Gesamt	

Tab. 4.3.1 Untergliederung gewerblicher Anlagen gemäß Anlage 2 zum UVPG

Diese generelle Strukturierung nach Anlagenarten und die darauf aufsetzende standörtlich-spezifische Betrachtung von konkreten Anlagen ist zwar prinzipiell für die Klärung hochwasserbezogener Fragestellungen vorzuziehen, wird dem Untersuchungsziel aus verschiedenen Gründen allerdings nicht gerecht. So ist einerseits die rechtliche Wirksamkeit von räumlichen Kategorien (Festlegungen von Gebieten zum Hochwasserschutz) daraus schwer abzuleiten. Andererseits ist die Betrachtung hochwasserspezifischer Probleme wegen der besonderen Heterogenität der Nutzungen und Strukturen schwierig. So sind beispielsweise im Bereich Gewerbe/Industrie zu unterscheiden:

- Bürogebäude, auch Keller
- Produktionsanlagen/Produktions- und Lagergebäude
- Lagerflächen, Lagertanks (ober-/unterirdisch)
- Transporteinrichtungen
- Ver- und Entsorgungsanlagen
- Oberirdische/unterirdische Leitungen, Schächte, Kanäle
- Parkplätze und Verkehrsflächen, insbesondere auch mobile Gefahrenquellen
- Sonstige Freiflächen (z. B. Grünanlagen)
- (...)

Dies führt zu der Überlegung, dass eine Typisierung nach Branchen den besonderen standörtlichen Bedingungen nicht in der gewünschten Aussagensicherheit Rechnung trägt.

Hinzu kommt, dass generelle Probleme hinsichtlich der Verfügbarkeit der erforderlichen Daten bestehen (hinsichtlich der gewünschten Form, aber auch der Zugänglichkeit).

Zur Einschätzung der Verwundbarkeit im gewerblich-industriellen Sektor wird daher das nachfolgend beschriebene Vorgehen gewählt.

4.3.2.2 *Methodisches Vorgehen*

Untersuchungscluster Anfälligkeit

Entscheidend ist in der Regel der spezielle einzelne Betrieb mit seinen speziellen betrieblichen Einrichtungen und gehandhabten Stoffen/Materialien.

Die große Vielfalt der bei Hochwasserereignissen maßgeblichen Aspekte bei gewerblich-industriellen Anlagen erfordert für die Indikatorenbildung eine „intelligente“ Herangehensweise, die von Gruppenbildungen auf einer höheren Hierarchieebene ausgeht. Eine zunächst naheliegende Gruppierung aufgrund von Branchen wird verworfen, da sich aufgrund von Diskussionen während der Bearbeitung die Einsicht durchsetzt, dass die Betrachtung einzelner technischer Anlagen und Anlagenteile aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit und mangels Erhebbarkeit detaillierter Daten kaum möglich erscheint, um genügend spezifische und sichere Aussagen zu erhalten. Vor allem bei den gewerblichen Einrichtungen mit einem hohen Gefahrenpotenzial (zum Beispiel bei störfallrelevanten Anlagen) sind zwar in der Regel explizite Daten über verwendete Stoffe, Sicherheitsanforderungen etc. aufgrund von Sicherheitsanalysen vorhanden, werden in aller Regel aber nicht außerhalb des Betriebes der unmittelbaren Überwachungsbehörde zugänglich gemacht.

Der Besonderheit dieses Untersuchungsbereiches entsprechend wird deshalb eine Kategorisierung vorgenommen, wie sie im Forschungsbericht (vgl. UFO-PLAN, vgl. WARM & KÖPPKE 2007) angelegt ist:

1. Betriebsbereiche und Anlagen, die der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) unterliegen,
2. Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 62 WHG), insbesondere Anlagen zum Umgang mit Heizölen und Kraftstoffen (Anlagen zum

Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen),

3. Anlagen zur Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern.

Mangels vorhandener Anlagen nach Störfall-Verordnung bzw. zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Untersuchungsgebiet Dresden wird nachfolgend die Themenstellung an Hand des Untersuchungsgebietes Köln betrachtet.

Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen

Hier ist zunächst die Frage zu beantworten, inwieweit das Überwachungssystem gemäß § 16 der 12. BImSchV die systematische Überprüfung bei Hochwassergefahren berücksichtigt und welche Kriterien für den Schutz und die Vorsorge angewendet werden. Dabei kommt der Unterscheidung zwischen Überschwemmungsgebieten (z. B. nach HQ-100) und überschwemmungsgefährdeten Gebieten (z. B. nach HQ-500) eine große Bedeutung zu.

Gefahren durch Hochwasser gehören zu den umgebungsbedingten Gefahren einer Anlage bzw. eines Betriebsbereiches und werden im Rahmen der Seveso-Inspektion (EU-Richtlinie zur Verhütung schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen) überprüft. Grundlage für die Festsetzung des Überschwemmungsgebietes ist zurzeit das HQ-100. Die topografische Festlegung erfolgt durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV). In der Praxis wird sichergestellt, dass bei Hochwasserereignissen mit HQ-100 keine Überspülungen der Hochwasserschutzmaßnahmen eintreten.

Bei der Festlegung hochwassergefährdeter Bereiche in NRW hat das LANUV Karten erarbeitet und veröffentlicht, in denen Überschwemmungsgebiete für HQ-500 dargestellt sind. Die Abgrenzung der potenziellen Überflutungsbereiche am Rhein nach einem fünfhundertjährigen Hochwasserereignis entspricht dem Atlas der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins und bildet zugleich die Grundlage für den Gebietsentwicklungsplan (GEP), Teilabschnitt „vorbeugender Hochwasserschutz“, für den Regierungsbezirk Köln.

Durch die Darstellung der Überflutungsbereiche bei HQ-500 im Gebietsentwicklungsplan (GEP), Teilabschnitt „vorbeugender Hochwasserschutz“, für den Regierungsbezirk Köln ist jeder Betrieb in der Lage, selbst zu ermitteln, ob er in

die Zone HQ-500 fällt. Eine zusätzliche Unterrichtung durch die Behörde erfolgt nicht. Die Hochwasserschutzmaßnahmen im Falle HQ-100 werden seit einigen Jahren für die sichere Ableitung von HQ-500 erweitert.

Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Auch hier stellt sich die Frage, ob es für Anlagen nach § 62 WHG ein ähnliches Überwachungssystem gibt, wie es im § 16 der 12. BlmSchV geregelt ist. Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe (sog. HBV- bzw. VAWS-Anlagen, z. B. Tanklager u. a.) sind vielfach Bestandteile einer genehmigungsbedürftigen Anlage nach § 4 BlmSchG i. V. m. Spalte 1 der 4. BlmSchV. Damit gelten grundsätzlich auch für diese Anlagen die gleichen Anforderungen wie für die Hauptanlage und werden auch in die behördliche Überwachung integriert. VAWS-Anlagen fallen nach Verwaltungsreformen der letzten Jahre in NRW in die Zuständigkeit der Kreise und kreisfreien Städte. Die Überwachung von Anlagen nach BlmSchV gehört zum Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierungen.

Hinsichtlich der Umsetzungsfristen werden in § 12 der VAWS des Landes NRW die Prüfpflichten des Betreibers dieser Anlagen geregelt. Die Überwachungsbehörde dokumentiert die technische Überwachung mit Hilfe von Überwachungsdateien und kann Bußgelder verhängen, wenn der Betreiber mit seinen Prüfpflichten in Verzug kommt.

Weitere Aspekte

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben werden keine rechtlichen oder materiellen Unterschiede hinsichtlich der Umsetzung zwischen großen und kleinen Betrieben gemacht. Spielraum besteht letztlich im Zeitrahmen für den Vollzug. Dabei werden das Risiko, welches von der Anlage ausgehen kann, der Umfang der Anpassung und die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Unternehmens berücksichtigt.

Eine wichtige Frage stellt sich auch dahingehend, ob es Unterschiede zwischen Betrieben mit alten und neuen Genehmigungen in Hinblick auf diese Bestimmungen gibt. Genehmigte Betriebe bzw. Anlagen haben Bestandsschutz, d. h. sobald eine Genehmigung erteilt wurde, sind Änderungen nur über Änderungs-genehmigungsverfahren möglich. Insoweit bestehen prinzipiell keine Unterschiede zwischen „alten“ und „neuen“ Genehmigungen, da im Falle eines

unzureichenden Hochwasserschutzes die erteilte Genehmigung jederzeit „nachgebessert“ werden kann. Allerdings ist die Behörde im Rahmen der Antragsprüfung bei der Erteilung einer Genehmigung nach § 16 BImSchG gehalten, das Risiko einer Überflutung zu berücksichtigen.

Vollzugsdefizite im Bereich Industrie/Gewerbe bei Hochwassergefahren können nicht völlig ausgeschlossen werden, da eine umfassende Bearbeitung dieser Fragestellung nicht abgeschlossen ist.

Zwischenfazit

Bei den genannten Anlagenkategorien zu Ziffer 1 und 2 bestehen also explizite rechtliche Bestimmungen zum Schutz und zur Vorsorge vor Hochwasserereignissen, so dass die Indikatorenbildung hierauf aufsetzen kann. Eine Ersterhebung von hochwasserrelevanten Anlagen etc. wird daher aus folgenden Gründen nicht als vordringlich angesehen:

- So hat der Betreiber nach § 3 der 12. BImSchV die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren (hier die umgebungsbedingte Gefahrenquelle Hochwasser) die gemäß den allgemeinen Betreiberpflichten erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern und darüber hinaus auch vorbeugende Maßnahmen zu treffen.
- Gemäß § 31a⁴⁹ WHG sind alle potenziellen Hochwasserbetroffenen verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen Gefährdungen durch Hochwasser anzupassen.

Aus diesen Verpflichtungen ist zu schließen, dass die Anfälligkeit dieser Anlagenkategorien gegenüber Hochwassergefahren durch vorsorglichen Schutz weitgehend begrenzt ist. Allerdings werden nicht unerhebliche rechtliche Regelungsdefizite in Bezug auf Hochwassergefahren ausgemacht (vgl. UFOPLAN, vgl. WARM & KÖPPKE 2007), so dass es hier insbesondere auf eine explizite Überprüfung der Anforderungen und auf den entsprechenden Vollzug dieser Anforderungen ankommt. Vor allem ist dabei das Gefährdungspotenzial von bestimmten Stoffen (d. h. Menge und Stoffkriterium) zu berücksichtigen.

49 Die in diesem Kapitel erwähnten § 31a-c entsprechen dem WHG vor seiner Novellierung im Juli 2009.

Auch zählen die genannten Anlagen nach § 62 WHG nur für die gewerbliche Wirtschaft und öffentliche Einrichtungen und sind möglicherweise nicht ausreichend definiert (es fehlen z. B. die Berücksichtigung von Abwasser, Radioaktivität, Dung- und Silagesickersäfte, Forschungs- und Versuchsanlagen, Labors). Im Rahmen von Befragungen (s. u.) werden weitere Erkenntnisse gewonnen.

Hinsichtlich der Lagerung von brennbaren Gasen in Behältern (auch im privaten Bereich) und im Dienstleistungssektor werden spezielle Erhebungen bzw. Kartierungen erforderlich.

Untersuchungscluster Rechtlich wirksame Gebietskategorien

Der rechtliche Regelungsgehalt bei den genannten Anlagenkategorien nach 12. BImSchV und WHG erlaubt nach den oben genannten Begründungen zum Untersuchungscluster „Anfälligkeit“ eine räumliche Differenzierung von drei Gebietskategorien, in denen die Länder entsprechende Vorschriften erlassen:

- „**Überschwemmungsgebiete**“ gem. § 31b WHG Abs. 1 f; „mindestens“ wird von HQ-100 ausgegangen
- „**vorläufig zu sichernde Überschwemmungsgebiete**“ gem. § 31b Abs. 5 WHG
- „**überschwemmungsgefährdete Gebiete**“ gem. § 31 c WHG (Gebiete, die keiner Festsetzung bedürfen oder die bei Versagen von Deichen überschwemmt werden können)

Eine erste Abstufung hinsichtlich der Anfälligkeit zur Ermittlung von Vulnerabilität geht also zunächst von den rechtlichen Gebietskategorien gemäß WHG aus, da davon ausgegangen werden muss, dass in diesen festgesetzten Gebieten die relevanten Betriebe (mit Anlagen nach 12. BImSchV und § 19 g WHG) so weit Vorsorge vor Extremereignissen zu treffen haben, dass hier keine besonderen Gefahren/Störungen in der Umgebung etc. zu erwarten sind. Umgekehrt kann davon ausgegangen werden, dass diese Betriebe außerhalb der festgesetzten Gebiete nach WHG mangels Vorschriften und Prüfung durch Behörden bzw. mangels ergriffener Maßnahmen zur Vorsorge ein großes Schadenspotenzial erzeugen können.

Auch nach Aussagen der Behörden (Bezirksregierung Köln) reichen Definition und Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete gemäß 31 b WHG/Landesrecht (Verpflichtung zu Vorsorgemaßnahmen bei der Nutzung von Grundstücken

und zur Schadensminderung etc.) aus, um im Hochwasserfall bei wassergefährdenden Stoffen und Störfällen im Sinne der 12. BImSchV Gefahren zu vermeiden. Allerdings ist die zeitnahe Bestimmung der Gewässer oder Gewässerabschnitte nach § 31 b Abs. 2 Satz 1 des WHG durch die oberste Wasserbehörde wichtige Voraussetzung.

Rechtliche Wirksamkeit der „überschwemmungsgefährdeten Gebiete“

Neben der Tatsache, dass überschwemmungsgefährdete Gebiete nach § 31c WHG derzeit kaum mit Vollzugsmöglichkeiten ausgestattet sind, ergibt sich ein Mangel hinsichtlich der Berücksichtigung dieser rechtlich gefasste Kategorie (beispielsweise beim Ansatz eines HQ-500) dadurch, dass diese Gebietskategorie wohl zukünftig keine Bedeutung mehr erlangen wird. Die neue Richtlinie 2007/60/EG muss in nationales Recht umgewandelt werden. Der erste Versuch wurde im UGB II Wasserwirtschaft unternommen. Danach spielen überschwemmungsgefährdete Gebiete keine Rolle mehr. Das bedeutet in gewisser Weise einen Rückschritt im Vergleich zum derzeit geltenden WHG. In NRW sind diese z. B. ausgewiesen – hier besteht zwar ein höheres Restrisiko im Vergleich zum Überschwemmungsgebiet, aber es gelten durch den § 31 c WHG Anforderungen, die nun bei der Novellierung entfallen.

Gleichwohl kommt es bei der Fragestellung von Extremereignissen gerade auf diese Kategorie an, da entsprechend der Definition „nicht gegebene Vorsorge“ hier besondere Verwundbarkeiten und geringere Bewältigungskapazitäten erwartet werden müssen. Ausgewählte Betriebe wurden daher auch für diesen Fall befragt.

Ergebnis

Als Ergebnis dieser Ermittlungen kann festgehalten werden, dass die rechtswirksamen Kategorien nach § 31 b WHG ausreichenden Schutz und Vorsorge bei Hochwasserereignissen bieten, gesonderte Erhebungen entbehrlich machen und ein vereinfachtes Indikatorensystem hier angewendet werden kann. Dabei wird es im Wesentlichen um Fragen des Managements und Controllings zur Einhaltung der Bestimmungen gehen.

Die Kategorie der überschwemmungsgefährdeten Gebiete (im Sinne eines HQ-500) bedarf einer besonderen Aufmerksamkeit. Auch wenn hier am Beispiel

Köln deutlich wird, dass ein behördliches Augenmerk verstärkt auch auf eine räumliche Erweiterung der Anforderungen nach § 31 b WHG gelegt wird, wird für die relevanten Gefahrenpotenziale (Anlagen nach 12. BImSchV und § 19 g WHG) eine konkrete Erfassung notwendig.

4.3.2.3 Befragungen

Neben Befragungen von Behörden zu Erfahrungen mit den betroffenen Gebietskategorien und der darauf fußenden Herangehensweise wurden auch Betriebe ausgewählt, um deren Erfahrungen und Einschätzungen in die Überlegungen zu verwendbaren Indikatoren einfließen zu lassen. Hierbei wurden zunächst zwei Kategorien gebildet, um unterschiedliche Betriebsgrößen zu berücksichtigen:

- Kleinbetriebe: etwa 20 bis 50 Beschäftigte
- Großbetriebe über 50 bis über 100 Beschäftigte

Über die Vermittlung zuständiger Behörden wurden Ansprechpartner in den Betrieben ermittelt. Es stellte sich heraus, dass aufgrund der Restriktionen im Bereich Umwelt- und Hochwasserschutz sowie der gesetzlichen Vorgaben und Überwachungen die Unternehmen wenig Bereitschaft zeigen, darüber hinaus Informationen an Dritte weiterzugeben, solange sie nicht dazu verpflichtet sind. Auch wurden Termine für persönliche Gespräche vor Ort vonseiten der Unternehmen so gut wie nicht ermöglicht.

Als Anhang (vgl. Anhang C III) werden Ergebnisse von zwei größeren Betrieben (> 50 und > 1.000 Mitarbeiter) dokumentiert, die im Bereich einer Zone HQ-500 liegen.

4.3.2.4 Indikatoren der Verwundbarkeit

Die zu Beginn des Vorhabens diskutierte methodische Verknüpfung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität kann wegen der nicht im Original erhebbaren Daten bei industriell-gewerblichen Anlagen nicht beibehalten werden. Die Möglichkeit für konkrete Datenerhebungen und das Ergreifen von Maßnahmen ist außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde stark eingeschränkt. Zudem ist in den Überschwemmungsgebieten aufgrund der rechtlichen Anforderungen die Bewältigungskapazität implizit enthalten und kann insoweit nicht

gesondert ermittelt werden. Daher wird nachfolgend von einem vereinfachten Indikatorenset ausgegangen.

Indikator	Auswirkungen/potenzielle Schädwirkungen (Beispiele)	Beispiel-Kriterien für Verwundbarkeit
Areal/Standort mit Anlagen n. 12. BImSchV [in Gebieten nach § 31 b WHG]	Freisetzung von umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffen; Ausbreitung, Explosion, Brand (Gefährdung Beschäftigte, Menschen, Boden, Wasser, auch im Einwirkungsbereich)	Mangelndes Management/Controlling zum HW-Schutz
Areal/Standort mit Anlagen gemäß § 19 g WHG [in Gebieten nach § 31 b WHG]	Freisetzung von wassergefährdenden Stoffen; Ausbreitung (Gefährdung Boden, Wasser, F+F, auch im Einwirkungsbereich)	Mangelndes Management/Controlling zum HW-Schutz
Areal/Standort mit Anlagen n. 12. BImSchV [Gebiete außerhalb § 31 b WHG]	Freisetzung von umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffen; Ausbreitung, Explosion, Brand (Gefährdung Beschäftigte, Menschen, Boden, Wasser, auch im Einwirkungsbereich)	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Areal/Standort mit Anlagen gemäß § 19 g WHG [Gebiete außerhalb § 31 b WHG]	Freisetzung von wassergefährdenden Stoffen; Ausbreitung (Gefährdung Boden, Wasser, Flora/Fauna, auch im Einwirkungsbereich)	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Gleisanschlüsse/Lagerplätze zum Umschlag mit Gefahrstoffen/wassergefährdenden Stoffen (mobile Behältnisse wie LKW, Waggon, Container)	Freisetzung von Gefahrstoffen und wassergefährdenden Stoffen durch Auslaufen, Beschädigung	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Sonstige gewerblich-industrielle Standorte/Areale (z. B. auch Schrottplätze, Tankstellen, Fuhrparks, Altlasten)	Freisetzung umwelt- oder gesundheitsgefährdender Stoffe aus Abfallbehältern, Becken, Tanks, Rohrleitungen; Auftrieb Heizöl- und Flüssiggastanks	Unzureichende Vorkehrungen zum Schutz und zur Vorsorge
Abwasser-Einlaufbauwerke	Eindringen von Wasser auf das Betriebsgelände durch Abwasser-Einlaufbauwerke	Unverschlossene Kanäle etc.

Tab. 4.3.2 Verwundbarkeitsindikatoren im Bereich gewerblich-industrieller Areale und Anlagen

Zwei Kategorien sind hinsichtlich der durch einen Betrieb bei Extremereignissen hervorgerufenen Schäden zu unterscheiden:

- Eigenschäden: Schadenspotenziale, die dem verursachenden/betroffenen Betrieb Schäden zufügen (wirtschaftliche Einbußen, Schäden, Störungen etc.)
- Fremdschäden, Umweltschäden etc.: Schäden, die auch außerhalb des Betriebes hervorgerufen werden können

Methodisch gesehen müsste eine räumliche Differenzierung vorgenommen werden, um das jeweilige Betriebsareal einerseits und räumlich darüber hinausgehende Zonen der Verwundbarkeit bei möglichen Schäden andererseits identifizieren zu können. Da solche Auswirkungen bzw. Ausbreitungen aufgrund vielschichtiger Parameter bzw. des großen Aufwands und wegen mangelnder Daten nicht abgeschätzt werden können, bleibt die Betrachtung der Verwundbarkeit auf die betrieblichen Areale beschränkt.

4.3.2.5 Ermittlung der Verwundbarkeit

Die zu Beginn des Vorhabens angelegte Methodik der Verknüpfung von Anfälligkeit und Bewältigungskapazität kann wegen der nicht im Original erhebbaren Daten nicht durchgängig beibehalten werden. In den Überschwemmungsgebieten ist aufgrund der rechtlichen Anforderungen die Bewältigungskapazität implizit enthalten und kann insoweit nicht gesondert ermittelt werden. Auch ist die Möglichkeit für konkrete Datenerhebungen und das Ergreifen von Maßnahmen außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde stark eingeschränkt. Hier ist lediglich eine mittelbare Vorgabe durch Gebietstypisierungen bzw. räumlich-rechtliche Festlegungen als Voraussetzung für konkrete Schritte denkbar. So ist mit den folgenden Bewertungen bereits die Vulnerabilität als Ergebnis dargestellt.

Durch die über die Gebietstypen mögliche Differenzierung der Vulnerabilität wird insbesondere der Bereich außerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete (i. d. R. HQ-100) hinsichtlich einer Herangehensweise bedeutsam. Auch hier gilt die Einschränkung bezüglich der verfügbaren Daten und Möglichkeiten für konkrete Maßnahmen außerhalb der Beziehung Betrieb – Überwachungsbehörde. Am Beispiel des Untersuchungsgebietes Köln kann allerdings abgeleitet werden, dass außerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete

zwar generell keine speziellen und zwingenden Auflagen zur Vorsorge erwartet werden können, andererseits sind im Rahmen der Information, der gebiets-typischen Festlegungen in planungsrechtlichen Sinne und aufgrund der erhöhten Sensibilität von Betrieben zum Eigenschutz vor Schäden deutliche Ansatzpunkte zur Vorsorge bereits getroffen worden oder gegeben. Wenn es nicht gelingt, mögliche oder denkbare Überschwemmungsgebiete nach WHG im Ausmaß eines HQ-500 zu definieren und festzulegen, so bietet die planungsrechtliche Festlegung von Gebieten (Gebietsentwicklungs- bzw. Flächennutzungsplan) ein Instrument zur Information und Einflussnahme auf weitere Maßnahmen zur Vorsorge. Mit solchen Gebietsfestlegungen können gezielte Informations-, Überwachungs- und Managementaufgaben auch außerhalb konkreter gesetzlicher Regelungen befördert werden. Am Beispiel Köln kann gezeigt werden, dass die behördliche Einflussnahme und das Eigeninteresse der betroffenen Betriebe bereits Vorsorge ermöglichen bzw. Bewältigungskapazität aufbauen.

Um die Vulnerabilität einer Bewertung zuzuführen, wird mit der Methode logischer Verknüpfungen gearbeitet. Diese auch als Bewertungsbäume bezeichneten Strukturierungen bilden einerseits die Kenntnisse von Wirkungszusammenhängen/Systembetrachtungen ab und erlauben andererseits deren hierarchische Stufung in Form einer Ordinalskala. Die Abbildung stellt eine solche Bewertung dar. Darin wird deutlich, wie die Vulnerabilität zugeordnet werden kann.

Weitere hierarchische Differenzierungen sind z. B. hinsichtlich Wassergefährdungsklassen (WKG) denkbar. Zum Beispiel existiert eine Einstufung nach WKG (1. schwach wassergefährdend, 2. wassergefährdend, 3. stark wassergefährdend). Eine Einstufung darüber hinaus wäre kaum sinnvoll, da diese von einer Vielzahl von Einzelaspekten abhängig ist (beispielsweise hinsichtlich Menge, Konzentration und Toxizität). Zusätzlich wäre auch eine Differenzierung der Anlagen nach 12. BImSchV nötig, was aufgrund der genannten Einschränkungen im Rahmen dieser Untersuchung nicht leistbar ist.

Die Verwundbarkeit hinsichtlich ökonomischer Folgen von Hochwasserereignissen wurde z. T. ausführlich diskutiert, jedoch mangels erkennbarer Auskunftswilligkeit von Betrieben und aufgrund des relativ hohen Arbeitsaufwandes zur Ermittlung von Hilfsgrößen nicht weiter verfolgt.

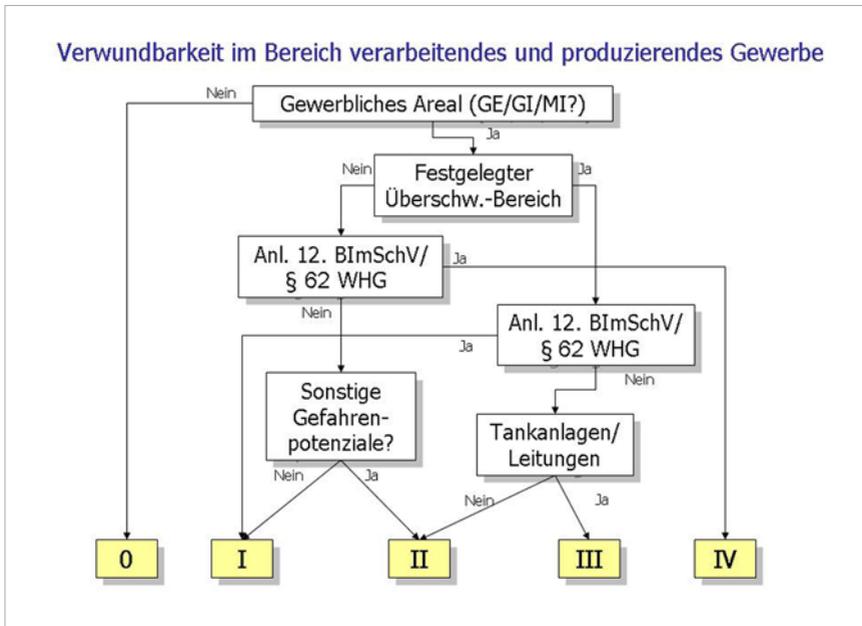


Abb. 4.3.1 Ermittlung der Verwundbarkeit im gewerblich-industriellen Bereich (Fremdschäden)

Lesebeispiel: Aufgrund der rechtlichen Vorschriften und behördlicherseits geprüften Maßnahmen zur Vorsorge ist die Verwundbarkeit in festgelegten Überschwemmungsgebieten nur gering ausgeprägt. Es besteht lediglich ein gewisses oder geringes Risiko der Verwundbarkeit. Außerhalb der festgelegten Überschwemmungsgebiete ist dagegen die Verwundbarkeit (insbesondere hinsichtlich Beeinträchtigung der Umweltfunktionen) groß. Auch für sonstige gewerblich-industrielle Einrichtungen entsteht eine relativ große Verwundbarkeit.

5

Nutzung von Fern- erkundungsmethoden zur Abschätzung der Verwundbarkeit gegen- über Hochwasser- ereignissen

*Verfasser/-innen: Michael Wurm,
Dr. Hannes Taubenböck, Dr. Monika
Gähler, Hendrik Zwenzner, Achim Roth,
Dr. Stefan Voigt & Prof. Dr. Stefan Dech*

Im folgenden Kapitel wird das Potenzial fernerkundlicher Datensätze und Methoden zum Assessment von Vulnerabilität gegenüber wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen vorgestellt. Hierfür werden gängige und leicht verfügbare Datengrundlagen prozessiert und analysiert. Ein großer Vorteil der Fernerkundung besteht darin, raumbezogene Fragestellungen aktuell, schnell und flächendeckend bedienen zu können. Somit können große Gebiete rasch aufgenommen, kartiert und interpretiert werden und die somit gewonnenen Informationen an die zuständigen Institutionen weitergeleitet werden. Daraus lassen sich entsprechende Maßnahmen zum Katastrophenmanagement vor, während oder nach einer Katastrophe ableiten und einschätzen. Fernerkundung kann insbesondere zur Ermittlung der physischen Vulnerabilität sowie zur Bestimmung der Exposition der Bevölkerung gegenüber ausgewählten Hochwasserszenarien (HQ 100, HQ 500) oder tatsächlichen Ereignissen beitragen. Zudem können über die Bestimmung der Gebäudehöhen in potenziell von einem Hochwasser betroffenen Stadtteilen auch Aspekte der Bewältigungskapazität ermittelt werden (z. B. vertikale Evakuierungsmöglichkeit, vgl. Kapitel 1). Fernerkundungsdatengrundlagen werden von unterschiedlichen Systemen und Sensoren aufgenommen. Diese Sensoren weisen spezifische Charakteristika und Informationen auf, die für unterschiedliche Anwendungen geeignet sind. Die gängigsten Systeme sind flugzeug- oder satellitengestützte Sensoren, welche Daten für raumbezogene Aussagen über die Landoberfläche bereitstellen.

5.1 Fernerkundung

„Fernerkundung im umfassenden Sinne ist die Aufnahme oder Messung von Objekten, ohne mit diesen in körperlichen Kontakt zu treten, und die Auswertung dabei gewonnener Daten oder Bilder zur Gewinnung quantitativer und qualitativer Informationen über deren Vorkommen, Zustand oder Zustandsänderung und ggf. deren natürliche oder soziale Beziehungen zueinander“ (HILDEBRANDT 1996: 1).

Fernerkundung besteht grundsätzlich aus drei Hauptkomponenten: 1) Elektromagnetische Strahlungsvorgänge als Informationsträger, 2) Empfang, Registrierung und Speicherung dieser Strahlung und 3) Bearbeitung und sachbezogene Auswertung empfangener Signale.

Die elektromagnetische Strahlung ist eine Energieabgabe von Materiekörpern und transportiert elektrische und magnetische Energie in Wellenform mit Lichtgeschwindigkeit, wobei die Energie abhängig von der Frequenz bzw. der Wellenlänge ist (HILDEBRANDT 1996).

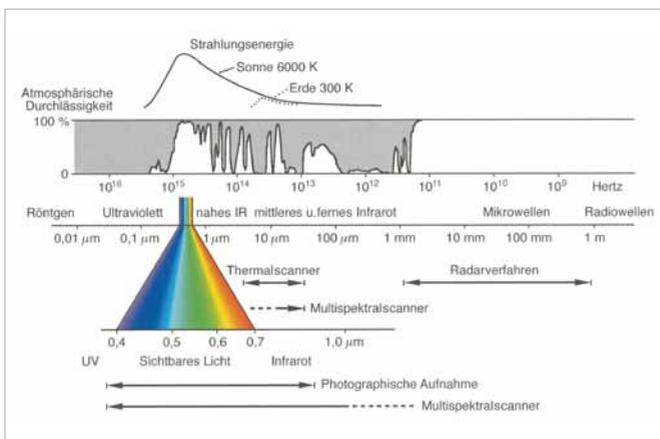


Abb. 5.1 Das elektromagnetische Spektrum (ALBERTZ 2007).

Das elektromagnetische Spektrum beschreibt die Gesamtheit der elektromagnetischen Strahlung, wobei für die optische Fernerkundung elektromagnetische Wellen der Länge 0,3 – 14 µm genutzt werden und zwischen dem sichtbaren Licht, dem reflektierten und dem thermalen Infrarot unterschieden wird (Abbildung 5.1).

Die Informationsgewinnung der Fernerkundung basiert auf der Messung der am Sensor auftreffenden elektromagnetischen Strahlung, wobei je nach Sensorsystem ein unterschiedlicher Wellenlängenbereich pro Flächeneinheit aufgezeichnet und in digitalen Bilddaten ausgegeben wird. In passiven Sensoren wird die von der Erdoberfläche reflektierte, solare elektromagnetische Strahlung aufgezeichnet – wobei Teile der Strahlung von den Objekten auf der Erdoberfläche aufgenommen (absorbiert) oder durchgelassen (transmittiert) werden können. In aktiven Sensoren wird mittels einer eigenen Strahlungsquelle künstliche elektromagnetische Strahlung erzeugt (MATHER 2004).

Die unterschiedlichen physikalischen oder chemischen Eigenschaften der reflektierenden Objekte (Oberflächenrauigkeit, Feuchtigkeit, Ausrichtung zur Strahlungsquelle, Größe und Form) resultieren in unterschiedlichem Reflexionsverhalten der Objekte, sogenannten spektralen Signaturen, die sich die Fernerkundung zu Nutze macht, um unterschiedliche Objekte der Erdoberfläche automatisch extrahieren zu können. Jedoch reflektieren oftmals unterschiedliche Objekte im für den jeweiligen Sensor sensiblen Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums gleich, wodurch eine automatisierte – auf ihren Reflexionseigenschaften basierende – Identifikation der Objekte erschwert wird. Im Speziellen sind ähnliche Signaturen von Oberflächen ähnlicher Materialien wie Straßen oder Gebäudedächer allein aufgrund weniger Ausschnitte des elektromagnetischen Spektrums kaum zu differenzieren. Hierfür können mittels arithmetischer Bildverarbeitungsprozesse z. B. Ratios zwischen den einzelnen Bändern gerechnet werden. Ein bekannter Index, aus zwei Bändern gerechnet, ist der NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), welcher eine deutlichere Unterscheidung von Vegetation, Boden, versiegelter Fläche und Wasser erleichtert und in sehr stark strukturierten urbanen Räumen zur Anwendung kommt.

$$(1) \quad NDVI = \frac{NIR - Rot}{NIR + Rot}$$

5.2 Auswertung von Fernerkundungsdaten

Ziel einer jeglichen Auswertung von Fernerkundungsdaten ist die Informationsgewinnung, d. h. die Ableitung von anwendungsrelevanten Produkten, wofür eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung steht. Klassische Auswerteverfahren sind die visuelle Bildinterpretation, welche durch die visuelle Wahrnehmung und die Erfahrung des Interpreters beeinflusst wird, die photogrammetrische Auswertung, welche auf die Messung geometrischer Größen abzielt, und die digitale Bildauswertung, bei der es sich um ein Computerverfahren handelt, welches automatisiert Bildinhalte interpretiert. In der Regel sind den Auswerteverfahren eine Vielzahl von Vorverarbeitungsschritten – in Form digitaler Bildverarbeitung – zur Datenaufbesserung vorgeschaltet (ALBERTZ 2007).

Numerische Klassifikationsverfahren verfolgen das Ziel, die Bildelemente mittels ihrer Grauwerte in homogene spektrale Signaturen zu gruppieren und so als thematische Klassen quantitativ auszuweisen und/oder ihr Vorkommen in thematischen Klassen darzustellen (HILDEBRANDT 1996). Die Auswerteverfahren stützen sich dabei auf die unterschiedlichen spektralen Signaturen, wobei grundsätzlich zwischen unüberwachten und überwachten Klassifikationsmethoden unterschieden wird.

Bei der *unüberwachten* Methode erfolgt die Klassenbildung automatisch mittels einer Clusteranalyse. Hierbei wird die Gesamtheit der Bildelemente ohne Vorgabe von thematischen Inhalten nach ähnlichen Wertekombinationen untersucht bzw. eingeteilt. Die Merkmalsvektoren aller Bildelemente werden durch ein Zuordnungs- und Zurückweisungskriterium auf ihre Merkmalsnähe zu einem vom Rechner willkürlich gesetzten vorläufigen zentralen Merkmalsvektor geprüft. Die Anzahl zu bildender Cluster wird vom Auswerter vorgegeben. Für die Clusterbildung wird dann zunächst vom Rechner eine entsprechende Anzahl von Merkmalsvektoren als Zentren willkürlich gesetzt. In einem iterativen Prozess werden die Positionen dieser Zentren verschoben, bis eine optimale Lage der Clusterzentren erreicht ist. Die Bedeutung und thematische Aussage der so ermittelten Spektralklassen müssen anschließend vom Auswerter

analysiert werden. Einer der gängigsten und ein sehr häufig angewendeter Algorithmus ist der ISODATA-Algorithmus (Interactive Self Organising Data Analysis Technique, vgl. RICHARDS & JIA 1999). Allerdings gestaltet sich die Zuordnung der Spektralklassen in Objektklassen schwierig, da die Beziehung oft nicht eindeutig ist. Es kann beispielsweise eine Spektralklasse mehrere zu identifizierende Objektklassen enthalten oder auch eine gesuchte Objektklasse durch mehrere Spektralklassen wiedergegeben werden. Aufgrund dieser Zuordnungsproblematik wird eine unüberwachte Klassifikation in der praktischen Anwendung nicht als selbstständiges Verfahren, sondern vorwiegend zur Vorbereitung einer überwachten Klassifizierung eingesetzt (vgl. CAMPBELL 2002).

Bei der *überwachten Klassifikation* werden die Punktwolken, die eine Objektklasse charakterisieren, vom Bearbeiter selbst festgelegt. Hierfür werden zumeist auf Grundlage von vorhandenen Geländeinformationen (Referenzdaten oder Bodenkontrollen) so genannte Trainingsgebiete definiert (z. B. unterschiedliche Vegetationsflächen, Wasserflächen oder versiegelte Flächen). Die Gesamtheit der multispektralen Daten aus den Trainingsgebieten bildet eine repräsentative Musterklasse, die die charakteristischen Spektraleigenschaften der zu differenzierenden Objektklassen und damit deren Lage, Form und Größe im Merkmalsraum beinhaltet (LILLESAND, KIEFER & CHIPMAN 2004). Bei der überwachten Klassifikation werden alle Bildelemente mittels eines Zuordnungs- und Zurückweisungskriteriums den zuvor definierten Spektralklassen zugewiesen. Zu den etablierten Methoden der überwachten Klassifikation zählen der Maximum Likelihood Klassifikator, das Nearest Neighbour Verfahren, der Minimum Distance- und der Quader- oder Boxklassifikator.

Mit der Verbesserung der geometrischen Auflösung von Fernerkundungsdaten können Objekte detaillierter dargestellt werden, wodurch auch der Informationsgehalt steigt. Traditionelle pixelbasierte Verfahren können die kleinräumigen Strukturen aufgrund ihrer gestiegenen spektralen Heterogenität innerhalb der Objekte nicht mehr in ausreichender Genauigkeit klassifizieren (HEROLD 2002). Speziell für geometrisch sehr hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten wurden angepasste *objektorientierte Klassifikationsmethoden* entwickelt, welche nicht mehr das einzelne, von seiner nächsten Umgebung isolierte Pixel nach seiner spektralen Signatur betrachten, sondern vielmehr Cluster angrenzender Pixel, sogenannte Segmente. Beim Prozess der Segmentierung wird der Bilddatensatz einer Fernerkundungsaufnahme in einzelne, in sich mehr oder weniger homogene Partitionen, zerlegt, wobei benachbarte Bildelemente (Pixel)

aufgrund ihrer Homogenität zusammengefasst oder aufgrund ihrer Heterogenität getrennt werden (SCHIEWE 2002).

5.3 Fernerkundungsdaten als Grundlage für das Verwundbarkeitsassessment

Gerade Hochwasserereignisse sind vielfach durch eine große räumliche Ausbreitung geprägt, weshalb insbesondere die Fernerkundung hier eine hervorragende Daten- und Informationsgrundlage liefern kann. Dies gilt sowohl für die Abschätzung von Vulnerabilität oder Bewältigungspotenzialen als auch speziell für Post-Desaster-Analysen im Sinne von Schadenskartierungen (TAUBENBÖCK ET AL. 2011). Je nach Spezifikation des Fernerkundungssensors und -systems sind die Daten für unterschiedliche Anwendungsfelder bzw. aufgrund ihres unterschiedlichen Detaillierungsgrades für Aussagen und Auswertungen unterschiedlicher Tiefe geeignet. Für Analysen in urbanen Räumen eignen sich geometrisch höchst aufgelöste Datensätze, da sie das geometrische Potenzial besitzen, das sehr kleinräumige und hoch strukturierte städtisch geprägte Gebiet sehr genau abbilden bzw. beschreiben zu können. Naturgemäß sind mit den Vorteilen einiger Sensoren auch Nachteile in anderen Bereichen verbunden und der Fernerkundung sind auch Limitierungen hinsichtlich der Ver-

wundbarkeit sabschätzung in urbanen Räumen gesetzt. Im Folgenden werden sowohl die Fernerkundungsdatengrundlagen und ihre Eigenschaften als auch die in die Analysen mit eingeflossenen raumbezogenen Daten beschrieben.

5.3.1 Optische Fernerkundungsdaten aus passiven Aufnahmesystemen

Optische Aufnahmesysteme von Fernerkundungsdaten zeichnen den reflektierten Anteil der elektromagnetischen Strahlung auf. In der Fernerkundung werden jedoch nicht alle Wellenlängenbereiche, sondern nur der Teil des Spektrums zwischen dem nahen Ultraviolett und dem mittleren Infrarot und zusätzlich noch der Mikrowellenlängenbereich genutzt (ALBERTZ 2007). Seit der geometrisch höchstauflösende Sensor IKONOS im Jahr 1999 in die Erdumlaufbahn gebracht wurde, konnte erstmals in der kommerziellen Satellitenfernerkundung eine Bodenauflösung von 1m erreicht werden. Datensätze dieses Sensors zeichnen sich als besonders gute Quelle für Analysen in urbanen Räumen aus. Für

die beiden Untersuchungsgebiete Köln und Dresden wurden beim Vertreter European Space Imaging (EUSI) flächendeckende Aufnahmen im Sommer 2007 bestellt. Da in der Regel mit zunehmender geometrischer Auflösung der relevanten Gebiete in Köln und Dresden die räumliche Abdeckung des aufzunehmenden Untersuchungsgebietes auf der Erdoberfläche sinkt, sind für eine komplette Abdeckung oft mehrere Aufnahmen notwendig. Mit einer geometrischen Auflösung von 1 m und einer Schwadbreite von 11 km, wurden mit dem Sensor IKONOS für das Untersuchungsgebiet Dresden im August 2007 drei Szenen aufgenommen und für Köln drei Teilszenen im Mai 2007 sowie zwei Teilszenen im August 2007 aufgezeichnet. Weitere Angaben zu den Eigenschaften der Szenen können Tabelle 5.1 entnommen werden.

	Dresden	Köln
Sensor	IKONOS	IKONOS
Anzahl der Szenen	3	5
Aufnahmedatum/-en	06.08.2007	22.05.2007, 08.07.2007
Radiometrische Auflösung	11 bit	11 bit
Geometrische Auflösung	Pan: 1 m MS: 4 m	Pan: 1 m MS: 4 m
Spektrale Auflösung	Pan: 450-900 nm Blau: 455-516 nm Grün: 506-595 nm Rot: 632-698 nm NIR: 757-853 nm	Pan: 450-900 nm Blau: 455-516 nm Grün: 506-595 nm Rot: 632-698 nm NIR: 757-853 nm

Tab. 5.1 Eigenschaften der höchstauflösten Satellitenbilddaten.

In den beiden Abbildungen 5.2 und 5.3 ist klar ersichtlich, mit welcher hohem Detail kleinräumige urbane Strukturen mit höchstauflösenden Satellitenbildsensoren abgebildet werden können. Speziell für die Auswertung von Daten urbaner Landschaften ist eine sehr hohe geometrische Auflösung notwendig, um Einzelgebäude identifizieren zu können. Die gezeigten Abbildungen stellen jeweils einen Ausschnitt aus dem Zentrum beider Untersuchungsgebiete in Falschfarbinfrarotdarstellung (Bandkombination 4/3/2) dar. Diese Darstellungsform erlaubt die deutlichere Differenzierung von Vegetationsflächen und versiegelten Flächen.



Abb. 5.2 Abdeckung des Untersuchungsgebietes Köln mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos-Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)

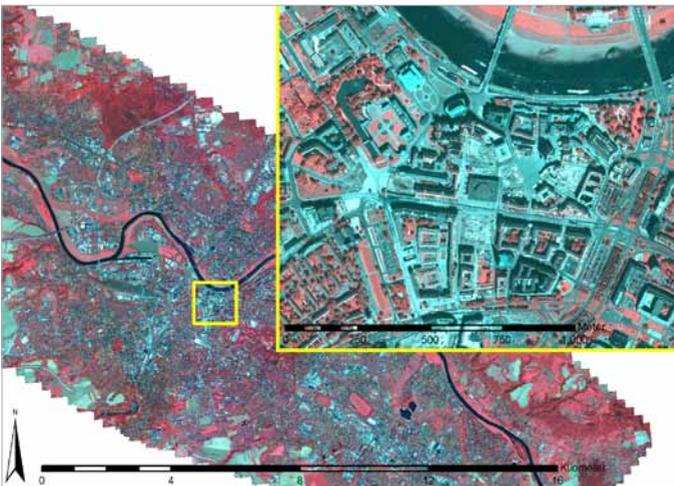


Abb. 5.3 Abdeckung des Untersuchungsgebietes Dresden mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos-Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)

5.3.2 Oberflächenmodelle aus aktiven Sensoren

Um die physische Struktur eines urbanen Raumes in seinen Formen und Dimensionen ausreichend beschreiben zu können, sind neben den zweidimensionalen Satellitenbilddaten noch zusätzliche Informationen notwendig. Flugzeuggetragene Laserscansysteme bieten die Möglichkeit, die Oberfläche eines überflogenen Gebietes abzutasten und somit die jeweiligen Objekte auch nach ihrer vertikalen Ausprägung hin zu beschreiben. Vom Messprinzip gehören Laserscanner zu den aktiven Sensoren. Ein Laserimpuls wird vom Sensor auf die Erdoberfläche ausgesendet, von dort reflektiert und wieder zum Sensor zurückgesendet. Der Sensor misst die Laufzeit des Impulses und kann mittels GPS (Globales Positionierungssystem) und INS (Intertial Navigationssystem) genau in seiner Lage verortet werden. Somit wird die exakte Position in horizontaler Richtung und die absolute Höhe des jeweiligen reflektierenden Objektes gemessen (HOFMANN 2005). In Abhängigkeit der Dichte der somit entstehenden Punktwolke, werden unterschiedliche Auflösungen bzw. Genauigkeiten erreicht. Meist werden die Daten für die Erstellung eines digitalen Oberflächenmodells (DOM) verwendet und finden Anwendung in unterschiedlichen Bereichen, wie z. B. Forstwirtschaft, Stadtplanung, Gletschermonitoring und andere.

Von den beiden Untersuchungsgebieten wurden vonseiten der Städte Köln und Dresden hochgenaue digitale Oberflächenmodelle mit einer geometrischen Auflösung von 1 m zur Verfügung gestellt (vgl. Tabelle 5.2).

Digitales Laserscanning Oberflächenmodell	Dresden	Köln
Aufnahmedatum	2001/2002	2007
Geometrische Auflösung	1 m	1 m

Tab. 5.2 Eigenschaften der digitalen Laserscanning-Oberflächenmodelle

Abbildung 5.4 und 5.5 zeigen beispielhaft die in den digitalen Oberflächenmodellen enthaltenen Informationen. Im Unterschied zu optischen Fernerkundungsdaten ist der große Vorteil bei Oberflächenmodellen die abgespeicherte Höheninformation für die einzelnen Objekte, wodurch sich urbane Strukturen relativ einfach identifizieren lassen. Die Darstellung im Bild erfolgt anhand von Grauwerten, wobei höhere Objekte heller dargestellt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Zeitpunkte zwischen den Satellitenbild- und Laserscanaufnahmen ergeben sich – insbesondere in Dresden – deutlich erkennbare Abweichungen der beiden Datengrundlagen voneinander. Abbildung 5.6 zeigt beispielhaft einige Veränderungen in der Bebauungsstruktur zwischen den Jahren 2001 (ALS) und 2007 (IKONOS) für Dresden (a-d) und zwischen den beiden Aufnahmen im Jahr 2007 für Köln.



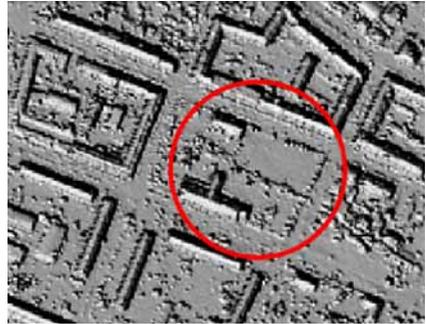
Abb. 5.4 Digitales Oberflächenmodell von Köln und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung



Abb. 5.5 Digitales Oberflächenmodell von Dresden und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung



5.6a



5.6b



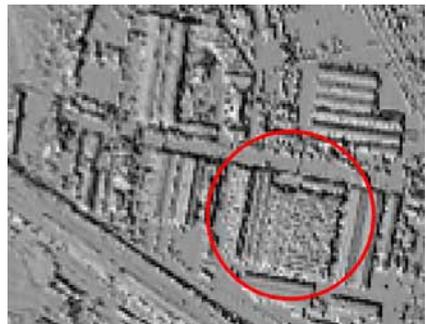
5.6c



5.6d



5.6e



5.6f

Abb. 5.6 Veränderungen in der bebauten Landschaft in den Untersuchungsgebieten Dresden (a-d) und Köln (e-f)

5.3.3 Zusätzliche raumbezogene Datengrundlagen

Zusätzlich zu den oben genannten Fernerkundungsdaten wurden weitere raumbezogene Daten für die Analysen von den Städten Dresden und Köln zur Verfügung gestellt. Digitale Orthofotos dienen einerseits als Vergleichsmöglichkeit mit den Satellitenbilddaten und andererseits als geometrische Referenz für die Koregistrierung der Datensätze. Von Dresden wurden Daten aus dem Jahr 2004 mit einer geometrischen Auflösung von 20 cm und von Köln aus dem Jahr 2000 mit einer geometrischen Auflösung von 10 cm seitens der Gemeindeverwaltungen bereitgestellt.

Das digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) stellt eine Beschreibung der topographischen Objekte in der Landschaft als Vektorformate dar und dient ebenfalls als Referenzdatensatz. Der Informationsumfang orientiert sich an der Topographischen Karte 1:25000 (BKG).

5.3.4 Datenvorverarbeitung

Die von EUSI gelieferten Satellitenbilddaten wurden als GeoOrthoKit geliefert, was einer Lagegenauigkeit der einzelnen Objekte von 15 m entspricht. Dies bedeutet, dass im Extremfall ein Lageversatz von 30 m für dasselbe Objekt in zwei Szenen auftreten kann. Aus diesem Grund wurden die Satellitenbildszenen jeweils auf Basis der Orthofotoreferenz mittels Koregistrierung geometrisch aneinander angepasst. Bei diesem Prozess werden die Bildelemente so ausgerichtet, dass sie bei räumlicher Überlagerung deckungsgleich aufeinander zu liegen kommen. Für die Durchführung der Koregistrierung wurde ein semi-automatischer Ansatz gewählt, bei welchem vom Anwender zunächst einige Verknüpfungspunkte zwischen zwei Bilddatensätzen manuell gesetzt werden. Bei entsprechender Genauigkeit können von entsprechenden Bildverarbeitungsprogrammen auf Basis von Ähnlichkeiten in den Bildern automatisiert weitere Verknüpfungspunkte generiert werden. Somit wird eine geometrische Übereinstimmung der für die weiteren Analysen verwendeten Datensätze hergestellt.

5.4 Verwundbarkeitsassessment mit Methoden der Fernerkundung

Vulnerabilität ist ein Begriff, der verschiedene Interpretationen in unterschiedlichen Denkschulen umfasst (vgl. BIRKMANN 2006a); im Rahmen des vorliegenden Projektes ist Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit insbesondere in drei Schlüsselkomponenten untergliedert worden: a) eine Expositions-, b) eine Anfälligkeits- und c) eine Bewältigungskomponente (siehe Kap. 1). Folglich ist Vulnerabilität als ganzheitlicher Ansatz zu verstehen, der eine interdisziplinäre Herangehensweise erfordert. In diesem Sinne sind verschiedene Teilkomponenten durch quantitativ oder qualitativ messbare Indikatoren und/oder Kriterien zu erfassen. Die Abschätzung der Vulnerabilität hängt aber sehr stark von den für den betrachteten Raum zur Verfügung stehenden Datengrundlagen ab, weshalb meist nur Teilaspekte des ganzheitlichen Konzeptes beleuchtet werden können (TAUBENBÖCK 2008). In Abbildung 5.7 wird der Versuch dargestellt, einen konzeptionellen und schematischen Überblick über Risiko, Vulnerabilität und Gefahr zu geben, wobei das hierarchische Konzept vom theoretischen Rahmen bis zur Beschreibung einzelner Indikatoren aufgezeigt wird.

In diesem Zusammenhang ist es das Ziel der Fernerkundung, mit den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und Methoden Indikatoren für Teilaspekte dieser Gesamtbetrachtung von Vulnerabilität bereitzustellen. Hierfür werden im folgenden Kapitel die Potenziale der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Fernerkundungsdaten zur Abschätzung von Vulnerabilität aufgezeigt. Basierend auf den unterschiedlichen Datensätzen werden Produkte in unterschiedlicher thematischer Tiefe und Qualität bereitgestellt.

Konzeptueller Rahmen	Komponenten	Ursachen	Indikatoren / Variablen	Index
Risiko Vulnerabilität Gefährdungsgrad x Sensitivität Bewältigungspotenzial Gefährdung	Naturkatastrophen, menschliche Bedrohung, Phänomen	Erdbeben, Vulkanausbrüche, Überschwemmungen, Hangrutschungen, Terroranschläge etc. Sekundäre Gefährdung: Hangrutschungen, Tsunami, Brände etc.	Häufigkeit, Stärke, Eintrittsgeschwindigkeit, räumliche Gefährdung, Wahrscheinlichkeit des Auftretens, Dauer, Zeit etc. Geländehöhe, Hangneigung, Orientierung, Bodentyp etc.	Indizierung der Indikatoren: nicht vorhanden / keine / gering / mittel / hoch
	Physische Vulnerabilität (Fragilität)	Lage Strukturelle Gefährdung	Zugänglichkeit, Distanzen etc. Anzahl der Gebäudeeinheiten, Gebäudedichte, Gebäudenöhe, Gebäudematerial, Gebäudetyp, Fragilität der Strukturen, Dachtyp, Alter der Struktur, Urbanisationsrate, Versiegelungsgrad, Freiflächen etc.	
	Demographische Vulnerabilität	Kritische Infrastruktur Bevölkerungsstruktur	Verkehrsinfrastruktur, öffentliche Verkehrssysteme, Kommunikation, Pipelines, Versorgung, Lifelines, Tragfähigkeit etc. Gesamtbevölkerung, Bevölkerungsdichteverteilung, Tag- und Nachtverteilung, Altersstruktur, Geschlecht etc.	
	Soziale Vulnerabilität	Bevölkerungsentwicklung Sozialer Status Zugang zu und Versorgung mit lokalen Einrichtungen	Bevölkerungswachstum, Migrationsrate etc. Bildung, Implementierung von 'public awareness' Programmen, Gesundheit, Soziales Netzwerk, Geschlecht etc. Krankenhaus, Schule, Feuerwehr, Notunterkünfte etc.	
	Ökonomische Vulnerabilität	Finanzielles Einzelpotenzial Staatliches Potenzial	Pro-Kopf-Einkommen, Versicherung, Eigentum, Arbeitslosigkeit Lokales Budget, Brutto sozialprodukt, Hilfsprogramme, Inflation, Hilfsorganisationen, Human Poverty Index (HPI) etc.	
	Politische Vulnerabilität	Entscheidungsstrukturen	Politisches System, Frühwarnsysteme, Katastrophenmanagement, Informationsmanagement etc.	
	Ökologische Vulnerabilität	Natürliche Ressourcen	Wasserspeicher, Anzahl Ackerflächen, Waldgebiete etc.	

Abb. 5.7 Konzept von Risiko, Vulnerabilität und Gefährdung (TAUBENBÖCK 2008).

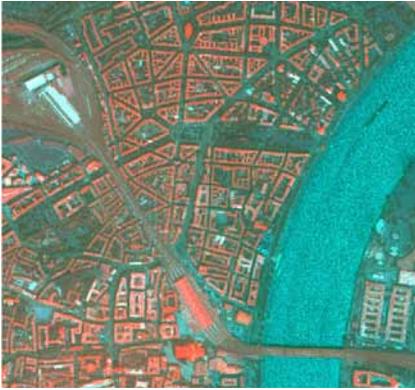
Zu diesem Zweck wurden folgende Hauptziele formuliert:

- a. Identifikation von vulnerabilitätsrelevanten Objekten, insbesondere Wohngebäude und Gebäude mit gewerblich-industrieller Nutzung sowie verschiedene Infrastrukturen und deren Lage im Raum und Quantifizierung (Exposition)
- b. Physiognomische Charakterisierung urbaner Strukturen (Exposition, Anfälligkeit)
- c. Abschätzung der Bevölkerungsverteilung (Exposition, Anfälligkeit)
- d. Abschätzung von potenziellen Überflutungstiefen mit Methoden der Fernerkundung (Exposition)

5.4.1 Expositionsanalyse – objektorientierte Landbedeckungsklassifikation

Um die Exposition einzelner Objekte auf der Erdoberfläche abschätzen zu können, ist es zunächst notwendig, die Landbedeckung flächendeckend auszuweisen. Dies wird anhand eines objektorientierten, hierarchischen, modularen und übertragbaren Klassifikationsansatzes durchgeführt. Ziel dieses Ansatzes ist es, unabhängig vom Untersuchungsgebiet, auf Basis von höchst aufgelösten optischen Satellitenbilddaten die Landbedeckung mit hoher Genauigkeit zu extrahieren.

Die angewandte Methode basiert auf zwei wesentlichen Prozessierungsschritten: der Segmentierung und der Klassifikation. Die angewandte Segmentierungsmethode wurde von ESCH (2006) mit dem Ziel der robusten Erfassung von Objekten unterschiedlicher Größe entwickelt. Sie beruht zunächst auf einer Basissegmentierung und einem Optimierungslevel mit einem entsprechend höheren Skalierungsparameter. In der Optimierungsprozedur wird nun die spektrale Differenz zwischen dem Sub-Objekt der Basissegmentierung und dem Super-Objekt des Optimierungslevels verglichen.



5.8a



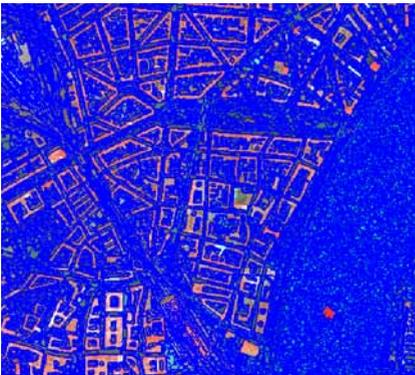
5.8b



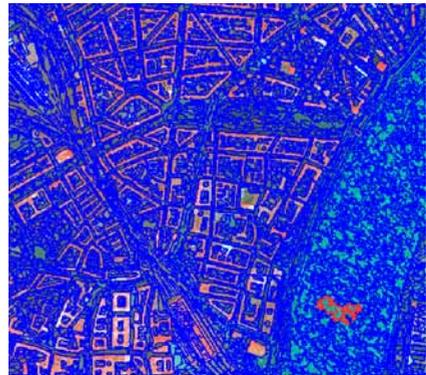
5.8c



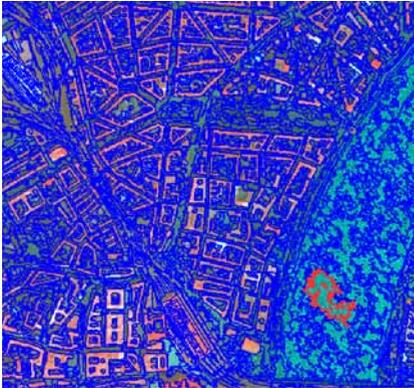
5.8d



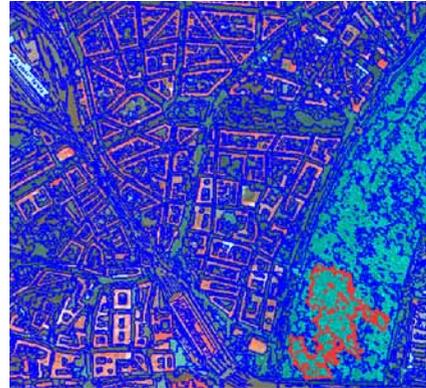
5.8e



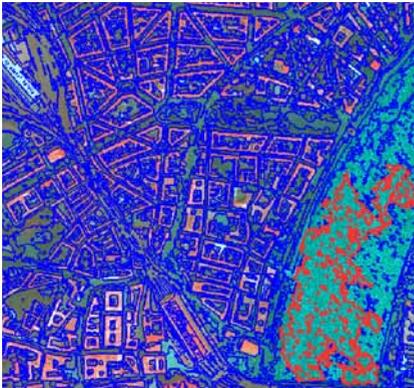
5.8f



5.8g



5.8h



5.8i



5.8j

Abb. 5.8 Segmentierungsoptimierung. Einzelschritte der Segmentierung: (a) Kombinierte Darstellung des digitalen Oberflächenmodells von Ikonos, (b) Import von ATKIS-Baublöcken, (c) Gebäudescharfe Segmentierung, (d) Klassifizierung nach Typ, (e) Basissegmentierung Ikonos, (f-i) Teilschritte der Segmentierungsoptimierung, (j) Klassifikationsergebnis

Falls eine signifikante Abweichung durch die Differenz auftritt, wird das Subjekt als relevante Struktur definiert und bleibt folglich im Optimierungslevel erhalten. Dieser Optimierungsschritt wird so lange wiederholt, bis ein zufriedenstellender Grad der Segmentierung des Bilddatensatzes erreicht ist, der sowohl sehr große, homogene Flächen zusammenfasst als auch den kleinräumig strukturierten Raum ausreichend beschreibt. Eine Übersicht über die Einzelschritte

der Segmentierungsoptimierung mit anschließender Klassifizierung ist in Abbildung 5.8 gegeben.

Die Erstellung von sinnvollen Segmenten stellt aber lediglich den ersten Schritt zur Klassifikation der Bilddaten dar. Ziel des hier verwendeten Ansatzes ist es, einen übertragbaren Ablauf zur Klassifikation der Landbedeckung mit hoher Genauigkeit zu erstellen. Der Ansatz wurde von TAUBENBÖCK (2006) entwickelt und auf unterschiedlichen Untersuchungsgebieten getestet (TAUBENBÖCK & ROTH 2007). Rekapitulierend basiert die Methode auf der Klassifikation von Objektmerkmalen, welche in ihren Eigenschaften möglichst geringen räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegen. Der Ansatz beruht auf der Annahme, dass urbane Objekte (Häuser, Straßen, Freiflächen usw.) weltweit grundsätzlich in ihrer räumlichen Ausprägung vergleichbar sind. Somit bedient sich die Klassifikation vorwiegend formbasierter Merkmale wie der Fläche, der Länge, der Breite oder deren Verhältnis zueinander und dem NDVI als einzigem spektralem Parameter. Die thematische Zuordnung zur einer der Landbedeckungsklassen beruht auf der Theorie der Fuzzy Logic (ZADEH 1978), wonach ein Objekt nicht mehr auf Basis einer 0/1-Maske zu einer Klasse zugeordnet wird, sondern die „Unschärfe“ der Klassenzugehörigkeit berücksichtigt wird.

Eine schematische Darstellung der Segmentierungsoptimierung ist in Abbildung 5.9 dargestellt, Ergebnisse der Klassifikation in Abbildung 5.10 und 5.11.

Die Qualität der Landbedeckungsklassifikation ist für die Abschätzung der Exposition einzelner Objekte von besonderer Bedeutung. Um eine Aussage über die Genauigkeit treffen zu können, wird das Ergebnis mit Referenzdaten verglichen (FOODY 2002) und in einer Konfusionsmatrix dargestellt (vgl. Tabelle 5.3 und 5.4). Für 100 zufällig verteilte Punkte je Klasse wurde ein visueller Abgleich zwischen dem Klassifikationsergebnis und dem Satellitenbild durchgeführt. Die Tabelle beinhaltet sowohl die Hersteller- (Anzahl korrekt klassifizierter Referenzpunkte dividiert durch die Summe aller Referenzpunkte, die der betrachteten Klasse insgesamt zugewiesen wurden), als auch die Nutzergenauigkeiten (Anzahl korrekt klassifizierter Referenzpunkte dividiert durch die Summe aller Referenzpunkte, die der betrachteten Klasse eigentlich angehören).

Mit der beschriebenen Methode wurde eine Gesamtgenauigkeit für Köln von ~91 % und für Dresden von ~89 % erreicht. Dies stellt ein sehr zufriedenstellendes

Ergebnis dar. Es zeigt die Möglichkeit, anhand von Satellitenbilddaten mittels automatisierter Methoden sehr hohe Genauigkeiten bei der Klassifikation von urbanen Strukturen für die physische Verwundbarkeitsabschätzung zu erreichen. Gegenüber einer manuell durchgeführten Auswertung stellt diese Möglichkeit eine erhebliche Reduzierung des Arbeitsaufwands dar.

Anhand der automatischen Klassifikation der Landbedeckung mittels Fernerkundungsdaten können Objekte auf der Erdoberfläche detailliert beschrieben werden. Es ist klar zu erkennen, welche Gebiete gegenüber einem potenziellen Hochwasserereignis aufgrund ihrer Lage gefährdet sind. Diese Art der Expositionsanalyse ist ein wichtiger Beitrag bei der Gesamtbetrachtung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen, da somit die Art, die Anzahl und die Lage von gefährdeten Objekten abgeschätzt werden können. Zusätzlich bietet diese Methode die Möglichkeit, Freiflächen oder sichere Gebiete, sogenannte „Safe Areas“ zu identifizieren, und für eine notwendige Evakuierung im Krisenfall betroffene Verkehrsinfrastruktur zu verorten (TAUBENBÖCK et al. 2009).

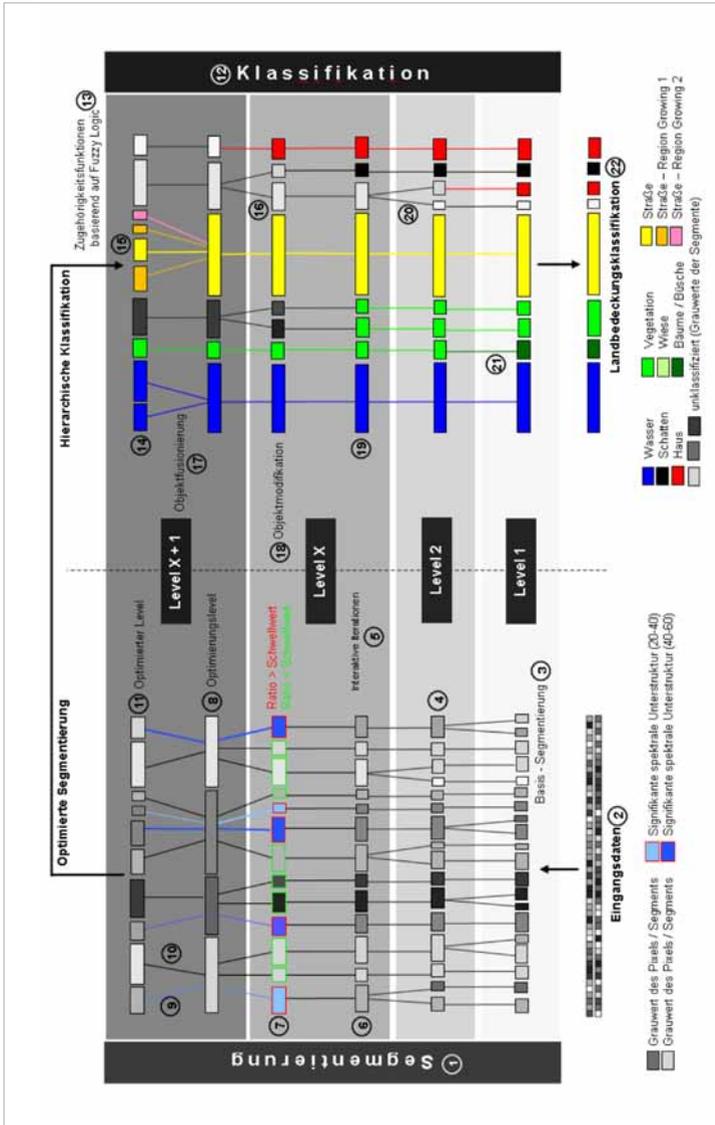


Abb. 5.9 Schematischer Ablauf der hierarchischen Segmentierungsoptimierung
Quelle: Taubenböck 2008

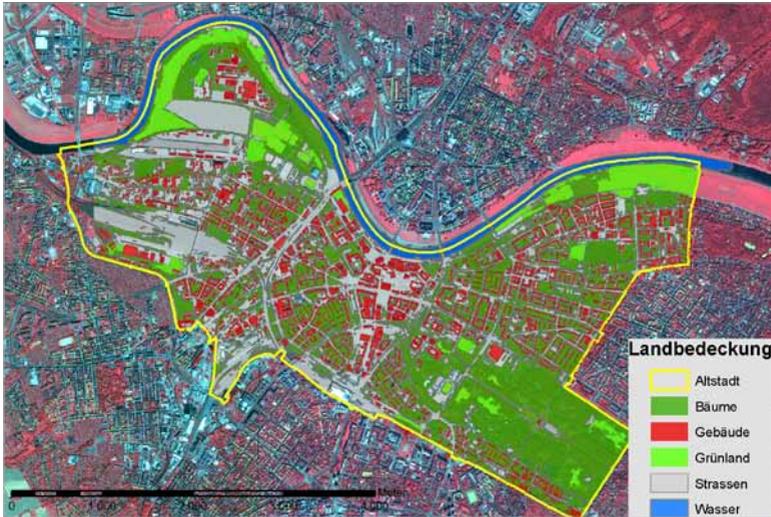


Abb. 5.10 Landbedeckungsklassifikation Dresden – Altstadt

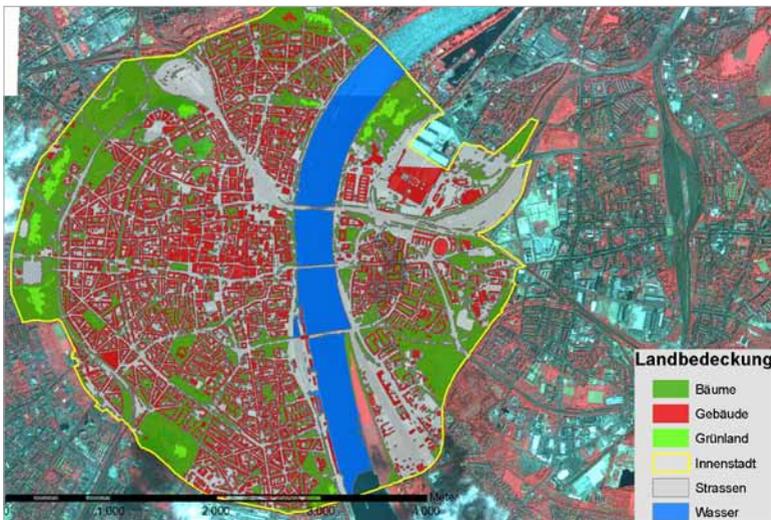


Abb. 5.11 Landbedeckungsklassifikation Köln – Innenstadt

Klassifikation – Köln							
	Wasser	Grünland	Baum-/ Strauchveg.	Versiegelt	Gebäude	Gesamt	Nutzer %
Wasser	98	0	0	1	0	99	98,99
Grünland	0	91	19	2	0	112	81,25
Baum-/ Strauchveg.	0	9	79	0	1	89	88,76
Versiegelt	2	0	1	88	0	91	96,70
Gebäude	0	0	1	9	99	109	90,83
Gesamt	100	100	100	100	100	500	
Hersteller %	98,00	91,00	79,00	88,00	99,00		91,00
Gesamt %	98,49	86,13	83,88	92,35	94,91		91,15

Tab. 5.3 Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Köln

Klassifikation – Dresden							
	Wasser	Grünland	Baum-/ Strauchveg.	Versiegelt	Gebäude	Gesamt	Nutzer %
Wasser	100	1	3	5	0	109	91,74
Grünland	0	95	20	8	1	124	76,61
Baum-/ Strauchveg.	0	4	71	0	2	77	92,21
Versiegelt	0	0	4	85	3	92	92,39
Gebäude	0	0	2	2	94	98	95,92
Gesamt	100	100	100	100	100	500	
Hersteller %	100,00	95,00	71,00	85,00	94,00		89,00
Gesamt %	95,87	85,81	81,60	88,70	94,96		89,39

Tab. 5.4 Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Dresden

5.4.2 Identifikation urbaner Strukturen auf Einzelhaus-/Gebäudeblockebene

Auch wenn die Ableitung der Landbedeckung aus Satellitenbilddaten für die oben genannten fünf Klassen sehr gute Genauigkeiten liefert, ist die Auswertung dennoch auf die zweidimensionale Information der Datengrundlage limitiert. Obgleich TAUBENBÖCK et al. (2007) anhand von Schattenlängen einzelner Gebäude deren Höhe abgeschätzt hat, ist diese Methode nicht uneingeschränkt auf sämtliche Untersuchungsgebiete übertragbar (abhängig von Sonnenstand und Bebauungsdichte). Um Einzelgebäude hinsichtlich ihrer physischen Merkmale detaillierter beschreiben zu können, wurde eine übertragbare Methode entwickelt, um diese Informationen aus digitalen Oberflächenmodellen zu extrahieren.

In einer ähnlich der Segmentierungsoptimierung klar strukturierten Prozesskette werden Objekte aufgrund ihrer relativen Höhe gegenüber der nächsten Umgebung segmentiert. Der Ablauf ist ebenfalls in zwei Arbeitsschritte unterteilt, wobei zunächst die Segmentierung, gefolgt von der Klassifizierung, durchgeführt wird. Für die Segmentierung wird zunächst eine übergeordnete Objektebene erstellt (L1), welche auch aus externen Datensätzen in Form von Vektordaten eingelesen werden kann. In diesem Fall standen Bebauungsblockgrenzen aus dem Digitalen Landschaftsmodell (Basis-DLM) des Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationssystem (ATKIS) zur Verfügung (BKG). Diese Blöcke werden benötigt, um auf diesen kleinräumigen Einheiten diverse statistische Parameter zu berechnen. So werden Quantile, Mittelwerte und Mediane der Grauwerte für alle Blöcke erstellt. Diese Werte sind für die folgende, detaillierte Segmentierung von Bedeutung. Ergebnis dieses Segmentierungsschrittes sind hochgenaue Umrisse von Einzelgebäuden (Abbildung 5.12).



Abb. 5.12 Ergebnis der Segmentierung von Einzelgebäuden, auf Ikonos überlagert

Diese Segmente können im Folgenden nach ihren Eigenschaften weiter

beschrieben und charakterisiert werden. Da der Anspruch der entwickelten Methode die Übertragbarkeit auf verschiedene Untersuchungsgebiete zum Ziel hat, werden die extrahierten Gebäude nach ihrer Form und Größe weiter klassifiziert. Die Größe eines Gebäudes setzt sich aus dessen Grundfläche und der Höhe zusammen. Die mittlere absolute Höhe für jedes Segment ist durch den Mittelwert der jeweiligen Grauwerte zu ermitteln. Für die Ableitung der Höhe jedes einzelnen Gebäudes wird der Mittelwert des gebildeten Segmentes von der absoluten Höhe der jeweils nächsten Objekte subtrahiert, wobei diese Objekte keine Gebäude beinhalten dürfen. Als Ergebnis wird die mittlere relative Höhe für jedes Gebäudeobjekt ausgegeben. Für weitere Berechnungen ist es aber notwendig, diesen Wert für alle Gebäude vereinheitlicht darzustellen, weshalb die Gebäudehöhe durch die Anzahl der Geschosse ersetzt wird. Dies geschieht durch Verwendung einer mittleren Geschosshöhe, welche empirisch auf Basis von 50 Testgebäuden ermittelt wurde. Somit ist es möglich, für jedes Einzelgebäude dessen Größe in Fläche und Anzahl der Geschosse auszudrücken. Das Ergebnis der Geschosshöhenableitung auf Einzelhausniveau ist in Abbildung 5.13 für beide Untersuchungsgebiete zu erkennen. Eine detaillierte Beschreibung der Methode ist bei WURM et al. (2009a) nachzulesen.

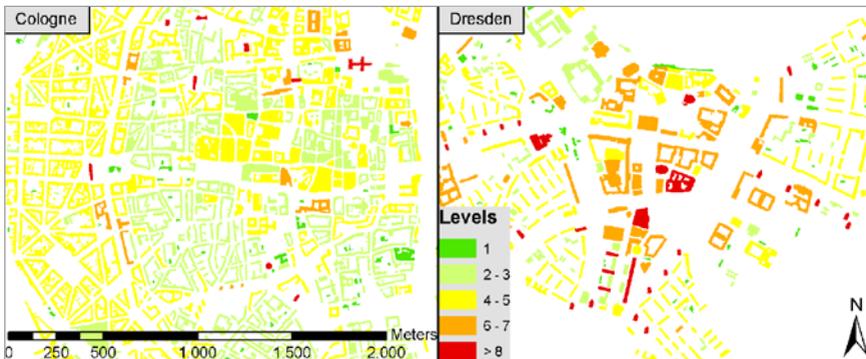


Abb. 5.13 Ergebnis der Ableitung und Klassifikation von Geschosshöhen auf Einzelhausniveau

Anhand von amtlichen Referenzdaten, von beiden Städten zur Verfügung gestellten digitalen Gebäudedatenbanken, konnte eine Genauigkeitsabschätzung für die Ableitung der Geschosshöhen auf Einzelhausniveau durchgeführt werden. So wurde zunächst für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes die Anzahl der extrahierten Einzelgebäude verglichen, wobei klar erkennbar ist,

dass besonders niedrige Gebäude (= 1 Geschoss) schwieriger zu erkennen waren. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Ergebnisse ist in Tabelle 5.5 dargestellt.

Genauigkeitsabschätzung der Gebäudeextraktion				
	Köln		Dresden	
Anzahl der Gebäude	Referenz (2007)	Klassifikation (2007)	Referenz (2008)	Klassifikation (2001)
≥ 1 Geschoss	2730	2417	4490	3648
≥ 2 Geschosse	2362	2316	3436	3524

Tab. 5.5 Genauigkeitsabschätzung der Anzahl der extrahierten Einzelgebäude

Für die Abschätzung der Genauigkeit der abgeleiteten Geschoszzahlen auf Einzelhausniveau wurde ebenfalls ein Vergleich mit dem amtlichen digitalen Gebäudemodell durchgeführt. In Tabelle 5.6 ist eine detaillierte Aufschlüsselung der Ergebnisse aufgeführt. Sie zeigt, dass durch die Verwendung eines alleinigen Wertes für die mittlere Geschosshöhe Gebäude mit einer größeren Anzahl an Geschossen tendenziell überschätzt werden.

Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass die mittlere Geschosshöhe unter Berücksichtigung sämtlicher Gebäudetypen und deren charakteristischer Höhe sowie deren Häufigkeit gewählt wurde. Nichtsdestotrotz erlaubt die präsentierte Methode eine äußerst genaue und stabile Möglichkeit, die jeweilige Anzahl der Geschosse für Einzelgebäude abzuschätzen. Wird eine Abschätzung mit einer maximalen Abweichung von ± 1 Geschossen als ausreichend erwogen, wird für das Untersuchungsgebiet sogar eine Gesamtgenauigkeit von $\sim 85\%$ angegeben. Dies ist in jedem Fall ausreichend, um die grundsätzliche Dimension der Größe des jeweiligen Gebäudes abzuschätzen. Die Anzahl der Geschosse ist insbesondere für die Abschätzung der Möglichkeit der vertikalen Evakuierung von Menschen und Wohninventar von Bedeutung. In dieser Hinsicht wird die Auffassung vertreten, dass die Wohn- oder Gewerbegebäude, die in exponierter Lage liegen und nur über ein Erdgeschoss verfügen, tendenziell weniger Bewältigungskapazitäten bieten als Gebäude, in denen Personen und Wertgegenstände bzw. Inventar bei einem Hochwasserereignis in höher gelegene Stockwerke verlagert werden können.

Abweichung der Geschossezahlen					
Köln	≤ -2	-1	0	+1	≥ +2
2 Geschosse	–	46,15	49,45	2,20	2,20
3 Geschosse	4,11	45,21	44,52	6,16	–
4 Geschosse	7,86	48,21	37,86	5,71	0,36
5 Geschosse	21,21	55,68	20,45	2,65	–
≥ 6 Geschosse	41,41	23,44	35,16	–	–
Mittelwert	14,92	43,74	37,49	3,34	0,51
		84,57			

Abweichung der Geschossezahlen					
Dresden	≤ -2	-1	0	+1	≥ +2
2 Geschosse	–	–	85,11	10,64	4,26
3 Geschosse	–	66,40	28,80	4,80	–
4 Geschosse	27,14	52,14	17,14	2,86	0,71
5 Geschosse	24,19	38,31	35,89	1,61	–
≥ 6 Geschosse	20,58	52,67	26,75	–	–
Mittelwert	14,38	41,90	38,74	3,98	0,99
		84,62			

Tab. 5.6 Genauigkeitsabschätzung der Geschossezahlenableitung auf Einzelhausniveau für die Untersuchungsgebiete Köln-Innenstadt und Dresden-Altstadt

Anhand der Größe und Form können die Gebäude in weiterer Folge auf Basis charakteristischer Merkmale klassifiziert werden. Diese Klassifizierung erfolgt nach unterschiedlichen Klassen, welche die Physiognomie des Einzelobjektes charakterisieren sollen. Somit können derzeit fünf Klassen unterschieden werden: „Blockbebauung“, „Hochhausbebauung“, „Zeilenbebauung“, „Ein- und Zweifamilienhausbebauung“ und „industrielle, gewerblich genutzte Bebauung“ (vgl. Abbildung 5.14). Natürlich ist die tatsächliche Nutzung des jeweiligen Gebäudes mittels automatisierter Fernerkundungsmethoden nur sehr schwer bzw. teilweise gar nicht zu erkennen, es lassen sich aber charakteristische Gebäude aufgrund ihrer Form und Größe eindeutig als nicht zur wohnlichen Nutzung verwendete Gebäude erkennen. So sind zum Beispiel besonders großflächige Gebäude, mit wenigen Geschossen, meist Produktions- oder

Lagerhallen und werden somit als „industrielle bzw. gewerblich genutzte Bebauung“ klassifiziert.

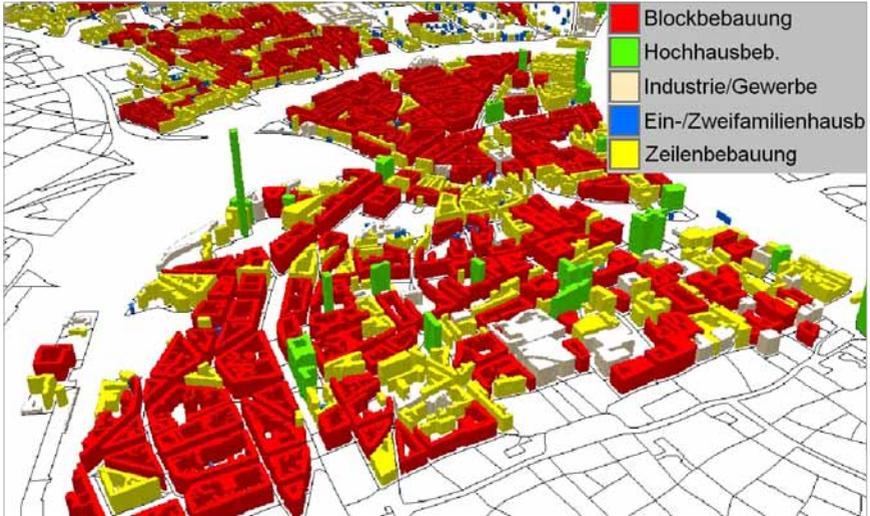


Abb. 5.14 Dreidimensionale Darstellung von Köln und Klassifikation nach unterschiedlichen Gebäudetypen

Die vorgestellte Methode zeigt eine stabile, übertragbare Möglichkeit, anhand welcher Gebäude aus digitalen Oberflächenmodellen extrahiert und nach ihrer Form und Größe charakterisiert werden können. Die detaillierte Beschreibung der Einzelgebäude ist insbesondere von Bedeutung, wenn es darum geht, Bevölkerung in potenziell von Hochwasser betroffenen Gebieten (z. B. Stadtteilen, Stadtviertel) zu quantifizieren und zu lokalisieren (vgl. Kapitel 5.3.3). Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Höhe bzw. Anzahl der Geschosse von Einzelgebäuden ist die Abschätzung der Eignung des jeweiligen Gebäudes für die vertikale Evakuierung von Personen oder Hausrat. Wie bereits skizziert, sind Gebäude mit einer geringen Geschoszahl (1-2 Geschosse), wenn sie in einer exponierten Lage liegen, deutlich anfälliger als Gebäude mit mehreren Geschossen.

5.4.3 Bevölkerungsabschätzung

Aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Strukturen können in Verbindung mit zusätzlichen statistischen Daten eine weitere Basis zur Indikatorenbildung für Vulnerabilitätsabschätzungen bieten. Grundlage hierfür ist eine genaue Identifikation der Siedlungsstrukturen aus Laserscan-Daten. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel 5.2 detailliert beschrieben, können mit Hilfe von automatisierten Bildanalysemethoden einzelne Gebäude aus Fernerkundungsdaten abgeleitet und klassifiziert werden und die resultierende Gebäudegrundfläche A_H sowie die Anzahl der Geschosse G_{ZH} über die Gebäudehöhe abgeleitet werden.

Bevölkerungsdaten sind meist nur generalisiert, beispielsweise auf der Einheit von einzelnen Stadtvierteln, vorhanden (Abbildung 5.15). Da aber Hochwasserereignisse in ihrer räumlichen Ausprägung keine Rücksicht auf diese – meist von der Stadtmorphologie unabhängigen – administrativen Raumeinheiten nehmen, sind diese Bevölkerungszahlen im Zusammenhang mit der räumlichen Analyse bei potenziellen Hochwasserereignissen nicht immer hinreichend auf kleinräumiger Ebene aussagekräftig. Eine Methode, welche Informationen aus Fernerkundung und statistischen Daten vereint, um eine hochgenaue Bevölkerungsverteilung auf Einzelhausniveau durchzuführen, ist die räumliche Disaggregation von Bevölkerungsdaten (STEINNOCHER et al. 2005; TAUBENBÖCK et al. 2007). Ein bedeutender Vorteil dieser Methode gegenüber traditionellen statistischen Basiseinheiten (Verwaltungseinheiten) ist, dass die Lage der Gebäude – und somit auch der Bevölkerung – unabhängig von der flächenhaften Ausprägung der Basiseinheit dargestellt werden kann. Eine höhere räumliche Auflösung und genauere Verortung ist somit möglich – dies ist ein essentieller Vorteil für Entscheidungsträger bei den oftmals kleinräumig differenzierten Auswirkungen einer Überflutung.

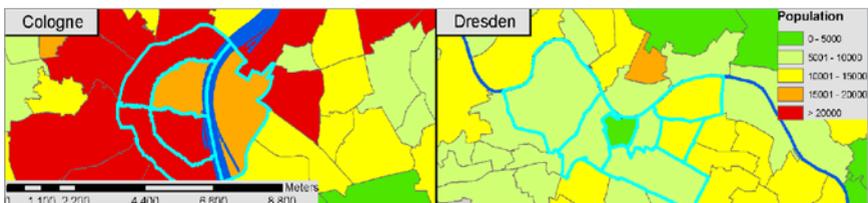


Abb. 5.15 Darstellung der Gesamtbevölkerung auf Ebene der Stadtbezirke (Köln) bzw. Ortsämter (Dresden)

Die räumliche Disaggregation beruht in der hier beschriebenen Methode auf drei Grundlagen (STEINNOCHER et al. 2005, AUBRECHT et al. 2009):

1. Die Gesamtbevölkerung wird gleichmäßig über das gesamte Untersuchungsgebiet – basierend auf den Einzelgebäuden – verteilt.
2. Für die Verteilung werden nur Gebäude herangezogen, welche als Wohngebäude klassifiziert wurden.
3. Die Disaggregation beruht auf der Beziehung zwischen Wohnraum und Bevölkerung.

Die Berechnung der Bevölkerung pro Haus P_H ist in Gleichung 4 beschrieben, wobei Wp_H den potenziellen Wohnraum pro Haus und Wp_g den gesamten potenziellen Wohnraum für das Untersuchungsgebiet beschreibt. Die Gesamtbevölkerung P_g wird aus amtlichen Daten der jeweiligen Gemeinde entnommen, wobei sich Wp_H aus der Geschoszahl Gz_H und der Gebäudegrundfläche A_H zusammensetzt. Für bestimmte Untersuchungsgebiete ist es aufgrund der lokalen Situation notwendig, eine zusätzliche Variable für den Wohnungsleerstand L in die Berechnung mit einzubeziehen. Für manche Stadtbezirke in Dresden (Ortsämter) wird ein Wohnungsleerstand von ~10 % angegeben (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2009b).

$$(2) \quad P_H = \frac{Wp_H}{Wp_g} \cdot P_g$$

$$(3) \quad Wp_H = (A_H \cdot Gz_H) \cdot (1-L)$$

$$(4) \quad Wp_g = \sum_{H=1}^I Wp_H$$

Als Ergebnis der räumlichen Disaggregation wird die Bevölkerung auf Hausebene berechnet. Dies ist ein erheblicher Mehrwert bei der Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen, da ganz klar eine Quantifizierung der Bevölkerung auf einer sehr kleinräumigen Raumeinheit durchgeführt werden kann. Somit kann abgeschätzt werden, wie viele Personen bei einem Hochwasserereignis betroffen sein könnten und wo sich Brennpunkte aufgrund von besonders hoher Bevölkerungskonzentration herausbilden. Eine detaillierte Darstellung über die somit erhaltenen Informationen ist in Abbildung 5.16 zu erkennen.

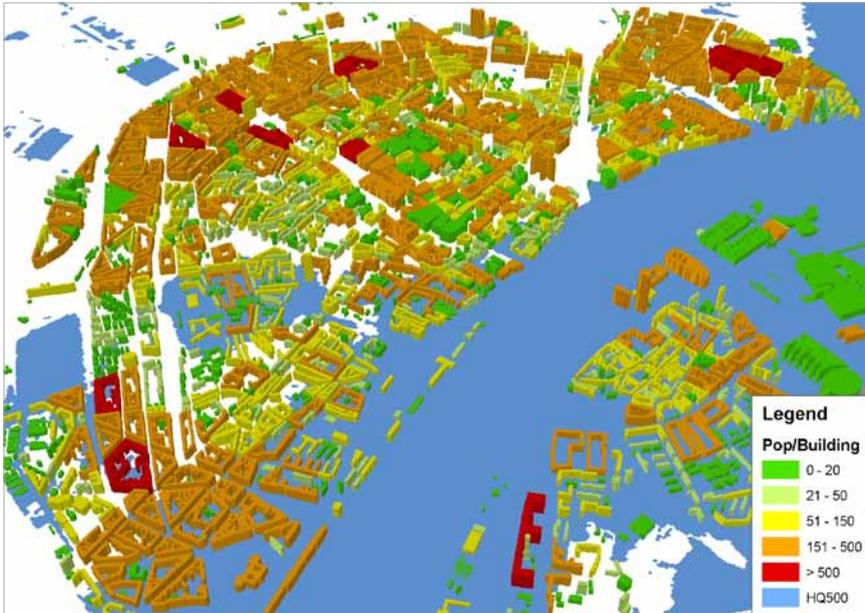


Abb. 5.16 Abgeschätzte Bevölkerung auf Einzelhausniveau für das Untersuchungsgebiet Köln-Innenstadt und räumliche Ausprägung des potenziellen Extremhochwasserereignisses

Zur Validierung der Methode wurden vom Amt für Stadtentwicklung und Statistik in Köln genaue Referenzdaten auf Ebene der Stadtviertel zur Verfügung gestellt. Diese Daten beinhalten sowohl die Anzahl der Bevölkerung pro Stadtviertel als auch eine exakte Berechnung der potenziell gefährdeten Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis. Die genaue Auflistung der Ergebnisse für die einzelnen Stadtviertel ist in Tabelle 5.7 gezeigt und in Abbildung 5.18 als Diagramm dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass tendenziell die richtige Größenordnung der Bevölkerung pro Stadtviertel erkannt wurde. Besonders bei einer Überklassifizierung an Wohngebäuden wurde die Bevölkerung überschätzt. Dies tritt besonders in der Altstadt von Köln auf, da eine genaue Abschätzung des Geschäftsanteils pro Gebäude mittels Fernerkundungsmethoden nicht möglich ist.

Stadtviertel	Total P.	Gesch. P.	Beob.	Betr. P.	Gesch. P.	Beob.
Kapitol-Viertel	1632	2233	36,83	161	102	-36,65
Mauritius-Viertel	4386	4491	2,39	0	0	0
Cäcilien-Viertel	3196	4101	28,32	0	0	0
Pantaleons-Viertel	4872	4638	-4,80	3169	2885	-8,96
Georgs-Viertel	2478	4048	63,36	2292	3320	44,85
Severins-Viertel	10972	8112	-26,07	5239	4487	-14,35
Südstadt	14820	14541	-1,88	8114	8633	6,40
Volksgarten-Viertel	4949	5625	13,66	248	273	10,08
Studenten-Viertel	2666	1502	-43,66	0	0	0
Südbahnhof-Viertel	2527	1787	-29,28	0	0	0
Komponisten-Viertel	7298	8339	14,26	3	0	-
Rathenau-Viertel	3836	3594	-6,31	13	0	-
Gewerbegebiet Südstadt	1813	2573	41,92	745	645	-13,42
Kuniberts-Viertel	3774	2803	-25,73	900	1491	65,67
Eigelstein-Viertel	2646	599	-77,36	0	0	0
Gereons-Viertel	2885	2349	-18,58	21	0	-
Neumarkt-Viertel	1697	3408	100,82	0	0	0
City	959	2810	193,01	0	0	0
Martins-Viertel	1426	1276	-10,52	1081	1015	-6,11
Ursula-Viertel	2051	815	-60,26	0	0	0
Andreas-Viertel	918	2846	210,02	0	0	0
Apostel-Viertel	2164	1615	-25,37	44	68	54,55
Belgisches Viertel	6620	5217	-21,19	137	0	-
Stadtgarten-Viertel	2311	3642	57,59	144	257	78,47
Agnes-Viertel	13555	8946	-34,00	0	0	0
Media-Park	2253	4250	88,64	48	1075	2139,58
Gerichts-Viertel	2435	3424	40,62	1271	2061	62,16
Villen-Viertel	1000	2042	104,20	271	283	4,43
Colonius	678	1326	95,58	0	0	0
Deutz	7287	5930	-18,62	7091	5930	-16,37
Germanen-Viertel	3411	2317	-32,07	3348	2317	-30,79
Hafen-Viertel	2440	3769	54,47	2060	3088	49,90
Fachhochschule Deutz	1714	1735	1,23	1023	1735	69,60
Köln-Arena	820	699	-14,76	760	699	-8,03
\bar{x}	3779	3747	20,48	1123	1187	10,74*

Tab. 5.7 Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation und Abschätzung der potenziell betroffenen Bevölkerung bei einem HQ-500-Ereignis auf Basis von Stadtvierteln in Köln
*Ohne Stadtviertel „Media-Park“.

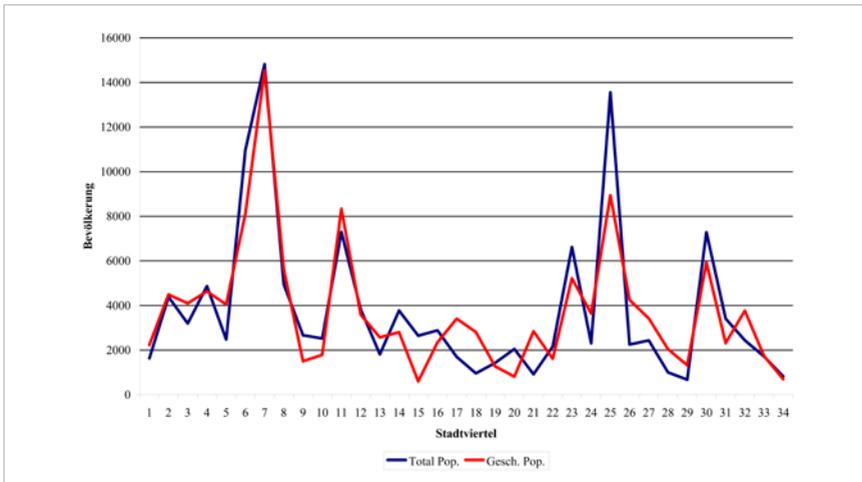


Abb. 5.17 Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation für die einzelnen Stadtviertel in Köln

Der besondere Mehrwert bei der Bevölkerungsverteilung auf Einzelhausniveau ist die Möglichkeit, anhand zusätzlicher Geodaten unterschiedliche Szenarien mittels eines GIS (Geographischen Informationssystems) zu simulieren. So lässt sich mit Hilfe von räumlichen Ausprägungen von errechneten, hydrologisch modellierten Hochwasserszenarien die potenziell betroffene Bevölkerung abschätzen. Abbildung 5.17 zeigt exemplarisch für die Innenstadt von Köln, wie durch eine räumliche Verschneidung zwischen der abgeschätzten Bevölkerung auf Hausebene und dem errechneten Extremhochwasserszenario die potenziell betroffene Personenanzahl abgeschätzt werden kann. In Tabelle 5.7 sind ebenfalls die exakten Angaben über die Genauigkeit der Methode auf Stadtviertel-ebene angegeben. Abbildung 5.18 zeigt einen Vergleich in kartographischer Form zwischen den amtlichen zur Verfügung gestellten Daten und der abgeschätzten potenziell betroffenen Bevölkerung.

Diese Methode verdeutlicht, dass zwar keine exakte Aussage über die tatsächliche Bevölkerungsanzahl pro Gebäude oder Stadtviertel gemacht werden kann, aber eine sehr genaue Abschätzung über die Größenordnung möglich ist. Für die Abschätzung der Vulnerabilität ist es sinnvoll, eine übertragbare Methode zu finden, anhand welcher die richtige Dimension der potenziell betroffenen Bevölkerung abgeleitet werden kann.

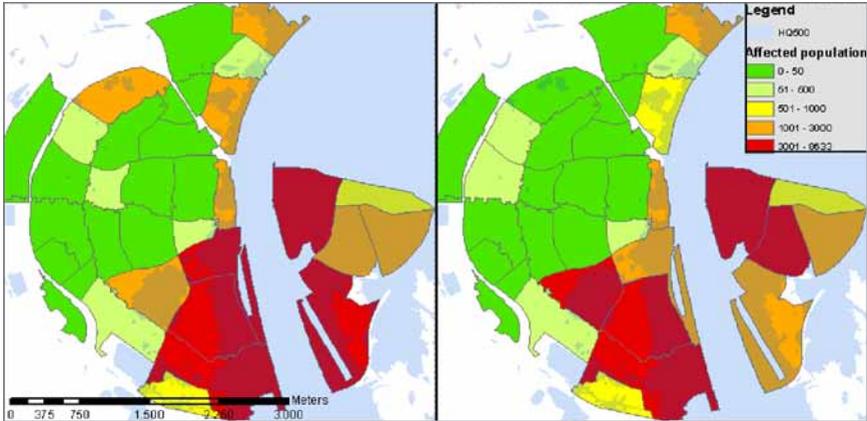


Abb. 5.18 Vergleich zwischen abgeschätzter Bevölkerung auf Stadtviertelebene und amtlichen Daten

Da Referenzdaten lediglich für das Untersuchungsgebiet von Köln zur Verfügung standen, wurden sämtliche Validierungen der Ergebnisse nur für Köln durchgeführt. Die Methode ist aber in ihrer Struktur so konzipiert worden, dass sie auch auf andere Untersuchungsgebiete übertragen werden kann. Abbildung 5.19 zeigt für beide Untersuchungsgebiete die aggregierten Bevölkerungszahlen auf Ebene der Stadtviertel.

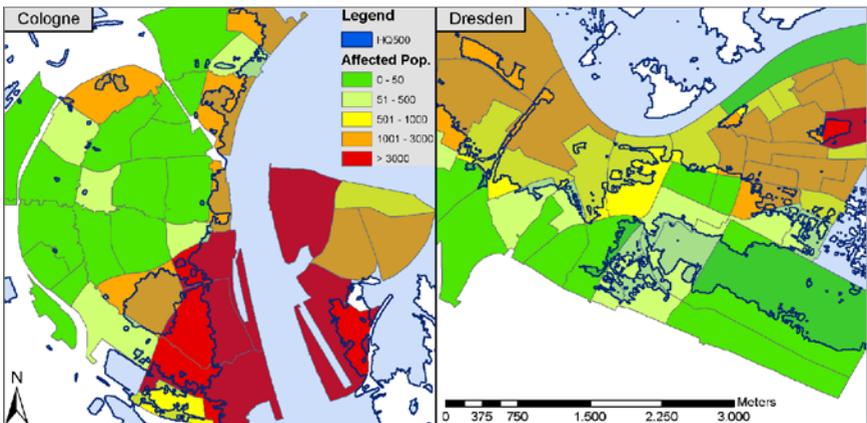


Abb. 5.19 Anzahl der abgeschätzten bei einem Extremhochwasser potenziell betroffenen Bevölkerung für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden

5.4.4. Stadtstrukturtypenklassifizierung

Die in den oben beschriebenen Kapiteln gewonnenen Klassifikationsergebnisse können zur besseren Veranschaulichung und zum Zwecke von zusätzlicher, GIS-mäßiger Verarbeitung zu aggregierten Raumeinheiten zusammengefasst werden und mit Zusatzinformation angereichert werden. Diese Raumeinheiten werden auf Basis der vorherrschenden Landbedeckung bzw. aufgrund von homogenen Baustrukturen – meist auf Blockebene – zusammengefasst. In der Stadtökologie (SUKOPP 1998) fanden diese als *Stadtbiotoptypen* oder *Stadtstrukturtypen* bereits seit längerer Zeit Einzug in Stadtplanung und Forschung.

Für die Ableitung und Kartierung von Stadtstrukturtypen werden seit jeher Fernerkundungsdaten oder topographische Karten – mit entsprechend hohem Maßstab – verwendet (PAULEIT 2002; SOCHER 1999). Der Prozess der Stadtstrukturtypenkartierung gestaltete sich aber bisher besonders aufwändig, da die Auswertung stets auf einen Großteil an manueller Arbeit durch visuelle Interpretation am Bildschirm fußte, auch wenn bereits teilweise automatisierte Analysen in die Ableitung mit einbezogen wurden (SOCHER 1999; BANZHAF 2008).

Die hier vorgestellte Methode ist vollautomatisiert, objektorientiert und übertragbar gestaltet worden. Sie beruht auf den in den vorangegangenen Kapiteln dargelegten methodischen Schritten und Datengrundlagen sowie den skizzierten Ergebnissen aus objektorientierter Landbedeckungsklassifikation und Ableitung der Bebauungsstrukturen aus digitalen Oberflächenmodellen. Die Ergebnisse, welche auf Einzelhausebene vorliegen, werden auf Basis der oben erwähnten Baublockgrenzen zusammengefasst. Hierbei wird der jeweilige Baublock nach dem vorherrschenden Landbedeckungs- oder Bebauungstyp klassifiziert.

Anhand dieser Stadtstrukturtypenklassifizierung lässt sich das Untersuchungsgebiet nach unterschiedlichen Kriterien einteilen und mit Zusatzinformationen verknüpfen. Somit können beispielsweise ökonomische Werte für unterschiedliche Strukturtypen erhoben werden oder mit Daten aus einer vorhandenen Datenbank – z. B. NADINE (GFZ) – verknüpft werden. Dies kann als Grundlage dienen, ökonomische Schäden bei einem potenziellen Hochwasserereignis abzuschätzen.

Abbildung 5.20 zeigt beispielhaft für einen Ausschnitt der beiden Untersuchungsgebiete eine Klassifikation nach Stadtstrukturtypen.

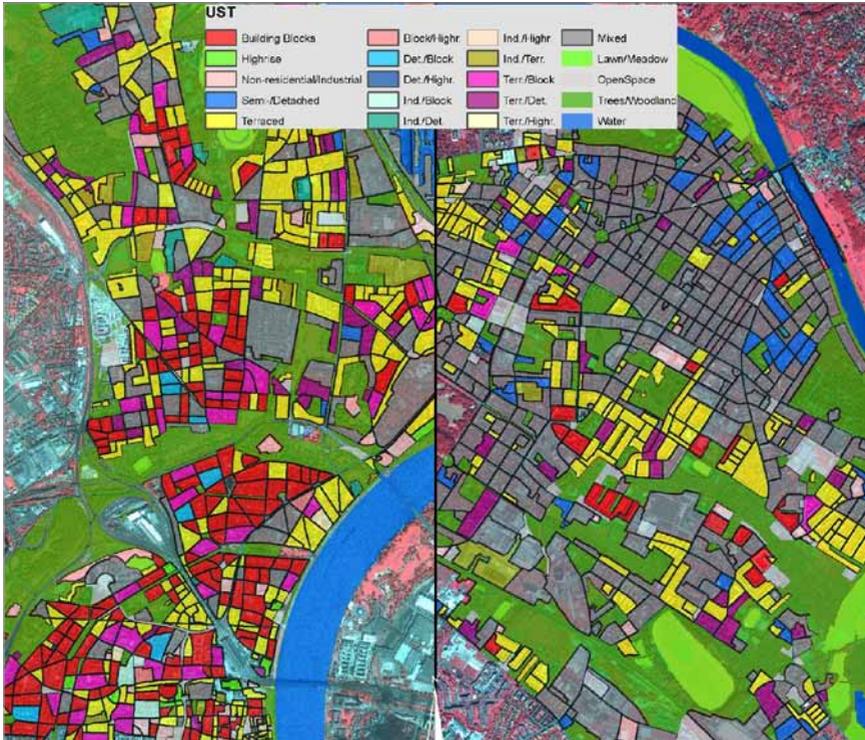


Abb. 5.20 Stadtstrukturtypenklassifikation für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden

5.4.5 Überflutungstiefenabschätzung

Mit dem Projekt DISFLOOD (Disaster Information System for large-scale flood events using Earth Observation), welches parallel zum Projekt „Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen“ unter Beteiligung des DLR und UNU-EHS durchgeführt wurde und einen regionalen bzw. nationalen Ansatz umfasste, wurden Methoden und Komponenten für ein Hochwasser-Informationssystem am Beispiel der Elbe erarbeitet (DAMM et al. 2006). Hierbei wurde eine Methode für die Ableitung von Überflutungstiefen anhand von Satellitenbilddaten und hochaufgelösten LiDAR-Geländemodellen entwickelt. Die flächenbezogenen Daten zur Überflutungstiefe werden sowohl für die schnelle

Schadensanalyse anhand von Schadensmodellen (THIEKEN et al. 2005) als auch für die Vulnerabilitätsanalyse verwendet.

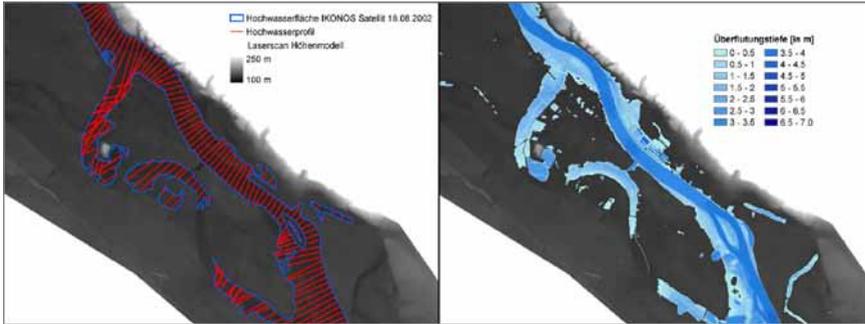


Abb. 5.21 Darstellung der satellitenbasierten Überflutungsfläche an der Elbe oberhalb von Dresden und Verschneidung mit den Hochwasserprofilen im Geländemodell (links); abgeleitete Überflutungstiefe (rechts)

Fernerkundungstechniken spielen für das Hochwasserrisikomanagement eine wichtige Rolle, da mit ihnen homogene, flächenhafte und zeitnahe Informationen über das Ausmaß der überfluteten Fläche gewonnen werden können (SANYAL & LU 2004). Will man jedoch zusätzlich zur Überflutungsfläche Informationen über die Überflutungstiefe, so werden hierfür detaillierte Geländehöheninformationen (z. B. von LiDAR) benötigt. Die Genauigkeit der Ableitung der Überflutungstiefe ist gebunden an die verlässliche Bestimmung der Land-Wasser-Grenze und damit die punktgenaue Verschneidung der beiden Datensätze. Die Methode zur Ableitung von Überflutungstiefen basiert auf der dezentralen bzw. lokalen Anpassung einer aus Satellitendaten abgeleiteten Flutmaske an ein digitales Geländemodell. Diese Anpassung erfolgt anhand der Abfolge von dicht gestaffelten Hochwasserquerschnittsprofilen entlang des Flussverlaufs, welche jeweils individuell an das Geländemodell angepasst werden (vgl. Abbildung 5.21). Das bedeutet, dass die resultierende Flutmaske nicht nur einer linearen Verschiebung, sondern auch einer Formveränderung unterliegen kann. Das Ziel dieses Prozesses ist die Reduzierung von kleinräumigen geometrischen und thematischen Fehlern in der Flutmaske und damit die Verbesserung der Genauigkeit und der hydraulischen Verlässlichkeit der abgeleiteten Hochwasserfläche (ZWENZNER & VOIGT 2009; MEINEL et al. 2003).

Die einfache Ableitung der Überflutungstiefe anhand der Profilhöhen zeigt entgegen der Erwartung einer glatten Wasserfläche deutliche Höhenunterschiede und eine große Streuung der Profilhöhen, wie in Abbildung 5.22 dargestellt. Die wesentlichen Gründe für die Schwankungen der Hochwasserprofile sind in Fehlklassifikationen in der Überflutungsmaske begründet. Diese sind vor allem zurückzuführen auf überflutete Vegetationsbereiche oder überflutete urbane Strukturen, die aufgrund ihres Reflexionsverhaltens nicht automatisch als Wasser klassifiziert werden können. Damit wird die Abgrenzung der Wasserfläche verfälscht, was sich aufgrund der Korrelation der Höhe zur Fläche wiederum auf die Wasserspiegelhöhe auswirkt.

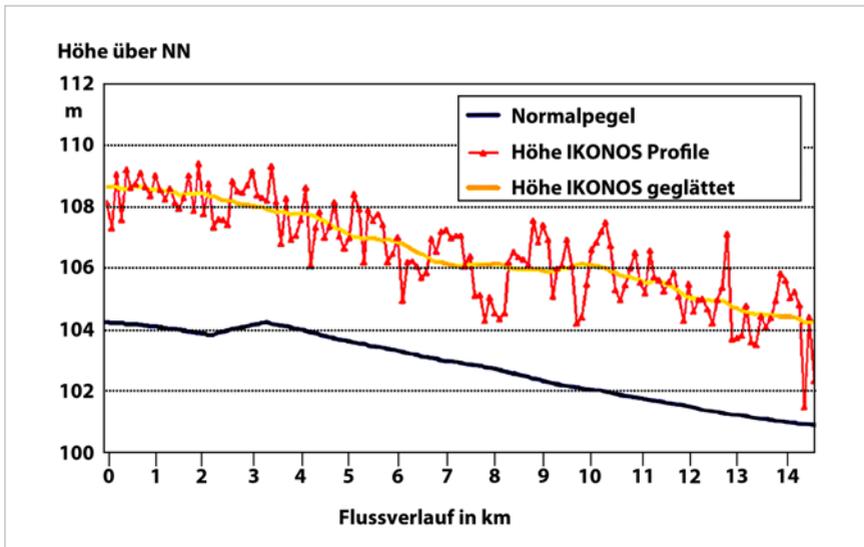


Abb. 5.22 Längsprofil des Flussabschnitts der Elbe oberhalb von Dresden mit der Höhe der einzelnen Querschnittsprofile (rot) und der geglätteten Wasseroberfläche (gelb) während des Überflutungsereignisses zum Zeitpunkt der Satellitenbildaufnahme

Diese Varianzen machen eine eindeutige Ableitung der Wasserspiegelhöhe nicht ohne Weiteres möglich. Um die möglichen geometrischen und thematischen Fehler bei der Wasserflächenbestimmung auszugleichen und eine Übereinstimmung mit den Höheninformationen zu erzeugen, werden die ermittelten Profilhöhen mit einem gleitenden Mittel geglättet. Die resultierende

Wasseroberfläche dient dann als Referenzhöhe für das Hochwasser. Die Referenzhöhe wird anhand der Profilpunkte und eines Triangulationsverfahrens in die Fläche übertragen. Durch die Subtraktion der Geländehöhe von der ermittelten Wasserspiegellhöhe wird die Überflutungstiefe berechnet. Diese ist in Abbildung 5.22 rechts dargestellt.

5.4.6 Zusammenfassung

Die hier dargestellten Methoden zeigen die Möglichkeit auf, welchen Beitrag die Fernerkundung bei der Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen gegenüber Hochwassergefahren in urbanen Räumen bieten kann. Auf Basis von höchstauflösenden, optischen Satellitenbilddaten können mittels übertragbarer, objektorientierter Methoden die Landbedeckung sowie Einzelobjekte, deren Exposition und deren Quantifizierung abgeleitet werden. Anhand von mittels flugzeuggetragener Laserscanner aufgezeichneten digitalen Oberflächenmodellen ist es möglich, die urbane Morphologie auf Basis physiognomischer Kriterien auf Einzelhausniveau exakt zu charakterisieren. Anhand dieser Methode können Gebäude klar erkannt werden und deren Größe sowie deren Lage bestimmt werden. Diese Information kann genutzt werden, um einen weiteren Indikator zur Vulnerabilitätsabschätzung zu erstellen, der insbesondere die gebäudebezogene vertikale Evakuierungsmöglichkeit erfasst und mit sozio-demographischen Daten zur Evakuierungsfähigkeit der Bevölkerung verschnitten werden kann.

Mittels räumlicher Disaggregation können Bevölkerungszahlen, welche für übergeordnete, statistisch-administrative Raumeinheiten verfügbar sind, auf die Einzelgebäude aufgrund deren Typ und Größe verteilt werden. Somit ist eine exakte Analyse über die Lage der Bevölkerung im Raum möglich und mittels räumlicher Verschneidung mit Hochwasserszenarien kann die potenziell betroffene Bevölkerung kleinräumig abgeschätzt werden. Die Zusammenfassung von Landbedeckungsinformation und Bebauungstypen zu Stadtstrukturtypen erlaubt eine Anknüpfung zusätzlicher Information wie zum Beispiel ökonomischer Werte. Eine synergetische Analyse von optischen Satellitenbilddaten und digitalen Oberflächenmodellen erlaubt die exakte Bestimmung von Überflutungstiefen und ist somit ein weiterer, relevanter Indikator zur Bestimmung von Vulnerabilität.

Somit bietet die Fernerkundung mit ihren multisensoralen Datensätzen vielschichtige Potenziale, um multiskalige Analysen zur Abschätzung von Vulnerabilität in unterschiedlichen Ausprägungen durchführen zu können. Die erzielten Genauigkeiten erlauben, Aussagen in der richtigen Dimension zu treffen, womit die Fernerkundung wichtige Datengrundlagen und Methoden zur Vulnerabilitätsabschätzung insbesondere im Bereich der physischen Vulnerabilität und Exposition in hochwassergefährdeten Gebieten bietet.

Verweis auf Anhang D:

Für ausgewählte Teilbereiche der Untersuchungsgebiete wurden die einzelnen, aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Vulnerabilitätsindikatoren in kartographischer Form aufbereitet (vgl. Anhang D).

6

Quellenverzeichnis

ADGER WN, HUGHES TP, FOLKE C, CARPENTER SR & ROCKSTRÖM J (2005): *Socio-Ecological Resilience to Coastal Disasters*. In: *Science* 309; 1039-1039

ADGER WN, KELLY PM & NINH NH (HRSG.) (2001): *Living with Environmental Change*. Social vulnerability, adaptation and resilience in Vietnam. In: *Research Global Environmental Change*, Routledge, London

ALBERTZ J (2007): *Einführung in die Fernerkundung. Grundlage der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt

ARBEITSGEMEINSCHAFT TRINKWASSERTALSPERREN E. V. (ATT), BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. (BDEW), DEUTSCHER BUND DER VERBANDLICHEN WASSERWIRTSCHAFT E. V. (DBVW), DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHER VEREIN (DVGW), DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA), VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN E. V. (VKU) (HRSG.) (2008): *Branchenbild der Deutschen Wasserwirtschaft 2008*. Bonn
Abrufbar unter: [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Branchenbild_der_deutschen_Wasserwirtschaft_2008/\\$file/08%2003%2010%20Branchenbild%20Wasser%202008%20endg.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Branchenbild_der_deutschen_Wasserwirtschaft_2008/$file/08%2003%2010%20Branchenbild%20Wasser%202008%20endg.pdf), zuletzt abgerufen am 29.05.2009

AUBRECHT C, STEINNOCHER K, HOLLAUS M & WAGNER W (2009): *Integrating earth observation and GIScience for high resolution spatial and functional modelling of urban land use*. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 33 (1); 15-25

BACHFISCHER R (1978): *Die ökologische Risikoanalyse – eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in der Raumplanung*. Diss. München

BACKHAUS K, ERICHSON B, PLINKE & WEIBER R (2005): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer, Berlin & Heidelberg

BANZHAF E & HÖFER R (2008): *Monitoring urban structure types as spatial indicators with CIR aerial photographs for a more effective urban environmental management*, In: *Journal of selected topics in applied earth observation and remote sensing*, IEEE 1 (2); 129-138

BARROCA B, BERNARDARA P, MOUCHEL JM & HUBERT G (2006): *Indicators for identification of urban flooding vulnerability*. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6; 553-561

BASTIAN O & SCHREIBER KF [HRSG.] (1994): *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*. Gustav Fischer, Jena & Stuttgart

BECK S, KUHCLICKE C & GÖRG C (2009): *Climate Policy Integration, Coherence, and Governance in Germany*. PEER Climate Change Initiative – Projekt 2: “Climate Policy Integration, Coherence and Governance”. UFZ-Bericht 01/2009. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig

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. (2010): *Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene*, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), *Praxis im Bevölkerungsschutz*, Band 4, Bonn

BIRKMANN J, KRINGS S, MEISEL K, WOLFERTZ J, WURM M (2009a; UNVERÖFFENTLICHT): *INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen – am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen*. V. Zwischenbericht, Bonn

BIRKMANN J (2009b): *Soziale Aspekte für den Bevölkerungsschutz fassbar machen. Indikatoren zur Abschätzung der Vulnerabilität unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber Hochwasser am Beispiel Köln und Dresden*. In: *Notfallvorsorge* 2/2009; 16-18

BIRKMANN J (2008): *Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung*. In: *Raumforschung und Raumordnung*. 66 (1); 5-22

BIRKMANN J & KRINGS S (2008): *Die Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen gegenüber (möglichen) Auswirkungen des Klimawandels*. In: *Notfallvorsorge* 4/2008; 25-30.

BIRKMANN J, GEBERT N, KÜHLING W, LENZ S, LIESE K & VOIGT S (2007; unveröffentlicht): *INDIKATOREN zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel wasserbezogener Naturgefahren in urbanen Räumen. I. Zwischenbericht*, Bonn

BIRKMANN J (2006A): *Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual framework and definitions*. In: BIRKMANN J (HRSG.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press. Tokyo, New York, Paris; 9-54

BIRKMANN J (2006B): *Indicators and Criteria for Measuring Vulnerability: Theoretical Bases and Requirements*, In: BIRKMANN J (HRSG.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards – Towards Disaster Resilient Societies*, United Nations University Press. Tokyo, New York, Paris; 55-77

BRONSTERT A [HRSG.] (2004): *Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder. Schlussbericht zum BMBF-Projekt im Rahmen des Vorhabens „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“*. Brandenburgische Umweltberichte 15

BOGARDI J & BIRKMANN J (2004): *Vulnerability Assessment: The First Step towards Sustainable Risk Reduction*. In: MALZAHN D, PLAPP T (HRSG.): *Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction*. Logos Verlag, Berlin; 75-82

BOHLE HG (2007): *Geographische Entwicklungsforschung*. In: GEBHARDT H, GLASER R, RADTKE U & REUBER P (HRSG.): *Geographie – Physische Geographie und Humangeographie*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin & Heidelberg; 797-815

BOHLE HG (2001): *Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography*. IHPD Update 2/2001. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change; 1-7

BOHLE HG, DOWNING TE & WATTS MJ (1994): *Climate change and social vulnerability. Towards a sociology and geography of food insecurity*. In: *Global Environmental Change* 4; 37-48

BOLLIN C (2008): *Staatliche Verantwortung und Bürgerbeteiligung – Voraussetzung für effektive Katastrophenvorsorge*. In: FELGENTREFF C & GLADE T (HRSG.): *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. Springer, Berlin & Heidelberg; 253-279

BORTZ J (2005): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Auf., Springer, Heidelberg

BRKLACICH M & BOHLE HG (2006): *Assessing human vulnerability to global climatic change*. In: EHLERS E & KRAFFT T (HRSG.): *Earth system science in the anthropocene. Emerging issues and problems*. Berlin & Heidelberg; 51–61

BRÜCHER W (2009): *Energiegeographie. Wechselwirkungen zwischen Ressource, Raum und Politik*. Borntraeger, Berlin & Stuttgart

BRILLY M & POLIC M (2005): *Public perception of flood risks, flood forecasting and mitigation*. In: *Natural Hazard and Earth System Sciences* 5; 345-355

BRUNNER EM & SUTER M (2008): *The International CIIP Handbook 2008/2009. An Inventory of 25 National and 7 International Critical Information Infrastructure Protection Policies*. Zurich: Center for Security Studies, ETH. <http://www.isn.ethz.ch/isn/Digital-Library/Publications/Detail/?id=91952&lng=en>, zuletzt abgerufen am 12.01.2011

BÜHL A (2008): *SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse*. Pearson Studium, München

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2008): *Newsletter 2/2008*. Abrufbar unter: http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/Newsletter__2-08,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/Newsletter_2-08.pdf, zuletzt abgerufen am 20.05.2008

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2006): *Newsletter 3/2006: Wissenswertes aus dem Zentrum Schutz Kritischer*

Infrastrukturen. Abrufbar unter: http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1_3-06,templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1_3-06.pdf, zuletzt abgerufen am 25.03.2008

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2005): *Newsletter: Wissenswertes aus dem Zentrum Schutz Kritischer Infrastrukturen. 1/2005*. Abrufbar unter: www.bbk.bund.de/cln_027/nn_578818/SharedDocs/Publikationen/Newsletter/News1_1-05,templateID=raw,property=publicationFile.pdf/News1_1-05.pdf, zuletzt abgerufen am 25.03.2008

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (BKG) (2009): *GeoDaten-Zentrum*. Abrufbar unter: <http://www.geodatenzentrum.de>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) (HRSG.) (2009): *Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*. Berlin. Abrufbar unter: <http://www.bmi.bund.de/cae/servlet/contentblob/598730/publicationFile/34416/kritis.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) (2008): *Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden*. Berlin

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) ; BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2007): *Schutz der Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Studie und Handlungsempfehlungen*. Management Summary. Berlin & Bonn

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

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2008A): *Entwurf des Kabinettsberichts zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Abrufbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf, zuletzt abgerufen am 07.07.2009

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) [HRSG.] (2008B): *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*. Berlin

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWi), BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2006): *Energieversorgung für Deutschland. Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006*. Berlin. Abrufbar unter: [http://www.bmu.de/files\(download/application/pdf/statusbericht_0603.pdf](http://www.bmu.de/files(download/application/pdf/statusbericht_0603.pdf), zuletzt abgerufen am 12.06.2008

BUNDESNETZAGENTUR (2007): *Bericht der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen über die Systemstörung im deutschen und europäischen Verbundsystem am 4. November 2006*. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/9007.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

BUNDESNETZAGENTUR (2006): *Untersuchungsbericht über die Versorgungsstörung im Netzgebiet des RWE im Münsterland vom 25.11.2005 durch die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen*. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/6420.pdf>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. (BDEW) (HRSG.) (2008): *Energiemarkt Deutschland Zahlen und Fakten zur Gas- und Stromversorgung*. Frankfurt a. M. Abrufbar unter: [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Energiemarkt_Deutschland_-_Sommer2008/\\$file/Energiemarkt%20Deutschland%20Sommer%202008.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Energiemarkt_Deutschland_-_Sommer2008/$file/Energiemarkt%20Deutschland%20Sommer%202008.pdf), zuletzt abgerufen am 28.09.2009

CAMPBELL J (2002): *Introduction to Remote Sensing*. 3. Aufl., The Guilford Press, New York

CANNON T, TWIGG J & ROWELL J (2003): *Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters. Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office*. Abrufbar unter: http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf, zuletzt abgerufen am 30.09.2009

CARDONA OD, HURTADO JE, CHARDON AC, MORENO AM, PRIETO SD, VELASQUEZ LS & DUQUE G (2005): *Indicators of disaster risk and risk management. Program for*

Latin America and the Caribbean. Summary Report for World Conference on Disaster Reduction, IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of Colombia/Inter-American Development Bank. Abrufbar unter: www.iadb.org/int/DRP/Ing/Red6/Docs/IDEAR06-05eng.pdf, zuletzt abgerufen am 30.09.2009

CARDONA OD (2001): *Estimacion Holistica des Riesgo Sismico Utilizando Sistemas Dinamicos Complejos*. Technical University of Catalonia, Barcelona

CARDONA OD & BARBAT AH (2000): *El Riesgo Sísmico y su Prevención, Cuaderno Técnico 5*. Calidad Siderúrgica, Madrid

CARDONA OD (1999): *Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics: A Holistic Risk Assessment and Management Approach*. In: INGLETON K (HRSG.): *Natural Disaster Management*. Tudor Rose, London

COMITÉ EUROPÉEN DES ASSURANCES (CEA) (2007): *Reducing the social and economic impact of climate change and natural catastrophes – insurance solutions and public-private partnerships*. Brüssel

CONSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, FARBER S, GRASSO M, HANNON B, LIMBURG K, NAEEM S, O'NEILL RV, PARUELO J, RASKIN RG, SUTTON P, VAN DEN BELT M (1997): *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. In: *Nature*, Vol.387,1997

DAMM M, FEKETE A, UHLEMANN S & ZWENZNER H (2006): *Development of an Information System for Large-Scale Flood Events Supported by Remote Sensing (Project DISFLOOD), Beiträge zur Konferenz „Strategien und Instrumente zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ 23. - 25. November 2005 in Tangermünde. Magdeburger Wasserwirtschaftliche Hefte 6*, Shaker, Magdeburg; 133-141

DE BRUIN K, KLIJN F, ÖLFERT A, PENNING-POWSELL E, SIMM J, WALLIS M (2009): *Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project)*

DE MOEL H, VAN ALPHEN J, & AERTS JCJH (2009): *Flood maps in Europe – methods, availability and use*. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9; 289-301

DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (1999): *Sustainable livelihoods guidance sheets*. 4/1999. Abrufbar unter: http://www.livelihoods.org/info/guidance_sheets_pdfs/section2.pdf, zuletzt abgerufen am 13.08.2008

DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM (GFZ) (O. J.): *NaDiNe*. Abrufbar unter: <http://nadine-ws.gfz-potsdam.de:8080/howasPortal/client/start>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

DEUTSCHES ROTES KREUZ (2008): *Großkatastrophe Stromausfall*. Abrufbar unter: http://www.drk.de/alt/tops_2008/0924_katastrophenfall/bericht.html, zuletzt abgerufen am 28.9.2009

DEUTSCHER STÄDTE- UND GEMEINDEBUND (DSTGB) (2006): *DStGB Dokumentation No. 60. Sichere Städte und Gemeinden. Unterstützungs- und Dienstleistungsangebote des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe*. Abrufbar unter: http://www.dstgb.de/homepage/artikel/dokumentationen/nr_60_sichere_staedte_und_gemeinden/doku60_bevoelkerungsschutz.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

DEUTSCHES KOMITEE FÜR KATASTROPHENVORSORGE (DKKV) (2003): *Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbgebiet*. Schriftenreihe des DKKV 29

DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (DVGW) (2003): *Dokumentation von typischen Schäden und Beeinträchtigungen durch Hochwasserereignisse in der Wasserversorgung, Ableitung von vorbeugenden und akuten Handlungsempfehlungen*. Dresden. Abrufbar unter: http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/organisation/hochwasser_tzw.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

DIEKMANN A (1996): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendung*, 2. Aufl., Rowohlt, Hamburg

DILLEY M, CHEN R, DEICHMANN U, LERNER-LAM A, & ARNOLD M (2005): *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. Columbia University, World Bank; New York & Washington

DITTRICH F (2005): *Die Ermittlung von Hochwasserschäden in der Landwirtschaft. Vortrag beim RIMAX-MEDIS-Workshop „Erfassung von Hochwasserschäden“*, 1./2. Dez. 2005 in Dresden. Abrufbar unter: http://www.rimax-hochwasser.de/fileadmin/RIMAX/download/Veranstaltungen/MEDIS-Workshop/medis_05_dittrich.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

DREWAG NETZ (2008): *Netzdaten Trink- und Brauchwassernetz*. Abrufbar unter: <http://www.drewag-netz.de/wasser/netzdaten/netzdaten.html>, zuletzt abgerufen am 30.09.2009

EMSCHERGENOSSENSCHAFT/HYDROTEC (2004): *Hochwasseraktionsplan Emscher. Anlage 5: Methodik der Schadensermittlung*. Abrufbar unter: http://www.eglv.de/hochwasser/pdf_e_anlagen/an_5_00_Methodik_Schaden/methodik_schadensermittlung.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

ESCH T (2006): *Automatisierte Analyse von Siedlungsflächen auf der Basis höchstauflösender Radardaten*. Bayerische Julius-Maximilian Universität. Dissertation. Würzburg

FAKETE A (2009): *Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany*. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9; 393-403

FEW R (2003): *Flooding, vulnerability and coping strategies: local response to a global threat*. In: *Progress in Development Studies* 3 (1); 43-58

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN UNION (EU-KOMMISSION) (2007): *Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU“*, vom 29.06.2007, KOM (2007) 354 endgültig.

EUROPEAN SPACE IMAGING GMBH (EUSI) (2009): *ohne Titel*. Abrufbar unter: <http://www.euspaceimaging.com>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

FOODY G (2002): *Status of land cover classification accuracy assessment*. In: *Remote Sensing of Environment* 80; 185-201

FUCHS S (2009): *Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria – paradigms of vulnerability revisited*. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9; 337-352

FÜSSEL HM (2007): *Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research*. In: *Global Environmental Change* 17; 155-167

FÜSSEL HM & KLEIN R (2006): *Climate change vulnerability assessment: an evolution of conceptual thinking*. In: *Climate Change* 75 (3); 301-329

GALDERISI A & MENONI S (2006): *Natural risk prevention and land-use planning in Italy: strengths and weaknesses of a system stretched between centralized and decentralized authorities*. In: FLEISCHHAUER M, GREIVING S & WANCZURA S (HRSG.): *Natural hazards and spatial planning in Europe*. Dortmund; 97-125

GEIER W (2008): *Der Schutz Kritischer Infrastrukturen – Gemeinschaftsaufgabe von Staat und Wirtschaft im Rahmen einer gesamtstaatlichen Notfallvorsorge*. In: BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (HRSG.): *Nationales Krisenmanagement im Bevölkerungsschutz (Praxis im Bevölkerungsschutz, Bd. 1)*, Bonn; 89-93

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1757, 2797), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986)

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG) vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833)

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz, WHG) vom 27. Juli 1957 (http://de.wikipedia.org/wiki/Bundesgesetzblatt_%28Deutschland%29BGBl. I S. 1110, 1386), in der Neufassung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I 2585)

Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 03. Mai 2005 (BGBl. 2005 I S.1224), insbesondere § 31b (2)

GEOEYE (2009): *ohne Titel*. Abrufbar unter: <http://www.geoeye.com>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

GROTHMANN T & REUSSWIG F (2006): *People at risk of flooding: Why some residents take precautionary action while others do not*. In: *Natural Hazards* 38; 101-120

GRÜNTAL G, THIEKEN AH, SCHWARZ J, RADTKE KS, SMOLKA A & MERZ B (2006): *Comparative Risk Assessment for the City of Cologne – Storms, Floods, Earthquakes*. In: *Natural Hazards* 38; 21-44

HARTL P (2008): *Großflächiger Stromausfall – Gemeinsame Einsatzplanung der Stadt Köln und der Rheinenergie AG*. Vortrag beim 9. Forum Katastrophenvorsorge, Offenbach, 20.-21. November 2008. Abrufbar unter: http://213.23.39.218/download/Forum/9/Hartl_Presentation.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

HEROLD M (2002): *Object-oriented mapping and analysis of urban land use/cover using IKONOS data*. In: *Proceedings of 22nd EARSEL Symposium “Geoinformation for European-wide integration”*. Prag

HILDEBRANDT G (1996): *Fernerkundung und Luftbildmessung – für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie*. Wichmann, Heidelberg

HILHORST D & BANKOFF G (2004) MAPPING VULNERABILITY. In: BANKOFF G, FRERKS G & HILHORST D (HRSG.) *Mapping Vulnerability: Disaster, Development and People*. Earthscan, London; 1-9

HOCHWASSERSCHUTZZENTRALE KÖLN (2009): *Risikomanagement*. Abrufbar unter: <http://www.steb-koeln.de/risikomanagement.html>, zuletzt abgerufen am 28.09.09

HOFMANN AD (2005): *An approach to 3D building model reconstruction from airborne laser scanning data using parameter space analysis and fusion of primitives*, *Dissertation*. Technische Universität Dresden

INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (2002): *Hochwasservorsorge. Maßnahmen und ihre Wirksamkeit*. Koblenz

JANSSEN J & LAATZ W (2007): *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests*. 6. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg

KLUGE T & SCHEELE U (2008): *Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft*. In: MOSS T, NAUMANN M & WISSEN M (HRSG.): *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. München; 143-172

KREIBICH H & THIEKEN AH: *Coping with floods in the city of Dresden*. Germany

KREIBICH H, THIEKEN AH, PETROW T, MÜLLER M & MERZ B (2005): *Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures – lessons learned from the Elbe flood in August 2002*. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5; 117-126

KRIEGER DJ (1998): *Einführung in die allgemeine Systemtheorie*. 2. Aufl., Paderborn

KROPP J (2007): *Wo der Klimawandel NRW trifft*. Interview mit dem Potsdamer Klimaforscher Jürgen Kropp. Rheinische Post, 27. Januar

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2009A): *Dresdner Zahlen aktuell*. Abrufbar unter: http://www.dresden.de/de/02/06/01/c_01.php, zuletzt abgerufen am 25.05.2009

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2009B): *Stadt, Verwaltung und Rat*. Abrufbar unter: <http://www.dresden.de/>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN [HRSG.] (2005): *Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser*. Dresden

LASZLO E (1998): *Systemtheorie als Weltanschauung. Eine ganzheitliche Vision für unsere Zeit*. Diederichs, München

LAUWE P & RIEGEL C (2008): *Schutz Kritischer Infrastrukturen – Konzepte zur Versorgungssicherheit*. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 1/2 2008; 113-125

LENZ S (2009): *Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. (Schriftenreihe Forschung im Bevölkerungsschutz 4)*, Bonn

LILLESAND T, KIEFER R & CHIPMAN J (2004): *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5. Aufl., Wiley, New York

LUDWIG D (1991): *Methode zur ökologischen Bewertung der Biotopfunktion von Biotoptypen und Verfahren zur Überprüfung des Mindestumfanges von Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen bei Eingriffen in die Biotopfunktion*. Bochum

MALIK F (2006): *Strategie des Managements komplexer Systeme. Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme*. 9. Aufl., Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien

MARRE D, WALTHER W & ULLRICH K (2005): *Einfluss des Hochwassers auf die Grundwasser-Beschaffenheit in Dresden*. In: *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie* 3/2005; 146-156

MATHER PM (2004): *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An introduction*. 3. Aufl., Edition John Wiley, Chichester

MAYRING P (1999): *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. 4. Aufl., Beltz, Weinheim

MEINEL G, SCHUMACHER U & HENNERSDORF J (2003): *GIS-Technical Evaluation of the Flood Disaster in Summer 2002 with respect to the City of Dresden on the Basis of Remote Sensing, Laser Scanner and Measurement Data, ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIV; 104-111*

MERZ B, FRIEDRICH J, ZSCHAU J, BORMANN P, PAROLAI S, MILKEREIT K, RICHWALSKI S, ROTH F & WANG R (2002): *Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen: Von der Gefährdung zum Risiko – Beispiel Erdbebenrisiko*. In: GEO FORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM (HRSG.): *Zweijahresbericht Geo Forschungszentrum Potsdam 2000/2001*, Potsdam

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2003): *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. Summary*. Abrufbar unter: <http://www.millenniumassessment.org>

millenniumassessment.org/documents/document.48.aspx.pdf, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

MONSTADT J (2008): *Der räumliche Wandel der Stromversorgung und die Auswirkungen auf die Raum- und Infrastrukturpolitik*. In: MOSS T, NAUMANN M & WISSEN M (HRSG.): *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. München; 187-224

MOSER S (2001): *Komplexe Konstruktionen – Systemtheorie, Konstruktivismus und empirische Literaturwissenschaft*. Dissertation. Wiesbaden

NIEHOFF D (2008): *Handlungsbedarf in Zeiten des Klimawandels*. In: *Notfallvorsorge 4/2008*; 6-8

PARKER D, TAPSELL S & MCCARTHY S (2007): *Enhancing the human benefits of flood warnings*. In: *Natural Hazards 43*; 397-414

PAULEIT S (1999): *Das Umweltwirkgefüge städtischer Siedlungsstrukturen: Darstellung des städtischen Ökosystems durch eine Strukturtypenkartierung zur Bestimmung von Umweltqualitätszielen für die Stadtplanung*, Dissertation. Technische Universität München

PETROW T, THIEKEN AH, KREIBICH H, BAHLBURG CH & MERZ B (2006): *Improvements on Flood Alleviation in Germany: Lessons Learned from the Elbe Flood in August 2002*. In: *Environmental Management 38*; 717-732

PLATE EJ, MERZ B & EIKENBERG C (2001): *Naturkatastrophen: Herausforderung an Wissenschaft und Gesellschaft*. In: PLATE EJ & MERZ B (HRSG.) *Naturkatastrophen*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart; 1-45

POHL J (1998): *Qualitative Verfahren*. In: AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG: *Methoden und Instrumente der räumlichen Planung. Handbuch*. Hannover; 95-108

PROFESSUR FÜR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK, UNIVERSITÄT ROSTOCK (2008): *Geoinformatik-Service, GI-Lexikon*. Abrufbar unter: <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/lexikon.asp>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

REICHENBACH G, GÖBEL R, WOLFF H & STOKAR VON NEUFORN S (2008): *Risiken und Herausforderungen für die öffentliche Sicherheit in Deutschland. Szenarien und Leitfragen. Grünbuch des Zukunftsforums öffentliche Sicherheit*. Berlin, Bonn. Abrufbar unter: <http://www.zukunftsforum-oeffentliche-sicherheit.de/gb-downloads>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

RENN O (2002): *Zur Soziologie von Katastrophen: Bewußtsein, Organisation und soziale Verarbeitung*. In: *Proceedings of the 2nd DKKV Forum on Catastrophe Prevention*. September 2001. 383-389

RHEINENERGIE AG (2009): *Versorgungsgebiet*. Abrufbar unter: <http://www.rheinenergie.com/lang/de/produkte/wasser/versorgungsgebiet.php>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

RICHARDS J & JIA X (1999): *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*. 3. Aufl., Springer, Berlin

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. (Amtsblatt der Europäischen Union L 288/27 vom 6.11.2007.)

RISIKOKOMMISSION [HRSG.] (2003): *Abschlussbericht der Risikokommission – ad hoc-Kommission Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland*. Salzgitter

SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) [HRSG.] (2005): *Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten*. In: *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 10 (12)*

SANYAL J & LU XX: *Application of Remote Sensing in Flood Management with Special Reference to Monsoon Asia (2004): A Review*. In: *Natural Hazards* 33; 283-301

SCHIEWE J (2002): *Segmentation of high-resolution remotely sensed data – concepts, applications and problems. Symposium on geospatial theory, processings and applications, Ottawa, 2002*

SCHNEIDERBAUER S. & EHRLICH D (2004): *Risk, Hazard and People's Vulnerability to natural Hazards: A Review of Definitions, Concepts and Data*. Brussels: European Commission – Joint Research Centre (EC-JRC)

SCHOLLES F (2008A): *Analysemethoden: Messung, Indikation*. In: FÜRST D & SCHOLLES F (HRSG): *Handbuch, Theorien, Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Dortmund; 317-323

SCHOLLES F (2008B): *Bewertungsmethoden: Der Relevanzbaum*. In: FÜRST D & SCHOLLES F (HRSG): *Handbuch, Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Dortmund; 409-414

SCHREY P (O. J.): *Karte der schutzwürdigen Böden in Nordrhein-Westfalen 1:50.000*. Krefeld

SOCHER W (1999): *Umweltatlas 1999 – Stadtstrukturtypen*. Landeshauptstadt Dresden, Amt für Umweltschutz, Dresden

STADT ANDERNACH (2009): *Statistische Daten der Stadt Andernach*. Abrufbar unter: http://www.andernach.de/start_1.html, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

STADT KÖLN (2008): *Kölner Statistische Nachrichten 1/2008, 15*. Abrufbar unter: <http://www.stadt-koeln.de/mediaasset/content/pdf15/bevoelkerung-2007.pdf>, zuletzt abgerufen am 25.05.2009

STADT RADEBEUL (2009): *Statistische Information, Bevölkerungsentwicklung*. Abrufbar unter: http://www.radebeul.de/Wirtschaft+_+Bauen-p-5/Statistische+Informationen/Bev%C3%B6lkerungsentwicklung.html, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

STADTWERKE ANDERNACH (O. J.): *Strom- und Gasversorgung*. Abrufbar unter: <http://www.stadtwerke-andernach.de/index.htm>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

STEINFÜHRER A, KUHCLICKE C, DE MARCHI B, SCLOBING A, TAPSELL S & TUNSTALL S (2009): *Local Communities at Risk from Flooding. Social Vulnerability, Resilience and Recommendations for Flood Risk Management in Europe*. Helmholtz Centre for Environmental Research. Leipzig

STEINFÜHRER A & KUHLCHE C (2007): *Social vulnerability and the 2002 flood. Country Report Germany (Mulde River). FLOODsite. Integrate Flood Risk Analysis and Management Methodologies*

STEINNOCHER K, PETRINI F, TÖTZER T & WEICHSELBAUM J (2005): *Räumliche Disaggregation von sozio-ökonomischen Daten, Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVII-Beiträge zum AGIT-Symposium. Salzburg*

STERR H, KLEIN R & REESE S (O. J.): *Climate change and coastal zones: an overview of the state-of-the-art on regional and local vulnerability assessment. FEEM Working Paper Series, 38.200*

STIFTUNG WARENTEST (2008): *Versicherungsschutz bei Unwetter. Der Himmel spielt verrückt. Abrufbar unter: <http://www.test.de/themen/versicherung-vorsorge/test/-Versicherungsschutz-bei-Unwetter/1714242/1714242/1722906>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009*

SUKOPP H & WITTIG R (1998): *Stadtökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart*

TAUBENBÖCK H, WURM M, NETZBAND M, ZWENZER H, ROTH A, RAHMANN A & DECH S (2001): *Flood risks in urbanized areas – Multi-sensoral approaches using remotely sensed data for risk management. In: Natural Hazards and Earth System Science 11, 431-444*

TAUBENBÖCK H, GOSEBERG N, SETIADI N, LÄMMEL G, MODER F, OCZIPKA M, KLÜPFEL H, WAHL R, SCHLURMANN T, STRUNZ G, BIRKMANN J, NAGEL K, SIEGERT F, LEHMANN F, DECH S, GRESS A & KLEIN R (2009): *“Last-Mile” preparation for a potential disaster – Interdisciplinary approach towards tsunami early warning and an evacuation information system for the coastal city of Padang, Indonesia. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 9; 1509-1528*

TAUBENBÖCK H (2008): *Vulnerabilitätsabschätzung der erdbebengefährdeten Megacity Istanbul mit Methoden der Fernerkundung, Dissertation. Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg*

TAUBENBÖCK H, ROTH A & DECH S (2007): *Linking structural urban characteristics derived from high resolution satellite data to population distribution*. In: COORS V; RUMOR M; FENDEL E & S. ZLATANOVA (HRSG.) *Urban and Regional Data Management*, Taylor & Francis Group, London; 35-45

TAUBENBÖCK H, & ROTH A (2007): *A transferable and stable object oriented classification approach in various urban areas and various high resolution sensors, 2007 Urban Remote Sensing Joint Event*

TAUBENBÖCK H, ESCH T & ROTH A (2006): *An urban classification approach based on an object-oriented analysis of high resolution satellite imagery for a spatial structuring within urban areas*. 1st Earsel Workshop of the SIG Urban Remote Sensing, Berlin

THIEKEN AH, MÜLLER M, KREIBICH H & MERZ B (2005): *Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany*. In: *Water Resources Research* 41 (12); 1-16

TURNER BL, KASPERSON RE, MATSON PA, MCCARTHY JJ, CORELL RW, CHRISTENSEN L, ECKLEY N, KASPERSON JX, LUERS A, MARTELL ML, POLSKI C, PULSIPHER A & SCHILLER A (2003): *A framework for vulnerability analysis in sustainable science*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (14); 8074-8079

THYWISSEN K (2006): *Core terminology of disaster reduction – a comparative glossary*. In: BIRKMANN J (HRSG.): *Measuring vulnerability to hazards of natural origin. Towards disaster resilient societies*, United Nations University Press; Tokyo, New York, Paris

UMWELTBUNDESAMT (2006): *Für Mensch und Umwelt: Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten*. Dessau

UNITED NATIONS (UN) (2005): *Hyogo Framework for Action 2005– 2015. Building the resilience of nations and communities to disasters*. World Conference on Disaster Reduction, 18–22 January 2005, Kobe, Hyogo. Abrufbar unter: www.unisdr.org/wcdr/intergover/officialdoc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf, zuletzt abgerufen am 30.09.2009

UNITED NATIONS (1993): *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development: The Final Text of Agreements Negotiated by Governments at the United*

Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil; United Nations Publications, New York

UNITED NATIONS (1991): *Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options: a Manual for Policy Makers and Planners*. UNDRO (United Nations Disaster Relief Organization), New York

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) (2004): *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report*. Bureau for Crisis Prevention and Recovery, UNDP, New York

UNITED NATIONS/INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN/ISDR) (2004): *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, 2004 version*. Geneva

Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism (USA Patriot Act) Act of 2001, Pub. L. No. 107-56, 115 Stat. 272 (Oct. 26, 2001)

VERBAND DER NETZBETREIBER (VDN, BEIM VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT, VDEW E. V.) (HRSG.) (2007): *Daten und Fakten. Stromnetze in Deutschland 2007*. Berlin. Abrufbar unter: <http://www.vdnstrom.de/global/downloads/Publikationen/DatenFakten/Daten+Fakten2007.pdf>, zuletzt abgerufen am 16.01.2009

VERBAND SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSUNTERNEHMEN (2008): *Netzebenen*. Abrufbar unter: http://www.poweron.ch/de/stromnetz/netzebenen_content---1-1224.html, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

VERBUND KOMMUNALES STATISTISCHES INFORMATIONSSYSTEM (KOSIS-VERBUND) (2009): *Städtestatistik im Internet*. Abrufbar unter: <http://www.staedtestatistik.de>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

VERBRAUCHERZENTRALE SACHSEN (2007): *Pressemitteilung der Verbraucherzentrale Sachsen 22.06.2007. Starkregen, Sturmböen, Blitz und Donner – welche Schäden sind versichert?* Abrufbar unter: <http://www.verbraucherzentrale-sachsen.de/UNI124757022823134/link329282A>, zuletzt abgerufen am 28.09.2009

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS) des Landes Nordrhein-Westfalen vom 20.03.2004 (GV. NRW. 2004 S. 274/SGV. NRW. 77)

VESTER F (2004): *Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität*. Ein Bericht an den Club of Rome. 4. Aufl., dtv, München

VESTER F (2002): *Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen Umgang mit Komplexität*. München

VESTER F (1980): *Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart

VILLA F & MCLEOD H (2002): *Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making. Guidelines and Applications*. In: *Environmental Management* 29 (3); 335-348

WARM HJ & KÖPPKE KE (2007): *Schutz von neuen und bestehenden Anlagen und Betriebsbereichen gegen natürliche, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, insbesondere Hochwasser (Untersuchung vor- und nachsorgender Maßnahmen)*. Berlin

WESSEL K (1996): *Empirisches Arbeiten in der Wirtschafts- und Sozialgeographie*. Paderborn

WHITE ID, MOTTERSHEAD DN & HARRISON SJ (1984): *Environmental Systems: An Introductory Text*. Allen and Unwin, London

WIENER N (1948): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Wiley & Sons, New York

WISNER B, BLAIKIE P, CANNON T & DAVIS I (2004): *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2. Aufl. London

WISNER B (2002): *Who? What? Where? When? In an Emergency: Notes on Possible Indicators of Vulnerability and Resilience: By Phase of the Disaster Management Cycle and Social Actor*. In: PLATE E (HRSG.): *Environment and Human Security*. Contributions to a workshop in Bonn, 23.-25. October 2002, 12/7-12/14

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED) (1987): *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development, Brundtland Report*. Oxford University Press, Oxford

WURM M, TAUBENBÖCK H, ROTH A & DECH S (2009A): *Urban structuring using multisensoral remote sensing data*. In: *Proceedings of Joint Urban Remote Sensing Event 2009*, Shanghai

WURM M, TAUBENBÖCK H, KRINGS S, BIRKMANN J, ROTH A & DECH S (2009B): *Derivation of population distribution for vulnerability assessment in flood-prone German cities using multisensoral remote sensing data*. In: *Proceedings of SPIE Europe Remote Sensing 2009*, Berlin

ZADEH LA (1978): *Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility*. *Fuzzy Sets and Systems* 1 (1); 3-28

ZWENZNER H & VOIGT S (2009): *Improved estimation of flood parameters by combining space based SAR data with very high resolution digital elevation data*. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 13; 567-576

Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung, 12. BImSchV): in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juni 2005 (BGBl. I S. 1598)

7

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1	Übersicht über Arbeitsdefinitionen, die in dem Projekt genutzt wurden	Tab. 3.7	Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle
Tab. 2.1	Vergleich von Daten zu Größe, Trinkwasserverbrauch und Komponentenausstattung der Untersuchungsräume	Tab. 3.8	Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle
Tab. 3.1	Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Köln	Tab. 3.9	Mediane der Evakuierungszeit in Minuten
Tab. 3.2	Annahmen bei der Einteilung der Haushaltstypen zur Indikatorenentwicklung	Tab. 3.10	Ausgewählte Maße der Varianzanalysen
Tab. 3.3	Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Köln	Tab. 3.11	Koeffizienten der linearen Regressionsmodelle
Tab. 3.4	Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ-Gebiete (beinhalten HQ-100-Gebiete), Köln	Tab. 3.12	Ausgewählte Gütemaße der linearen Regressionsmodelle
Tab. 3.5	Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, HQ-100-Gebiete, Dresden	Tab. 3.13	Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, HQ-100-Gebiete, Dresden
Tab. 3.6	Haushaltstyp und Evakuierungsfähigkeit, EHQ-Gebiete (beinhalten HQ-100-Gebiete), Dresden	Tab. 3.14	Eigentumsverhältnis und Versicherungsschutz, EHQ-Gebiete, Dresden
		Tab. 3.15	Koeffizienten der logistischen Regressionsmodelle
		Tab. 3.16	Ausgewählte Gütemaße der logistischen Regressionsmodelle

- | | |
|---|---|
| <p>Tab. 4.2.1 Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz nach den Flächennutzungsklassen</p> <p>ab. 4.3.1 Untergliederung gewerblicher Anlagen gemäß Anlage 2 zum UVPG</p> <p>Tab. 4.3.2 Verwundbarkeitsindikatoren im Bereich gewerblich-industrieller Areale und Anlagen</p> <p>Tab. 5.1 Eigenschaften der höchstauflösten Satellitenbilddaten</p> <p>Tab. 5.2 Eigenschaften der digitalen Laserscanning-Oberflächenmodelle</p> <p>Tab. 5.3 Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Köln</p> <p>Tab. 5.4 Nutzer- und Herstellergenauigkeit der Landbedeckungsklassifikation – Dresden</p> <p>Tab. 5.5 Genauigkeitsabschätzung der Anzahl der extrahierten Einzelgebäude</p> <p>Tab. 5.6 Genauigkeitsabschätzung der Geschosshohenableitung auf Einzelhausniveau für die Untersuchungsgebiete Köln-Innenstadt und Dresden-Altstadt</p> | <p>Tab. 5.7 Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation und Abschätzung der potenziell betroffenen Bevölkerung bei einem HQ-500-Ereignis auf Basis von Stadtvierteln in Köln</p> |
|---|---|

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1.1** BBC-Rahmenkonzept
- Abb. 1.2** Regelkreis mit den gängigen Bezeichnungen aus der Kybernetik
- Abb. 2.1** Ebenen von KRITIS
- Abb. 2.2** Einordnung der für die Projektarbeit gewählten Betrachtungsebenen
- Abb. 2.3** Überblick über die in der Projektarbeit betrachteten Verwundbarkeitskriterien; eigene Darstellung
- Abb. 2.4** Ablaufschema der ersten Phase des Verwundbarkeitsassessments; eigene Darstellung
- Abb. 2.5** Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse I
- Abb. 2.6** Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse II
- Abb. 2.7** Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse III
- Abb. 2.8** Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse IV
- Abb. 2.9** Schematische Darstellung Verwundbarkeitsklasse V
- Abb. 2.10** Vorschlag für ein Ranking der einzelnen Teilprozesse; eigene Darstellung
- Abb. 2.11** Beispiel für hochwasserangepasste Bauweise eines Kabelverteilers
- Abb. 3.1** Struktur arbeitsloser Bevölkerung in Köln und Dresden
- Abb. 3.2** Struktur ausländischer Bevölkerung in Köln und Dresden
- Abb. 3.3** Indikatoren und Indikatorenentsatz zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen
- Abb. 3.4** Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde
- Abb. 3.5** Anteil der nicht selbstständig evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden
- Abb. 3.6** Evakuierungszeiten im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln
- Abb. 3.7** Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

- Abb. 3.8** Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Köln
- Abb. 3.9** Hochwassersensibilität im EHQ-Gebiet der Stadt Köln
- Abb. 3.10** Informationslage (keine Informationen erhalten/ eingeholt) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln
- Abb. 3.11** Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde
- Abb. 3.12** Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde
- Abb. 3.13** Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde
- Abb. 3.14** Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden (Ausschnitt) bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde
- Abb. 3.15** Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.16** Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.17** Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)
- Abb. 3.18** Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)
- Abb. 3.19** Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.20** Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.21** Anteil evakuierter Bevölkerung nach Zeit für drei Haushaltstypen im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.22** Evakuierungszeiten im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.23** Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.

- Abb. 3.24** Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.25** Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009.
- Abb. 3.26** Anteil der Haushalte mit Elementarschaden-Versicherung nach Haushaltseinkommen im EHQ-Gebiet der Stadt Köln. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung und des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009.
- Abb. 3.27** Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.28** Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)
- Abb. 3.29** Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.30** Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden (Ausschnitt)
- Abb. 3.31** Hochwassersensibilität im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.32** Mittelwerte der Hochwassersensibilität für die UNU-EHS-Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.33** Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.34** Informationslage (keine Informationen erhalten/eingeholt) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln (Ausschnitt)
- Abb. 3.35** Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten, Angaben in %) für die UNU-EHS-Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.36** Informationslage (keine Informationen erhalten oder eingeholt, Angaben in %) für die UNU-EHS-Untersuchungsgebiete der Stadt Dresden. Die Zahlen basieren auf den Daten der UNU-EHS-Haushaltsbefragung.
- Abb. 3.37** Anzahl der im kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln genannten Hochwasserschutzmaßnahmen privater Haushalte nach verschiedenen Kategorien

- Abb. 4.0.1** Klassischer Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen
- Abb. 4.1.1** Darstellung des Verwundbarkeitskonzeptes
- Abb. 4.1.2** Darstellung des Verwundbarkeitsmodells
- Abb. 4.1.3** Darstellung des Systemmodells
- Abb. 4.1.4** Eine noch leere Präferenzmatrix
- Abb. 4.1.5** Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen dem Biotopwert und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.1.6** Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Schutzwürdigkeit der Böden und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.1.7** Beispiel eines funktionalen Zusammenhanges zwischen der Grundwassergeschüttheit und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.1.8** Funktionaler Zusammenhang zwischen der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.1.9** Funktionaler Zusammenhang zwischen der Schadwirkung von Anlagen/Betriebsbereichen und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.1.10** Präferenzmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Umweltinformation und der Schadwirkung ausgehend von Anlagen/Betriebsbereichen nach § 62 WHG und nach der 12. BImSchV
- Abb. 4.1.11** Expositionstest für die Stadt Köln
- Abb. 4.1.12** Verwundbarkeitsrelevante Kriterien, dargestellt für die Stadt Köln
- Abb. 4.1.13** Verwundbarkeitsrelevante Umweltinformation, dargestellt für die Stadt Köln
- Abb. 4.1.14** Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Köln
- Abb. 4.1.15** Umweltverwundbarkeit gegenüber den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Köln
- Abb. 4.1.16** Umweltverwundbarkeit gegenüber den Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Köln
- Abb. 4.2.1** Darstellung des Verwundbarkeitskonzeptes
- Abb. 4.2.2** Verwundbarkeitsmodell der flächenbasierten Verwundbarkeitsermittlung

- Abb. 4.2.3** Verwundbarkeitsmodell der einzelfallbezogenen Verwundbarkeitsermittlung
- Abb. 4.2.4** Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit von Gartenbaubetrieben
- Abb. 4.2.5** Darstellung des Systemmodells der Verwundbarkeit der Acker- und Grünlandbewirtschaftung (einschließlich Viehhaltung)
- Abb. 4.2.6** Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Schadenspotenzial und der Verwundbarkeit
- Abb. 4.2.7** Funktionaler Zusammenhang zwischen Überflutungstoleranz und Verwundbarkeit
- Abb. 4.2.8** Präferenzmatrix aus dem Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz
- Abb. 4.2.9** Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schadwirkung der Anlagen nach § 62 WHG und der Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV
- Abb. 4.2.10** Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen und der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV
- Abb. 4.2.11** Expositionstest für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.12** Schadenspotenzial der landwirtschaftlichen Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.13** Überflutungstoleranz landwirtschaftlicher Nutzflächen, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.14** Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.15** Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen ausgehend von Altlasten, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.16** Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.2.17** Flächenbasierte Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller Schadwirkungen potenzieller Kontaminationsquellen, dargestellt für die Stadt Dresden
- Abb. 4.3.1** Ermittlung der Verwundbarkeit im gewerblich-industriellen Bereich (Fremdschäden)
- Abb. 5.1** Das elektromagnetische Spektrum (Albertz 2007).

- Abb. 5.2** Abdeckung des Untersuchungsgebietes Köln mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos-Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)
- Abb. 5.3** Abdeckung des Untersuchungsgebietes Dresden mit höchstauflösten optischen Satellitenbilddaten (Ikonos-Falschfarbinfrarotdarstellung, Bandkombination 4/3/2)
- Abb. 5.4** Digitales Oberflächenmodell von Köln und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung
- Abb. 5.5** Digitales Oberflächenmodell von Dresden und vergrößerter Ausschnitt in beleuchteter Darstellung
- Abb. 5.6** Veränderungen in der bebauten Landschaft in den Untersuchungsgebieten Dresden (a-d) und Köln (e-f)
- Abb. 5.7** Konzept von Risiko, Vulnerabilität und Gefährdung
- Abb. 5.8** Segmentierungsoptimierung. Einzelschritte der Segmentierung: (a) Kombinierte Darstellung des digitalen Oberflächenmodells von Ikonos, (b) Import von ATKIS-Baublöcken, (c) Gebäudescharfe Segmentierung, (d) Klassifizierung nach Typ, (e) Basissegmentierung Ikonos, (f-i) Teilschritte der Segmentierungsoptimierung, (j) Klassifikationsergebnis
- Abb. 5.9** Schematischer Ablauf der hierarchischen Segmentierungsoptimierung
- Abb. 5.10** Landbedeckungsklassifikation Dresden – Altstadt
- Abb. 5.11** Landbedeckungsklassifikation Köln – Innenstadt
- Abb. 5.12** Ergebnis der Segmentierung von Einzelgebäuden, auf Ikonos überlagert
- Abb. 5.13** Ergebnis der Ableitung und Klassifikation von Geschosszahlen auf Einzelhausniveau
- Abb. 5.14** Dreidimensionale Darstellung von Köln und Klassifikation nach unterschiedlichen Gebäudetypen
- Abb. 5.15** Darstellung der Gesamtbevölkerung auf Ebene der Stadtbezirke (Köln) bzw. Ortsämter (Dresden)
- Abb. 5.16** Abgeschätzte Bevölkerung auf Einzelhausniveau für das Untersuchungsgebiet Köln-Innenstadt und räumliche Ausprägung des potenziellen Extremhochwasserereignisses
- Abb. 5.17** Genauigkeitsabschätzung der räumlichen Disaggregation für die einzelnen Stadtviertel in Köln
- Abb. 5.18** Vergleich zwischen abgeschätzter Bevölkerung auf Stadtviertelebene und amtlichen Daten

- Abb. 5.19** Anzahl der abgeschätzten bei einem Extremhochwasser potenziell betroffenen Bevölkerung für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden
- Abb. 5.20** Stadtstrukturtypenklassifikation für die Untersuchungsgebiete Köln und Dresden
- Abb. 5.21** Darstellung der satellitenbasierten Überflutungsfläche an der Elbe oberhalb von Dresden und Verschneidung mit den Hochwasserprofilen im Geländemodell (links); abgeleitete Überflutungstiefe (rechts)
- Abb. 5.22** Längsprofil des Flussabschnitts der Elbe oberhalb von Dresden mit der Höhe der einzelnen Querschnittsprofile (rot) und der geglätteten Wasseroberfläche (gelb) während des Überflutungsereignisses zum Zeitpunkt der Satellitenbildaufnahme

8

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisches Kartographisches Informationssystem	BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BBC-Framework	Bogardi/Birkmann/ Cardona-Framework	BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe	BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	DISFLOOD	Disaster Information System for Large-scale Flood Events Using Earth Observation
BfLR	Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung	DKKV	Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V.
BHKW	Blockheizkraftwerk	DLM	Digitales Landschaftsmodell
BKA	Bundeskriminalamt	DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	DOM	Digitales Oberflächenmodell
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	DRK	Deutsches Rotes Kreuz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung	EDV	Elektronische Datenverarbeitung
BMI	Bundesministerium des Inneren	EHQ	Extrem-Hochwasserszenario
		ENSO	Energie Sachsen Ost AG

EU	Europäische Union	IuK-Technologien	Informations- und Kommunikationstechnologien
EUSI	European Space Imaging	KOSIS	Kommunales Statistisches Informationssystem
HBV- bzw. VAWS-Anlagen	Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe	KRITIS	Kritische Infrastruktur
HH	Haushalt	LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
HHGen	Haushaltegenerierungsverfahren	LiDAR	Light detection and ranging
HQ	Hochwasserszenario mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit, Bemessungshochwasser (HQ-100/500: Hochwasserszenario mit einer 100/500-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit)	LQ-Test	Likelihood Quotienten-Test
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft	NDVI	Normalized Differenced Vegetation Index
GEP	Gebietsentwicklungsplan	NEA	Netzersatzanlagen
GEW	Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG	StEB	Stadtentwässerungsbetriebe
GIS	Geographisches Informationssystem	THW	Technisches Hilfswerk
GPS	Globales Positionierungssystem	UN/ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
INS	Inertial Navigation System	UNU-EHS	United Nations University Institute for Environment and Human Security
ISODATA	Interactive Self Organising Data Analysis Technique	USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
		UVPG	Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung
		WHG	Wasserhaushaltsgesetz
		ZÜRS	Zonierungssystem für Überschwemmungen, Rückstau und Starkregen

Anhang A

**Leitfaden zur
Ermittlung der
hochwasserbedingten
Verwundbarkeit der
Landwirtschaft**

A Leitfaden zum Verwundbarkeitsassessment der Landwirtschaft gegenüber Hochwassergefahren auf kommunaler Ebene

Zielsetzung

Mit Hilfe des vorliegenden Leitfadens soll es ermöglicht werden, eine kleinräumige Betrachtung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen durchzuführen und die Ergebnisse in sinnvoller Weise zu bewerten. Eine Kommune kann mit dem Anspruch, ein relativ einfaches und schnelles Verfahren durchzuführen, die hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft nur grob abschätzen, da hierzu zum einen für eine gewünschte Visualisierung nur wenig flächenhaft darstellbare Daten zur Verfügung stehen, zum anderen da die in der Landwirtschaftsstatistik vorliegenden Daten nicht für eine Verwundbarkeitsermittlung geeignet sind. Um einen Überblick über die hochwasserbedingte Verwundbarkeitssituation in der Landwirtschaft zu bekommen, sollte das vorgestellte Verfahren dennoch ausreichen.

Voraussetzungen

Voraussetzung zur Durchführung dieses Verfahrens ist das Vorliegen von digitalen Daten zur Flächenbewirtschaftung und die Anwendung eines Geoinformationssystems (GIS). Die konkreten Arbeitsschritte werden hier anhand der Software ArcGIS 9.2 beschrieben. Die dabei verwendeten GIS-Werkzeuge bzw. GIS-Funktionen sind aber auch in anderen Geoinformationssystemen enthalten. Sollte keine kommerzielle GIS-Software wie ArcGIS zur Verfügung stehen, so gibt es die Möglichkeit, auf eine frei verfügbare Alternative zurückzugreifen. Diese Produkte haben einen vergleichbaren Funktionsumfang und können kostenneutral heruntergeladen werden. In diesem Fall ist es wichtig zu bedenken, dass das Datenformat, in dem die digitalen Landwirtschaftsdaten bereitgestellt werden, mit dem von Ihnen gewählten Programm kompatibel ist. Sollten Ihnen keine digitalen Informationen zur Verfügung stehen, so ist das im Folgenden beschriebene Vorgehen nicht in vollem Umfang durchführbar.

A1 *Verwundbarkeit der Landwirtschaft*

Unter dem Begriff Landwirtschaft werden die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (inklusive Viehhaltung) sowie der Gartenbau verstanden. Die Landwirtschaft gilt dann gegenüber einem Hochwasser als verwundbar, wenn die Bewirtschaftung nicht an die dort potenziell auftretenden Überschwemmungen angepasst ist. Sind die landwirtschaftlichen Nutzflächen darüber hinaus durch hochwasserbedingte Kontaminationen gefährdet, erhöht sich die Verwundbarkeit. Zu den potenziellen Kontaminationsquellen zählen in Anlehnung an WARM & KÖPPKE (2007) Anlagen nach § 62 WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV (Störfallbetriebe)⁴⁹. Dieser Ansatz wurde um Altlasten erweitert.⁵⁰ Es verbleiben darüber hinaus weitere Kontaminationsquellen, die nicht unter die drei genannten Kategorien fallen. So könnten beispielsweise auch Bahntrassen, von denen Chemikalien gespült werden, betrachtet werden. Diese sollen aber hier unberücksichtigt bleiben – zum einen, um das Verfahren zur Ermittlung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu vereinfachen, zum anderen, weil die Erfahrungen aus den vergangenen Hochwasserereignissen eine besonders hohe Gefährdung durch die bereits genannten und berücksichtigten Anlagen und Flächen gezeigt haben. Diese Operationalisierung hat zudem den Vorzug, dass die zu ihrer Anwendung benötigten Informationen in den Kommunen vorliegen sollten.

Verwundbarkeitskriterien

Wie bereits ausgeführt, spielt eine nicht hochwasserangepasste Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Exposition der landwirtschaftlichen Böden gegenüber Kontaminationen eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen kommt im Assessment über die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft zum Tragen. Bei der Exposition geht es um die räumliche Nähe zu den bereits definierten

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

50 Veröffentlichungen des Forschungsprojektes: ‚Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser‘, z. B. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2005; MARRE, D., WALTHER, W. & K. ULLRICH 2005; WALTHER, W. & D. MARRE 2005

Kontaminationsquellen. Die beiden Kriterien ‚verwundbarkeitsrelevante Eigenschaften‘ sowie ‚Exposition‘ werden im Folgenden genauer beschrieben.

Exposition (gegenüber Kontaminationsquellen)

Dieses Verwundbarkeitskriterium bezieht sich auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet, auf denen aufgrund ihrer Nähe zu möglichen Kontaminationsquellen mit Belastungen zu rechnen ist.

Hinsichtlich der Schadstoffe aus Altlasten kann festgehalten werden, dass diese über den ansteigenden Grundwasserspiegel im Hochwasserfall remobilisiert werden können und die landwirtschaftlichen Böden kontaminieren. Zusätzlich zu den Altlasten stehen häufig auch Daten zu sogenannten Altlastenverdachtsflächen zur Verfügung. Es ist ratsam, auch diese in das Verwundbarkeitsassessment aufzunehmen. Eine Anleitung dazu, wie mit diesen Flächen umgegangen werden kann, wird in Kapitel A2.3 bei Erläuterung des 5. Assessment-Schrittes gegeben.

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen können ebenfalls kontaminiert werden, wenn die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV trifft und zum Schadstoffaustrag führt.

Verwundbarkeitsrelevante Eigenschaften der Landwirtschaft

Die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft werden durch die Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ repräsentiert⁵¹. Beide Kriterien leiten sich aus den Flächenbewirtschaftungsdaten (entsprechen den angebauten Kulturarten) ab. Die Informationen zum Schadenspotenzial und zur Überflutungstoleranz der Kulturarten sind in der Literatur zu finden, so dass eine Einstufung in Schadenspotenzial- und Überflutungstoleranzwertstufen für jede Kommune bereits feststeht⁵².

51 In der Literatur (vgl. BRONSTERT 2004: 122; LFL 2005: 58, 73, 142; DITTRICH 2005: 7; EMSCHERGENOSSENSCHAFT HYDROTEC 2004: 11) werden im Zusammenhang mit der Einschätzung des Hochwasserschadens bzw. der Hochwassergefährdung in der Landwirtschaft die Größen ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘ genannt.

52 In der Literatur (siehe Fußnote 3) erscheinen Angaben zur maximalen Überflutungstoleranz in Tagen und zu hochwasserbedingten Schäden in € oder €/ha. Die Zuordnung dieser Werte zu Wertstufen erfolgte nach eigener Einschätzung innerhalb des Forschungsprojektes.

Für das Schadenspotenzial liegt eine vierstufige- und für die Überflutungstoleranz eine dreistufige Bewertung vor (vgl. Tabelle A2.1). Diese Kriterien besitzen folgende Bedeutung für die zu ermittelnde Verwundbarkeit der Landwirtschaft: Kulturarten mit einem hohen Schadenspotenzial, d. h. einem hohen potenziellen Ertragsverlust⁵³ bei Überschwemmung, sind als sehr verwundbar einzustufen. Kulturarten, die eine hohe Überflutungstoleranz aufweisen, sind dagegen als sehr gering verwundbar zu betrachten.

A2 *Abschätzung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Hochwasserereignissen*

Nach der Bereitstellung wichtiger Vorinformationen zur Durchführung soll in diesem Kapitel, aufgeteilt in Einzelschritte, das Assessment-Verfahren vorgestellt und eine Anleitung zur Interpretation der Ergebnisse gegeben werden.

A2.1 *Ablaufschema*

Die hier vorgestellte Methode hat das Ziel, die zuvor beschriebenen Daten zu systematisieren sowie in einer auf die Erzeugung verwundbarkeitsrelevanter Informationen ausgelegten Art und Weise zusammenzuführen. Das Ablaufschema in Abbildung A2.1 illustriert das Vorgehen.

53 Zu den Ertragsverlusten zählen die direkten Verluste der Kulturen, aber auch indirekte Verluste wie die Beseitigung des Schwemmgutes und Verluste durch Wiederherstellungsmaßnahmen wie Neusaat oder Zukäufe.

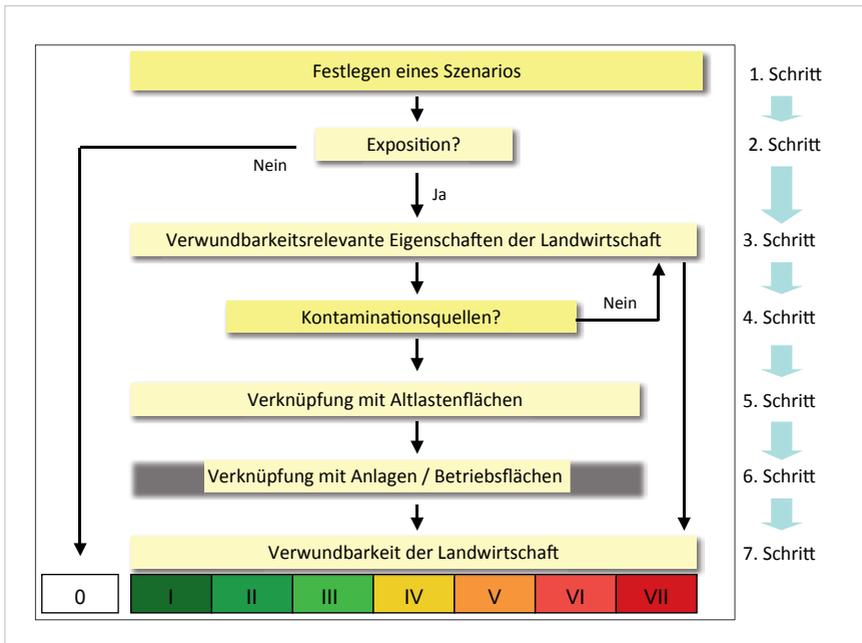


Abb. A2.1 Schematische Darstellung zur Systematik der Assessment-Methode
(Eigene Darstellung; Kathleen Meisel, MLU)

A2.2 Verwundbarkeitsklassen

Es erfolgt im Laufe des Assessments eine Einteilung in eine siebenstufige Verwundbarkeitsskala. Die Klasseneinteilung ergibt sich dabei aus den einzelnen Assessment-Schritten und gibt eine graduelle Verwundbarkeitsabstufung wieder.

Es gilt zu beachten, dass die innerhalb der Assessment-Schritte erarbeiteten Wertabstufungen nicht mit der letztendlich zu ermittelnden Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu verwechseln sind, es sei denn, das Assessment wird ausdrücklich innerhalb des jeweiligen Schrittes für beendet erklärt und die ermittelte Wertabstufung der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gleichgesetzt.

A2.3 Gliederung der einzelnen Schritte

Im Folgenden soll Schritt für Schritt eine Anleitung zur Durchführung des Verwundbarkeitsassessments der Landwirtschaft auf kommunaler Ebene gegeben werden. Es wird versucht, bei der Beschreibung der einzelnen Assessment-Schritte eine einheitliche Gliederung (Information, Arbeitsschritt(e), Beispiel(e), Hinweise zum Umgang mit Datenlücken) einzuhalten.

1. Schritt: Festlegung eines Hochwasserszenarios

Der Schritt erfolgt nach der in Kapitel 2.1.3 detailliert beschriebenen Vorgehensweise.

2. Schritt: Expositionstest ‚Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet?‘

Die Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit in der Landwirtschaft ist nur dann sinnvoll, wenn landwirtschaftliche Nutzflächen in dem definierten Überschwemmungsgebiet exponiert sind. Ist dies der Fall, gilt es zu entscheiden, ob der Anteil der Flächen bedeutend ist oder nicht. Wird der Anteil von den Kommunen als unbedeutend bewertet, so ist das Verwundbarkeitsassessment für sie an dieser Stelle mit dem besten möglichen Ergebnis beendet.

Fragen: Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen innerhalb des von Ihnen definierten Überschwemmungsgebiets? Ist dieser Anteil bedeutend?

Arbeitsschritt: Öffnen Sie in dem von Ihnen verwendeten Geoinformationssystem ein View, in das Sie das definierte Überschwemmungsgebiet als Thema einladen. Fügen Sie die landwirtschaftlichen Nutzflächen als Thema hinzu. Schauen Sie, ob Nutzflächen im Überschwemmungsgebietes liegen und entscheiden Sie, ob dieser Anteil bedeutend genug ist, um eine Verwundbarkeitsermittlung durchzuführen.

Beispiel: Wie der Expositionstest durchgeführt wird, soll das folgende Beispiel von Dresden zeigen. In Abbildung A2.2 wird deutlich, dass landwirtschaftliche Nutzflächen in dem definierten Überschwemmungsgebiet (Extremhochwasserereignis – Pegel 10,00 m) liegen. Um das Verfahren weiter zu begleiten, wird für dieses Beispiel der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Überschwemmungsgebiet als bedeutend eingestuft.

Zum Umgang mit Datenlücken: Die zuständige Landwirtschaftsbehörde besitzt über die Antragstellung der Landwirte auf Auszahlung der EU-Beihilfen eine feldblockgenaue Übersicht der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Das Problem besteht darin, dass dort nur die Flächen aufgenommen werden, für die eine Förderung beantragt wurde. Kleinere Nutzflächen, für die sich die Antragstellung auf die EU-Gelder nicht lohnt – darunter fallen auch die meisten Gartenbaubetriebe – werden nicht mit berücksichtigt. Sollten die Kommunen einen Zugriff auf ATKIS, Fernerkundungs- oder andere Daten haben, die genaue Auskunft über die Flächennutzung geben, empfiehlt es sich für eine vollständige Verwundbarkeitsermittlung, diese hinzuzunehmen.

3. Schritt: Ermittlung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation

Liegen landwirtschaftliche Nutzflächen im definierten Überschwemmungsgebiet und wird dieser Anteil als bedeutend empfunden, so gilt es zunächst die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation unabhängig von der Schadwirkung potenzieller Kontaminationsquellen innerhalb des Überschwemmungsgebietes zu erfassen. Sollte sich bei der Durchführung der nächsten Verfahrensschritte herausstellen, dass die landwirtschaftlichen Nutzflächen von keinen potenziellen Kontaminationsquellen gefährdet werden, so entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation der Verwundbarkeit der Landwirtschaft.

Die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation ergibt sich aus der logischen Verknüpfung der beiden Kriterien ‚Schadenspotenzial‘ und ‚Überflutungstoleranz‘, die die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft (vgl. Kapitel A1), repräsentieren.

Für eine vereinfachte Verknüpfung beider Kriterien, die bereits in der Tabelle A2.1 erfolgt ist, wurden die Wertstufen der Überflutungstoleranz transformiert. So steht die Wertstufe I für eine hohe Überflutungstoleranz, während die Wertstufe III für eine geringe Überflutungstoleranz steht. Damit lassen sich die Wertstufen I beider Kriterien als sehr gering verwundbar interpretieren. Über die Verknüpfung beider Kriterien bzw. über die Verknüpfung der Verwundbarkeitsbedeutungen beider Kriterien liegt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation vor (siehe Tabelle A2.1). Diese soll in einer fünfstufigen Bewertung dargestellt werden.

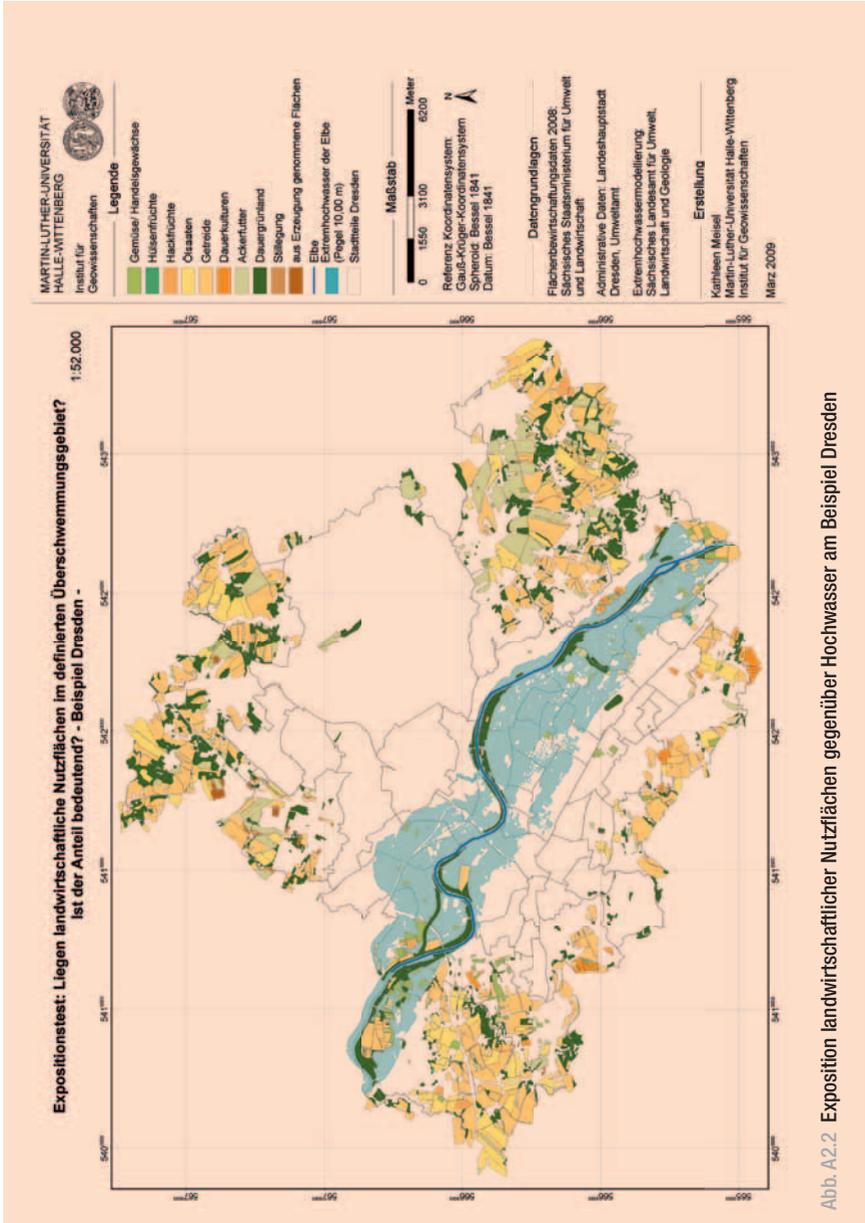


Abb. A2.2 Exposition landwirtschaftlicher Nutzflächen gegenüber Hochwasser am Beispiel Dresden

Flächennutzungs klasse (Kulturarten)	Schadens potenzial	Überflutungs toleranz	verwundbarkeits relevante Landwirtschafts information
Getreide	II (eher gering)	II (mittel)	III (mittel)
Hackfrüchte	III (eher hoch)	III (gering)	IV (hoch)
Hülsenfrüchte	I (gering)	III (gering)	III (mittel)
Ölsaaten	II (eher gering)	III (gering)	III (mittel)
Ackerfutter	II (eher gering)	III (gering)	III (mittel)
Dauergrünland	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)
Gemüse/Handels- gewächse	IV (hoch)	III (gering)	V (sehr hoch)
Dauerkulturen	IV (hoch)	III (gering)	V (sehr hoch)
Stillgelegte Flächen	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)
Aus Erzeugung ge- nommene Flächen	I (gering)	I (hoch)	I (sehr gering)

Tab. A2.1 Nach Kulturarten differenzierte Größen ‚Schadenspotenzial‘, ‚Überflutungstoleranz‘ und ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘

Diese Kriterien können, sofern es die Datenlage zulässt, für die gesamte Gemeindefläche in einem GIS räumlich dargestellt werden. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Überschwemmungsgebiet gewählt werden, können die Flächen, für die die verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft vorliegen, jederzeit damit verschnitten werden.

Arbeitsschritt: Laden Sie die Flächenbewirtschaftungsdaten als Thema in Ihr GIS ein und klassifizieren Sie diese, soweit noch nicht geschehen, in Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölsaaten, Ackerfutter, Dauergrünland, Gemüse- und sonstige Handelsgewächse, Dauerkulturen, stillgelegte Flächen und aus der Erzeugung genommene Flächen. Erzeugen Sie in der Attributtabelle des Themas eine neue Spalte. Fragen Sie über das Abfragefenster in der Attributtabelle nacheinander die Kulturarten ab und tragen Sie in die neue Spalte der markierten Datensätze die entsprechenden Wertstufen der in der Tabelle A2.1 aufgeführten verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation ein. Klassifizieren Sie nun im View das Thema nach der neuen Spalte. Damit haben Sie die räumliche Ausprägung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation dargestellt. Wollen Sie sich zusätzlich die räumliche Verbreitung der Wertstufen des Schadenspotenzial und der Überflutungstoleranz anzeigen lassen, müssen Sie in der Attributtabelle des Themas je eine neue Spalte anlegen, dort entsprechend der Kulturarten die Wertstufen des Schadenspotenzials und der Überflutungstoleranz aus der Tabelle A2.1 eintragen und im View das Thema je über die neue Spalte klassifizieren.

Beispiel: Um den beschriebenen Arbeitsschritt zu verdeutlichen, sind nachfolgend Karten (Abbildung A2.3, A2.4, A2.5) der Einstufung der Kulturarten nach ihrem Schadenspotenzial und ihrer Überflutungstoleranz für das Beispiel Dresden dargestellt. Die Verknüpfung beider Themen ergibt die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation, hier ebenfalls für das Beispiel Dresden aufgezeigt.

Zum Umgang mit Datenlücken: Liegen Ihnen die Flächenbewirtschaftungsdaten vor, so können Sie jederzeit über die Tabelle A2.1 die Einstufungen des Schadenspotenzials, der Überflutungstoleranz und der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation vornehmen. Probleme treten nur dann auf, wenn Ihnen für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine vollständigen Bewirtschaftungsdaten vorliegen (siehe ‚Zum Umgang mit Datenlücken‘ in Assessment-Schritt 2). Bei der Interpretation der Verwundbarkeit muss dann darauf geachtet werden, dass sich hinter ‚weißen Flecken‘ auf der Karte durchaus auch verwundbare landwirtschaftliche Nutzflächen verbergen können.

4. Schritt: Bestimmung und Verortung möglicher Kontaminationsquellen

Innerhalb der im Anschluss folgenden Assessment-Schritte 5 und 6 wird geprüft, ob sich Kontaminationsquellen (Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV sowie Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen) innerhalb des zuvor definierten Überschwemmungsgebietes befinden. Sollte es keine möglichen Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune geben, dann ist das Verwundbarkeitsassessment an dieser Stelle für Sie beendet und es erübrigen sich die Assessment-Schritte 5 und 6. Die Verwundbarkeit der Landwirtschaft setzt sich dann nur aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft zusammen.

Frage: Gibt es in Ihrer Kommune Anlagen nach § 62 WHG, Betriebsbereiche nach 12. BImSchV und/oder Altlastenflächen? Wenn ja, sind die Standorte dieser möglichen Kontaminationsquellen bekannt?

Arbeitsschritt: Überprüfen Sie, ob sich in Ihrer Kommune eine oder mehrere der genannten Kontaminationsquellen befinden. Sollte es keine solchen auf dem Gebiet Ihrer Kommune geben, so erübrigen sich alle weiteren Assessment-Schritte. Die Verwundbarkeit der Landwirtschaft setzt sich in diesem Fall aus den verwundbarkeitsrelevanten Eigenschaften der Landwirtschaft innerhalb des definierten Überschwemmungsgebietes zusammen. Sollten jedoch mögliche Kontaminationsquellen in Ihrer Kommune existieren, so führen Sie das Assessment mit den Schritten 5 und 6 fort.

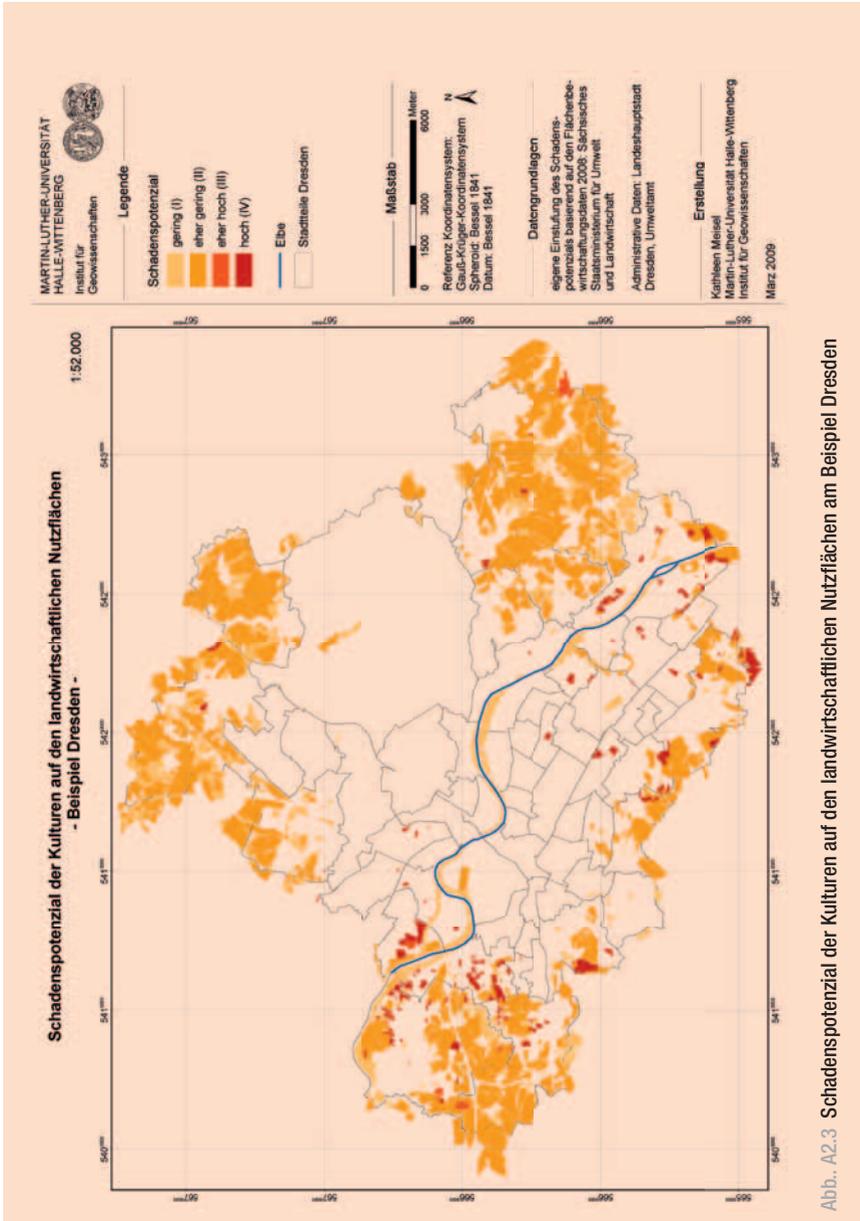


Abb.. A2.3 Schadenspotenzial der Kulturen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Beispiel Dresden

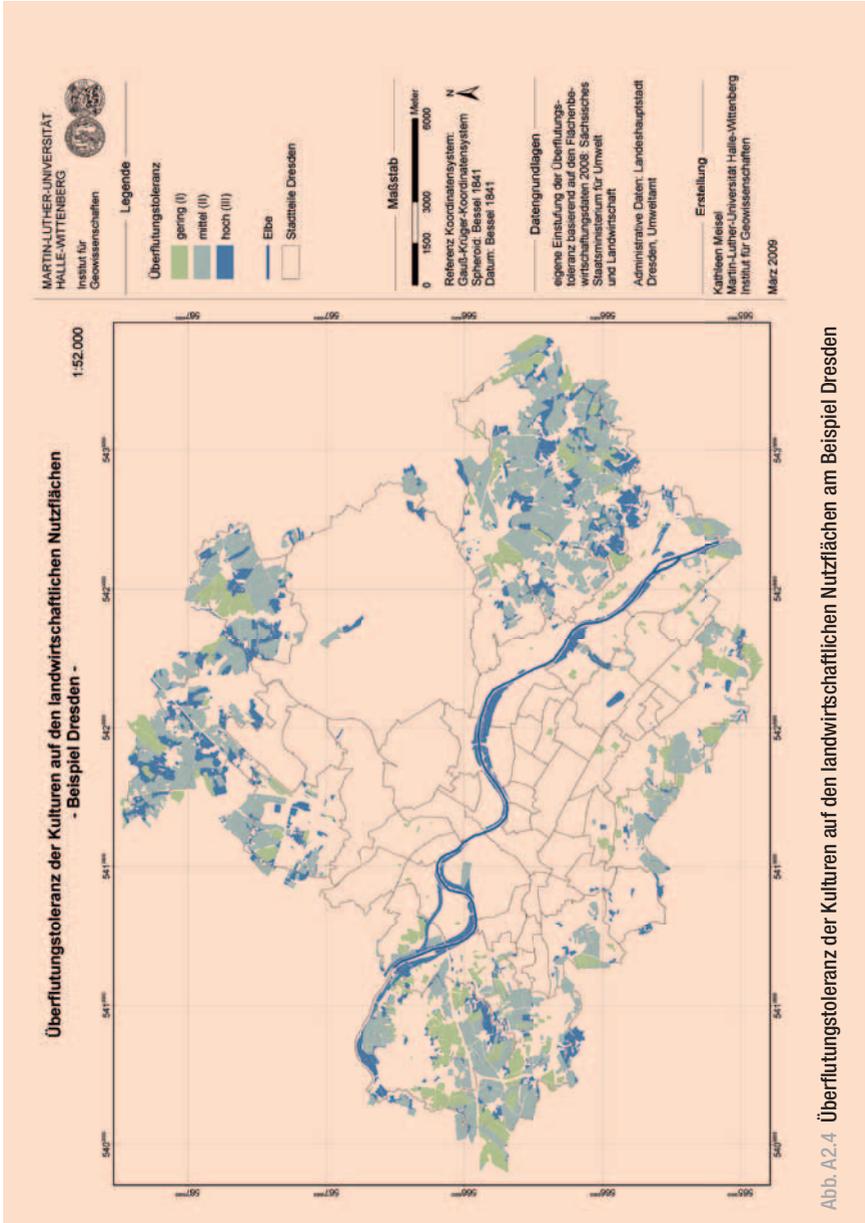


Abb. A2.4 Überflutungstoleranz der Kulturen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen am Beispiel Dresden

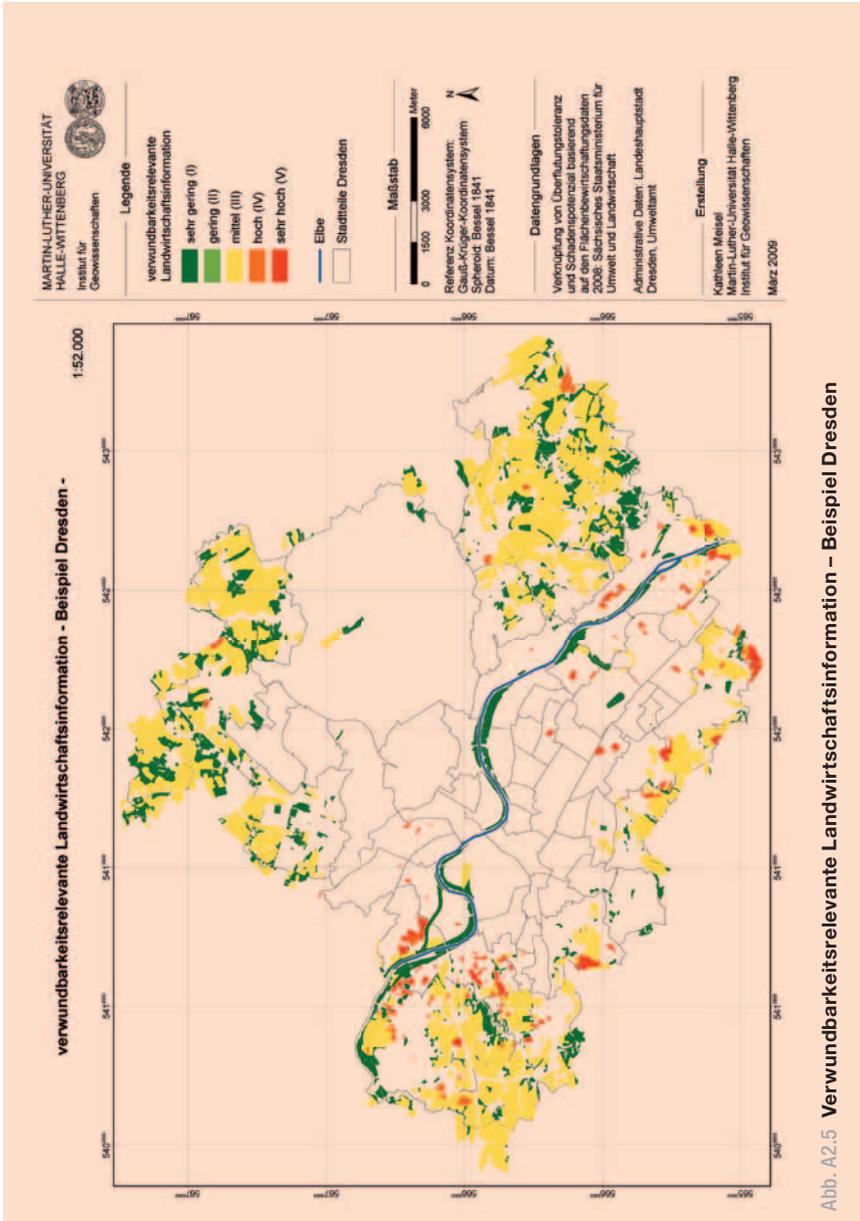


Abb. A2.5 Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation - Beispiel Dresden

5. Schritt: Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Schadwirkungen aus den Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen

Hierzu muss nun zunächst geprüft werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem Hochwasserfall von Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen gefährdet werden könnten.

Über den ansteigenden Grundwasserspiegel bei einem Hochwasserereignis können Altlasten remobilisiert werden und den landwirtschaftlich genutzten Boden kontaminieren. Über die Nährstoffaufnahme können so Schadstoffe in die angebauten Kulturen und somit in die Nahrungskette gelangen. Karten, beispielsweise die hier verwendeten Karten für Dresden, zeigen, dass landwirtschaftliche Nutzflächen durchaus über Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen liegen. Dieser Fall muss deshalb bei der Verwundbarkeitsermittlung mit berücksichtigt werden.

Bei der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen sind zwei Fälle zu unterscheiden. Für die landwirtschaftlichen Flächen, die sich nicht mit Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen überschneiden, besteht keine Kontaminationsgefährdung. Auf diesen Flächen entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle A2.1) der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen.

Liegt jedoch eine landwirtschaftliche Nutzfläche über einer Altlast oder einer Altlastenverdachtsfläche, so werden die Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Stufe erhöht. Diese nun von fünf auf sechs gehobene Wertabstufung entspricht der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung aus Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen.

Da die Ausbreitung der Schadstoffe während und nach dem Hochwasserereignis im Boden nachweislich vorwiegend vertikal und weniger horizontal verläuft, wird im Fall der Überlagerung die Wertabstufung ausschließlich auf der innerhalb der Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen liegenden Nutzfläche erhöht. In dem vorgestellten Verfahren wird das Schadstoffpotenzial ausgehend

von Altlasten oder Altlastenverdachtsflächen nicht weiter differenziert, da aus Datenschutzgründen keine genaueren Informationen zum Schadstoffinventar der einzelnen Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen vorlagen. Möchten die Kommunen die Verwundbarkeit der Landwirtschaft genauer ermitteln, können sie beispielsweise die nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geforderte Detailuntersuchung dazu nutzen, das Schadstoffpotenzial einer Altlasten- bzw. einer Altlastenverdachtsfläche in ordinaler Rangskalierung zu bewerten. Anstatt der einfachen Hochstufung um eine Klasse können die so gewonnenen Daten mit der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation logisch verknüpft werden.

Arbeitsschritt: Stellen Sie das von Ihnen definierte Überschwemmungsgebiet im View Ihres GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung, indem Sie das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und das Thema der Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen einladen.

Nutzen Sie dann den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl des Werkzeugkastens und wählen Sie dort die beiden Themen aus. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das die Datensätze beider Themen enthält. Legen Sie in der Attributtabelle des neuen Themas eine neue Spalte an.

Aus der vereinten Attributtabelle wird ersichtlich, ob über einer Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsfläche eine landwirtschaftliche Nutzfläche liegt oder nicht. Besteht keine Überlagerung, so wird für die landwirtschaftlichen Nutzflächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation in die neue Spalte übernommen. Liegt eine Überlagerung vor, so wird für diese Flächen die bereits ermittelte Wertstufe der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation um eine Wertstufe hochgestuft und entsprechend in die neue Spalte eingetragen. Klassifizieren Sie das neue Thema durch die neue Spalte. Sie sehen nun die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen.

Nun verschneiden Sie mit dem ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl Ihr definiertes Überschwemmungsgebiet mit der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten und Altlastenverdachtsflächen, so dass nur noch die verwundbaren Flächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

Beispiel: Zur Veranschaulichung des beschriebenen Arbeitsschrittes dient die Karte von Dresden (Abbildung A2.6). Nach der Durchführung der Arbeitsschritte wird die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten und Altlastenverdachtsflächen dargestellt.

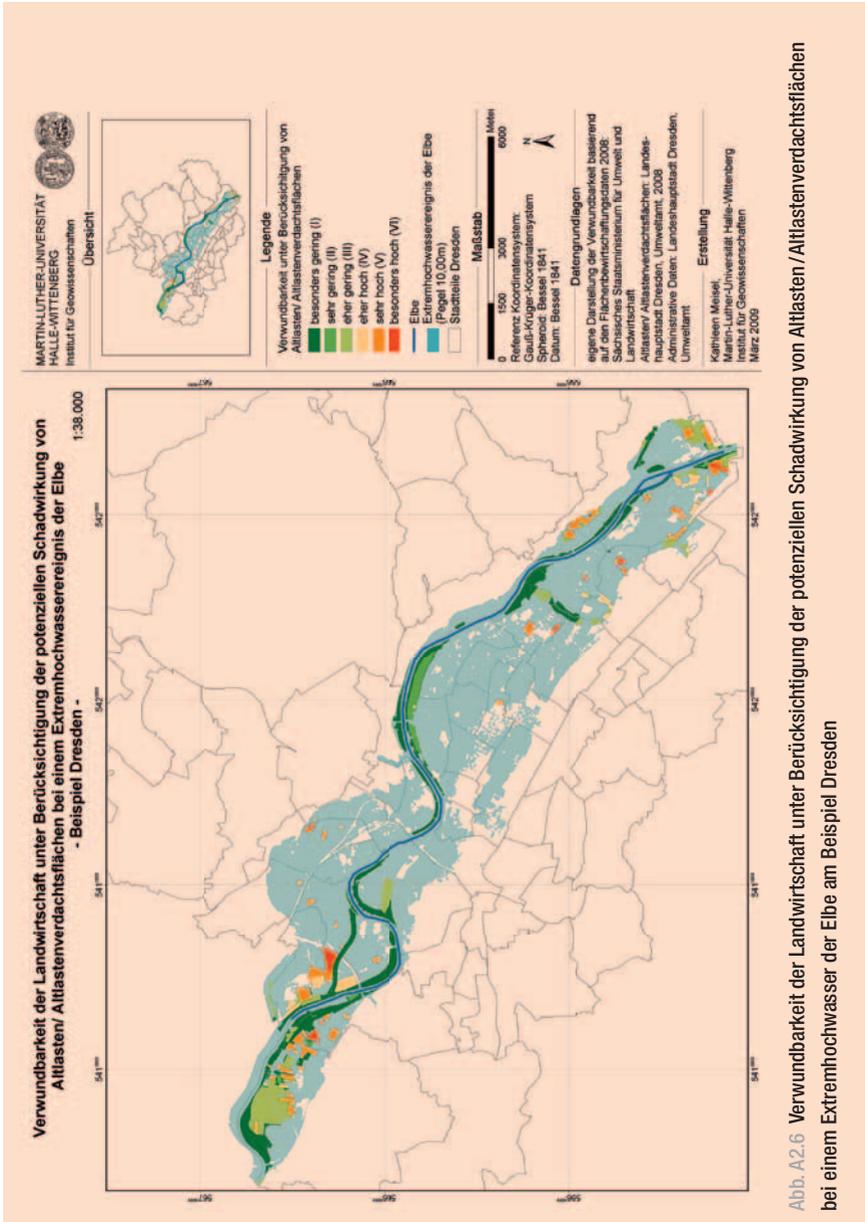


Abb. A2.6 Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädigung von Altlasten/ Altlastenverdachtsflächen bei einem Extremhochwasser der Elbe am Beispiel Dresden

Zum Umgang mit Datenlücken: Probleme bei der Interpretation der Ergebnisse treten nur auf, wenn, wie bereits beschrieben, die landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht vollständig vorliegen. Hier ist von der Kommune über andere Datenquellen Abhilfe zu schaffen. Liegen Ihnen keine Informationen über Anlagen/Betriebsbereiche in der Kommune vor, so sollten Sie sich an die genehmigende Behörde (z. B. Bezirksregierungen) wenden. Besitzt die Kommune kein Altlastenkataster, so kann sie in der Regel auf das der Regierungsbezirke oder des Landes zurückgreifen. Sollten die Daten zu den Anlagen/Betriebsbereichen nicht in getrennten Datensätzen vorliegen, so können diese auch zusammengekommen als Thema ‚Anlagen + Betriebsbereiche‘ abgespeichert und weiterverwendet werden. Sollten zusätzlich Informationen zu Altlastenverdachtsflächen vorliegen, so bietet sich entweder die Möglichkeit, diese als eine zusätzliche Kontaminationsquelle zu behandeln und analog zu den Altlastenflächen zu verfahren, oder die beiden Themen zu einem gemeinsamen Thema ‚Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen‘ zusammenzuführen. Im Zweifelsfall sollten diese Flächen wie Altlasten behandelt werden, damit möglicherweise vorhandene Gefahren nicht unberücksichtigt bleiben. Dieser Schritt wird im GIS über den ‚Union‘-Befehl ausgeführt.

6. Schritt: Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit den potenziellen Schadwirkungen von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV

Nach der Prüfung, ob sich landwirtschaftliche Nutzflächen im Einflussbereich potenzieller Schadwirkungen von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen befinden, muss nun auch noch getestet werden, ob die landwirtschaftlichen Nutzflächen von Kontamination ausgehend von den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV im Hochwasserfall gefährdet werden könnten.

Trifft die Hochwasserwelle auf unzureichend gesicherte Anlagen/Betriebsbereiche, kann es zum Stoffaustrag kommen. Je nach Transportkraft des abfließenden Hochwassers und nach den Eigenschaften der freigesetzten Schadstoffe kommt es in Stromrichtung zu Schadstoffablagerungen. Daraus können sich direkt Belastungen für den Boden und die angebauten Kulturen ergeben. Da mit zunehmender Entfernung von der potenziellen Kontaminationsquelle im Wasser Verdünnungseffekte einsetzen, empfiehlt sich die Erstellung von Pufferzonen unterschiedlicher potenzieller Schadwirkung um die Kontaminationsquellen.

Bei der Verknüpfung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der Schadwirkung aus den Anlagen und Betriebsbereichen treten zwei Fälle auf. Besteht keine Überlagerung, ist keine Gefährdung zu erwarten. In diesem Fall entspricht die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle A2.1), analog zum Vorgehen in Schritt 5, der Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schadwirkung von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

Im Fall einer Überlagerung ergibt sich die Abstufung der Verwundbarkeit aus der logischen Verknüpfung der Wertstufen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation mit der unterschiedlichen Kontaminationsintensität, repräsentiert durch die drei Pufferzonen.

Arbeitsschritt: Stellen Sie Ihr zuvor definiertes Überschwemmungsgebiet im View Ihres GIS dar. Ergänzen Sie die Darstellung um das Thema der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und die Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereiche nach der 12. BImSchV. Liegen die Anlagen und die Betriebsbereiche in getrennten Themen vor, so vereinigen Sie beide über den ‚Vereinigung- bzw. Union‘-Befehl. Mit Betätigen dieses Befehls wird automatisch ein neues Thema erstellt, das sowohl die Anlagen als auch die Betriebsbereiche enthält. Erzeugen Sie aus dem gerade erstellten Thema über den Befehl ‚Multiple Ring Buffer‘ des Werkzeugkastens ein neues Thema, z. B. ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘ mit drei Pufferzonen mit den Distanzen 170 m, 245 m und 300 m⁶ und vereinigen Sie die Puffer gleicher Distanz über ‚Dissolve ALL‘. Ordnen Sie in der Attributtabelle dieses Themas den Puffern unterschiedlicher Distanzen Wertigkeiten der Schadwirkung zu, z. B. der Distanz von 170 m eine hohe (Wertstufe III), der Distanz von 245 m eine mittlere (Wertstufe II) und der Distanz von 300 m eine geringe Schadwirkung (Wertstufe I). Verknüpfen Sie nun über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl die Themen ‚verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation‘ und ‚Schadwirkung der Anlagen und Betriebsbereiche‘. Dabei entsteht automatisch ein neues Thema. Legen Sie in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte an.

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

In der Attributtabelle werden die beiden bereits beschriebenen Fälle ersichtlich. Im Fall, dass für die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine Gefahr von Anlagen und Betriebsbereichen besteht, werden die Wertabstufungen der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle A2.1) in die neue Spalte übernommen. Im Fall einer Überlagerung der Pufferzonen mit der landwirtschaftlichen Fläche hilft Ihnen die in der Abbildung A2.7 aufgeführte Verknüpfungsmatrix bei der Eingabe der Werte in die neue Spalte. Über das Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie dazu nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen ab, z. B. verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation = I AND potenzielle Schädigung = I. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Tragen Sie dann in die neue Spalte der markierten Datensätze den entsprechenden Wert aus der Verknüpfungsmatrix, in dem Beispiel also den Wert II, ein. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

		Schadwirkung der Anlagen/ Betriebsbereiche (Pufferzonen)		
		I	II	III
Verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation	I	II	II	III
	II	III	III	IV
	III	IV	IV	V
	IV	V	V	VI
	V	VI	VI	VII

Abb. A2.7 Verknüpfungsmatrix aus der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation und der Schädigung von Anlagen/Betriebsbereichen (Eigene Darstellung, Kathleen Meisel, MLU)

Klassifizieren Sie das vereinte Thema nach der neuen Spalte. Sie sehen nun die Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der potenziellen Schädigung ausgehend von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV.

Nun verschneiden Sie mit dem ‚Ausschneiden- bzw. Clip‘-Befehl Ihr definiertes Überschwemmungsgebiet mit dem neuen Thema, so dass nur noch die verwundbaren Nutzflächen innerhalb der Überschwemmungsflächen erscheinen.

Beispiel: Vollzieht man die gerade beschriebenen Arbeitsschritte für das Beispiel Dresden, erhält man die nachfolgende Karte (Abbildung A2.8). Es wird die Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Anlagen/Betriebsbereichen bei einem Extremhochwasserereignis (Pegel 10,00 m) dargestellt.

Zum Umgang mit Datenlücken: siehe ‚Zum Umgang mit Datenlücken‘ des 5. Verfahrensschritts

7. Schritt: Ermittlung der hochwasserbedingten Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller exponierten potenziellen Kontaminationsquellen

Um die endgültige Verwundbarkeit der Landwirtschaft zu ermitteln, muss die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen gegenüber Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen, den Anlagen nach § 62 WHG und den Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV gemeinsam betrachtet werden. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen gleichzeitig von beiden Kontaminationsquellen überlagert, so müssen die Ergebnisse der Verfahrensschritte 5 und 6 verknüpft werden. Dabei bestehen nun vier mögliche Fälle.

Im ersten Fall wird die landwirtschaftliche Nutzfläche von keiner Kontaminationsquelle bedroht. Damit entspricht die verwundbarkeitsrelevante Landwirtschaftsinformation (vgl. Tabelle A2.1) der endgültigen Verwundbarkeit der Landwirtschaft. Im zweiten Fall gehen nur von Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen Gefahren für die darüber liegende landwirtschaftliche Nutzfläche aus und im dritten Fall bestehen nur von Anlagen und Betriebsbereichen potenzielle Schädigung auf die Nutzflächen. In den Fällen zwei und drei werden die Verwundbarkeitsabstufungen aus den jeweiligen Verfahrensschritten 5 und 6 übernommen. Sie stellen nun die endgültige Verwundbarkeit der Landwirtschaft dar. Für den vierten Fall, dass eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig von beiden Kontaminationsquellen bedroht wird, erhöht sich auf diesen Flächen die hochwasserbedingte Verwundbarkeit. Dies soll im folgenden Arbeitsschritt verdeutlicht werden.

Frage: Ist eine landwirtschaftliche Nutzfläche gleichzeitig einer potenziellen Schädigung aus Altlasten/Altlastenverdachtsflächen und aus Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV ausgesetzt?

Arbeitsschritt: Laden Sie die beiden resultierenden Themen aus den Verfahrensschritten 5 und 6 in Ihr GIS. Schauen Sie, ob sich für eine landwirtschaftliche Nutzfläche die Wirkungen beider Kontaminationsquellen überlagern. Sollte das der Fall sein, so verknüpfen Sie beide Themen über den ‚Vereinigungs- bzw. Union‘-Befehl. Dabei entsteht automatisch ein neues Thema, das beispielsweise ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ heißen könnte. Erstellen Sie in der Attributtabelle dieses Themas eine neue Spalte.

In der vereinten Attributtabelle werden vier Fälle deutlich. Für die Datensätze der Nutzflächen, die keinen potenziellen Schädwirkungen ausgesetzt sind, bleibt die Wertabstufung der verwundbarkeitsrelevanten Landwirtschaftsinformation bestehen. Sie werden so in die neue Spalte eingegeben. Im zweiten Fall, in dem nur von Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen Gefahren für die darüber liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgehen, wird die Erhöhung der Verwundbarkeitsstufe um eine Klasse entsprechend dem Verfahrensschritt 5 vorgenommen und in das Feld eingetragen. Im Fall, dass nur von Anlagen nach § 62 WHG und Betriebsbereichen nach der 12. BImSchV potenzielle Schädwirkungen auf die Nutzfläche ausgehen, bleibt die Verwundbarkeitsabstufung aus der im Verfahrensschritt 6 dargestellten Verknüpfungsmatrix bestehen. Für den vierten Fall, dass sich die potenziellen Schädwirkungen aus den Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen und den Anlagen bzw. Betriebsbereichen überlagern, erfolgt in der neuen Spalte eine Wertzuweisung entsprechend der in Abbildung A2.9 bereits vorgegebenen Verknüpfungsmatrix. Über das Abfragefenster der Attributtabelle fragen Sie dazu nacheinander alle Kombinationsmöglichkeiten der Wertabstufungen beider Themen ab, z. B. Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen = II AND Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Schädwirkung aus Anlagen/Betriebsbereichen = II. Die Datensätze der Attributtabelle, für die die Bedingungen zutreffen, werden automatisch markiert. Tragen Sie dann in die neue Spalte der markierten Datensätze den entsprechenden Wert aus der Verknüpfungsmatrix, in dem Beispiel also den Wert III, ein. Der Schritt ist beendet, wenn alle Felder der neuen Spalte ausgefüllt sind.

		Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Anlagen/ Betriebsbereiche					
		II	III	IV	V	VI	VII
Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen	II	III	IV	IV	V	V	VI
	III	III	IV	V	V	VI	VI
	IV	IV	IV	V	VI	VI	VII
	V	IV	V	V	VI	VII	VII
	VI	V	V	VI	VI	VII	VII
	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII

Abb. A2.9 Verknüpfungsmatrix aus der Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen und Anlagen/Betriebsbereichen. (Eigene Darstellung, Kathleen Meisel, MLU)

Das neue Thema ‚Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ wird nun über die neue Spalte klassifiziert. Somit sind im GIS die nach ihrer Verwundbarkeit abgestuften landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Berücksichtigung aller potenzieller Schädwirkungen im definierten Überschwemmungsgebiet sichtbar.

Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller potenziellen Schadwirkungen bei einem Extremhochwasserereignis der Elbe - Beispiel Dresden
 1:38 000

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
 HALLE-WITTENBERG
 Institut für Geowissenschaften

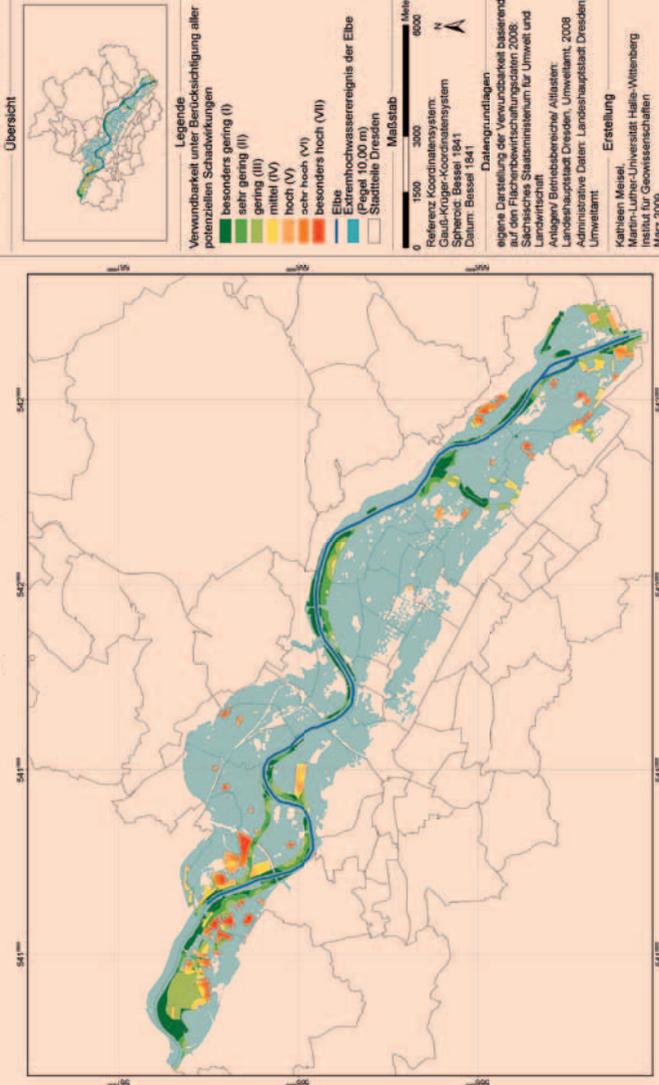


Abb. A2.10 Verwundbarkeit der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller potenziellen Schadwirkungen bei einem Extremhochwasser der Elbe am Beispiel Dresden

Beispiel: Als Beispiel der Darstellung des Endergebnisses ‚hochwasserbedingte Verwundbarkeit der Landwirtschaft‘ dient wieder die Stadt Dresden. In Abbildung A2.10 wurde der oben geschilderte Arbeitsschritt umgesetzt.

Zum Umgang mit Datenlücken: siehe ‚Zum Umgang mit Datenlücken‘ des 5. und 6. Verfahrensschrittes.

Anhang B

**Fragebogen und
Mikrozensus
zum Thema
Hochwasser(-schutz)**

**Karten zum
Verwundbarkeits-
assessment
der Bevölkerung**

B1 Fragebogen der UNU-EHS-Haushaltsbefragung (Köln)

Eigentum der UNITED NATIONS UNIVERSITY,
Institute for Environment and Human Security.

Fragebogen-Nr.: 0101

Interviewer-Team: Nr. _____

Datum: _____

Beginn des Interviews: _____ Uhr

Fragebogen: Hochwasser in Köln

Guten Tag Frau/Herr ...

Wie bereits per Post (und ggf. auch telefonisch) angekündigt, führen wir zur Zeit im Auftrag der Universität der Vereinten Nationen und der Stadt Köln eine Befragung zum Thema Hochwasser bzw. Verwundbarkeit gegenüber Hochwasser durch.

Wir möchten Ihnen einige Fragen zu Ihren persönlichen Erfahrungen und Ansichten zum Thema Hochwasser stellen.

Die Ergebnisse der Befragung sollen als Grundlage für die weitere Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes in Köln dienen.

Ihre Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich freiwillig und die Befragungsdaten werden anonym (ohne Ihren Namen) ausgewertet.

Die Befragung wird ca. 25 Minuten dauern.

1. Gefährdungseinschätzung und Exposition

1.1 Für wie bedeutsam bzw. wichtig halten Sie die nachfolgend aufgeführten Naturgefahren für Köln auf einer Skala von 1 bis 8?

(1 unbedeutsam – 8 sehr bedeutsam)

	1	2	3	4	5	6	7	8	
a Sturm	<input type="checkbox"/>	1.1.a. <input type="checkbox"/>							
b Hitzewelle	<input type="checkbox"/>	1.1.b. <input type="checkbox"/>							
c Hochwasser	<input type="checkbox"/>	1.1.c. <input type="checkbox"/>							
d Erdbeben	<input type="checkbox"/>	1.1.d. <input type="checkbox"/>							
e Hangrutschung	<input type="checkbox"/>	1.1.e. <input type="checkbox"/>							
f Starkregen	<input type="checkbox"/>	1.1.f. <input type="checkbox"/>							

1.2 Für wie wahrscheinlich halten Sie es auf einer Skala von 1 bis 8, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird?

(1 unwahrscheinlich – 8 sehr wahrscheinlich)

1	2	3	4	5	6	7	8	
<input type="checkbox"/>	1.2. <input type="checkbox"/>							

1.3 Liegt das Haus, in dem Sie wohnen, in einem Gebiet, das durch ein extremes Hochwasser des Rheins gefährdet sein könnte?

1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 1.3.

2. Informationen über Hochwasser

- 2.1 Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdungen erhalten oder eingeholt?

(Mehrfachnennungen möglich)

- a **Ja**, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten 2.1.a.
- b **Ja**, ich habe selbst Informationen eingeholt 2.1.b.
- c **Nein**, ich habe keine Informationen erhalten oder selbst eingeholt 2.1.c.

Falls Ja:

- 2.1.1 Von wem haben Sie diese Informationen erhalten bzw. eingeholt?

Antwort: _____ 2.1.1 _____

- 2.2 Wie und wo würden Sie sich informieren, wenn ein Hochwasser tatsächlich kommt?

(Mehrfachnennungen möglich)

- | | | | | |
|--|---|---|--------|--------------------------|
| A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E | a | <input type="checkbox"/> Nachbarn oder Bekannte | 2.2.a. | <input type="checkbox"/> |
| | b | <input type="checkbox"/> Zeitung | 2.2.b. | <input type="checkbox"/> |
| | c | <input type="checkbox"/> TV | 2.2.c. | <input type="checkbox"/> |
| | d | <input type="checkbox"/> Videotext | 2.2.d. | <input type="checkbox"/> |
| | e | <input type="checkbox"/> Radio | 2.2.e. | <input type="checkbox"/> |
| | f | <input type="checkbox"/> Telefon-Hotline der Hochwasserschutzzentrale | 2.2.f. | <input type="checkbox"/> |
| | g | <input type="checkbox"/> Internetseite der Hochwasserschutzzentrale | 2.2.g. | <input type="checkbox"/> |
| | h | <input type="checkbox"/> Sonstige Internetseiten | 2.2.h. | <input type="checkbox"/> |
| | i | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ | 2.2.i. | <input type="checkbox"/> |
| | j | <input type="checkbox"/> Überhaupt nicht | 2.2.j. | <input type="checkbox"/> |
| | k | <input type="checkbox"/> Weiß nicht | 2.2.k. | <input type="checkbox"/> |

3. Erfahrungen mit Hochwasser

3.1 Haben Sie persönlich schon jemals ein Hochwasser **an irgendeinem Ort** erlebt?

1 Ja 2 Nein

3.1.

Falls Nein: → weiter mit **Frage 4.1**

3.2 Wann und wo haben Sie das/die Hochwasser erlebt?

	Jahr	Ort
a		
b		
c		
d		

3.2.a.

3.2.b.

3.2.c.

3.2.d.

3.3 Haben Sie persönlich schon ein Hochwasser **in Köln** erlebt?

1 Ja 2 Nein

3.3.

Falls Nein: → weiter mit **Frage 4.1**

3.4 Wie sind Sie auf das Hochwasser aufmerksam geworden? (*zuletzt erlebtes Ereignis in Köln*)
(**Mehrfachnennungen möglich**)

- a Wasser im Keller/im Wohnhaus
- b Behördliche Hochwasserwarnung
- c Warnung durch Nachbarn, Freunde oder Bekannte
- d Berichterstattung in den Medien
- e Sonstiges: _____

3.4.a.

3.4.b.

3.4.c.

3.4.d.

3.4.e.

3.5 In welchen Bereichen waren Sie von Hochwasser in Köln betroffen?
(**Mehrfachnennungen möglich**)

A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E

Bereich	JA	NEIN	Falls Ja:
a Wohnhaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.6
b Berufsleben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.7
c Mobilität/Verkehrswege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.8
d Versorgung (z.B. Strom, Wasser, Einkaufen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.9
e Freizeitaktivitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.10
f Gesundheit/seelisches Wohlbefinden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frage 3.11

3.5.a.

3.5.b.

3.5.c.

3.5.d.

3.5.e.

3.5.f.

Falls kein Bereich betroffen: → weiter mit **Frage 4.1**

Fragen zu persönlicher Betroffenheit durch Hochwasser

(Mehrfachnennungen möglich)

- 3.6 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Wohnhaus** betroffen?
- a Wasser im Keller 3.6.a.
- b Wasser in der eigenen Wohnung 3.6.b.
- c Eingeschränkter Zugang zum Haus/zur Wohnung durch Hochwasser 3.6.c.
- d Sonstiges: _____ 3.6.d.
- 3.7 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrem **Berufsleben** betroffen?
- a Ich war privat mit der Bekämpfung des Hochwassers beschäftigt 3.7.a.
- b Ich war als ehrenamtlicher Helfer im Hochwassereinsatz 3.7.b.
- c Ich konnte meine Arbeitsstätte hochwasserbedingt nicht erreichen 3.7.c.
- d Meine Arbeitsstätte hatte den Betrieb hochwasserbedingt eingestellt 3.7.d.
- e Sonstiges: _____ 3.7.e.
- 3.8 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Mobilität** bzw. Ihren **Verkehrswegen** betroffen?
- a Ausfall des öffentlichen Nahverkehrs (Bus, Bahn usw.) 3.8.a.
- b Beschädigung des eigenen Fahrzeugs 3.8.b.
- c Unpassierbare Straßen und Wege 3.8.c.
- d Sonstiges: _____ 3.8.d.
- 3.9 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Versorgung** betroffen?
- a Stromausfall 3.9.a.
- b Ausfall der Heizung 3.9.b.
- c Ausfall der Trinkwasserversorgung 3.9.c.
- d Ausfall der Abwasserentsorgung 3.9.d.
- e Ausfall der Telekommunikation (Telefon, Internet) 3.9.e.
- f Ausfall der Gesundheitsversorgung (häusliche Pflege, Ärzte, Apotheke) 3.9.f.
- g Ausfall von behördlichen Diensten (Ämter usw.) 3.9.g.
- h Ausfall von Einkaufsmöglichkeiten 3.9.h.
- i Sonstiges: _____ 3.9.i.
- 3.10 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihren **Freizeitaktivitäten** betroffen?
- a Spazieren/Joggen 3.10.a.
- b Radfahren/Skaten 3.10.b.
- c Wasserbezogene Aktivitäten (z.B. Rudern, Paddeln, Angeln) 3.10.c.
- d Sportplatzaktivitäten (z.B. Fußball, Tennis, Basketball) 3.10.d.
- e Garten/Kleingartenanlage 3.10.e.
- f Kulturelle Aktivitäten 3.10.f.
- g Sonstiges: _____ 3.10.g.
- 3.11 Inwiefern waren Sie durch Hochwasser in Ihrer **Gesundheit** oder Ihrem **seelischen Wohlbefinden** betroffen?
- a Infektionskrankheiten (z.B. Durchfall) 3.11.a.
- b Schimmelpilz 3.11.b.
- c Depression 3.11.c.
- d Sonstiges: _____ 3.11.d.

4. Vorsorge/Bewältigung

- 4.1 Stellen Sie sich vor, das Haus, in dem Sie wohnen, würde bei einem extremen Hochwasser im überfluteten Bereich liegen, und das Hochwasser könnte zu einer Unterbrechung der Strom- und Wasserversorgung führen. Für wie wichtig halten Sie die folgenden Dinge, um eine solche Situation möglichst gut zu meistern?
(1 *unwichtig* – 8 *sehr wichtig*)

A N T W O R T K A R T E

Gegenstand	Einschätzung der Wichtigkeit							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a Gummistiefel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b Schwimmweste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c Schlauchboot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f Sandsäcke und Füllmaterial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g Wasserpumpe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h Klebeband	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i Kordel/Seil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k Taschenlampe (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n Trinkwasservorrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Haltbare Lebensmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p Toiletteneimer mit Deckel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q Mobiltelefon (aufgeladen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 4.1.a.
- 4.1.b.
- 4.1.c.
- 4.1.d.
- 4.1.e.
- 4.1.f.
- 4.1.g.
- 4.1.h.
- 4.1.i.
- 4.1.j.
- 4.1.k.
- 4.1.l.
- 4.1.m.
- 4.1.n.
- 4.1.o.
- 4.1.p.
- 4.1.q.

- 4.2 Welche der genannten Gegenstände haben Sie **zur Zeit** im Haus?

A N T W O R T K A R T E

Gegenstand	z.Zt. im Haus	
	JA	NEIN
a Gummistiefel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b Schwimmweste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c Schlauchboot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d Abdichtungsmaterial für Fenster und Türen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e Wasserdichte Behälter (z.B. für Dokumente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f Sandsäcke und Füllmaterial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g Wasserpumpe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h Klebeband	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i Kordel/Seil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j Kerzen und Streichhölzer/Feuerzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k Taschenlampe (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l Batteriebetriebenes Radio (funktionsfähig)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m Netzunabhängige Heizmöglichkeit (z.B. Ofen/Kamin)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n Trinkwasservorrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Haltbare Lebensmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p Toiletteneimer mit Deckel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q Mobiltelefon (aufgeladen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 4.2.a.
- 4.2.b.
- 4.2.c.
- 4.2.d.
- 4.2.e.
- 4.2.f.
- 4.2.g.
- 4.2.h.
- 4.2.i.
- 4.2.j.
- 4.2.k.
- 4.2.l.
- 4.2.m.
- 4.2.n.
- 4.2.o.
- 4.2.p.
- 4.2.q.

- 4.3 Was schätzen Sie: Wie lange könnten Sie im Falle eines Hochwassers **problemlos** auf die folgenden Dinge verzichten?

Ausfall von	Geschätzte Dauer eines problemlos ertragbaren Verzichts					
	gar nicht	wenige Stunden	1-2 Tage	3-5 Tage	länger als 5 Tage	
a Elektrische Beleuchtung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
b Fernseher	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
c Radio	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
d Computer/Internet	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
e Telefon/Handy	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
f Kühlschrank	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
g Herd/Ofen/Mikrowelle	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
h Heizung (im Winter)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
i Leitungswasser	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
j WC-Spülung	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>
k Öffentliche Verkehrsmittel	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	4.3.a. <input type="checkbox"/>

- 4.4 Besteht für Sie die Möglichkeit, Gegenstände, die Sie vor Hochwasser schützen möchten, in höher gelegene Stockwerke umzulagern?

1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 4.4.

Falls Ja:

- 4.4.1 Können Sie diese Gegenstände **selbständig** dorthin umlagern?

1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 4.4.1

- 4.5 Können Sie Stromanschlüsse im Haus selbst vor Hochwasser sichern?

1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 4.5.

Versicherungsschutz

- 4.6 Haben Sie eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen? (**Mehrfachnennungen möglich**)

- a Wohngebäudeversicherung 4.6.a.
- b Elementar(risiko)versicherung 4.6.b.
- c Haftpflichtversicherung 4.6.c.
- d Hausratsversicherung 4.6.d.
- e Sonstige: _____ 4.6.e.
- f Weiß nicht 4.6.f.

Falls Ja:

4.6.1 Sind Hochwasserschäden durch Ihre Versicherung abgedeckt?

- ¹ Ja ² Nein ³ Weiß nicht 4.6.1

Hochwasserschutzmaßnahmen in Köln

4.7 Sind Ihnen Hochwasserschutzmaßnahmen bekannt, die die Stadt Köln und insbesondere die Hochwasserschutzzentrale nach den Hochwassern 1993 und 1995 durchgeführt hat?

- ¹ Ja ² Nein 4.7.

Falls Ja:

4.7.1 Welche Hochwasserschutzmaßnahmen sind Ihnen bekannt?

_____ 4.7.1. _____

4.7.2 Wie beurteilen Sie diese Maßnahmen für den Schutz vor neuen Hochwassern?
(1 unzureichend – 8 sehr gut)

- | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| <input type="checkbox"/> | 4.7.2. <input type="checkbox"/> |

4.7.3 Glauben Sie, dass die neuen Hochwasserschutzanlagen in Köln Ihnen eine absolute Sicherheit gegen Hochwasser bieten?

- ¹ Ja ² Nein ³ Weiß nicht 4.7.3.

5. Wissen zum Notfallverhalten

5.1 Was würden Sie im Falle einer Hochwasserwarnung zuerst unternehmen?

(3 Nennungen möglich)

1. _____ 5.1.1. _____
 2. _____ 5.1.2. _____
 3. _____ 5.1.3. _____

5.2 Wer ist Ihrer Meinung nach für die direkte Hilfe bei einem Hochwasser zuständig?

(Mehrfachnennungen möglich)

- a Stadtentwässerungsbetriebe 5.2.a.
 b Andere städtische Behörden 5.2.b.
 c Polizei 5.2.c.
 d Feuerwehr 5.2.d.
 e Bundeswehr 5.2.e.
 f THW 5.2.f.
 g Rotes Kreuz 5.2.g.
 h Sonstige: _____ 5.2.h.
 i Weiß nicht 5.2.i.

A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E

5.3 Wen würden Sie im Falle eines drohenden Hochwasserschadens in Ihrer Wohnung oder Ihrem Haus kontaktieren, um Hilfe bei der Sicherung von Möbeln und Inventar zu erbitten?

(Mehrfachnennungen möglich)

- a Freunde 5.3.a.
 b Verwandte 5.3.b.
 c Nachbarn 5.3.c.
 d Polizei 5.3.d.
 e Feuerwehr 5.3.e.
 f Bundeswehr 5.3.f.
 g THW 5.3.g.
 h Rotes Kreuz 5.3.h.
 i Sonstige: _____ 5.3.i.
 j Weiß nicht 5.3.j.

A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E

5.4 Wo würden Sie im Falle einer Evakuierung am ehesten Zuflucht suchen?

- 1 bei Bekannten oder Freunden 5.4.
 2 bei Verwandten 5.4.
 3 Hotel/Pension 5.4.
 4 Städtische Einrichtungen/Notunterkünfte 5.4.
 5 Sonstige: _____ ggf. _____

A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E

5.5 Würden Sie es im Falle einer Evakuierung **ohne fremde Hilfe** schaffen, sich und Ihre Haushaltsangehörigen in Sicherheit zu bringen?
 1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 5.5.

5.6 Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die keine weitere Strecke (ca. 1 km) zu Fuß bewältigen könnten (z.B. Kleinkinder, ältere Personen)?
 1 Ja 2 Nein 5.6.

Falls Ja:

5.6.1 Wie viele Personen?
 Anzahl: _____ 5.6.1.

5.7 Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die ständig auf Medikamente oder medizinische Geräte angewiesen sind?
 1 Ja 2 Nein 5.7.

Falls Ja:

5.7.1 Wie viele Personen?
 Anzahl: _____ 5.7.1.

5.8 Haben Sie Haustiere?
 1 Ja 2 Nein 5.8.

5.9 Wenn Sie Ihre Wohnung **so schnell wie möglich** verlassen müssten:
 Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z.B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?
 _____ 5.9. _____

5.10 Wenn eine **ausreichend lange Vorwarnzeit** gegeben wäre:
 Wie lange würden Sie brauchen, um Ihre wichtigsten Einrichtungs- und Wertgegenstände (z.B. Fernseher, Computer, Schmuck, Bücher) in Sicherheit zu bringen?
 _____ 5.10. _____

6. Wohnen

6.1 Seit wann wohnen Sie in Köln?

Seit: _____

6.1.

6.2 Wie groß ist Ihre Wohnfläche in Quadratmetern?

ca. _____ m²

6.2.

6.3 Hat das Haus, in dem Sie wohnen, einen Keller?

1 Ja 2 Nein

6.3.

6.4 In welchem Jahr wurde das Haus, in dem Sie wohnen (ungefähr) erbaut?

ca. im Jahr: _____

Weiß nicht

6.4.

6.5 Wie beurteilen Sie den baulichen Zustand des Hauses, in dem Sie wohnen?

(1 ungenügend/sanierungsbedürftig – 8 sehr gut)

1 2 3 4 5 6 7 8

6.5.

6.6 In welcher Bauweise wurde das Haus, in dem Sie wohnen, gebaut?

1 Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)

2 Fertigbau

3 Fachwerkbauweise

4 Stahlbeton

5 Plattenbauweise

6 Andere Bauweise: _____

7 Weiß nicht

6.6.

ggf. _____

6.7 Sind am Wohnhaus bauliche Hochwasserschutzvorkehrungen vorhanden?

1 Ja 2 Nein

3 Weiß nicht

6.7.

6.8 Welches Heizungssystem hat das Gebäude, in dem Sie wohnen?

1 Öl

2 Gas

3 Kohle

4 Fernwärme

5 Elektro (Nachtspeicher, Wärmepumpe, Direktheizung)

6 Andere: _____

7 Weiß nicht

6.8.

ggf. _____

Falls Eigentümer mit Ölheizung:

6.8.1 Können Sie Ihren Öltank selbständig gegen Auftrieb und Auslaufen im Falle eines Hochwassers sichern?

- 1 Ja 2 Nein 3 Weiß nicht 6.8.1

Mögliche Hausschäden und Wiederbeschaffungswerte

6.9 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer Wohnungs- bzw. Hauseinrichtung?

ca. _____ Euro 6.9.

keine Angabe

6.10 Sind Sie Mieter oder Eigentümer der Wohnung bzw. des Hauses?

- 1 Mieter 2 Eigentümer 6.10.

Falls Mieter:

6.11 Wie hoch ist Ihre Kaltmiete?

a. _____ Euro keine Angabe 6.11.a

oder

b. _____ Euro pro m² 6.11.b

Falls Eigentümer:

6.12 Was ist der geschätzte Wiederbeschaffungswert Ihrer **Wohnung** bzw. Ihres **Hauses** (*ohne Inventar*)

ca. _____ Euro 6.12.

keine Angabe

7. Statistische Angaben

7.1 Haben Sie einen PKW im Haushalt?

- 1 Ja 2 Nein

7.1.

7.2 Welche Verkehrsmittel benutzen Sie regelmäßig?

(Mehrfachnennungen möglich)

- a PKW
 b Mofa/Roller/Motorrad
 c Fahrrad
 d Bus
 e Straßenbahn/U-Bahn
 f S-Bahn/DB
 g Sonstiges: _____

7.2.a

7.2.b

7.2.c

7.2.d

7.2.e

7.2.f

7.2.g

7.3 Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie?

- 1 kein Schulabschluss
 2 Volks-/Hauptschulabschluss
 3 Mittlere Reife, Realschulabschluss
 4 Fachhochschulreife/Hochschulreife
 5 keine Angabe

7.3.

7.4 Welchen höchsten berufsbildenden Abschluss haben Sie?

- 1 kein berufsbildender Abschluss
 2 Berufsschule/Berufsfachschule
 3 Fachschule (Meister, Technikerschule)
 4 (Fach-)Hochschule
 5 keine Angabe

7.4.

7.5 Wie viele Personen leben (dauerhaft) in Ihrem Haushalt („unter einem Dach“)?

_____ Personen

7.5.

7.6 Bitte geben Sie für jede im Haushalt lebende Person folgende Angaben an:

	Alter	Geschlecht	Nationalität	Tätigkeit	Wirtschaftsbereich	Ort der Arbeitsstätte
a	Person 1					
b	Person 2					
c	Person 3					
d	Person 4					
e	Person 5					
f	Person 6					
g	Person 7					
h	Person 8					
<u>Alter:</u> Zahl eintragen		<u>Geschlecht:</u> M: männlich W: weiblich		<u>Nationalität:</u> 1: deutsch 2: europäisch 3: außereuropäisch		
<u>Tätigkeit:</u> A: Angestellt B: Arbeiter/Facharbeiter(in) C: Beamter/Beamtin D: Selbständig E: Freiberuflich F: Rentner/in G: Hausfrau/-mann H: arbeitslos I: in der Ausbildung		<u>Wirtschaftsbereich der Tätigkeit:</u> 1: Land- und Forstwirtschaft 2: Bau 3: Industrie 4: Handwerk 5: Dienstleistungen 6: Öffentlicher Dienst, Gebietskörperschaften 7: Sonstiges		<u>Ort der Arbeitsstätte:</u> 1: außerhalb Köln 2: in Köln 3: im selben Haus wie die Wohnung		

7.7 Wie hoch ist ungefähr das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushaltes insgesamt?

(Erläuterung: Das Nettoeinkommen umfasst die Summe aller Einnahmen, die dem Haushalt nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeträge verbleibt. Hierzu zählen beispielsweise auch Kindergeld, Einkünfte aus Vermietung/Verpachtung und Zinseinkünfte)

A
N
T
W
O
R
T
K
A
R
T
E

- | | | |
|---|--|-------------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> unter 500 Euro | 8 <input type="checkbox"/> 3500 bis unter 4000 Euro | 7.7. <input type="checkbox"/> |
| 2 <input type="checkbox"/> 500 bis unter 1000 Euro | 9 <input type="checkbox"/> 4000 bis unter 4500 Euro | |
| 3 <input type="checkbox"/> 1000 bis unter 1500 Euro | 10 <input type="checkbox"/> 4500 bis unter 5000 Euro | |
| 4 <input type="checkbox"/> 1500 bis unter 2000 Euro | 11 <input type="checkbox"/> 5000 bis unter 5500 Euro | |
| 5 <input type="checkbox"/> 2000 bis unter 2500 Euro | 12 <input type="checkbox"/> 5500 bis unter 6000 Euro | |
| 6 <input type="checkbox"/> 2500 bis unter 3000 Euro | 13 <input type="checkbox"/> 6000 Euro und mehr | |
| 7 <input type="checkbox"/> 3000 bis unter 3500 Euro | 14 <input type="checkbox"/> keine Angabe | |

8. **Eine letzte Frage:**

Würden Sie sich nochmals für ein Interview zur Verfügung stellen?

- 1 Ja 2 Nein 8.

Vielen Dank!

Interviewer-Team: Nr. _____

Datum: _____

Beginn: _____ Uhr (z.B. 10:35)

Ende: _____ Uhr

Stadtviertel: _____

Exposition: ¹ HQ 100 ² HQ 500

Wasserhöhe bei HQ: ¹ bis 60cm ² bis 120cm ³ bis 240cm ⁴ >240cm

Anzahl der Etagen des Hauses: _____

Etage der Wohnung: ³ Souterrain
⁴ Erdgeschoss
¹ 1. OG
² 2. OG
³ 3. OG
⁴ 4. OG oder höher

Erreichbarkeit mit Aufzug: ¹ Ja ² Nein

Baulicher Zustand des Hauses (1 sehr gut – 8 ungenügend, sanierungsbedürftig):

¹ ² ³ ⁴ ⁵ ⁶ ⁷ ⁸

Bauweise: ¹ Massivbau (Stein-, Ziegel-, Mauerwerksbau)
² Stahlbeton
³ Fertigbau
⁴ Fachwerkbauweise
⁵ Plattenbauweise
⁶ Andere Bauweise: _____

Haustyp: ¹ Einfamilienhaus (freistehend)
² Einfamilienhaus (Reihenhaus)
³ Mehrfamilienhaus (1-5 Etagen)
⁴ Mehrfamilienhaus (über 5 Etagen)
⁵ Wohn- und Geschäftshaus
⁶ Anderer Typ: _____

Hausnutzung: ¹ Reines Wohngebäude
² Mischnutzung (z.B. Einzelhandel/Dienstleistung und Wohnen)

Sprachkenntnisse (nur bei Befragten mit Migrationshintergrund):

¹ sehr gut
² gut
³ mittelmäßig
⁴ gering
⁵ sehr gering

X.1.

X.2.

X.3.

X.4.

X.5.

X.6.

X.7.

X.8.

X.9.

X.10.

X.11.

X.12.

ggf. _____

X.13.

ggf. _____

X.14.

X.15.

B2 Fragebogen zum Thema Hochwasserschutz im Rahmen des Kommunalen Mikrozensus 2008/2009 der Stadt Köln

Der Oberbürgermeister



Stadt Köln

Amt für Stadtentwicklung und Statistik

»Leben in Köln« – Umfrage 2008/2009

Ihre Meinung ist uns wichtig! Für die Arbeit der Stadtverwaltung ist es von Bedeutung, die Meinungen und Vorstellungen der Bürgerinnen und Bürger zu verschiedenen Lebensbereichen zu erfahren. Diese Befragung soll dazu beitragen, die Interessen der Bevölkerung bei Planungen der Kommune weitgehend zu berücksichtigen.

Ausführliche Informationen zu dieser Befragung entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Anschreiben.

In diesem Schreiben werden auch der Verwendungszweck der Daten und die Art der Datenspeicherung erläutert. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass Ihre Teilnahme an der Befragung selbstverständlich freiwillig ist und die Befragungsdaten völlig anonym (ohne Ihren Namen und Ihre Anschrift) erfasst und ausgewertet werden.

Bitte nehmen Sie an der freiwilligen Befragung teil und füllen Sie den Fragebogen möglichst vollständig aus, da nur dann ein zuverlässiges, repräsentatives Bild über die Einschätzung Kölns zu erhalten ist. Der Fragebogen soll dabei von der Person ausgefüllt werden, die angeschrieben worden ist. Obwohl das Ausfüllen des Fragebogens leicht ist, beachten Sie bitte die folgenden Hinweise:

- Bei den meisten Fragen sind die Antworten bereits vorformuliert. Bitte kreuzen Sie in diesen Fällen die Antwortmöglichkeit an, die am ehesten auf Sie persönlich zutrifft.
- Bei einigen Fragen können Sie auch die Antwortmöglichkeit „Sonstiges“ ankreuzen und Ihre Antwort in Stichworten eintragen.
- Bei vielen Fragen ist nur eine Antwort möglich. Wenn jedoch mehrere Antworten möglich sind, ist dies durch folgenden Hinweis vermerkt: „Bitte alles Zutreffende ankreuzen“
- Wenn Sie bei einigen Fragen zwischen zwei Antwortmöglichkeiten schwanken, entscheiden Sie sich bitte für die Möglichkeit, die Ihnen noch am ehesten zusagt.
- Schließlich enthält der Fragebogen einige Fragen, bei denen keine Antwortmöglichkeiten vorformuliert sind. Bitte notieren Sie bei diesen Fragen Ihre Antwort in Stichworten.
- Senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bitte innerhalb von zwei Wochen nach Erhalt in dem beigelegten Freiumschlag an die Stadt Köln zurück. Die Nummer auf dem Rückumschlag dient der räumlichen Zuordnung des Fragebogens zu Stadtvierteln. Der Rückumschlag mit der lfd. Nummer wird unmittelbar nach der Eingangskontrolle vom Fragebogen getrennt und vernichtet.
- Sollten Sie noch Fragen haben, dann wenden Sie sich bitte unter den folgenden Telefonnummern an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Amtes für Stadtentwicklung und Statistik:
Telefon: 0221 / 221-21861
Telefon: 0221 / 221-22053
Telefon: 0221 / 221-21866

Für Ihre freundliche Unterstützung und Geduld beim Ausfüllen des Fragebogens vielen Dank im Voraus.

Hochwasserschutz

40. Haben Sie schon einmal ein Hochwasser persönlich erlebt?

Bitte alles Zutreffende ankreuzen

- Nein
- Ja, in Köln
- Ja, in einer anderen Stadt / einer anderen Gemeinde
- Ja, im Ausland

41. In welchem Jahr war das? Falls Sie mehrere Hochwasser erlebt haben, können Sie hier mehrere Jahre angeben.

Bitte notieren:

42. Wenn Sie im Falle eines Hochwassers Ihre Wohnung / Ihr Haus so schnell wie möglich verlassen müssten: Wie lange würden Sie brauchen, um sich selbst, Ihre Haushaltsangehörigen und Haustiere, sowie Ihre wichtigsten Dokumente (z. B. Ausweise) in Sicherheit zu bringen?

ca. Minuten

43. Wenn eine ausreichend lange Vorwarnzeit gegeben wäre: Wie lange würden Sie brauchen, um Ihre wichtigsten Einrichtungs- und Wertgegenstände (z. B. Fernseher, PC, Schmuck, Bücher) in Sicherheit zu bringen?

ca. Minuten

44. Haben Sie Personen in Ihrem Haushalt, die nicht selbstständig das Haus verlassen können oder die keine weite Strecke (ca. 1 km und mehr) zu Fuß bewältigen könnten (Kleinkinder, Ältere)? Wenn ja, bitte Personenzahl notieren:

Ja und zwar Personen

Nein

45. Haben Sie für Ihre Wohnung / Ihr Haus eine oder mehrere der nachfolgend genannten Versicherungen?

Bitte alles Zutreffende ankreuzen

- Wohngebäudeversicherung
- Elementar(risiko)versicherung
- Haftpflichtversicherung
- Hausratversicherung
- Sonstiges
- Weiß nicht

46. Wissen Sie, ob Hochwasserschäden durch Ihre Versicherung abgedeckt sind?

- Ja, Hochwasserschäden sind abgedeckt
- Nein, Hochwasserschäden sind nicht abgedeckt
- Weiß nicht

47. Für wie bedeutsam bzw. wichtig halten Sie die nachfolgend aufgeführten Naturgefahren für Köln auf einer Skala von 1 = „unbedeutsam“ bis 8 = „sehr bedeutsam“?

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sturm	<input type="checkbox"/>							
Hitzewelle	<input type="checkbox"/>							
Hochwasser	<input type="checkbox"/>							
Erdbeben	<input type="checkbox"/>							
Hangrutschung	<input type="checkbox"/>							
Starkregen	<input type="checkbox"/>							

48. Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass das Haus, in dem Sie wohnen, zukünftig von einem Hochwasser betroffen sein wird? (Skala von 1 = „unwahrscheinlich“ bis 8 = „sehr wahrscheinlich“)

	1	2	3	4	5	6	7	8
	<input type="checkbox"/>							

49. Haben Sie bei der Auswahl Ihrer Wohnung bzw. Ihres Hauses Informationen über mögliche Hochwassergefährdung erhalten oder eingeholt?

Bitte alles Zutreffende ankreuzen

- Ja, ich habe unaufgefordert Informationen erhalten.
- Ja, ich habe selbst Informationen eingeholt.
- Nein, ich habe keine Informationen erhalten oder eingeholt.

50. Sind Ihnen Hochwasserschutzmaßnahmen bekannt, die die Stadt Köln und insbesondere die Hochwasserschutzzentrale nach den Hochwassern 1993 und 1995 durchgeführt hat?

Ja, und zwar folgende Maßnahmen

Bitte notieren:

1.
2.
3.

Nein, mir sind keine Maßnahmen bekannt

51. Haben Sie nach den Hochwassern 1993 und 1995 bei sich selber Maßnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt oder Vorsorgestrategien ergriffen?

Ja, und zwar folgende Maßnahmen

Bitte notieren:

1.
2.
3.

Nein, habe nichts gemacht

B3 Karten zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung

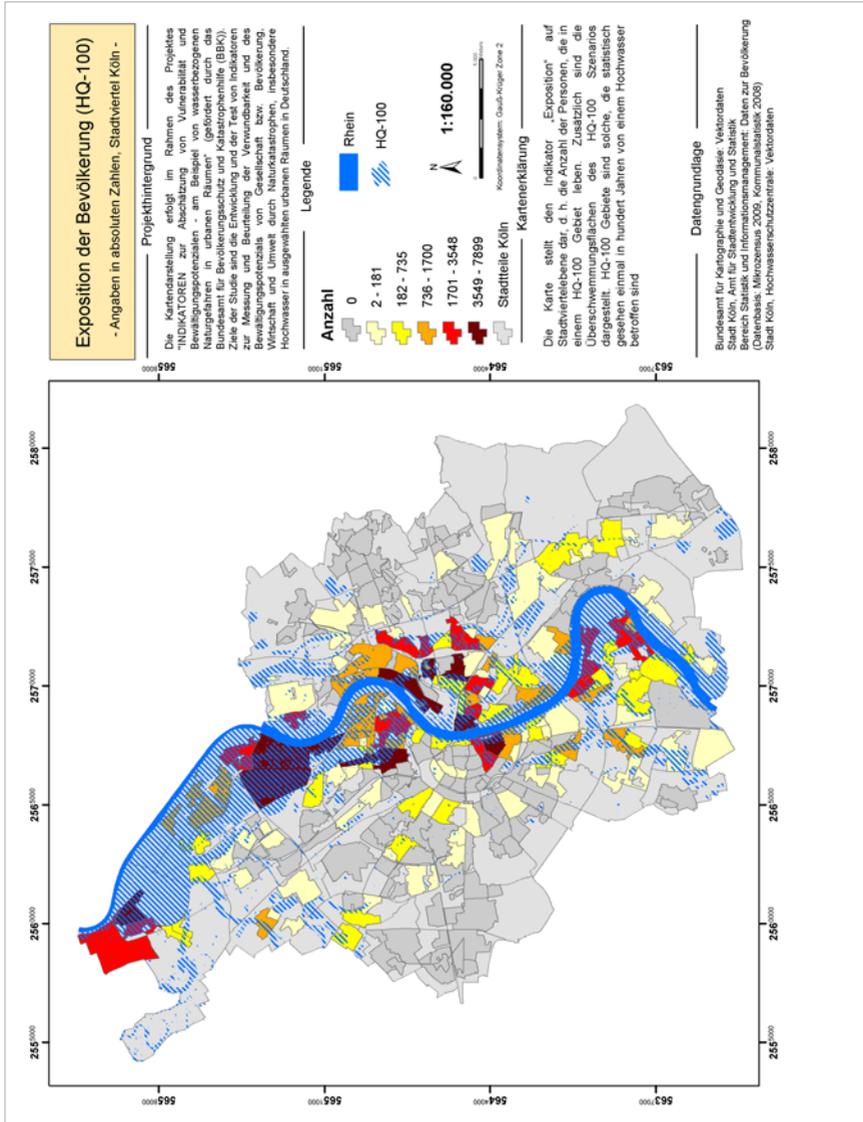


Abb. B3.1 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

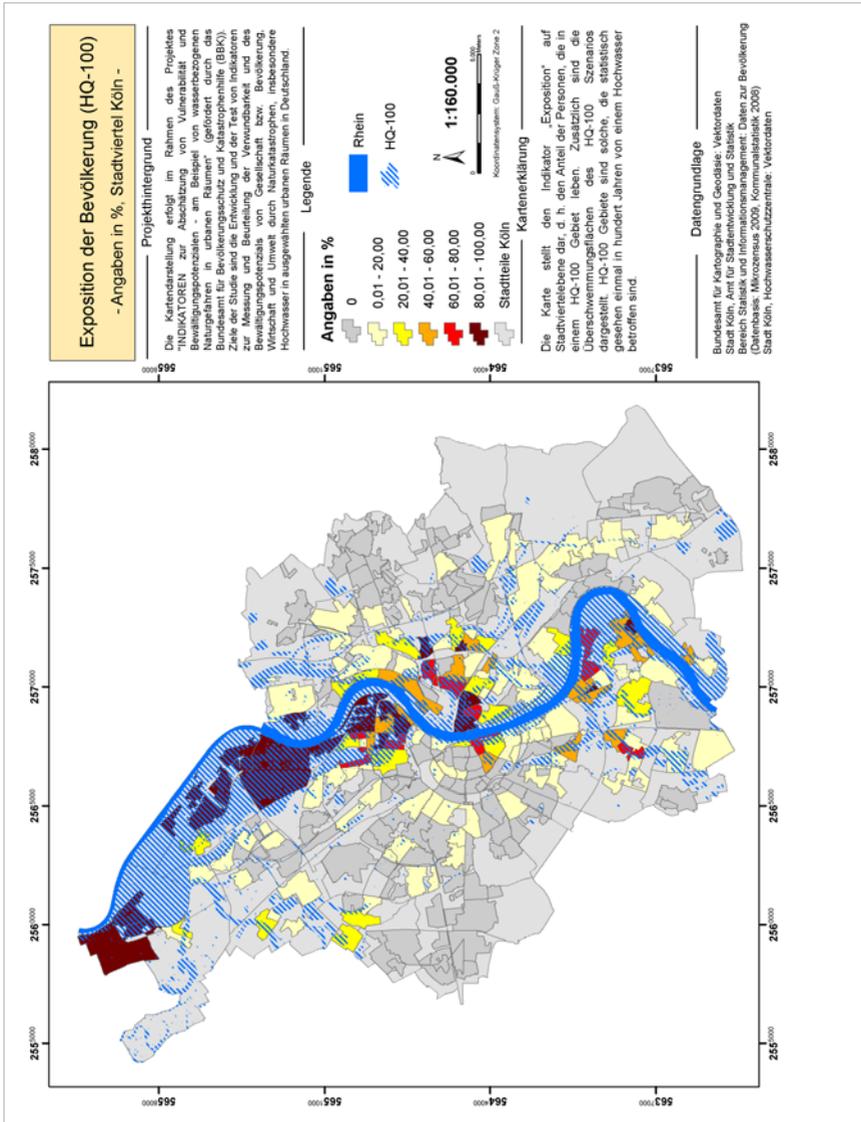


Abb. B3.2 Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

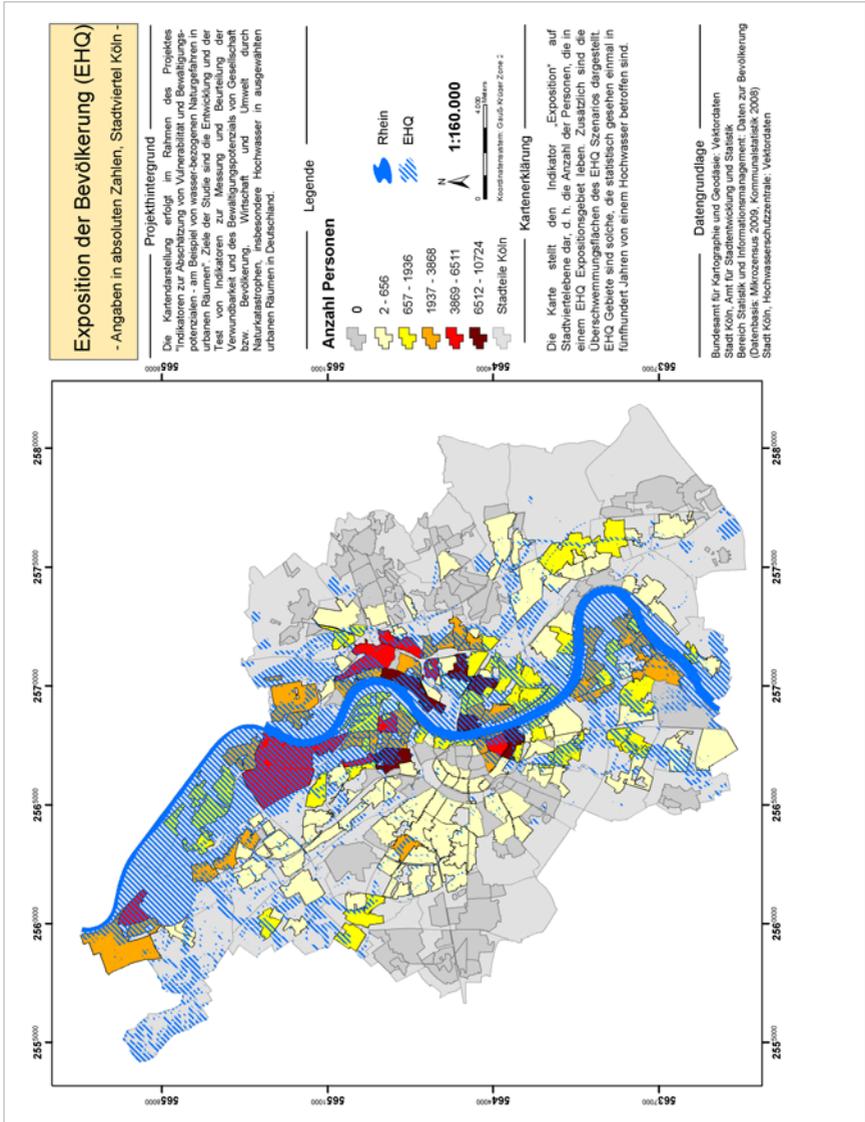


Abb. B3.3 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

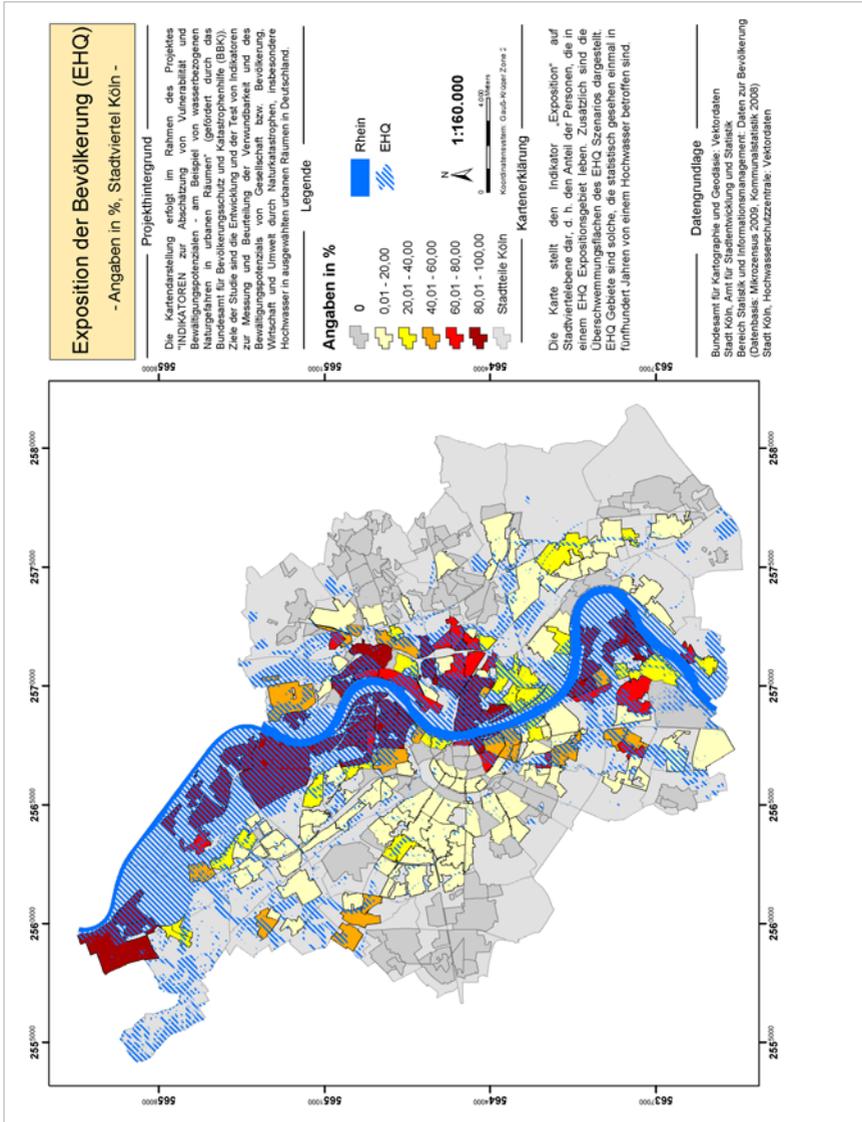


Abb. B3.4 Anteil exponierter Personen in der Stadt Köln bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

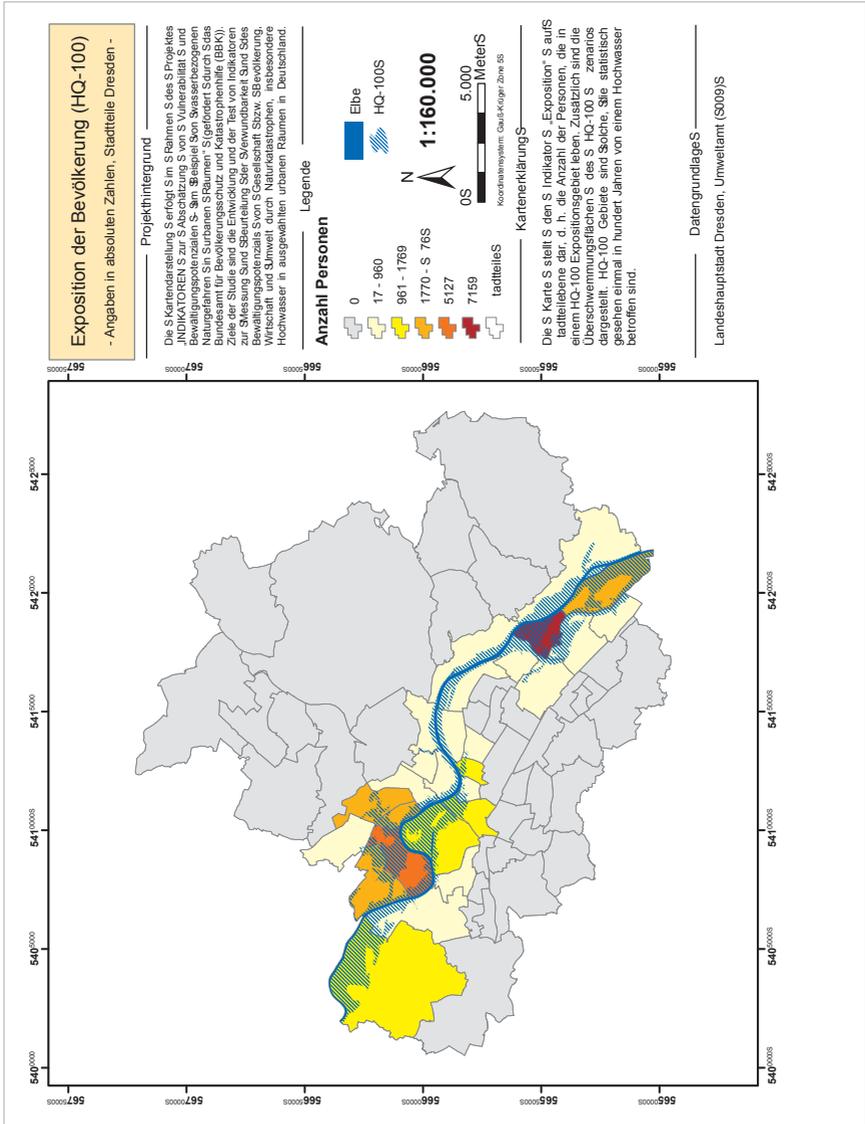


Abb. B3.5 Anzahl exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

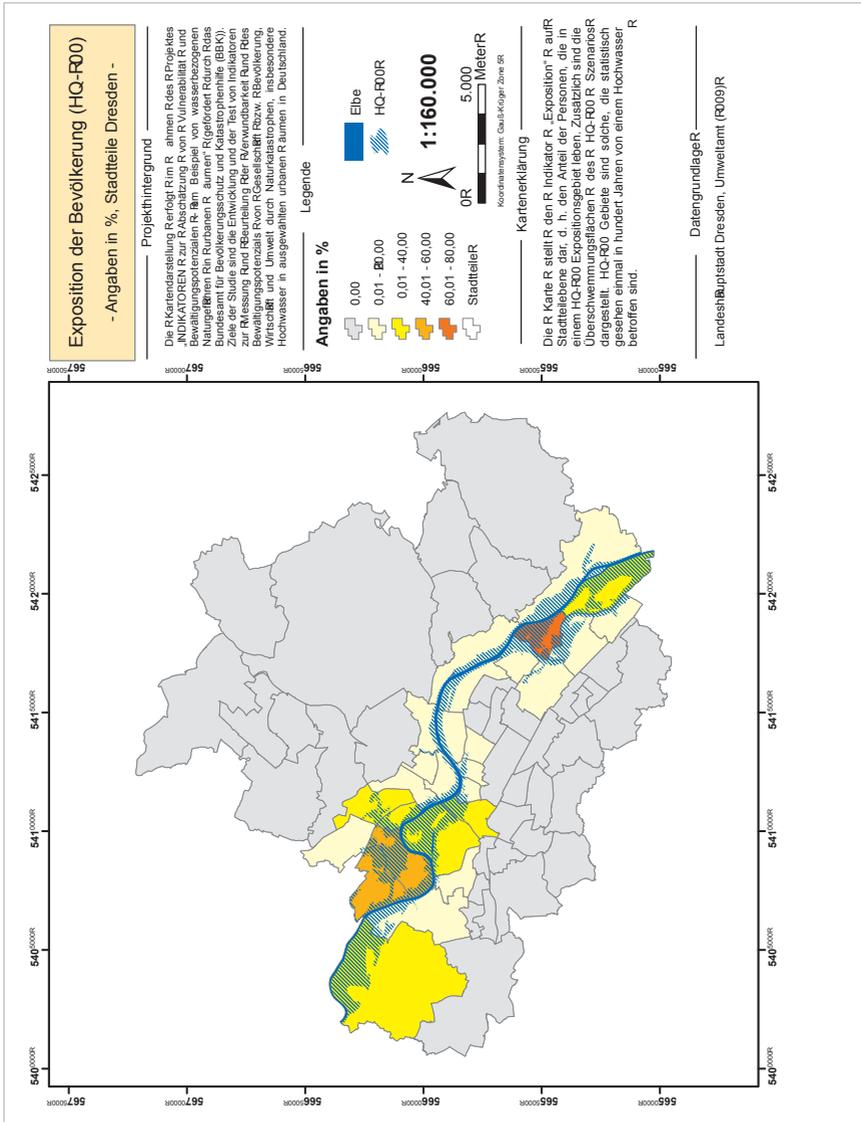


Abb. B3.6 Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem HQ-100-Szenario entsprechen würde

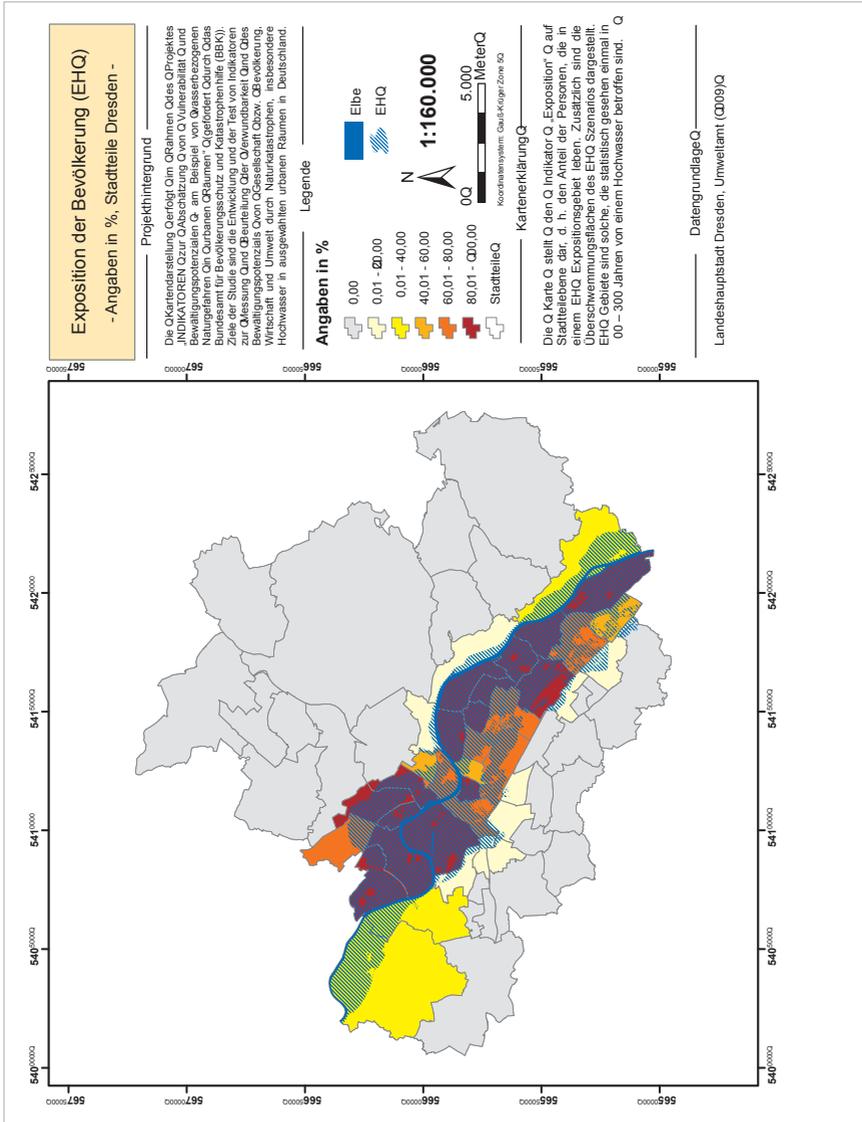


Abb. B3.7 Anteil exponierter Personen in der Stadt Dresden bei Eintritt eines Hochwassers, das einem EHQ-Szenario entsprechen würde

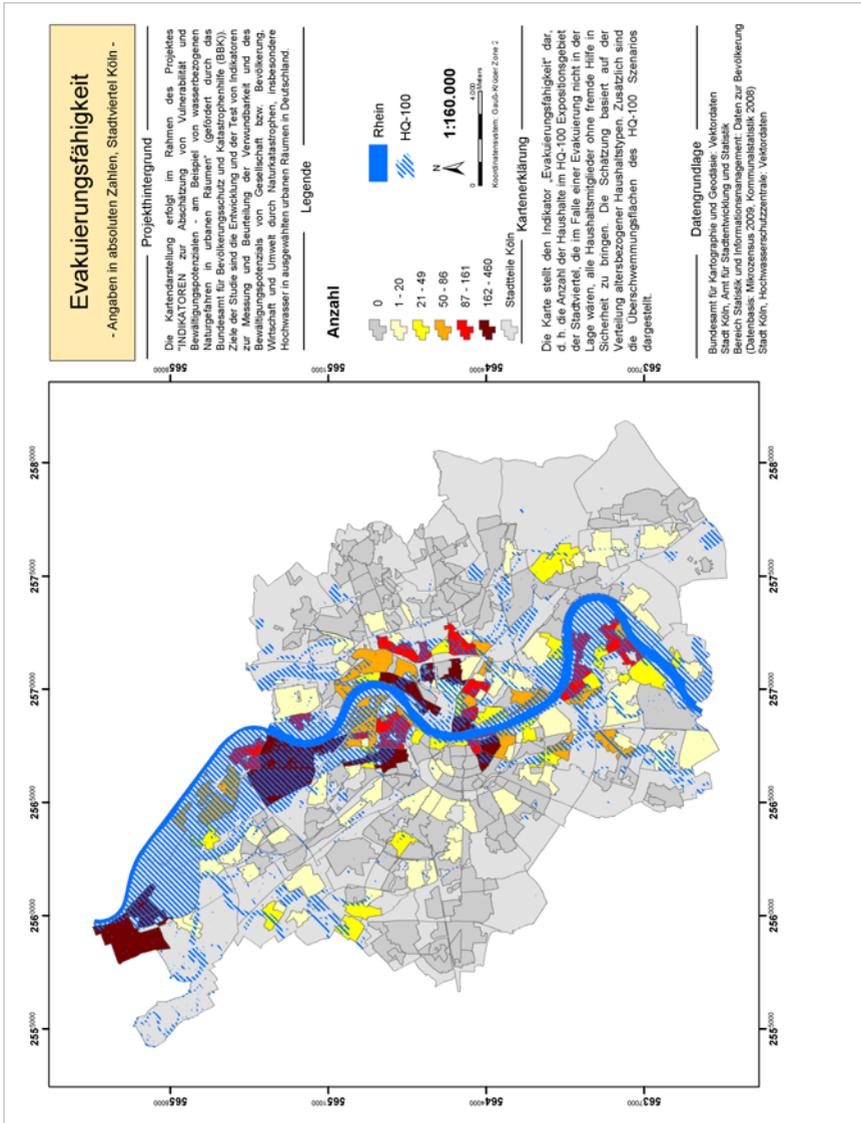


Abb. B3.8 Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100 Gebiet der Stadt Köln

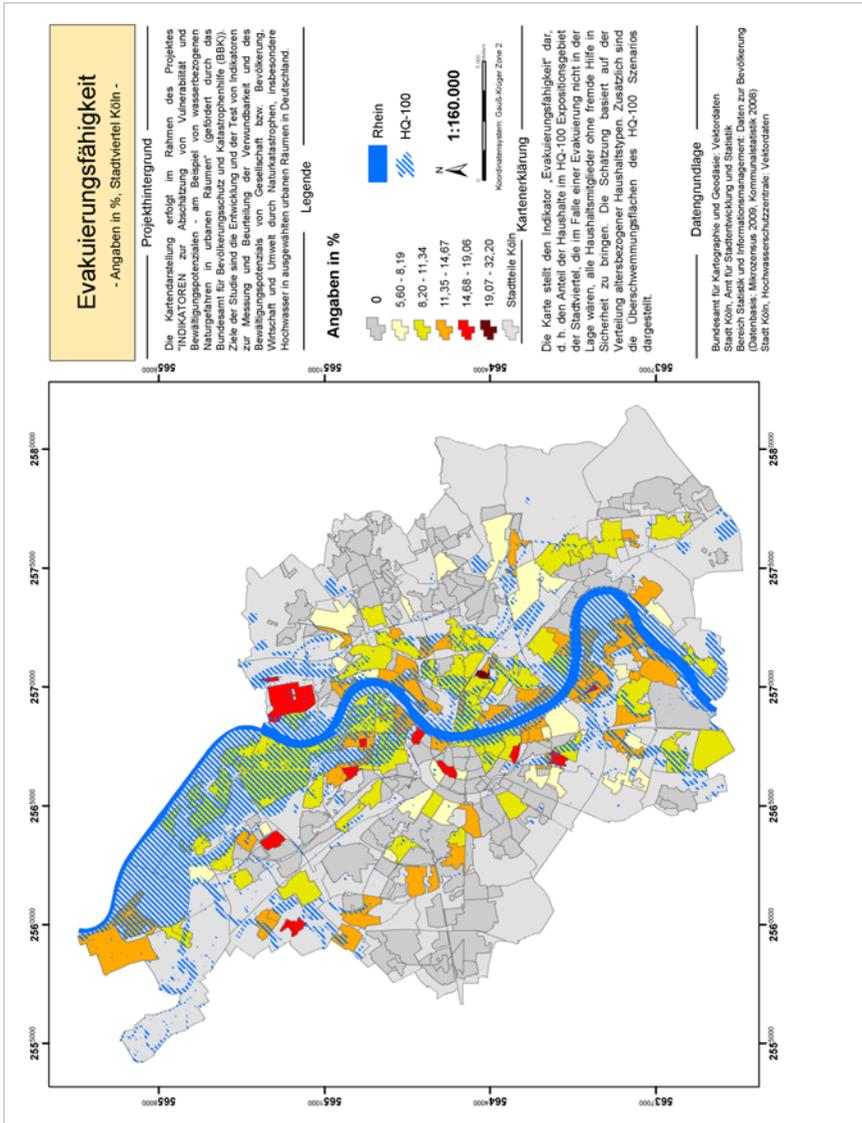


Abb. B3.9 Anteil der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Köln

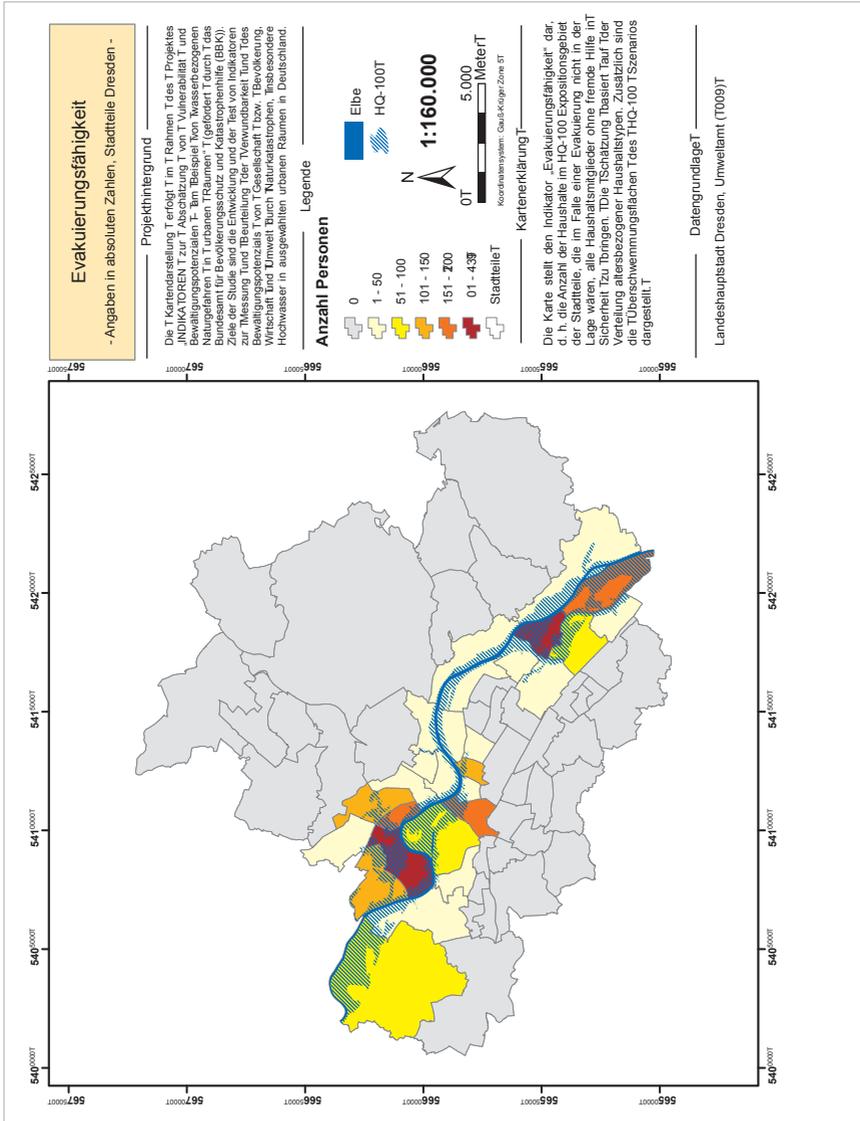


Abb. B3.10 Anzahl der nicht evakuierungsfähigen Haushalte im HQ-100-Gebiet der Stadt Dresden

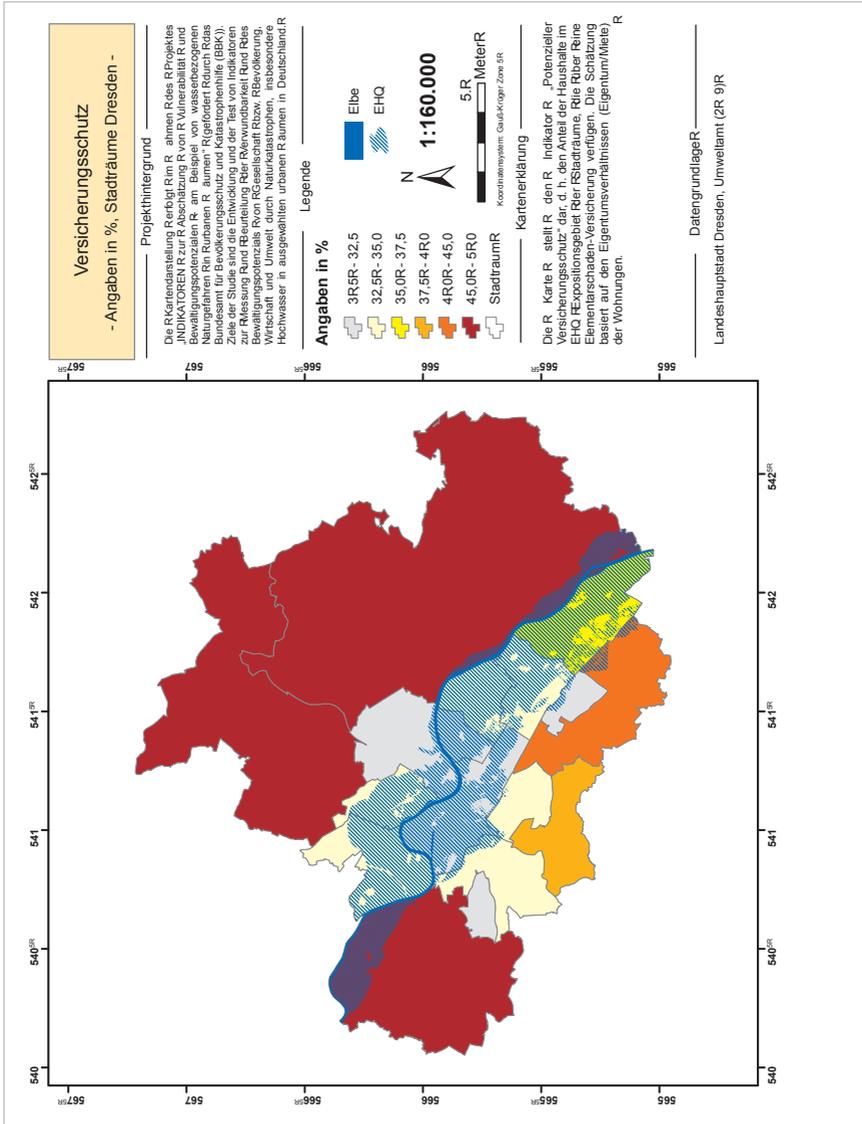


Abb. B3.11 Potenzieller Versicherungsschutz im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden

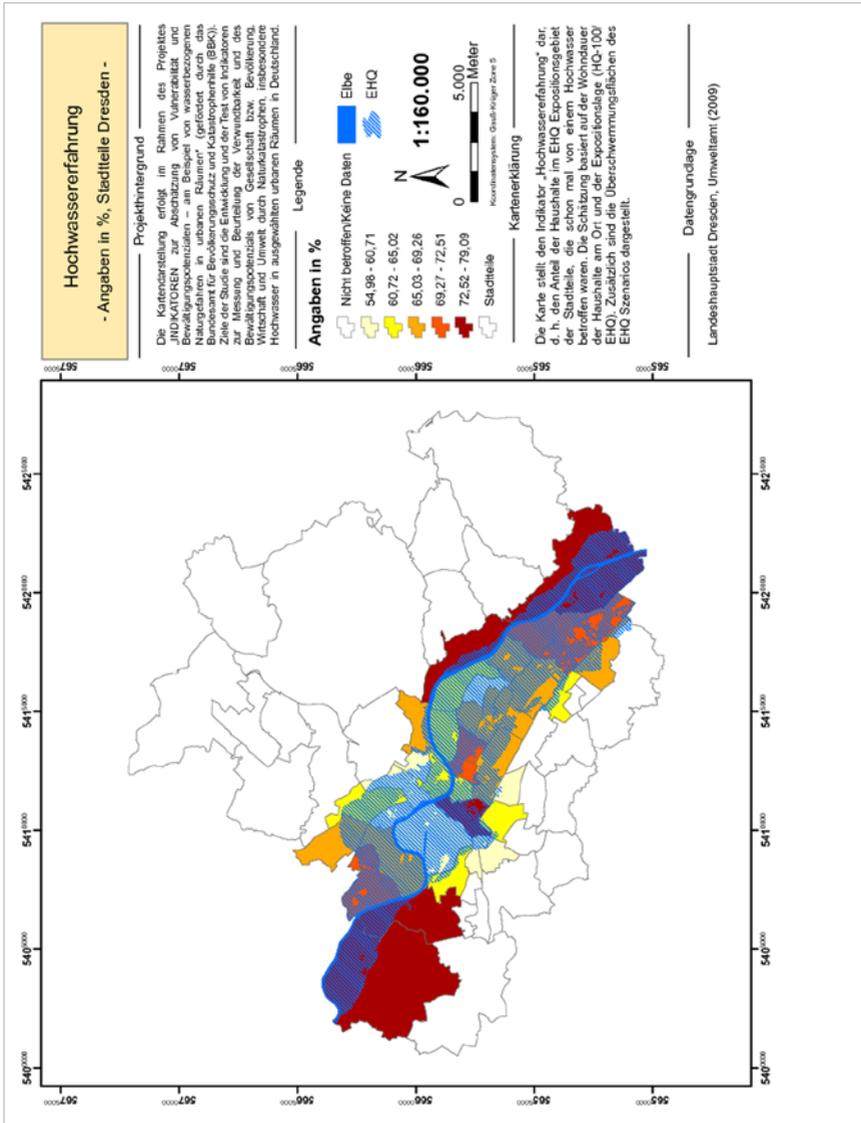


Abb. B3.12 Anteil der Haushalte mit Hochwassererfahrung im EHQ-Gebiet der Stadt Dresden

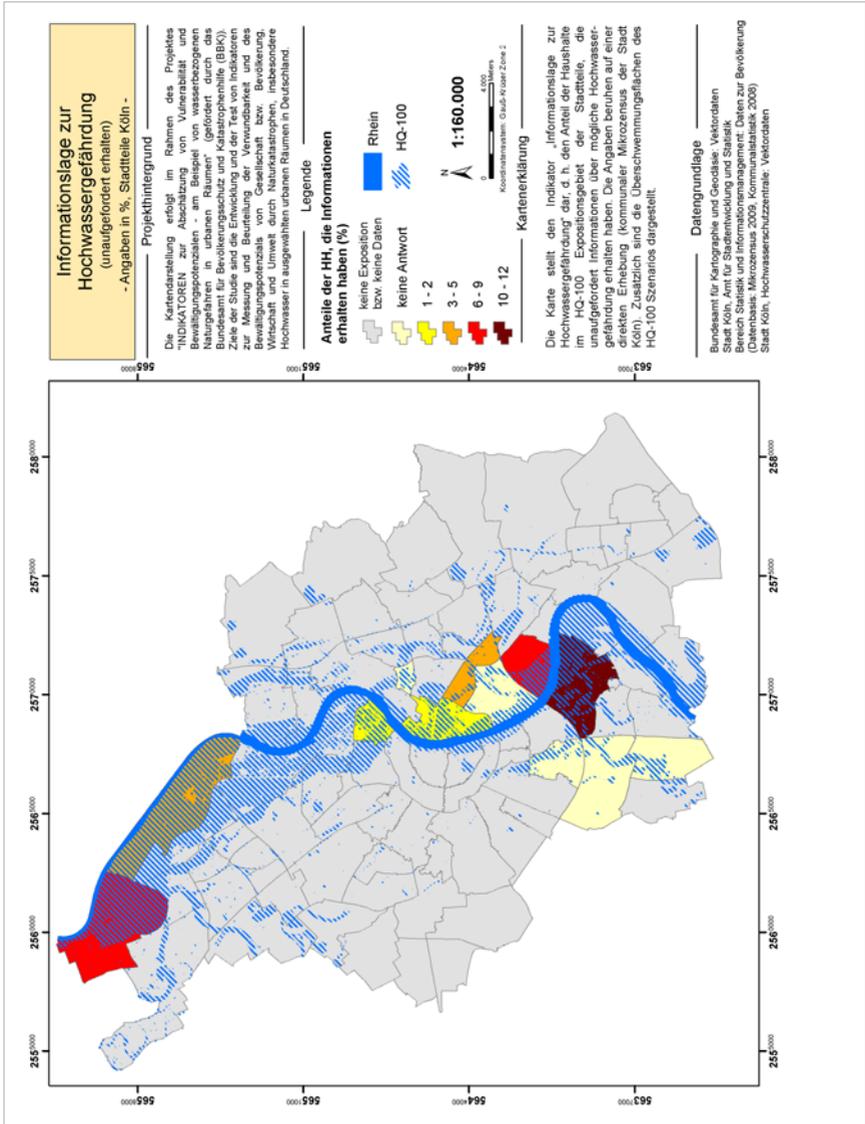


Abb. B3.13 Informationslage (Informationen unaufgefordert erhalten) im EHQ-Gebiet der Stadt Köln

Anhang C

C1 Online-Fragebogen Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)

Welche Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung betreiben Sie?	
<input type="checkbox"/>	reine Ackerbewirtschaftung
<input type="checkbox"/>	reine Grünlandbewirtschaftung (ohne/mit Viehhaltung) → Überspringen von 6
<input type="checkbox"/>	Acker- und Grünlandbewirtschaftung (ohne/mit Viehhaltung)

Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche und Ihrer Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet und zu möglichen Kontaminationsquellen. Bitte schauen Sie für die folgenden 3 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ-100/EHQ ¹ liegt?	
<input type="checkbox"/>	Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsgebiet → Überspringen von 4, 5 und 6
<input type="checkbox"/>	1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet
2. Welcher Anteil an Vermögenswerten Ihres Betriebes, z. B. in Form von Technik, Maschinen, Wirtschaftsgebäuden, Vieh befindet sich im HQ 100/EHQ (Achtung: ohne Nutzflächen!)?	
<input type="checkbox"/>	Es befinden sich keine Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet → Überspringen von 7 und 8
<input type="checkbox"/>	1 % bis 25 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 25 % bis 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet
3. Sind in der Überschwemmungskarte auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich der Wirtschaftsgebäude Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?	
<input type="checkbox"/>	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen

55 HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebende Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und die daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser

4. Wie viele verschiedene Einnahmequellen haben Sie (z. B. Einnahmen aus verschiedenen Ernten oder tierischen Produkten, aus Handel oder Vermietung)?

<input type="checkbox"/>	eine
<input type="checkbox"/>	zwei bis drei
<input type="checkbox"/>	mehr als drei

5. Welche Kulturen befinden sich derzeit überwiegend auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/EHQ? Bitte kreuzen Sie nur ein Feld an!

<input type="checkbox"/>	Dauergrünland
<input type="checkbox"/>	stillgelegte/aus Erzeugung genommene Flächen
<input type="checkbox"/>	Getreide
<input type="checkbox"/>	Hackfrüchte
<input type="checkbox"/>	Hülsenfrüchte
<input type="checkbox"/>	Ölsaaten
<input type="checkbox"/>	Ackerfutter
<input type="checkbox"/>	Dauerkulturen
<input type="checkbox"/>	Gemüse- und sonstige Handelsgewächse

6. Wenden Sie auf Ihren überschwemmungsgefährdeten Feldern eine konservierende Bodenbearbeitung an?

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja, aber nicht immer und nicht auf allen Flächen
<input type="checkbox"/>	Ja, immer auf allen Flächen

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser

7. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossene Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Wirtschaftsgebäuden getroffen?	
<input type="checkbox"/>	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen
<input type="checkbox"/>	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen
<input type="checkbox"/>	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen, so dass ich die Gebäude als sicher bezeichnen würde

8. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?	
<input type="checkbox"/>	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
<input type="checkbox"/>	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
<input type="checkbox"/>	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren

9. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?	
<input type="checkbox"/>	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
<input type="checkbox"/>	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
<input type="checkbox"/>	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle

10. Wie lange würden Sie bei einem maximal anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!	
<input type="checkbox"/>	ca. ein Jahr
<input type="checkbox"/>	zwischen einem und fünf Jahren
<input type="checkbox"/>	mehr als 5 Jahre

C2 Online-Fragebogen Gartenbaubetriebe

Im nächsten Abschnitt geht es um die Lage Ihres Gartenbaubetriebes im Überschwemmungsgebiet und zu möglichen Kontaminationsquellen. Bitte schauen Sie für die folgenden 2 Fragen auf die Überschwemmungskarten!

1. Zu welchem Anteil liegt Ihr Gartenbaubetrieb im HQ 100/EHQ ² ?	
<input type="checkbox"/>	1 % bis 25 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 25 % bis 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet
<input type="checkbox"/>	mehr als 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet

2. Sind in der Überschwemmungskarte auf dem Gelände Ihres Gartenbaubetriebes Flächen mit potenzieller Schadwirkung ausgewiesen?	
<input type="checkbox"/>	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schadwirkung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schadwirkung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schadwirkung ausgewiesen
<input type="checkbox"/>	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schadwirkung ausgewiesen

56 HQ 100 steht in der Wasserwirtschaft für einen Abfluss, der statistisch gesehen ein Mal in hundert Jahren auftritt. Dabei können gewässerumgebende Bereiche überschwemmt werden. Diese Bereiche werden nach den Modellierungen der Wasserwirtschaft aber rein statistisch nur alle 100 Jahre überflutet. EHQ steht für einen extremen Abfluss, der statistisch gesehen noch seltener als alle 100 Jahre auftritt.

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihr Betriebskonzept und die daraus abzuleitenden Anfälligkeiten gegenüber einem potenziellen Hochwasser

3. Wie viele verschiedene Kulturen oder Sätze haben Sie über das Jahr verteilt?

<input type="checkbox"/>	ein bis zwei
<input type="checkbox"/>	drei bis vier
<input type="checkbox"/>	mehr als vier

4. Haben Sie zusätzliche Einnahmequellen, z. B. Einnahmen aus Handel oder Vermietung etc.?

<input type="checkbox"/>	Nein, ich habe keine zusätzlichen Einnahmequellen
<input type="checkbox"/>	Ja, ich habe eine weitere weitere Einnahmequellen
<input type="checkbox"/>	Ja, ich habe mehrere weitere Einnahmequellen

Im nächsten Abschnitt geht es um Ihre Hochwasservorsorge und Ihr Verhalten nach einem Hochwasser

5. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. höher gelegte Technik, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Kanalisationsrückstausicherungen) an Ihren Gewächshäusern und sonstigen Wirtschaftsgebäuden getroffen?	
<input type="checkbox"/>	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
<input type="checkbox"/>	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen
<input type="checkbox"/>	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen, so dass ich meine Gewächshäuser bzw. Wirtschaftsgebäude als sicher bezeichnen würde.

6. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?	
<input type="checkbox"/>	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
<input type="checkbox"/>	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren
<input type="checkbox"/>	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren

7. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage?	
<input type="checkbox"/>	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen
<input type="checkbox"/>	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen
<input type="checkbox"/>	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle

8. Wie lange würden Sie bei einem maximal anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekanntenkreis!	
<input type="checkbox"/>	ca. ein Jahr
<input type="checkbox"/>	zwischen einem und fünf Jahren
<input type="checkbox"/>	mehr als 5 Jahre

C3 **Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung (incl. Viehhaltung)**

1. **Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu rangskalierten Wertstufen**

Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

1.	Wie hoch ist Ihr Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der im HQ 100/EHQ liegt?	Wertstufe
a)	Ich habe keine Flächen im Überschwemmungsgebiet	I
b)	1 % bis 25 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 25 % bis 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	III
d)	mehr als 75 % meiner Flächen liegen im Überschwemmungsgebiet	IV

2.	Welcher Anteil an Vermögenswerten Ihres Betriebes, z. B. in Form von Technik, Maschinen, Wirtschaftsgebäuden, Vieh befindet sich im HQ 100/EHQ (Achtung: ohne Nutzflächen!)?	Wertstufe
a)	Es befinden sich keine Vermögenswerte im Überschwemmungsgebiet	I
b)	1 % bis 25 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 25 % bis 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	III
d)	mehr als 75 % meiner Vermögenswerte befinden sich im Überschwemmungsgebiet	IV

3.	Sind in der Überschwemmungskarte auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich der Wirtschaftsgebäude Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?	Wertstufe
a)	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen	I
b)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen	II
c)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen	III
d)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen	IV

Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

4. Wie viele verschiedene Einnahmequellen haben Sie (z. B. Einnahmen aus verschiedenen Ernten oder tierischen Produkten, aus Handel oder Vermietung)?		Wertstufe
a)	eine	III
b)	zwei bis drei	II
c)	mehr als drei	I

5. – Überflutungstoleranz – Welche Kulturen befinden sich derzeit überwiegend auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/EHQ? Bitte kreuzen Sie nur ein Feld an!		Wertstufe
a)	Dauergrünland	III
b)	stillgelegte/aus Erzeugung genommene Flächen	III
c)	Getreide	II
d)	Hackfrüchte	I
e)	Hülsenfrüchte	I
f)	Ölsaaten	I
g)	Ackerfutter	I
h)	Dauerkulturen	I
i)	Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	I

5. – Schadenspotenzial – Welche Kulturen befinden sich derzeit überwiegend auf Ihren landwirtschaftlichen Nutzflächen im HQ 100/EHQ? Bitte kreuzen Sie nur ein Feld an!		Wertstufe
a)	Dauergrünland	I
b)	stillgelegte/aus Erzeugung genommene Flächen	I
c)	Getreide	II
d)	Hackfrüchte	III
e)	Hülsenfrüchte	I
f)	Ölsaaten	II
g)	Ackerfutter	II
h)	Dauerkulturen	IV
i)	Gemüse- und sonstige Handelsgewächse	IV
6. Wenden Sie auf Ihren überschwemmungsgefährdeten Feldern eine konservierende Bodenbearbeitung an?		Wertstufe

a)	Nein	III
b)	Ja, aber nicht immer und nicht auf allen Flächen	II
c)	Ja, immer auf allen Flächen	I

Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)

7. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossene Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehungen) an Ihren Wirtschaftsgebäuden getroffen?		Wertstufe
a)	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen	I
b)	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen	II
c)	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen an den Wirtschaftsgebäuden getroffen, so dass ich die Gebäude als sicher bezeichnen würde	III

8. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?		Wertstufe
a)	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	I
b)	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	II
c)	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	III

9. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage? Bitte kreuzen Sie nur ein Feld an!		Wertstufe
a)	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen	I
b)	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen	II
c)	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle	III

10.	Wie lange würden Sie bei einem maximal anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten- und Bekannten kreis!	Wert- stufe
a)	ca. ein Jahr	III
b)	zwischen einem und fünf Jahren	II
c)	mehr als 5 Jahre	I

2. Gewichtung der Fragen/Klassenbildung/Eingabefälle

Die Gewichtung der Fragen orientiert sich an der Stärke der Beziehungen der Systemelemente im Systemmodell untereinander. Das Systemmodell, das versucht, die Realität „Verwundbarkeit der Landwirtschaft gegenüber einem Hochwasserereignis“ abzubilden, wurde mit Hilfe der Betroffenen- und Experteninterviews erstellt. Genauere Erläuterungen werden im Endbericht des Forschungsvorhabens gegeben.

Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

Gewichtung			
Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche	dreifach	3/7	0,43
Anteil der landwirtschaftlichen Vermögenswerte	dreifach	3/7	0,43
Lage zu potenziellen Schadquellen	einfach	1/7	0,14

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 1 * 0,43 + Wertstufe Frage 2 * 0,43 + Wertstufe Frage 3 * 0,14

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	4
Klassenzuordnung:	
I	1,00-1,59
II	1,60-2,19
III	2,2-2,79
IV	2,8-3,39
V	3,4-3,99

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	gibt es nicht	keine
II+I+II	1,57	I
I+II+I	1,43	I
I+II+II	1,57	I
II+II+I	1,86	II
II+II+II	2	II
I+II+III	1,71	II
I+III+II	2	II
II+I+III	1,71	II
II+III+I	2,29	III
III+I+II	2	II
III+II+I	2,29	III
I+III+I	1,86	II
III+I+I	1,86	II
III+III+I	2,71	III
III+I+III	2,14	II
I+III+III	2,14	II
III+III+III	3	IV
II+II+III	2,14	II
II+III+II	2,43	III
III+II+II	2,43	III
II+III+III	2,57	III
III+III+II	2,86	IV
III+II+III	2,57	III
I+IV+I	2,29	III
IV+I+I	2,29	III

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+IV+IV	2,71	III
IV+I+IV	2,71	III
IV+IV+I	3,57	V
IV+IV+IV	4	V
II+II+IV	2,29	III
II+IV+II	2,86	IV
IV+II+II	2,86	IV
II+IV+IV	3,14	IV
IV+IV+II	3,71	V
IV+II+IV	3,14	IV
III+III+IV	3,14	IV
III+IV+III	3,43	V
IV+III+III	3,43	V
III+IV+IV	3,57	V
IV+IV+III	3,86	V
IV+III+IV	3,57	V
II+III+IV	2,71	III
III+II+IV	2,71	III
II+IV+III	3	IV
III+IV+II	3,29	IV
IV+II+III	3	IV
IV+III+II	3,29	IV
I+III+IV	2,29	IV
I+IV+III	2,57	III
III+I+IV	2,29	III
III+IV+I	3,14	IV
IV+I+III	2,57	III
IV+III+I	3,14	IV
I+II+IV	1,86	II
I+IV+II	2,43	III
II+I+IV	1,86	II
II+IV+I	2,71	III
IV+I+II	2,43	III
IV+II+I	2,71	III
I+I+II	gibt es nicht	keine
I+I+III	gibt es nicht	keine
I+I+IV	gibt es nicht	keine

Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)*Fall: auch ackerbauliche Bewirtschaftung*

Gewichtung			
Anzahl verschiedener Einnahmequellen	doppelt	2/7	0,29
Überflutungstoleranz	doppelt	2/7	0,29
Schadenspotenzial	doppelt	2/7	0,29
Anwendung konservierende Bodenbearbeitung	einfach	1/7	0,14

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 4 * 0,29 + Wertstufe Frage 5 * 0,29 + Wertstufe Frage 5 * 0,29 +
Wertstufe Frage 6 * 0,14

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	3,3
Klassenzuordnung:	
I	1-1,45
II	1,46-1,91
III	1,92-2,37
IV	2,38-2,83
V	1,84-3,3

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I+I	1	I
I+I+I+II	1,14	I
I+I+II+I	1,29	I
I+II+I+I	1,29	I
II+I+I+I	1,29	I
I+I+II+II	1,43	I
I+II+II+I	1,57	II

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
II+II+I+I	1,57	II
II+I+I+II	1,43	I
II+I+II+I	1,57	II
I+II+I+II	1,43	I
I+II+II+II	1,71	II
II+II+II+I	1,86	II
II+I+II+II	1,71	II
II+II+I+II	1,71	II
II+II+II+II	2	III
I+I+I+III	1,29	I
I+I+III+I	1,57	II
I+III+I+I	1,57	II
III+I+I+I	1,57	II
I+I+III+III	1,86	II
I+III+III+I	2,14	III
III+III+I+I	2,14	III
III+I+I+III	1,86	II
III+I+III+I	2,14	III
I+III+I+III	1,86	II
I+III+III+III	2,4	IV
III+III+III+I	2,7	IV
III+I+III+III	2,4	IV
III+III+I+III	2,4	IV
III+III+III+III	3	V
I+I+IV+I	1,86	II
II+II+II+III	2,14	III
II+II+III+II	2,29	III
II+III+II+II	2,29	III
III+II+II+II	2,29	III
II+II+III+III	2,42	IV
II+III+III+II	2,57	IV
III+III+II+II	2,57	IV
III+II+II+III	2,42	IV
III+II+III+II	2,57	IV
II+III+II+III	2,42	IV
II+III+III+III	2,71	IV
III+III+III+II	2,86	V
III+II+III+III	2,71	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
III+III+II+III	2,71	IV
II+II+IV+II	2,57	IV
III+IV+III+III	3,29	V
I+I+II+III	1,57	II
I+II+III+I	1,86	II
II+III+I+I	1,86	II
I+II+I+III	1,57	II
I+III+II+I	1,71	II
III+I+II+I	1,86	II
II+I+III+I	1,86	II
I+I+III+II	1,86	II
I+III+II+I	1,86	II
III+II+I+I	1,86	II
III+I+I+II	1,71	II
II+I+I+III	1,57	II
II+II+I+III	1,86	II
II+II+III+I	2,14	III
I+III+II+II	2	III
III+I+II+II	2	III
III+II+II+I	2,14	III
I+II+II+III	1,86	II
II+I+III+II	2	III
II+III+I+II	2	III
II+III+II+I	2,14	III
II+I+II+III	1,86	II
I+II+III+II	2	III
III+II+I+II	2	III
III+III+I+II	2,29	III
III+III+II+I	2,43	IV
I+II+III+III	2,14	III
II+I+III+III	2,14	III
III+I+II+III	2,14	III
III+II+I+III	2,14	III
I+III+III+II	2,29	III
II+III+III+I	2,43	IV
III+I+III+II	2,29	III
III+II+III+I	2,43	IV
II+III+I+III	2,14	III

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+III+II+III	2,14	III
I+I+IV+II	2	III
I+II+IV+I	2,14	III
II+I+IV+I	2,14	III
II+II+IV+I	2,43	IV
II+I+IV+II	2,29	III
I+II+IV+II	2,29	III
I+I+IV+III	2,14	III
I+III+IV+I	2,43	IV
III+I+IV+I	2,43	IV
III+III+IV+I	3	V
III+I+IV+III	2,71	IV
I+III+IV+III	2,71	IV
II+II+IV+III	2,71	IV
II+III+IV+II	2,86	V
III+II+IV+II	2,86	V
III+III+IV+II	3,14	V
III+II+IV+III	3	V
II+III+IV+III	3	V
I+II+IV+III	2,42	IV
II+I+IV+III	2,42	IV
III+I+IV+II	2,57	IV
I+III+IV+II	2,57	IV
III+II+IV+I	2,71	IV
II+III+IV+I	2,71	IV

Fall: nur Grünlandbewirtschaftung mit/ohne Viehhaltung

Gewichtung		
Anzahl verschiedener Einnahmequellen	einfach	1
Überflutungstoleranz	einfach	1
Schadenspotenzial	einfach	1

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 4 * 1 + Wertstufe Frage 5 * 1 + Wertstufe Frage 5 * 1

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		3,33
Klassenzuordnung:		
I	1-1,46	
II	1,47-1,93	
III	1,94-2,4	
IV	2,41-2,87	
V	2,88-3,34	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,33	I
I+II+I	1,33	I
II+I+I	1,33	I
I+II+II	1,67	II
II+II+I	1,67	II
II+I+II	1,67	II
II+II+II	2,00	III
I+I+III	1,67	II
I+III+I	1,67	II
III+I+I	1,67	II
I+III+III	2,33	III
III+III+I	2,33	III
III+I+III	2,33	III
I+I+IV	2,00	III
II+II+III	2,33	III
II+III+II	2,33	III
III+II+II	2,33	III
II+III+III	2,67	IV
III+III+II	2,67	IV
III+II+III	2,67	IV
II+II+IV	2,67	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
III+III+IV	3,33	V
I+II+III	2	III
I+III+II	2	III
II+III+I	2	III
II+I+III	2	III
III+II+I	2	III
III+I+II	2	III
I+II+IV	2,33	III
II+I+IV	2,33	III
I+III+IV	2,67	IV
III+I+IV	2,67	IV
II+III+IV	3	V
III+II+IV	3	V
III+III+III	3	V

Fall: nur Vermögenswerte exponiert

→ in diesem Fall gibt es keine spezifischen Anfälligkeiten

*Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)
Bewältigungskapazität I (Hochwasservorsorge)*

*Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/
nur Vermögenswerte exponiert*

Gewichtung			
Bauvorsorge	einfach	1/4	0,25
Evakuierungsverhalten	einfach	1/4	0,25
Risikovorsorge	doppelt	2/4	0,5

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 7 * 0,25 + Wertstufe Frage 8 * 0,25 + Wertstufe Frage 10 * 0,5

Klassenbildung

geringster Wert:		1
höchster Wert:		3
Klassenzuordnung:		
I	1-1,39	
II	1,4-1,79	
III	1,8-2,19	
IV	2,20-2,59	
V	2,6-2,99	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,5	II
I+II+I	1,25	I
II+I+I	1,25	I
I+II+II	1,75	II
II+I+II	1,75	II
II+II+I	1,5	II
II+II+II	2	III
I+I+III	2	III
I+III+I	1,5	II
III+I+I	1,5	II
I+III+III	2,5	IV
III+I+III	2,5	IV
III+III+I	2	III
III+III+III	3	V
II+II+III	2,5	IV
II+III+II	2,25	IV
III+II+II	2,25	IV
II+III+III	2,75	V
III+II+III	2,75	V
III+III+II	2,5	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+II+III	2,25	IV
I+III+II	2	III
II+I+III	2,25	IV
II+III+I	1,75	II
III+I+II	2	III
III+II+I	1,75	II

Fall: nur Flächen exponiert

Risikovorsorge → hier gilt nur die Risikovorsorge als Hochwasservorsorge

Bewältigungskapazität II (Bindung an die Tätigkeit)

Bindung an die Tätigkeit

Bewältigungskapazität

*Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/
nur Vermögenswerte exponiert*

Gewichtung			
Hochwasservorsorge	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Hochwasservorsorge * 0,67+ Wertstufe Bindung an die Tätigkeit
(Frage 9) * 0,33

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		4,33
Klassenzuordnung:		
I	1-1,66	
II	1,67-2,33	
III	2,34-3,0	
IV	3,01-3,67	
V	3,68-4,34	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	II
I+III	2,33	III
III+I	1,67	II
III+III	3	III
I+IV	3	III
I+V	3,67	IV
II+III	2,67	III
III+II	2,33	III
II+IV	3,33	IV
II+V	4	V
III+IV	3,67	IV
III+V	4,33	V

Fall: nur Flächen exponiert

Gewichtung			
Risikovorsorge (Hochwasservorsorge)	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Risikovorsorge (Frage 10) * 0,67 + Wertstufe Bindung an die Tätigkeit (Frage 9) * 0,33

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	3
Klassenzuordnung:	
I	1-1,39
II	1,4-1,79
III	1,8-2,19
IV	2,20-2,59
V	2,6-2,99

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	III
I+III	2,33	IV
III+I	1,67	II
III+III	3	V
II+III	2,67	V
III+II	2,33	IV

3. Gewichtung der Abschnittsergebnisse/Klassenbildung/Ergebnisfälle

Verwundbarkeit

Fall: sowohl Flächen als auch Vermögenswerte exponiert/nur Flächen exponiert

Gewichtung			
Exposition	dreifach	3/7	0,43
Anfälligkeit	doppelt	2/7	0,29
Bewältigungskapazität	doppelt	2/7	0,29

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition * 0,43 + Wertstufe Anfälligkeit * 0,29 + Wertstufe Bewältigungskapazität * 0,29

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	5
Klassenzuordnung	
I	1,00-1,49
II	1,50-2,49
III	2,50-3,49
IV	3,50-4,49
V	4,50-5,00

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I	1,86	II
I+II+III	1,86	II
I+III+II	1,86	II
II+II+II	2	II
II+I+III	2	II
II+III+I	2	II
I+III+III	2,14	II
I+I+V	2,14	II
I+V+I	2,14	II
III+I+II	2,14	II
III+II+I	2,14	II
I+II+IV	2,14	II
I+IV+II	2,14	II
IV+I+I	2,29	II
II+II+III	2,29	II
II+III+II	2,29	II
II+I+IV	2,29	II
II+IV+I	2,29	II
III+I+III	2,43	II
III+III+I	2,43	II
III+II+II	2,43	II
I+II+V	2,43	II
I+V+II	2,43	II
I+III+IV	2,43	II
I+IV+III	2,43	II
II+III+III	2,57	III
II+II+IV	2,57	III
II+IV+II	2,57	III

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
IV+I+II	2,57	III
IV+II+I	2,57	III
II+I+V	2,57	III
II+V+I	2,57	III
I+IV+IV	2,71	III
V+I+I	2,71	III
III+II+III	2,71	III
III+III+II	2,71	III
III+I+IV	2,71	III
III+IV+I	2,71	III
I+III+V	2,71	III
I+V+III	2,71	III
IV+II+II	2,86	III
II+II+V	2,86	III
II+V+II	2,86	III
II+III+IV	2,86	III
II+IV+III	2,86	III
IV+I+III	2,86	III
IV+III+I	2,86	III
III+III+III	3	III
V+I+II	3	III
V+II+I	3	III
III+II+IV	3	III
III+IV+II	3	III
III+I+V	3	III
III+V+I	3	III
I+IV+V	3	III
I+V+IV	3	III
IV+I+IV	3,14	III
IV+IV+I	3,14	III
II+IV+IV	3,14	III
IV+II+III	3,14	III
IV+III+II	3,14	III

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
II+III+V	3,14	III
II+V+III	3,14	III
I+V+V	3,29	III
V+II+II	3,29	III
III+III+IV	3,29	III
III+IV+III	3,29	III
V+I+III	3,29	III
V+III+I	3,29	III
III+II+V	3,29	III
III+V+II	3,29	III
IV+II+IV	3,43	III
IV+IV+II	3,43	III
IV+III+III	3,43	III
II+IV+V	3,43	III
II+V+IV	3,43	III
IV+I+V	3,43	III
IV+V+I	3,43	III
III+IV+IV	3,57	IV
III+III+V	3,57	IV
III+V+III	3,57	IV
V+I+IV	3,57	IV
V+IV+I	3,57	IV
V+II+III	3,57	IV
V+III+II	3,57	IV
II+V+V	3,71	IV
IV+III+IV	3,71	IV
IV+IV+III	3,71	IV
IV+II+V	3,71	IV
IV+V+II	3,71	IV
V+I+V	3,86	IV
V+V+I	3,86	IV
V+III+III	3,86	IV
V+II+IV	3,86	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
V+IV+II	3,86	IV
III+IV+V	3,86	IV
III+V+IV	3,86	IV
IV+IV+IV	4	IV
IV+III+V	4	IV
IV+V+III	4	IV
V+II+V	4,14	IV
V+V+II	4,14	IV
III+V+V	4,14	IV
V+III+IV	4,14	IV
V+IV+III	4,14	IV
IV+IV+V	4,29	IV
IV+V+IV	4,29	IV
V+III+V	4,43	IV
V+V+III	4,43	IV
V+IV+IV	4,43	IV
IV+V+V	4,57	V
V+IV+V	4,71	V
V+V+IV	4,71	V
V+V+V	5	V

Fall: nur Vermögenswerte exponiert

Gewichtung			
Exposition	dreifach	3/5	0,6
Bewältigungskapazität	doppelt	2/5	0,4

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition * 0,6 + Wertstufe Bewältigungskapazität * 0,4

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		5
Klassenzuordnung		
I	1,00-1,49	
II	1,50-2,49	
III	2,50-3,49	
IV	3,50-4,49	
V	4,50-5,00	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,4	I
II+I	1,6	II
II+II	2	II
II+III	2,4	II
III+II	2,6	III
III+III	3	III
III+IV	3,4	III
IV+III	3,6	IV
IV+IV	4	IV
IV+V	4,4	IV
V+IV	4,6	V
V+V	5	V
I+III	1,8	II
III+I	2,2	II
I+IV	2,2	II
IV+I	2,8	III
I+V	2,6	III
V+I	3,4	III
II+IV	2,8	III
IV+II	3,2	III
II+V	3,2	III
V+II	3,8	IV
III+V	3,8	IV
V+III	4,2	IV

C4 **Bewertungs- und Aggregationsalgorithmus für die Gartenbaubetriebe**

1 **Zuordnung der Antwortmöglichkeiten zu rangskalierten Wertstufen**

Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

1. Zu welchem Anteil liegt Ihr Gartenbaubetrieb im HQ 100/EHQ?		Wertstufe
a)	1 % bis 25 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	I
b)	mehr als 25 % bis 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	II
c)	mehr als 75 % meines Gartenbaubetriebes liegen im Überschwemmungsgebiet	III

2. Sind in der Überschwemmungskarte auf dem Gelände Ihres Gartenbaubetriebes Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen?		Wertstufe
a)	Nein, es sind keine Flächen mit potenzieller Schädigung ausgewiesen	I
b)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit geringer potenzieller Schädigung ausgewiesen	II
c)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit mittlerer potenzieller Schädigung ausgewiesen	III
d)	Ja, es sind überwiegend Flächen mit hoher potenzieller Schädigung ausgewiesen	IV

Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

3. Wie viele verschiedene Ernten haben Sie über das Jahr verteilt?		Wertstufe
a)	ein bis zwei	III
b)	drei bis vier	II
c)	mehr als vier	I

4. Haben Sie zusätzliche Einnahmequellen, z. B. Einnahmen aus Handel oder Vermietung etc.?		Wertstufe
a)	Nein, ich habe keine zusätzlichen Einnahmequellen	III
b)	Ja, ich habe eine weitere Einnahmequelle	II
c)	Ja, ich habe mehrere weitere Einnahmequellen	I

Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)

5. Haben Sie Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. höher gelegte Technik, Maßnahmen gegen eindringendes Wasser wie Abdichtung, Maßnahmen gegen Gebäudeauftrieb, Kanalisationsrückstausicherung, geschlossene Gebäudewanne oder mobile Schutzvorkehrungen) an Ihren Gewächshäusern und sonstigen Wirtschaftsgebäuden getroffen?		Wertstufe
a)	Ich habe keine Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen	I
b)	Ich habe einige der oben aufgezählten Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen	II
c)	Ich habe alle möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen getroffen, so dass ich meine Gewächshäuser bzw. Wirtschaftsgebäude als sicher bezeichnen würde.	III

6. Wie viele Vermögenswerte könnten Sie innerhalb von 1-2 Tagen im Hochwasserfall evakuieren?		Wertstufe
a)	Ich könnte nur einen sehr geringen Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	I
b)	Ich könnte ca. die Hälfte meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	II
c)	Ich könnte den größten Teil meiner Vermögenswerte innerhalb von 1-2 Tagen evakuieren	III

7. Welche der folgenden Optionen käme für Sie nach einem großen erlittenen Hochwasserschaden in Frage? Bitte kreuzen Sie nur ein Feld an!		Wertstufe
a)	Nach Möglichkeit würde ich mir einen anderen Arbeitsplatz suchen	I
b)	Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie Erhalt von zusätzlichen Fördergeldern oder Zuweisung von Alternativflächen, würde ich meinen Betrieb wieder aufbauen	II
c)	Ich würde meinen Betrieb immer wieder aufbauen, zur Not auch an einer anderen Stelle	III

8. Wie lange würden Sie bei einem maximal anzunehmenden Schaden durch ein Hochwasser brauchen, um Ihren Betrieb voll wieder aufzubauen? Berücksichtigen Sie dabei Ihre eigenen Rücklagen, die Einnahmen aus der Versicherung und die eventuelle Hilfe aus Verwandten und Bekanntenkreis!		Wertstufe
a)	ca. ein Jahr	III
b)	zwischen einem und fünf Jahren	II
c)	mehr als 5 Jahre	I

2 Gewichtung der Fragen/Klassenbildung/Eingabefälle

Abschnitt 1: Lage im Überschwemmungsgebiet (Exposition)

Gewichtung			
Anteil des Betriebsgeländes	dreifach	3/4	0,75
Lage zu potenziellen Schadquellen	einfach	1/4	0,25

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 1 * 0,75 + Wertstufe Frage 2 * 0,25

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	3,25

Klassenzuordnung:		
I	1,00-1,44	
II	1,45-1,89	
III	1,90-2,34	
IV	2,35-2,79	
V	2,80-3,24	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,25	I
II+I	1,75	II
I+III	1,5	II
III+I	2,5	IV
I+IV	1,75	II
II+II	2	III
II+III	2,25	III
III+II	2,75	IV
II+IV	2,5	IV
III+III	3	V
III+IV	3,25	V

Abschnitt 2: Betriebskonzept (Anfälligkeit)

Gewichtung		
Anzahl verschiedener Ernten	einfach	1
Zusätzliche Einnahmequellen	einfach	1

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 3 * 1 + Wertstufe Frage 4 * 1

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		3
Klassenzuordnung:		
I	1,00-1,39	
II	1,40-1,79	
III	1,80-2,19	
IV	2,20-2,59	
V	2,60-2,99	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,5	II
II+I	1,5	II
I+III	2	III
III+I	2	III
II+II	2	III
II+III	2,5	IV
III+II	2,5	IV
III+III	3	V

*Abschnitt 3: Hochwasservorsorge und -verhalten (Bewältigungskapazität)
Bewältigungskapazität I (Hochwasservorsorge)*

Gewichtung			
Bauvorsorge	einfach	1/4	0,25
Evakuierungsverhalten	einfach	1/4	0,25
Risikovorsorge	doppelt	2/4	0,5

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Frage 5 * 0,25 + Wertstufe Frage 6 * 0,25 + Wertstufe Frage 8 * 0,5

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		3
Klassenzuordnung:		
I	1-1,39	
II	1,4-1,79	
III	1,8-2,19	
IV	2,20-2,59	
V	2,6-2,99	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,5	II
I+II+I	1,25	I
II+I+I	1,25	I
I+II+II	1,75	II
II+I+II	1,75	II
II+II+I	1,5	II
II+II+II	2	III
I+I+III	2	III
I+III+I	1,5	II
III+I+I	1,5	II
I+III+III	2,5	IV
III+I+III	2,5	IV
III+III+I	2	III
III+III+III	3	V
II+II+III	2,5	IV
II+III+II	2,25	IV
III+II+II	2,25	IV
II+III+III	2,75	V
III+II+III	2,75	V
III+III+II	2,5	IV
I+II+III	2,25	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+III+II	2	III
II+I+III	2,25	IV
II+III+I	1,75	II
III+I+II	2	III
III+II+I	1,75	II

Bewältigungskapazität II (Bindung an die Tätigkeit)

Bindung an die Tätigkeit

Bewältigungskapazität

Gewichtung			
Hochwasservorsorge	doppelt	2/3	0,67
Bindung an Tätigkeit	einfach	1/3	0,33

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Hochwasservorsorge * 0,67 + Wertstufe Bindung an die Tätigkeit (Frage 7) * 0,33

Klassenbildung	
geringster Wert:	1
höchster Wert:	4,33
Klassenzuordnung:	
I	1-1,66
II	1,67-2,33
III	2,34-3,0
IV	3,01-3,67
V	3,68-4,34

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I	1	I
I+II	1,67	II
II+I	1,33	I
II+II	2	II
I+III	2,33	III
III+I	1,67	II
III+III	3	III
I+IV	3	III
I+V	3,67	IV
II+III	2,67	III
III+II	2,33	III
II+IV	3,33	IV
II+V	4	V
III+IV	3,67	IV
III+V	4,33	V

3 Gewichtung der Abschnittsergebnisse/Klassenbildung/Ergebnisfälle

Verwundbarkeit

Gewichtung			
Exposition	dreifach	3/7	0,43
Anfälligkeit	doppelt	2/7	0,29
Bewältigungskapazität	doppelt	2/7	0,29

Berechnungsvorschrift:

Wertstufe Exposition * 0,43 + Wertstufe Anfälligkeit * 0,29 + Wertstufe Bewältigungskapazität * 0,29

Klassenbildung		
geringster Wert:		1
höchster Wert:		5
Klassenzuordnung:		
I	1,00-1,49	
II	1,50-2,49	
III	2,50-3,49	
IV	3,50-4,49	
V	4,50-5,00	

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
I+I+I	1	I
I+I+II	1,29	I
I+II+I	1,29	I
II+I+I	1,43	I
I+II+II	1,57	II
I+I+III	1,57	II
I+III+I	1,57	II
II+I+II	1,71	II
II+II+I	1,71	II
III+I+I	1,86	II
I+I+IV	1,86	II
I+IV+I	1,86	II
I+II+III	1,86	II
I+III+II	1,86	II
II+II+II	2	II
II+I+III	2	II
II+III+I	2	II
I+III+III	2,14	II
I+I+V	2,14	II
I+V+I	2,14	II
III+I+II	2,14	II
III+II+I	2,14	II
I+II+IV	2,14	II
I+IV+II	2,14	II

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
IV+I+I	2,29	II
II+II+III	2,29	II
II+III+II	2,29	II
II+I+IV	2,29	II
II+IV+I	2,29	II
III+I+III	2,43	II
III+III+I	2,43	II
III+II+II	2,43	II
I+II+V	2,43	II
I+V+II	2,43	II
I+III+IV	2,43	II
I+IV+III	2,43	II
II+III+III	2,57	III
II+II+IV	2,57	III
II+IV+II	2,57	III
IV+I+II	2,57	III
IV+II+I	2,57	III
II+I+V	2,57	III
II+V+I	2,57	III
I+IV+IV	2,71	III
V+I+I	2,71	III
III+II+III	2,71	III
III+III+II	2,71	III
III+I+IV	2,71	III
III+IV+I	2,71	III
I+III+V	2,71	III
I+V+III	2,71	III
IV+II+II	2,86	III
II+II+V	2,86	III
II+V+II	2,86	III
II+III+IV	2,86	III
II+IV+III	2,86	III
IV+I+III	2,86	III
IV+III+I	2,86	III
III+III+III	3	III
V+I+II	3	III

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
V+II+I	3	III
III+II+IV	3	III
III+IV+II	3	III
III+I+V	3	III
III+V+I	3	III
I+IV+V	3	III
I+V+IV	3	III
IV+I+IV	3,14	III
IV+IV+I	3,14	III
II+IV+IV	3,14	III
IV+II+III	3,14	III
IV+III+II	3,14	III
II+III+V	3,14	III
II+V+III	3,14	III
I+V+V	3,29	III
V+II+II	3,29	III
III+III+IV	3,29	III
III+IV+III	3,29	III
V+I+III	3,29	III
V+III+I	3,29	III
III+II+V	3,29	III
III+V+II	3,29	III
IV+II+IV	3,43	III
IV+IV+II	3,43	III
IV+III+III	3,43	III
II+IV+V	3,43	III
II+V+IV	3,43	III
IV+I+V	3,43	III
IV+V+I	3,43	III
III+IV+IV	3,57	IV
III+III+V	3,57	IV
III+V+III	3,57	IV
V+I+IV	3,57	IV
V+IV+I	3,57	IV
V+II+III	3,57	IV
V+III+II	3,57	IV

Eingabefälle		
Kombination	Berechnung	Klassenzuordnung
II+V+V	3,71	IV
IV+III+IV	3,71	IV
IV+IV+III	3,71	IV
IV+II+V	3,71	IV
IV+V+II	3,71	IV
V+I+V	3,86	IV
V+V+I	3,86	IV
V+III+III	3,86	IV
V+II+IV	3,86	IV
V+IV+II	3,86	IV
III+IV+V	3,86	IV
III+V+IV	3,86	IV
IV+IV+IV	4	IV
IV+III+V	4	IV
IV+V+III	4	IV
V+II+V	4,14	IV
V+V+II	4,14	IV
III+V+V	4,14	IV
V+III+IV	4,14	IV
V+IV+III	4,14	IV
IV+IV+V	4,29	IV
IV+V+IV	4,29	IV
V+III+V	4,43	IV
V+V+III	4,43	IV
V+IV+IV	4,43	IV
IV+V+V	4,57	V
V+IV+V	4,71	V
V+V+IV	4,71	V
V+V+V	5	V

C5 Fragenkatalog Teil I Gesundheits-/Umweltgefahren

Mussten zur Anlagengenehmigung hinsichtlich der Gefahr von Hochwasserschäden bestimmte Auflagen erfüllt werden?

Antwort Betrieb A: Nein

Antwort Betrieb B: Allgemeine Auflagen mussten nach 12. BlmschV erfüllt werden, allerdings nicht bezüglich der Genehmigung einzelner Anlagen

War Ihr Betrieb bereits von Hochwasser betroffen?

Antwort Betrieb A: Nein

Antwort Betrieb B: Nein

Liegt Ihr Betrieb innerhalb der Zone HQ-500?

Antwort Betrieb A: Ja

Antwort Betrieb B: Nach eigenen Angaben befindet sich der Betrieb in der Zone HQ 200

Wurden Sie bereits einmal von den Behörden aufgrund Ihrer Lage innerhalb der HQ-500-Zone bzgl. einzuhaltender Schutzvorkehrungen kontaktiert oder vor einem Hochwasser gewarnt?

Antwort Betrieb A: Ja

Antwort Betrieb B: Ja

Gibt es innerhalb des Betriebes Möglichkeiten zur Sicherung und zum Schutz vor sowie zur Minderung von Hochwasserschäden wie beispielsweise Pumpen, Sandsäcke und mobile Hochwasserschutzmauern etc.?

Antwort Betrieb A: Das Werk verfügt über eine große Anzahl von Wasserpumpen sowie über mobile Schutzwände im Außenbereich

Antwort Betrieb B: Außerhalb des Betriebes ist durch die Stadt Köln eine Hochwasserschutzmauer errichtet worden, die Ende der 90er-Jahre noch einmal erhöht wurde, um die Bundesstraße 9 und den Chemiapark zu schützen. Bei der werkseigenen Kläranlage sind durch Sicherung der Tanks und Abwasserwege in besonderem Maße Schutzvorkehrungen getroffen worden

Gibt es einen betriebsinternen „Notfallplan“ bzw. Planungen zur Koordination von Sicherungs- und Schutzmaßnahmen durch ausgewählte Mitarbeiter?

Antwort Betrieb A: Ja, ein Notfallplan existiert, dafür zuständig sind Werkschutz und Werksfeuerwehr

Antwort Betrieb B: Ein Alarmplan existiert – im Notfall werden Anlagen abgeschaltet.

Befinden sich in Ihrem Betrieb Anlagen nach 12. BImSchV/§ 19 g WHG?

Antwort Betrieb A: Ja

Antwort Betrieb B: Ja

Kann davon ausgegangen werden, dass Anlagen gemäß WHG und 12. BImSchV generell auch gegen potenzielle Hochwassergefahren bei HQ-500 (überschwemmungsgefährdete Gebiete) ausgelegt sind?

Antwort Betrieb A: Die Anlagen sind dem neuesten Stand der Technik entsprechend gegen die Gefahren eines HQ-200-Ereignisses ausgerichtet.

Antwort Betrieb B: Die offene „Raffinerie-Bauweise“, teilweise auf Stelzen, ermöglicht nach eigener Einschätzung guten Schutz auch vor HQ-500.

Halten Sie die zuvor genannten gesetzlichen Bestimmungen zum Schutz und zur Vorsorge vor Gefahren/Umweltschädigungen bei Hochwasser für ausreichend?

Antwort Betrieb A: Ja, die Einhaltung dieser Bestimmungen ist Teil eines Sicherheitsberichtes des Unternehmens an die Bezirksregierung.

Antwort Betrieb B: k. A.

Welche Lücken sehen Sie? Reicht die Einstufung der Anlagen nach § 19 g WHG?

Antwort Betrieb A: Die Einstufung ist ausreichend.

Antwort Betrieb B: k. A.

Gibt es Anlagen/Anlagenteile/Einrichtungen etc., die nicht unter die Bestimmungen nach WHG/12. BImSchV fallen und trotzdem ein Gefahrenpotenzial bei Hochwasser besitzen?

Antwort Betrieb B: Ja, solche Anlagen gibt es – das ausgehende Gefahrenpotenzial ist jedoch vergleichsweise gering.

Bereiten Sie freiwillige Maßnahmen zur Vorsorge vor Hochwassergefahren vor? Haben Sie ein entsprechendes Managementsystem?

Antwort Betrieb A: Notfallplan des Werkschutzes, Wasserpumpen und mobile Schutzwände.

Antwort Betrieb B: k. A.

Würden Sie ausschließlich im Falle einer gesetzlichen Bestimmung Maßnahmen ergreifen?

Antwort Betrieb A: Nein, die Betreibung der genannten Anlagen macht diese Maßnahmen unerlässlich. Sie wurden im Vorfeld aus Eigenschutzgründen getroffen, unabhängig von den gesetzlichen Bestimmungen.

Antwort Betrieb B: Nein, da diese Maßnahmen auch im Sinne des Selbstschutzes ergriffen wurden.

Lassen sich möglicherweise die Gefährdungen durch Anlagen nach 12. BIm-SchV/§ 19 g WHG klassifizieren/gruppieren (z. B.: weniger gefährlich – gefährlich – sehr gefährlich)? Was wären mögliche Kriterien zur Einstufung?

Antwort Betrieb A: Eine Einstufung dieser Art existiert im Rahmen der WGK (Wassergefährdungsklassen: 1. schwach wassergefährdend, 2. wassergefährdend, 3. stark wassergefährdend). Eine Einstufung darüber hinaus wird als nicht sinnvoll erachtet, da diese von einer Vielzahl von Aspekten abhängig wäre wie beispielsweise der Menge, der Konzentration und der Toxizität.

Antwort Betrieb B: Eine ausreichende Klassifizierung dieser Art erfolgt über die WGK.

Können Sie sich vorstellen, einen räumlichen Wirkungsbereich außerhalb Ihres Betriebsgeländes zu definieren, in dem möglicherweise Gefährdungen bei Hochwasser entstehen können (z. B. Ausbreitung von wassergefährdenden und sonstigen gefährlichen Stoffen)?

Antwort Betrieb A: Falls es zu einer Ausbreitung von wassergefährdenden Stoffen kommen sollte, wäre die Abgrenzung eines solchen Wirkungsbereiches aufgrund der Dynamik des Fließgewässers nur sehr schwierig vorzunehmen.

Antwort Betrieb B: Eine ausreichende Klassifizierung dieser Art erfolgt über die WGK.

Welche Behörde/Stelle verfügt Ihrer Ansicht nach über eine Übersicht der hochwasserkritischen Anlagen?

Antwort Betrieb A: Die zuständige Zulassungs- und Überwachungsbehörde ist die Bezirksregierung Köln.

Antwort Betrieb B: Bezirksregierung Köln

Welche Probleme sehen Sie im Überschwemmungsfall bei Leitungstrassen, Forschungs- und Versuchsanlagen etc.?

Antwort Betrieb A: Die gleichen Probleme wie überall im Werk.

Antwort Betrieb B: k. A.

C6 Fragenkatalog Teil II

Wirtschaftliche Schadenspotenziale

<p>Betreiben Sie Vorsorge, um ökonomische Einbußen bei Hochwasser zu vermeiden?</p> <p>Antwort Betrieb A: k. A.</p> <p>Antwort Betrieb B: Ja</p>
<p>Nach welchen Kriterien würden Sie (in Ihrem Betrieb) ein Schadenspotenzial durch Hochwasser bemessen?</p> <p>Antwort Betrieb A: k. A.</p> <p>Antwort Betrieb B: In erster Linie nach wirtschaftlichen Kriterien, z. B. Produktionsausfall und Ausfall der Kläranlage.</p>
<p>Welche Größen außer dem finanziellen Verlust spielen bei der Bemessung des Schadens eine wichtige Rolle?</p> <p>Antwort Betrieb A: k. A.</p> <p>Antwort Betrieb B: Imageverlust und die Betreiberverantwortung gegenüber den Beschäftigten und den Nachbarunternehmen</p>
<p>Gibt es finanzielle Absicherungen für den Schadensfall (Versicherungen)? Inwieweit gibt es ein eigenes Risiko?</p> <p>Antwort Betrieb A: k. A.</p> <p>Antwort Betrieb B: k. A.</p>
<p>Welche Rolle spielen möglicherweise die Beschäftigten (Ausfälle) bei der Bemessung eines Schadenspotenzials?</p> <p>Antwort Betrieb A: k. A.</p> <p>Antwort Betrieb B: Es kann durchaus zu zusätzlichem Beschäftigungsaufwand kommen.</p>
<p>Sind Ihnen kritische Orte/Stellen bzw. sensible Anlagen und Einrichtungen in Ihrem Betrieb bekannt, an denen Hochwasser eine besondere Störwirkung erzeugen könnte?</p> <p>Antwort Betrieb A: Ja, in dem Betrieb sind überall sensible und kritische Stellen bzw. Störfallanlagen. Eine Auflistung dieser Anlagen und der genauen Standorte erfolgt im Sicherheitsbericht.</p> <p>Antwort Betrieb B: Ja, diese Orte wurden in speziellen Untersuchungen identifiziert und es wurden umfangreiche Gegenmaßnahmen, beispielsweise die Sicherung von Tanks gegen mögliches Aufschwimmen, realisiert.</p>

Können Sie sich vorstellen, dass die Höhe von Gebäuden einen Indikator für die Höhe des Schadenspotenzials darstellt, z. B. höheres Schadenspotenzial durch Anzahl der Stockwerke, geringeres Schadenspotenzial durch die Möglichkeit der Verlagerung sensibler Einrichtungen, Objekte etc.?

Antwort Betrieb A: Nein, denn eine Verlagerung von sensiblen Objekten und Einrichtungen ist in den meisten Fällen so gut wie unmöglich.

Antwort Betrieb B: Eine Verlagerung ist aufgrund der offenen „Raffineriebauweise“ nicht möglich.

Spielt bei einem Schadenspotenzial die Abhängigkeit von Zulieferern eine Rolle?

Antwort Betrieb A: Ja, wenn bestimmte Anlieferungsmöglichkeiten nicht mehr bestehen, kann dies Auswirkungen auf die Produktion haben.

Antwort Betrieb B: Die Abhängigkeit von Zulieferern spielt eine große Rolle. Die Belieferung des Werkes und die Versorgung der Kunden erfolgt in erster Linie über den Schiffsverkehr des Rheins.

Spielt bei dem Schadenspotenzial das Funktionieren von Kritischen Infrastrukturen (Verkehrstrassen, Energie- und Wasserversorgung) eine Rolle?

Antwort Betrieb A: Eine Abhängigkeit besteht in jedem Fall, da bei fehlender Strom- bzw. Wasserversorgung die Produktion eingestellt werden muss.

Antwort Betrieb B: Das Werk ist abhängig von funktionierenden „Logistik-Wegen“ wie beispielsweise Zufahrtsstraßen, Schienen, Pipelines und dem Wasserweg.

Sehen Sie aktuell noch Möglichkeiten, den Hochwasserschutz in Ihrem Betrieb zu verbessern?

Antwort Betrieb A: Mit unbegrenzten finanziellen Mitteln wäre dies evtl. möglich, dennoch sind schon aus Eigeninteresse zum Schutz vor wirtschaftlichen Schäden mehr Vorsorgemaßnahmen getroffen worden als gesetzlich vorgeschrieben. Das Schadenspotenzial ist daher aus eigener Einschätzung der Ansprechpartner sehr gering.

Antwort Betrieb B: k. A.

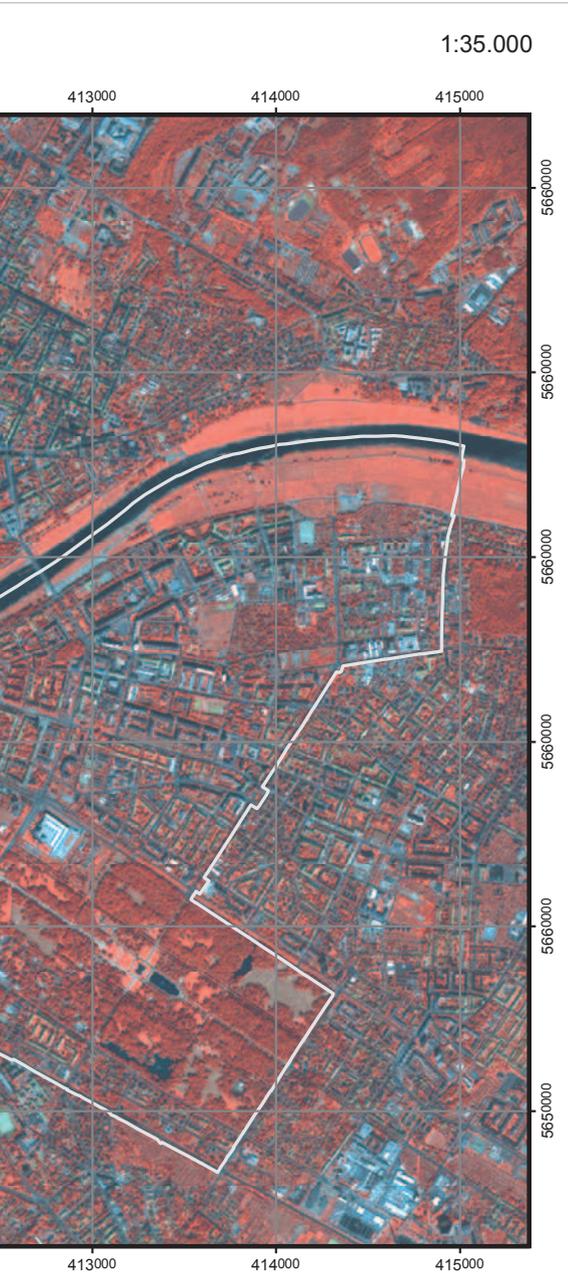
Anhang D

Karten Dresden

Karten Köln

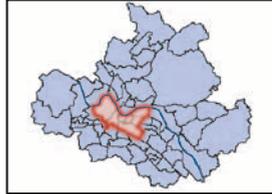
Dresden - Altstadt - Übersicht





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

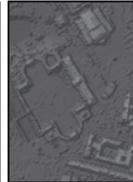
Übersicht Stadtteile Dresden



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende

 Altstadt

Interpretation

Die vorliegende Karte zeigt eine Übersicht über die Altstadt von Dresden auf Basis von Satellitenbildaufnahmen vom 08.08.2007. Der Sensor IKONOS nimmt Gebiete auf der Erdoberfläche mit einer geometrischen Auflösung von 1m im panchromatischen Band und 4m in den vier multispektralen Bändern auf (Blau, Grün, Rot, nahes Infrarot), wodurch sehr kleine Objekte identifiziert werden können. Die gezeigte Falschfarbinfrarotdarstellung (Bandkombination 4/3/2) dient der besseren Identifizierung und Differenzierung von Vegetationsbereichen und bebauten Flächen.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen) © EUSI 2007
© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell der Stadt Dresden 2001
© Umweltamt
Vektordaten der Stadt Dresden 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

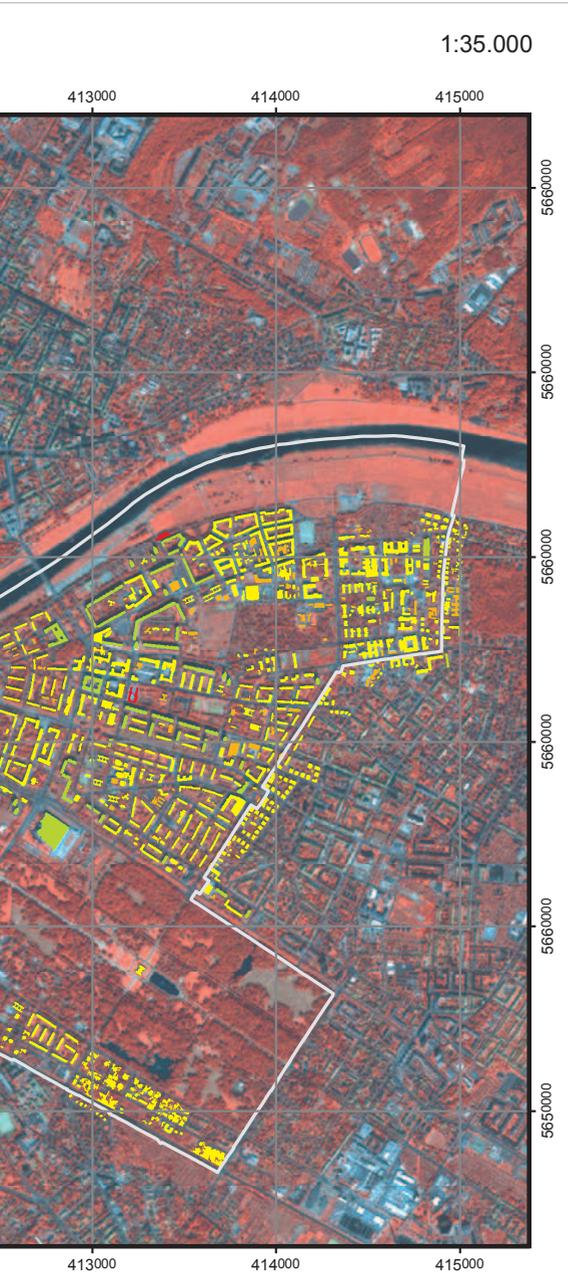
August 2009

<http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Gebäudehöhen





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadteile Dresden

Detailansicht IKONOS **Detailansicht DOM**

Legende

<p>□ Altstadt</p>	<table border="0"> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;">Geschosszahl/Gebäude</td> <td style="padding: 2px;">Vulnerabilität</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;">2 - 3</td> <td style="padding: 2px;">sehr hoch</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;">4 - 6</td> <td style="padding: 2px;">hoch</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;">7 - 12</td> <td style="padding: 2px;">mittel</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;">> 12</td> <td style="padding: 2px;">gering</td> </tr> <tr> <td style="width: 15px; height: 10px; background-color: darkgreen; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">sehr gering</td> </tr> </table>		Geschosszahl/Gebäude	Vulnerabilität		2 - 3	sehr hoch		4 - 6	hoch		7 - 12	mittel		> 12	gering			sehr gering
	Geschosszahl/Gebäude	Vulnerabilität																	
	2 - 3	sehr hoch																	
	4 - 6	hoch																	
	7 - 12	mittel																	
	> 12	gering																	
		sehr gering																	

Interpretation

Teil des Vulnerabilitätsassessments ist die Identifikation von exponierten Objekten gegenüber potenziellen Hochwasserereignissen. Anhand von satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren wurden Einzelgebäude extrahiert und ihre Höhe in Form der Anzahl der Geschosse abgeschätzt. Die Geschosszahl ist unmittelbar bedeutend für die Möglichkeit, Hausrat und Personen in höher gelegene Stockwerke zu transportieren (vertikale Evakuierung).

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen)	© EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Umweltamt der Stadt Dresden 2001
Vektordaten	© Umweltamt der Stadt Dresden 2008

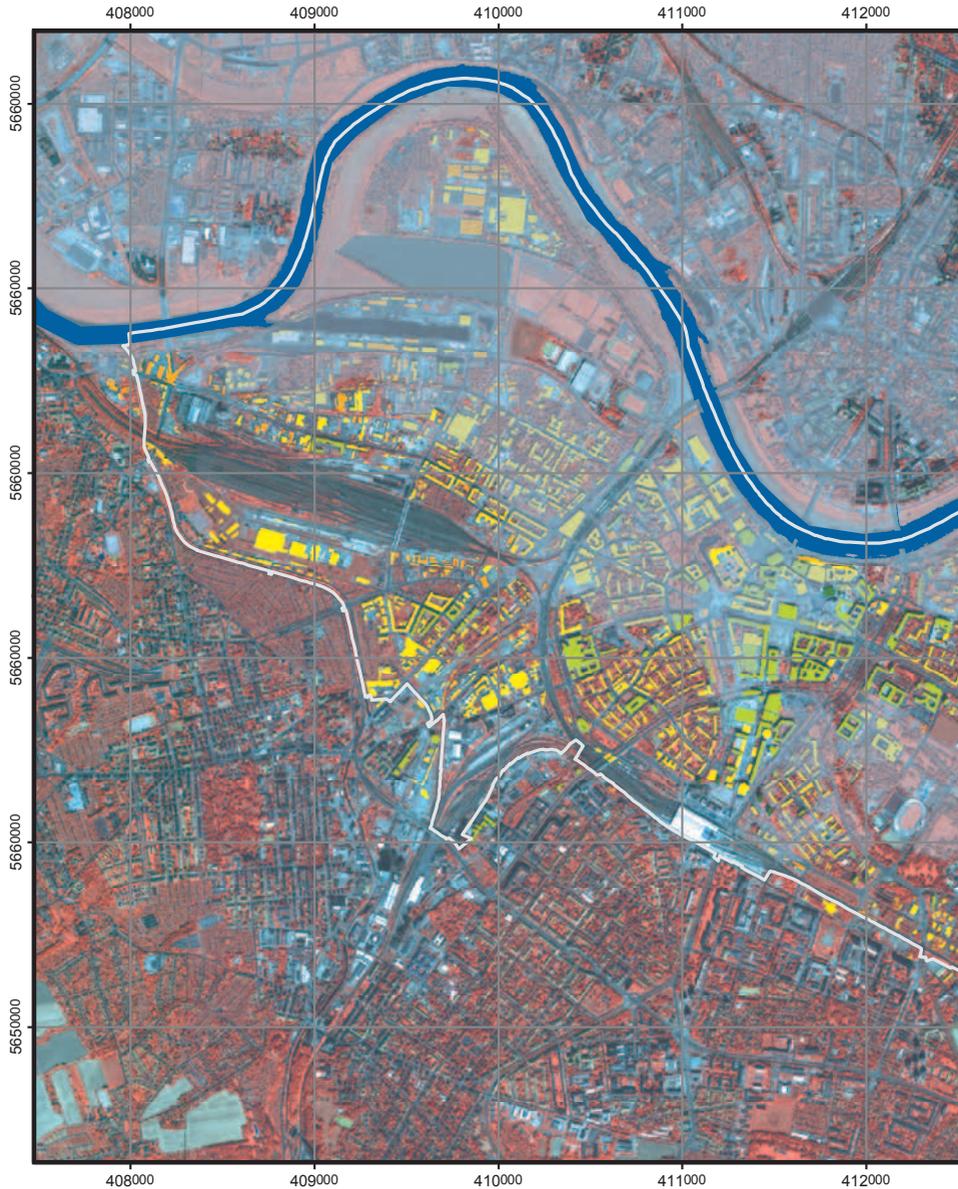
Prozessierung/Analyse

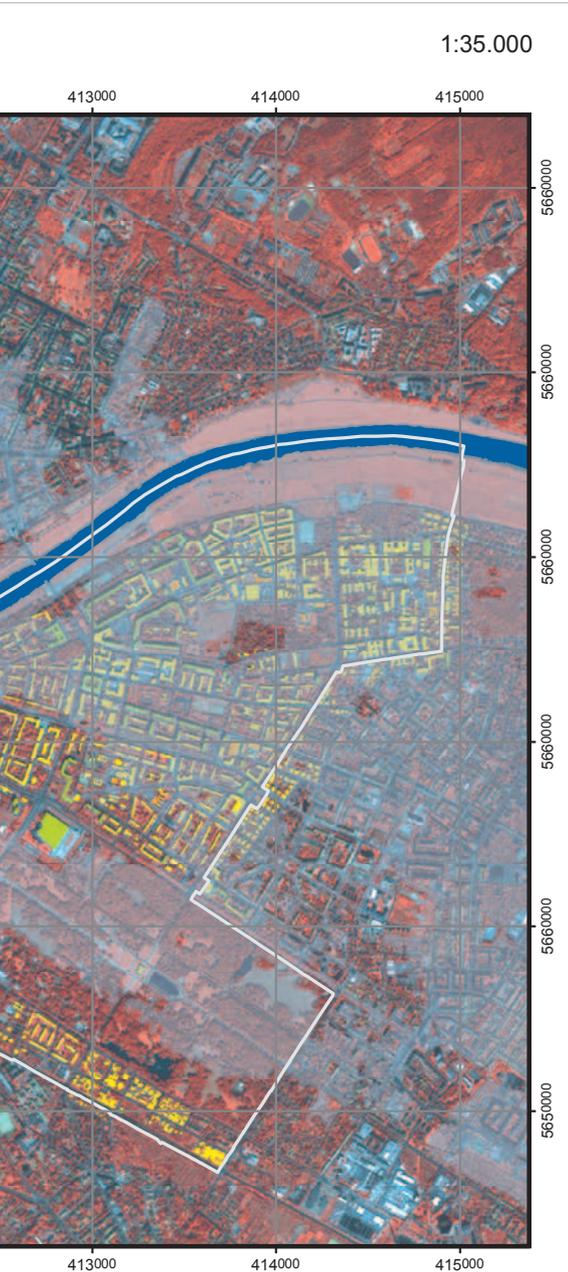
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dir.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - Altstadt - Gebäudehöhen

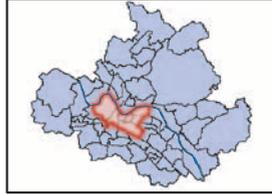




German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



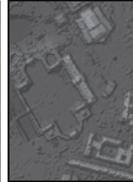
Übersicht Stadteile Dresden



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende

	Altstadt		1	Geschosszahl/Gebäude		sehr hoch
	Elbe		2 - 3			hoch
	extremes Hochwasser		4 - 6			mittel
			7 - 12			gering
			> 12			sehr gering

Interpretation

Teil des Vulnerabilitätsassessments ist die Identifikation von exponierten Objekten gegenüber potenziellen Hochwasserereignissen. Anhand von satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren wurden Einzelgebäude extrahiert und ihre Höhe in Form der Anzahl der Geschosse abgeschätzt. Die Geschosszahl ist unmittelbar bedeutend für die Möglichkeit, Hausrat und Personen in höher gelegene Stockwerke zu transportieren (vertikale Evakuierung).

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen) © EUSI 2007
© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell der Stadt Dresden 2001
© Umweltamt
Vektordaten der Stadt Dresden 2008

Prozessierung/Analyse

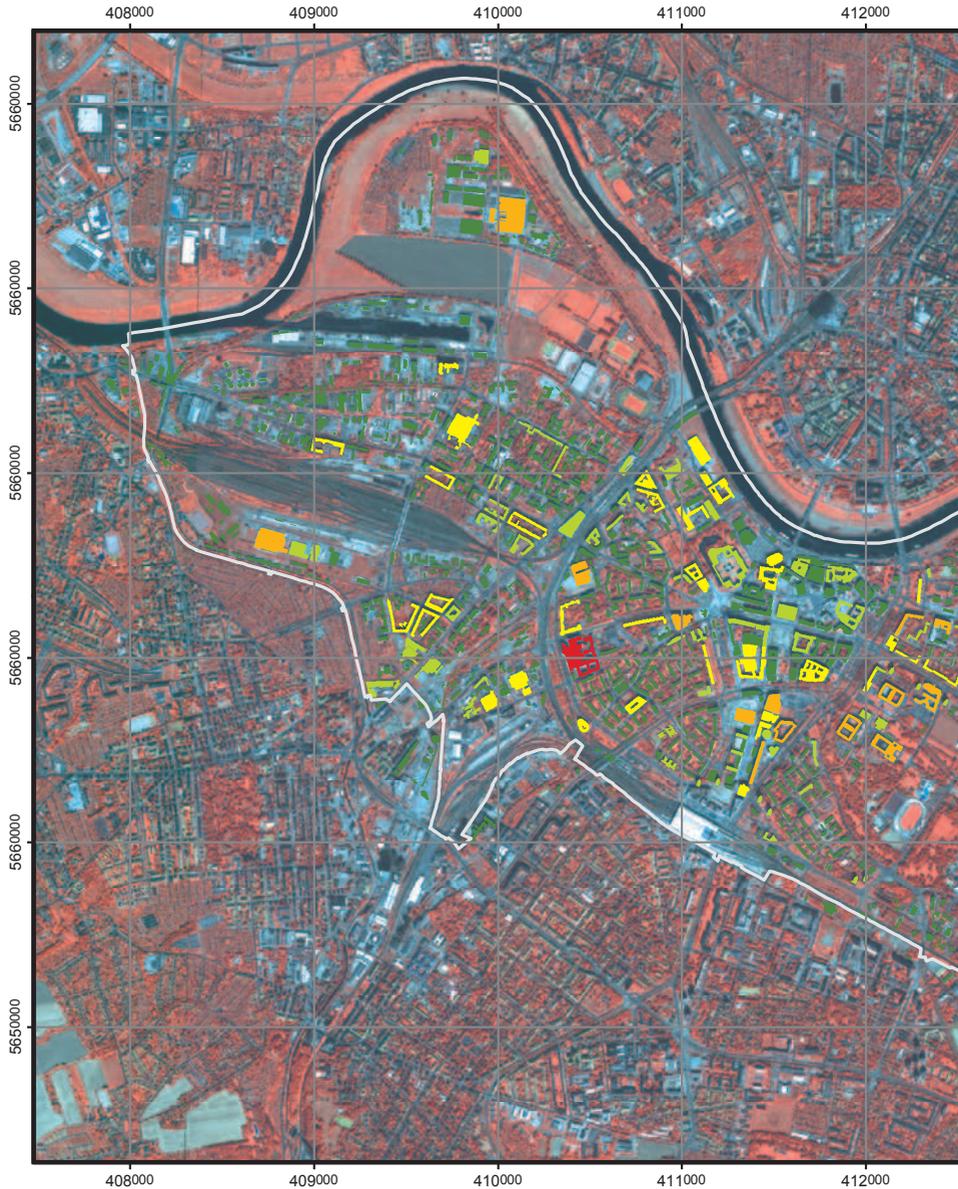
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.dlr.de/carf>

© DFD, DLR 2009

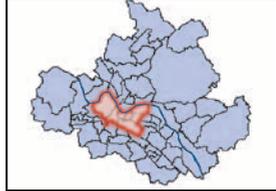
Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Hausebene





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

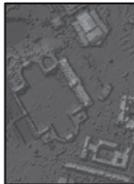
Übersicht Stadteile Dresden



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

- | | |
|--|---|
|  Altstadt | Bevölkerung Hausebene |
| |  mehr als 500 |
| |  200 bis unter 500 |
| |  100 bis unter 200 |
| |  50 bis unter 100 |
| |  weniger als 50 |

Interpretation

Besonders bedeutend für die Identifikation von gefährdeten und exponierten Bereichen ist die Abschätzung, wie viele Personen bei einem potenziellen Hochwasserereignis betroffen sein könnten. Auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude und deren Beschreibung nach Größe (Fläche und Geschosszahl) und Typus, wurde die Gesamtbevölkerung des Stadtteils „Altstadt“ auf die Einzelgebäude mittels räumlicher Disaggregation verteilt. Somit können sehr zeitnah Gebiete mit besonders hoher Bevölkerungsdichte – und demnach erhöhter Vulnerabilität – ausgewiesen werden.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

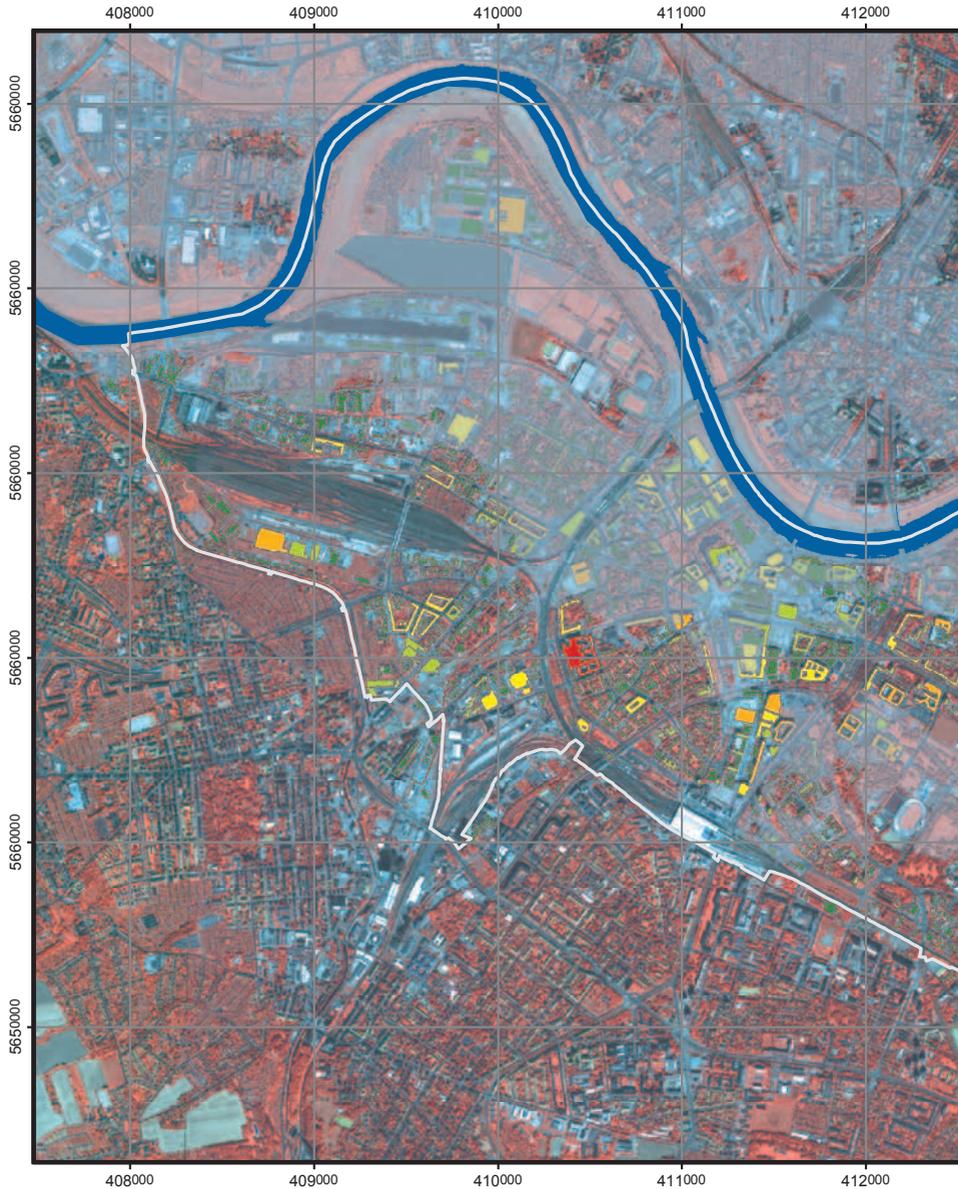
IKONOS (3 Szenen) © ELUSI 2007
© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell der Stadt Dresden 2001
© Umweltamt
Vektordaten der Stadt Dresden 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dlr.de/carf>

Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Hausebene



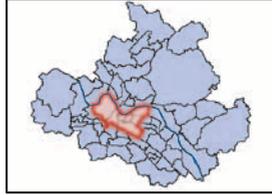
1:35.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

413000 414000 415000



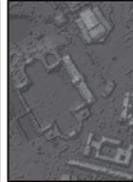
Übersicht Stadteile Dresden



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende



Interpretation

Besonders bedeutend für die Identifikation von gefährdeten und exponierten Bereichen ist die Abschätzung, wie viele Personen bei einem potenziellen Hochwasserereignis betroffen sein könnten. Auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude und deren Beschreibung nach Größe (Fläche und Geschosshöhe) und Typus, wurde die Gesamtbevölkerung des Stadtteils „Altstadt“ auf die Einzelgebäude mittels räumlicher Disaggregation verteilt. Somit können sehr zentral Gebiete mit besonders hoher Bevölkerungsdichte – und demnach erhöhter Vulnerabilität – ausgewiesen werden.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen) © ELUSI 2007
© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell © der Stadt Dresden 2001
© Umweltamt
Vektordaten der Stadt Dresden 2008

Prozessierung/Analyse

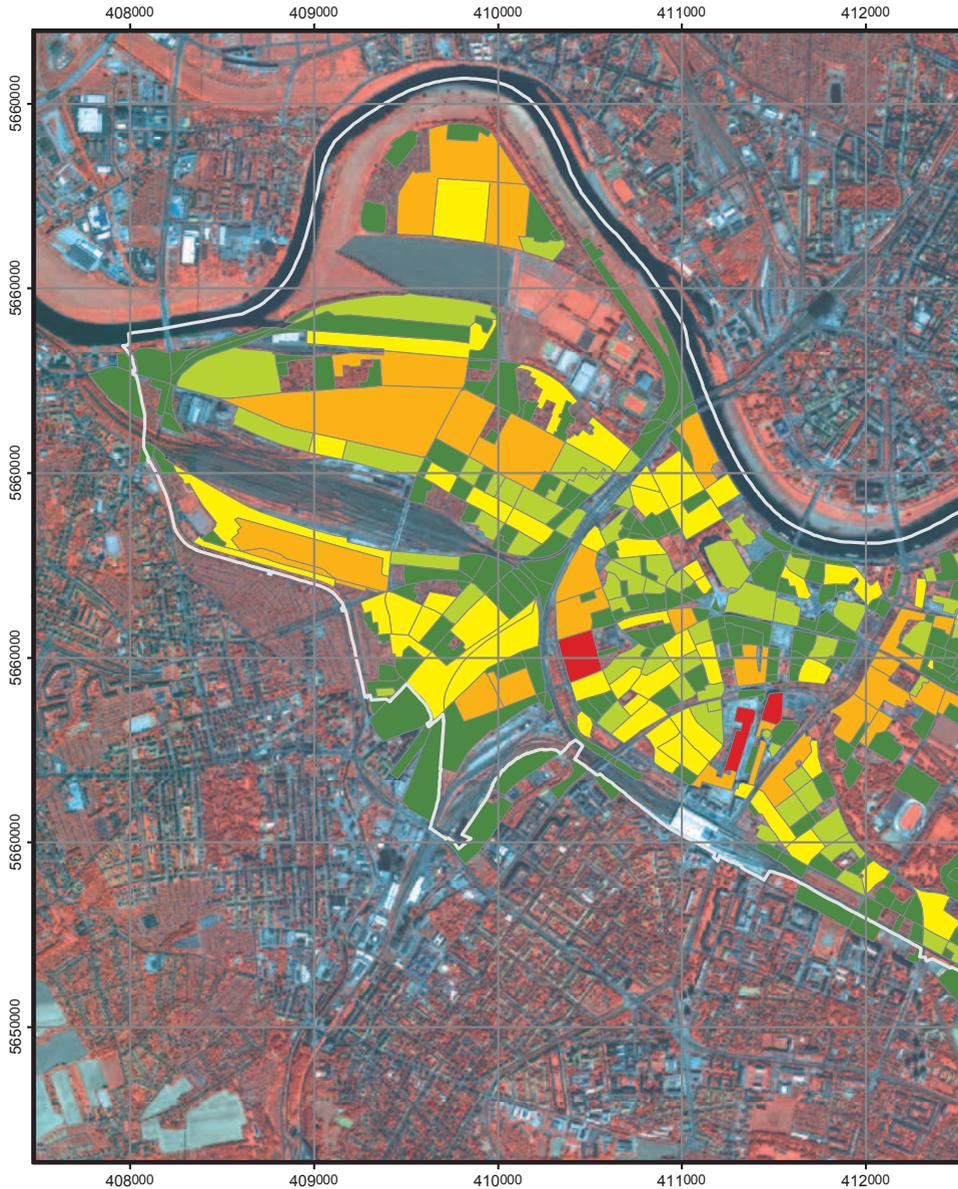
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

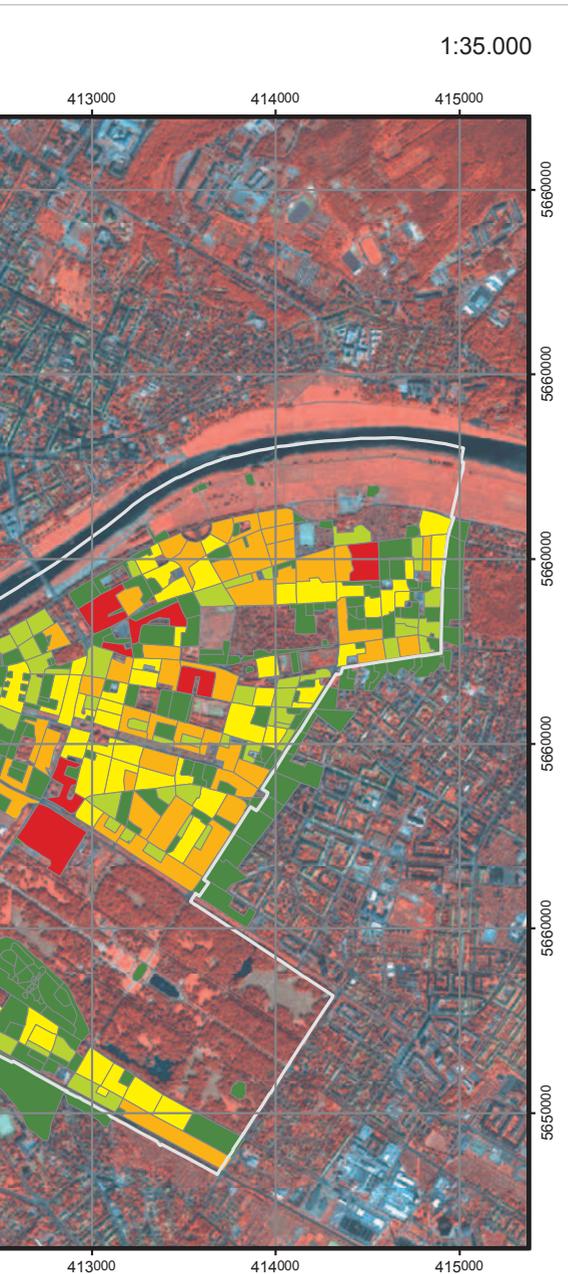
August 2009

<http://www.dlr.de/carf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung ATKIS-Blöcke





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadtleiste Dresden

Detailansicht IKONOS Detailansicht DOM

Legende

	Allstadt
	Bevölkerung ATKIS-Blöcke mehr als 500
	200 bis unter 500
	100 bis unter 200
	50 bis unter 100
	weniger als 50

Interpretation

Die auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude abgeschätzten Bevölkerungszahlen wurden auf der nächst größeren räumlichen Einheit zur besseren Darstellung zusammengefasst. Abgebildet sind Bevölkerungszahlen auf Basis von Baublöcken, wodurch ein rascher Überblick über potenziell gefährdete Gebiete mit sehr hoher Bevölkerungsdichte geschaffen werden kann

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen)	© EUSI 2007
	© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell	der Stadt Dresden 2001
Vektordaten	© Umweltamt der Stadt Dresden 2008

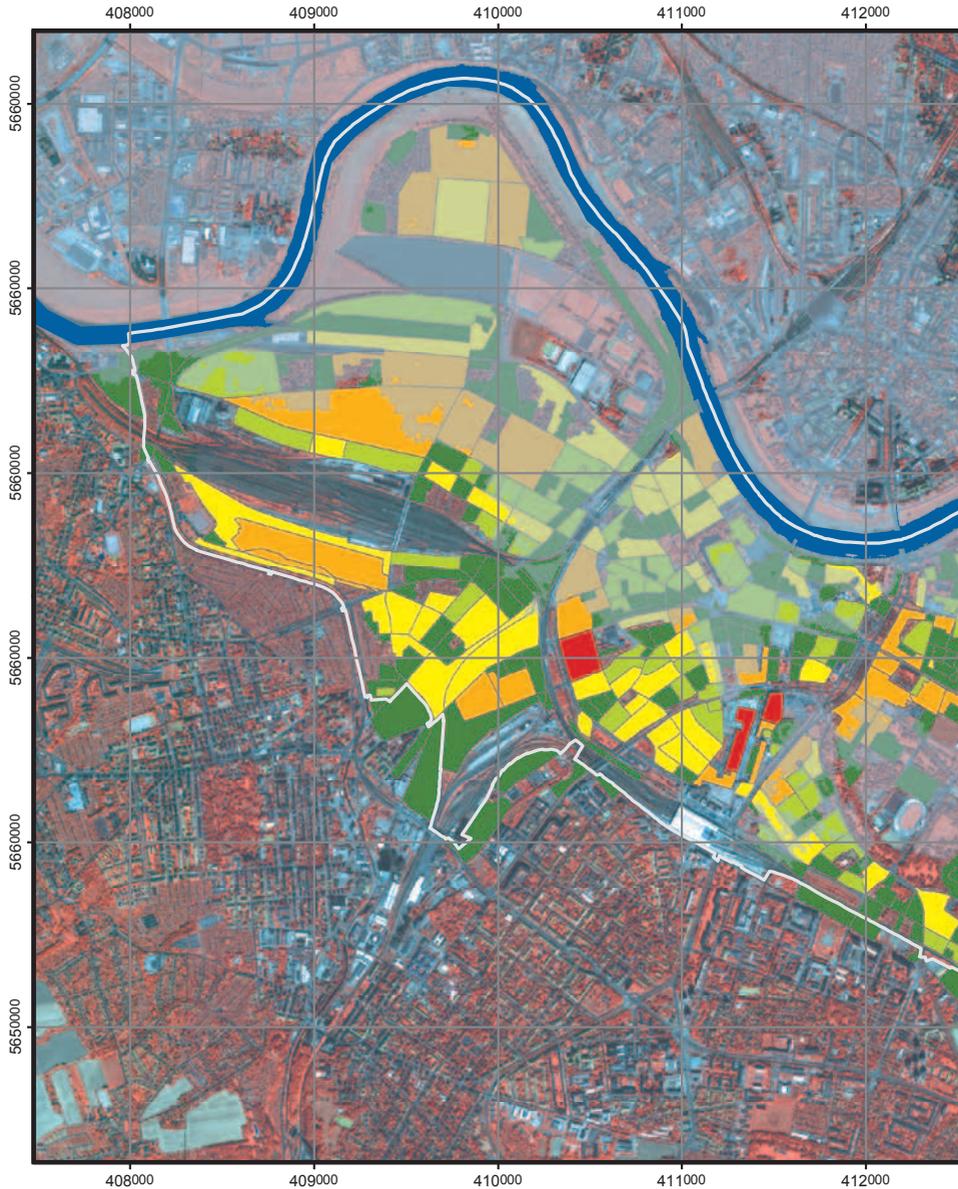
Prozessierung/Analyse

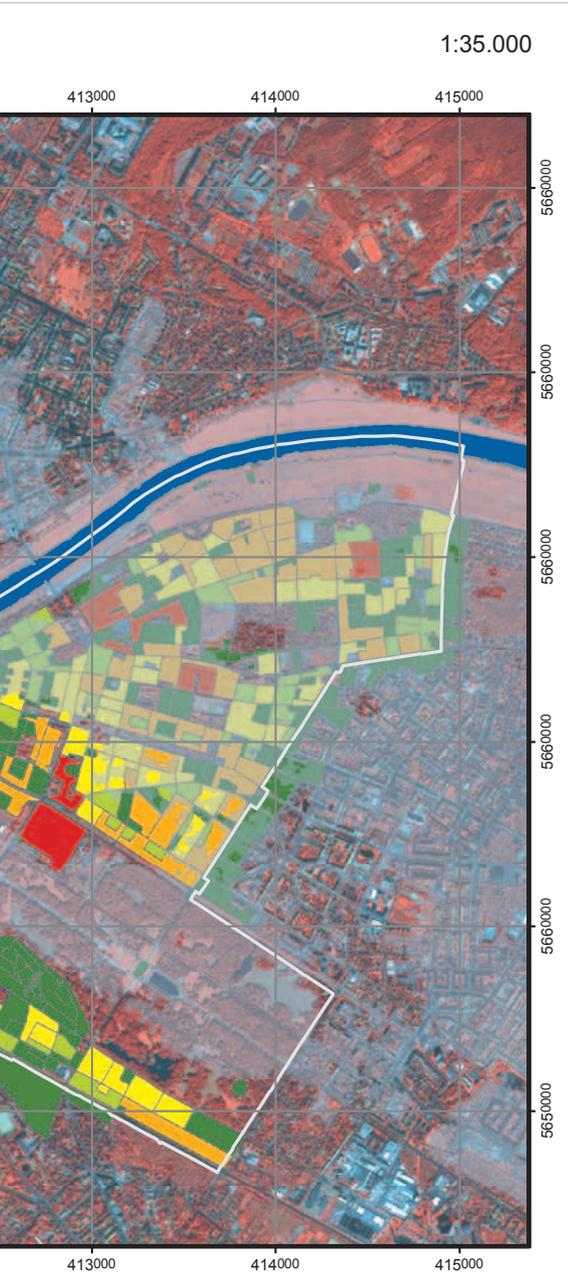
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung ATKIS-Blöcke

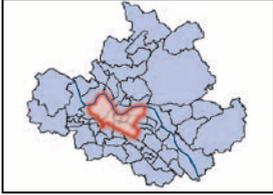






German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

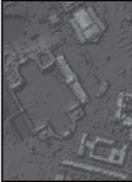
Übersicht Stadtleiste Dresden



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende

<ul style="list-style-type: none"> Altstadt Elbe extremes Hochwasser 	<p>Bevölkerung ATKIS-Blöcke</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr als 500 200 bis unter 500 100 bis unter 200 50 bis unter 100 weniger als 50
---	---

Interpretation

Die auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude abgeschätzten Bevölkerungszahlen wurden auf der nächst größeren räumlichen Einheit zur besseren Darstellung zusammengefasst. Abgebildet sind Bevölkerungszahlen auf Basis von Baublöcken, wodurch ein rascher Überblick über potenziell gefährdete Gebiete mit sehr hoher Bevölkerungsdichte geschaffen werden kann

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 33 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

<ul style="list-style-type: none"> IKONOS (3 Szenen) Digitales Oberflächenmodell Vektordaten 	<ul style="list-style-type: none"> © EUSI 2007 © Umweltamt der Stadt Dresden 2001 © Umweltamt der Stadt Dresden 2008
---	---

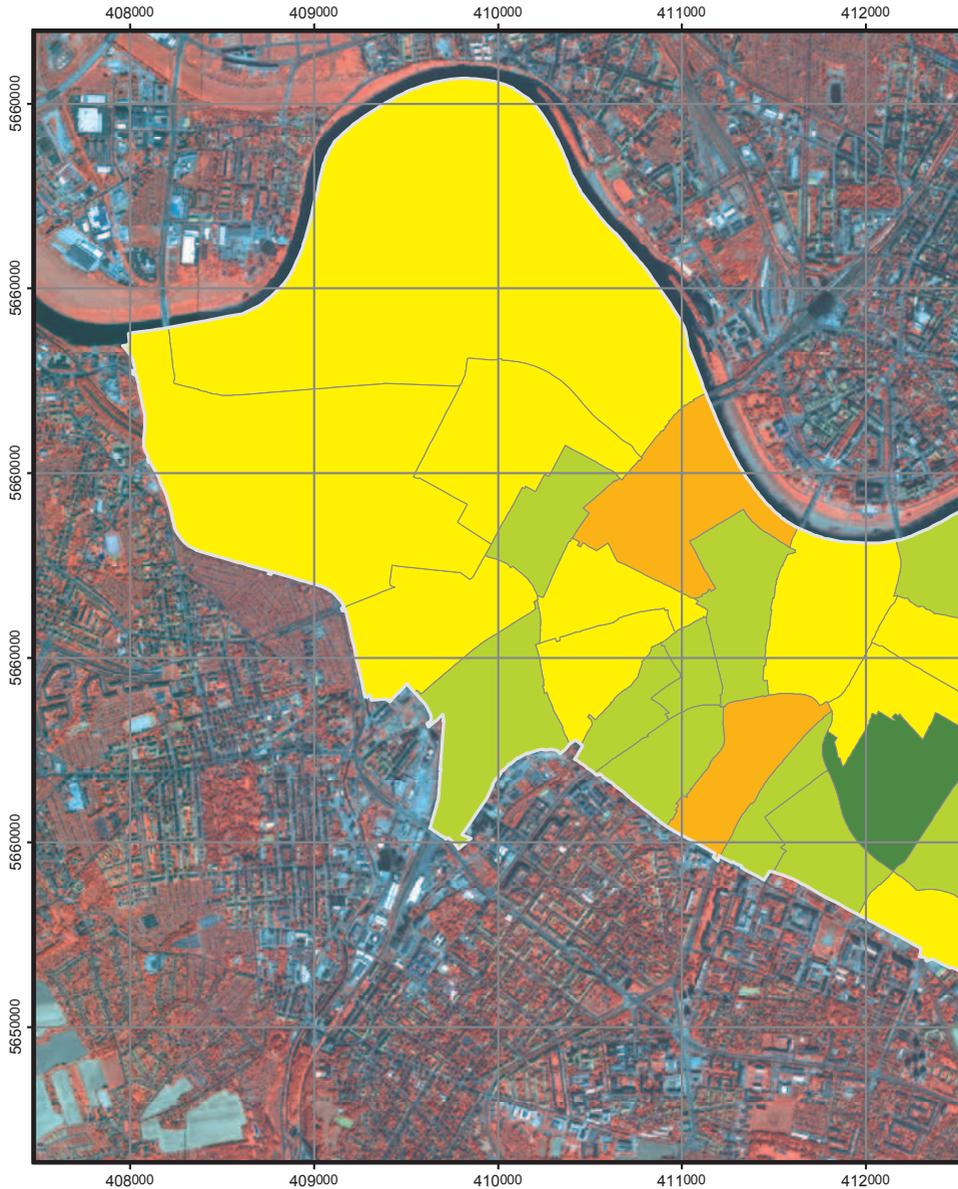
Prozessierung/Analyse

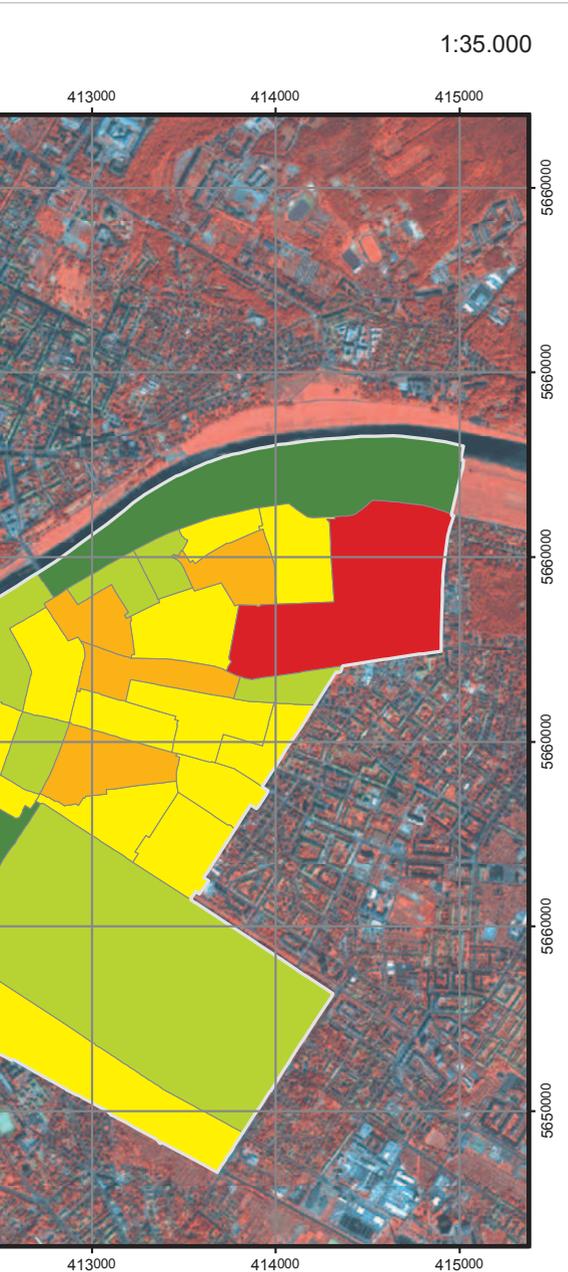
Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Stadtviertel

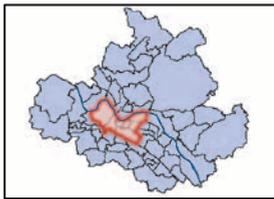






German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

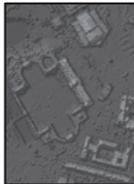
Übersicht Stadtteile Dresden



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

<p>Altstadt</p> 	<p>Bevölkerung Stadtviertel</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr als 3000 2000 bis unter 3000 1000 bis unter 2000 500 bis unter 1000 unter 500
---	---

Interpretation

Die genaueste Angabe über Bevölkerungszahlen – basierend auf statistisch-administrativen Einheiten – wird für Stadtviertel gemacht. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die einzelnen Stadtviertel des Stadtbezirks „Altstadt“ in Dresden.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 33 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen)	© ELUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Umweltsamt der Stadt Dresden 2001
Vektordaten	© Umweltsamt der Stadt Dresden 2008

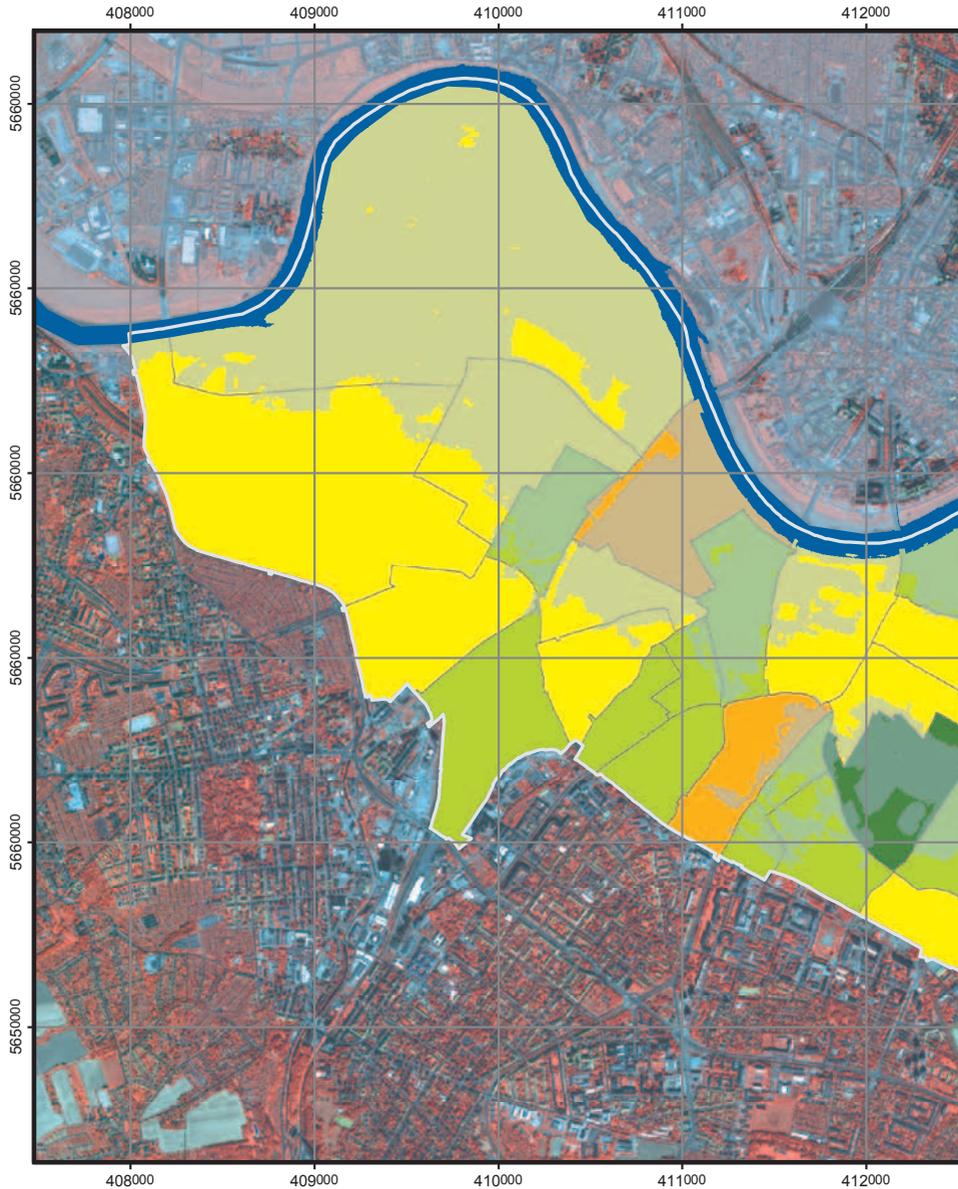
Prozessierung/Analyse

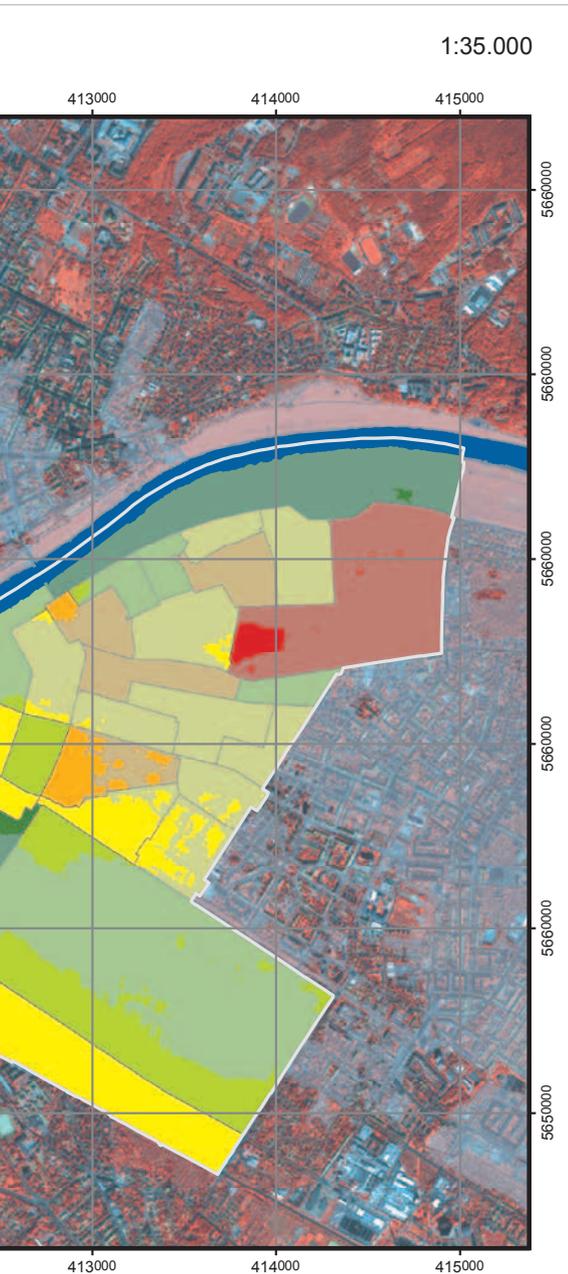
Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Stadtviertel





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadtteile Dresden

Detailsicht IKONOS **Detailsicht DOM**

Legende

<ul style="list-style-type: none"> Altstadt Elbe extremes Hochwasser 	<p>Bevölkerung Stadtviertel</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr als 3000 2000 bis unter 3000 1000 bis unter 2000 500 bis unter 1000 unter 500
---	--

Interpretation

Die genaueste Angabe über Bevölkerungszahlen – basierend auf statistisch-administrativen Einheiten – wird für Stadtviertel gemacht. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die einzelnen Stadtviertel des Stadtbezirks Altstadt¹ in Dresden, sowie die Exposition gegenüber einem Extremhochwasserereignis (HQ500).

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 33 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

<ul style="list-style-type: none"> IKONOS (3 Szenen) Digitales Oberflächenmodell Vektordaten 	<ul style="list-style-type: none"> © EUSI 2007 © Umweltamt der Stadt Dresden 2001 © Umweltamt der Stadt Dresden 2008
---	---

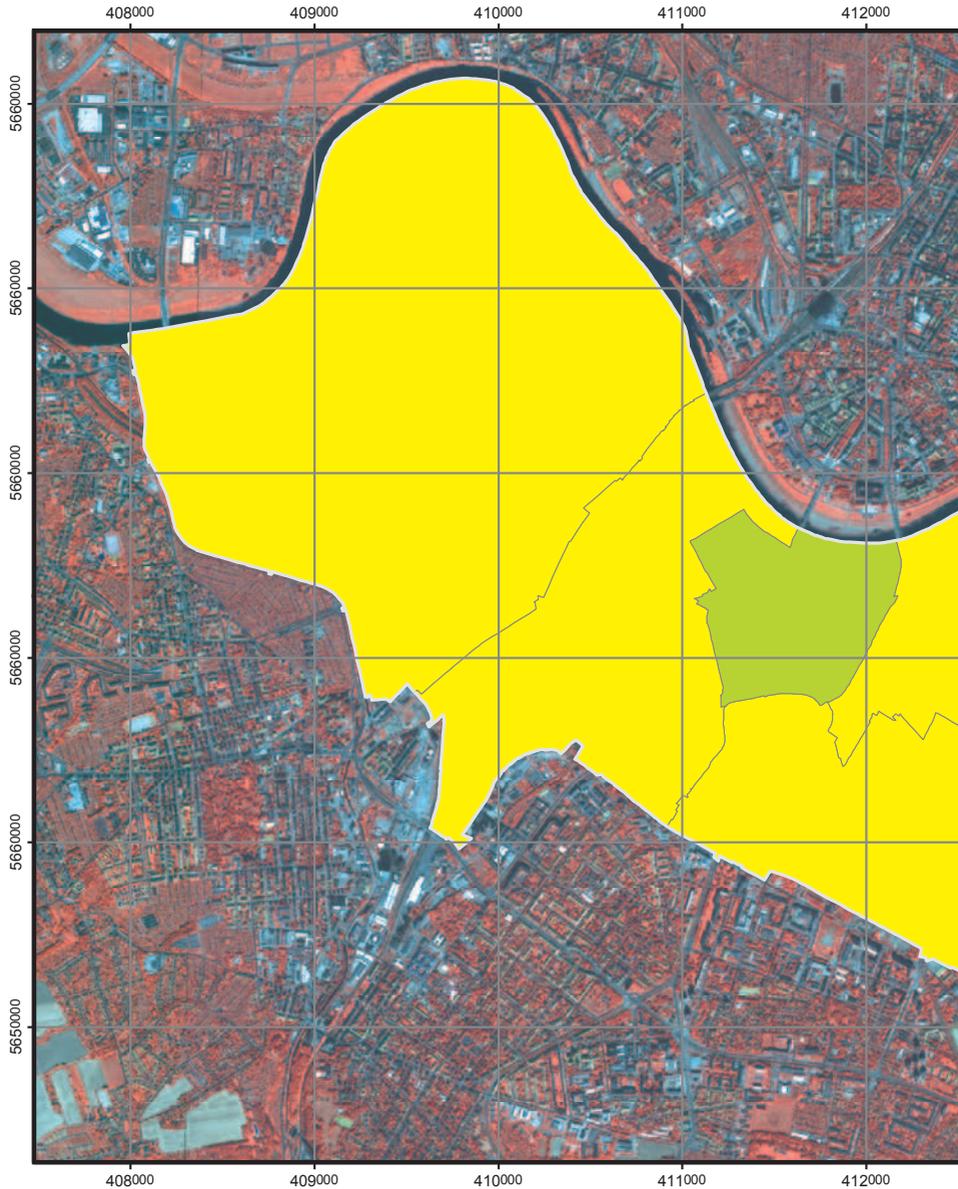
Prozessierung/Analyse

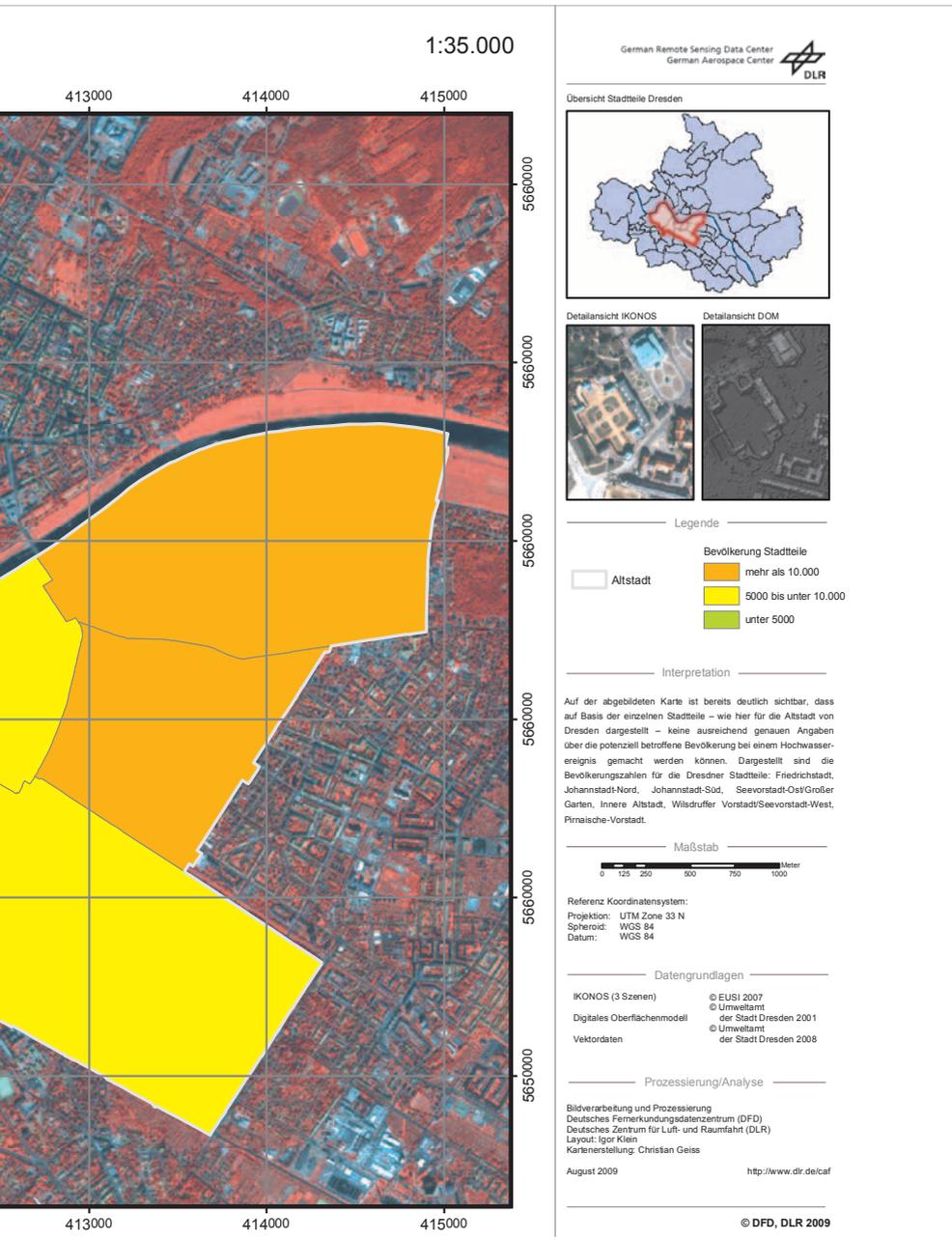
Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dir.de/caf>

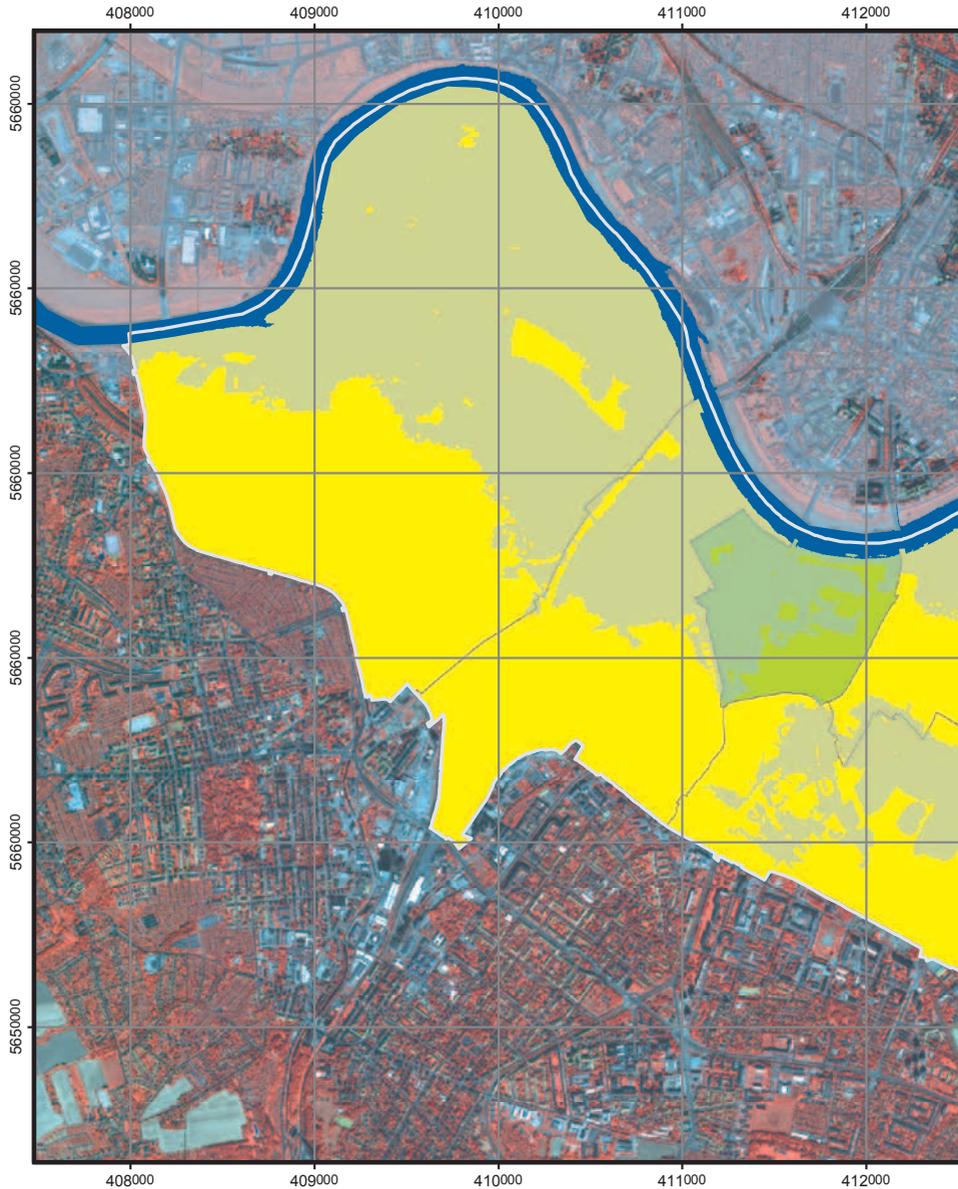
© DFD, DLR 2009

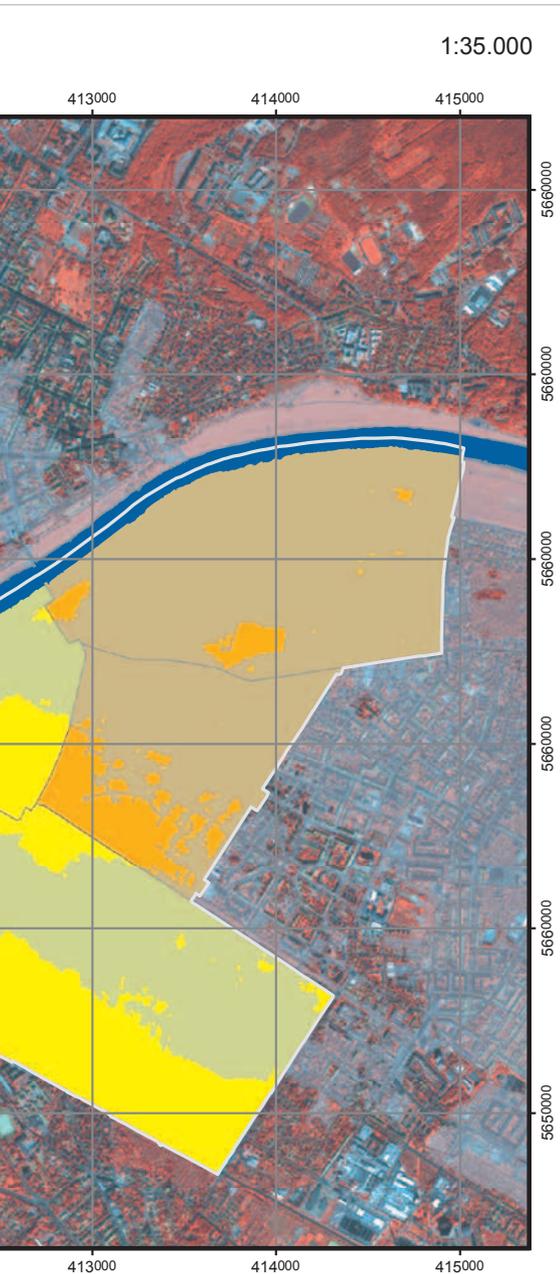
Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Stadtteile





Dresden - *Altstadt* - Bevölkerung Stadtteile





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadtteile Dresden

Detailsicht IKONOS **Detailsicht DOM**

Legende

<ul style="list-style-type: none"> Altstadt Elbe extremes Hochwasser 	<p>Bevölkerung Stadtteile</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr als 10.000 5000 bis unter 10.000 unter 5000
---	--

Interpretation

Auf der abgebildeten Karte ist bereits deutlich sichtbar, dass auf Basis der einzelnen Stadtteile – wie hier für die Altstadt von Dresden dargestellt – keine ausreichend genauen Angaben über die potenziell betroffene Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis gemacht werden können. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die Dresdner Stadtteile: Friedrichstadt, Johannstadt-Nord, Johannstadt-Süd, Seevorstadt-Ost/Großer Garten, innere Altstadt, Wildruffer Vorstadt/Seevorstadt-West, Pirnaische-Vorstadt.

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 33 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen) Digitales Oberflächenmodell Vektordaten	© EUSI 2007 © Umweltamt der Stadt Dresden 2001 © Umweltamt der Stadt Dresden 2008
---	---

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dir.de/caf>

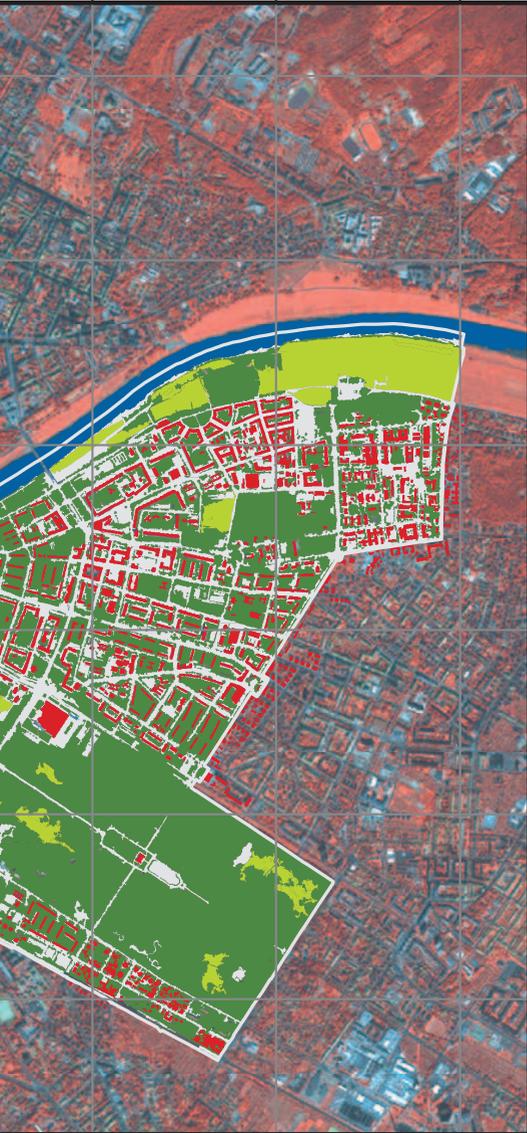
© DFD, DLR 2009

Dresden - Altstadt - Landbedeckung



1:35.000

413000 414000 415000



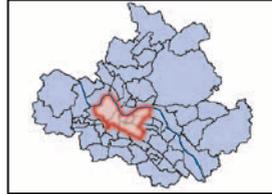
5660000
5660000
5660000
5660000
5660000
5660000
5650000

413000 414000 415000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



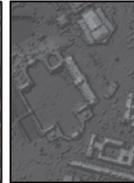
Übersicht Stadteile Dresden



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende

Landbedeckung	
	Altstadt
	Gebäude
	versiegelte Fläche
	Grünland
	Bäume
	Wasser

Interpretation

Auf dieser Karte ist eine aus höchstauflösten Satellitenbilddaten (IKONOS) abgeleitete Landbedeckungsklassifikation für die Altstadt von Dresden dargestellt. Auf Basis von objektorientierten, automatisierten Klassifikationsansätzen werden sowohl spektrale Parameter als auch Formparameter für die Klassifikation der Landbedeckung in fünf Klassen berücksichtigt.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen) © EUSI 2007
© Umweltamt
Digitales Oberflächenmodell der Stadt Dresden 2001
© Umweltamt
Vektordaten der Stadt Dresden 2008

Prozessierung/Analyse

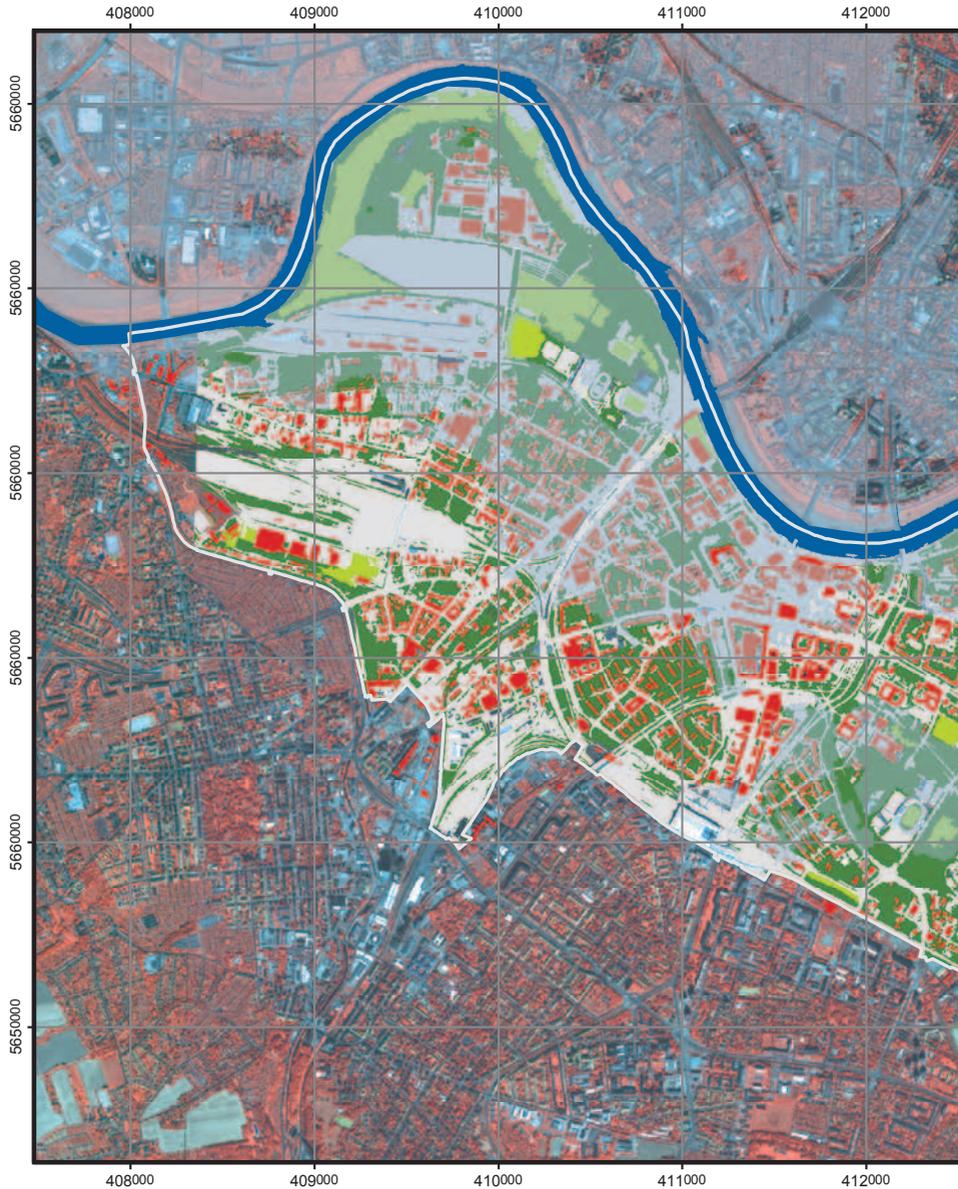
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Landbedeckung





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadtteile Dresden

Detailansicht IKONOS **Detailansicht DOM**

Legende

<p>Altstadt</p> <ul style="list-style-type: none"> Altstadt Elbe extremes Hochwasser 	<p>Landbedeckung</p> <ul style="list-style-type: none"> Gebäude versiegelte Fläche Grünland Bäume
--	---

Interpretation

Auf dieser Karte ist eine aus höchstauflösenden Satellitenbildern (IKONOS) abgeleitete Landbedeckungsklassifikation für die Altstadt von Dresden dargestellt. Auf Basis von objektorientierten, automatisierten Klassifikationsansätzen werden sowohl spektrale Parameter als auch Formparameter für die Klassifikation der Landbedeckung in fünf Klassen berücksichtigt. Zusätzlich ist die Exposition der einzelnen Objekte gegenüber einem Extremhochwasserereignis (HQ500) dargestellt.

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 33 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen)	© EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Umweltamt der Stadt Dresden 2001
Vektordaten	© Umweltamt der Stadt Dresden 2008

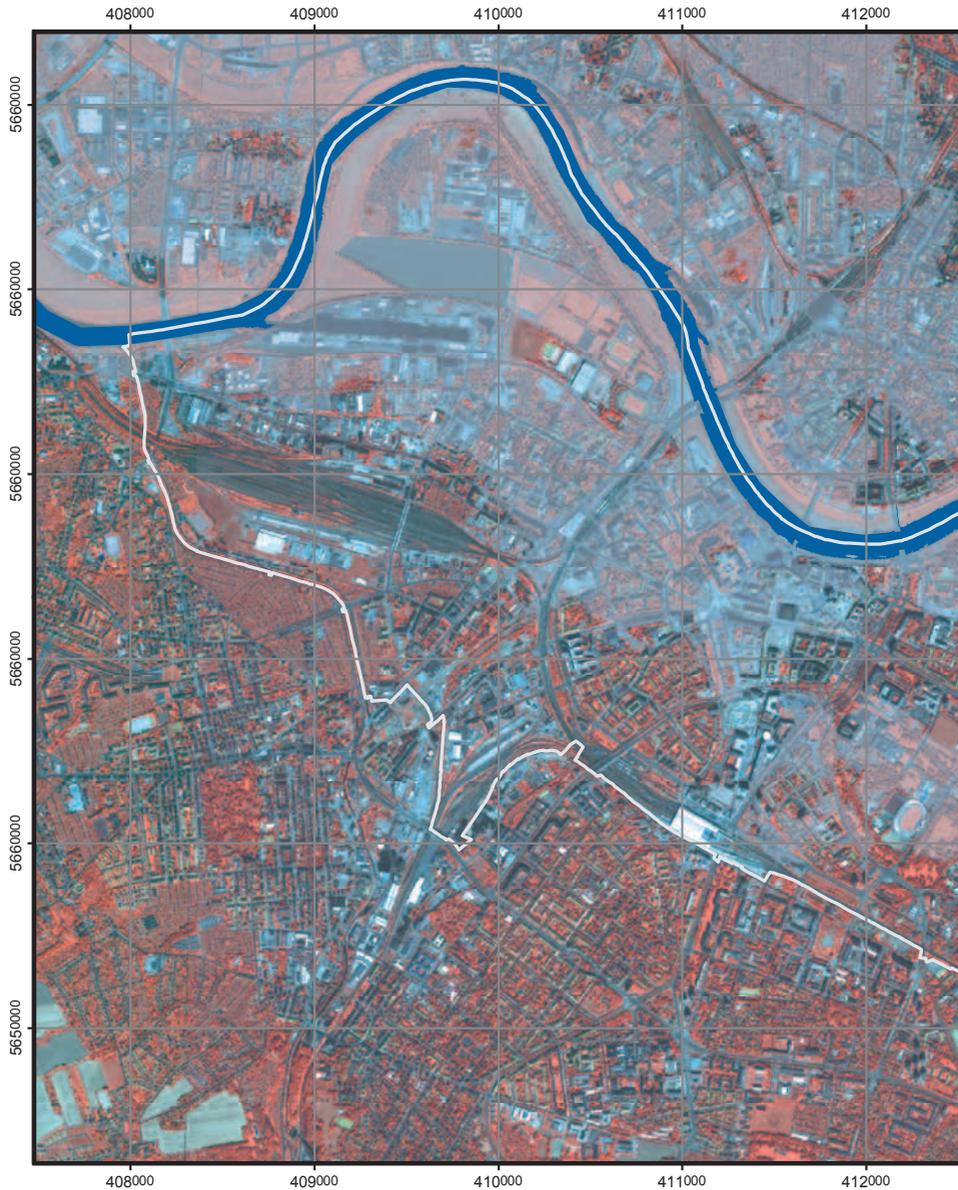
Prozessierung/Analyse

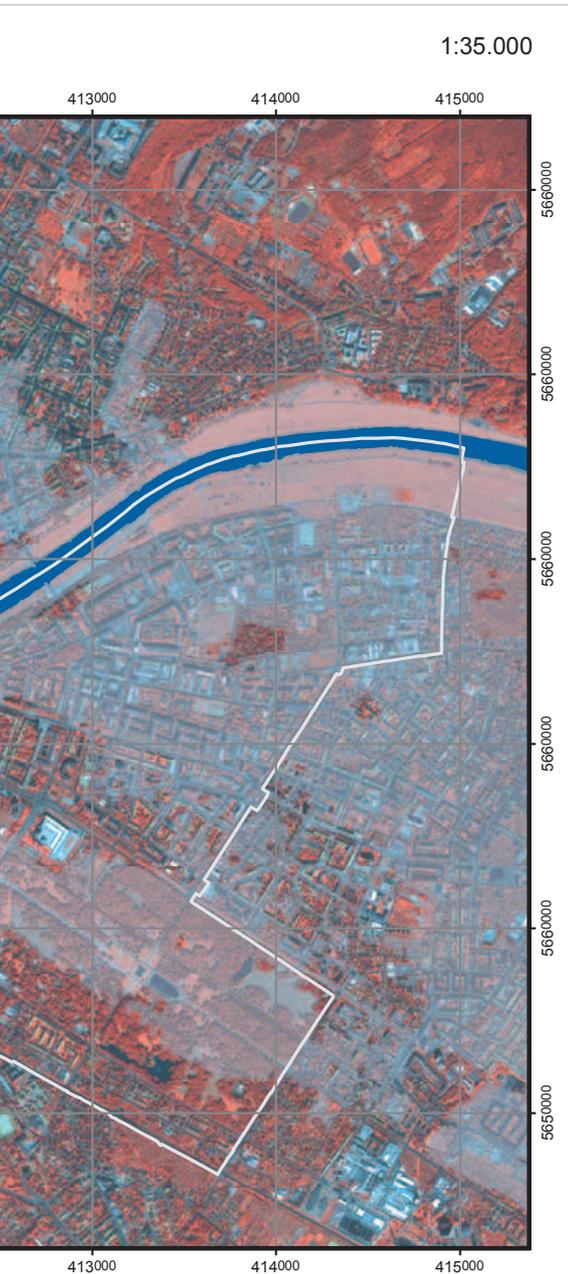
Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009

Dresden - *Altstadt* - Hochwasser





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center

Übersicht Stadtleite Dresden

Detailsicht IKONOS Detailsicht DOM

Legende

- Altstadt
- Elbe
- extremes Hochwasser

Interpretation

Die dargestellte Karte zeigt eine Expositionsanalyse auf Basis von höchstauflösenden Satellitenbildern (Sensor: IKONOS) in Falschfarbinfrarotdarstellung (Bandkombination: 4/3/2) für die Dresdner Altstadt. Das Satellitenbild ist überlagert mit hochwasserspezifischen Informationen der Elbe: einerseits ist der Normalpegel dargestellt und andererseits die flächenhafte Ausprägung bei einem Extremhochwasserereignis (HQ500). Somit können Objekte identifiziert werden, welche bei einem potenziellen Hochwasserereignis gefährdet sein könnten.

Maßstab

Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 33 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (3 Szenen)	© EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Umweltamt der Stadt Dresden 2001
Vektordaten	© Umweltamt der Stadt Dresden 2008

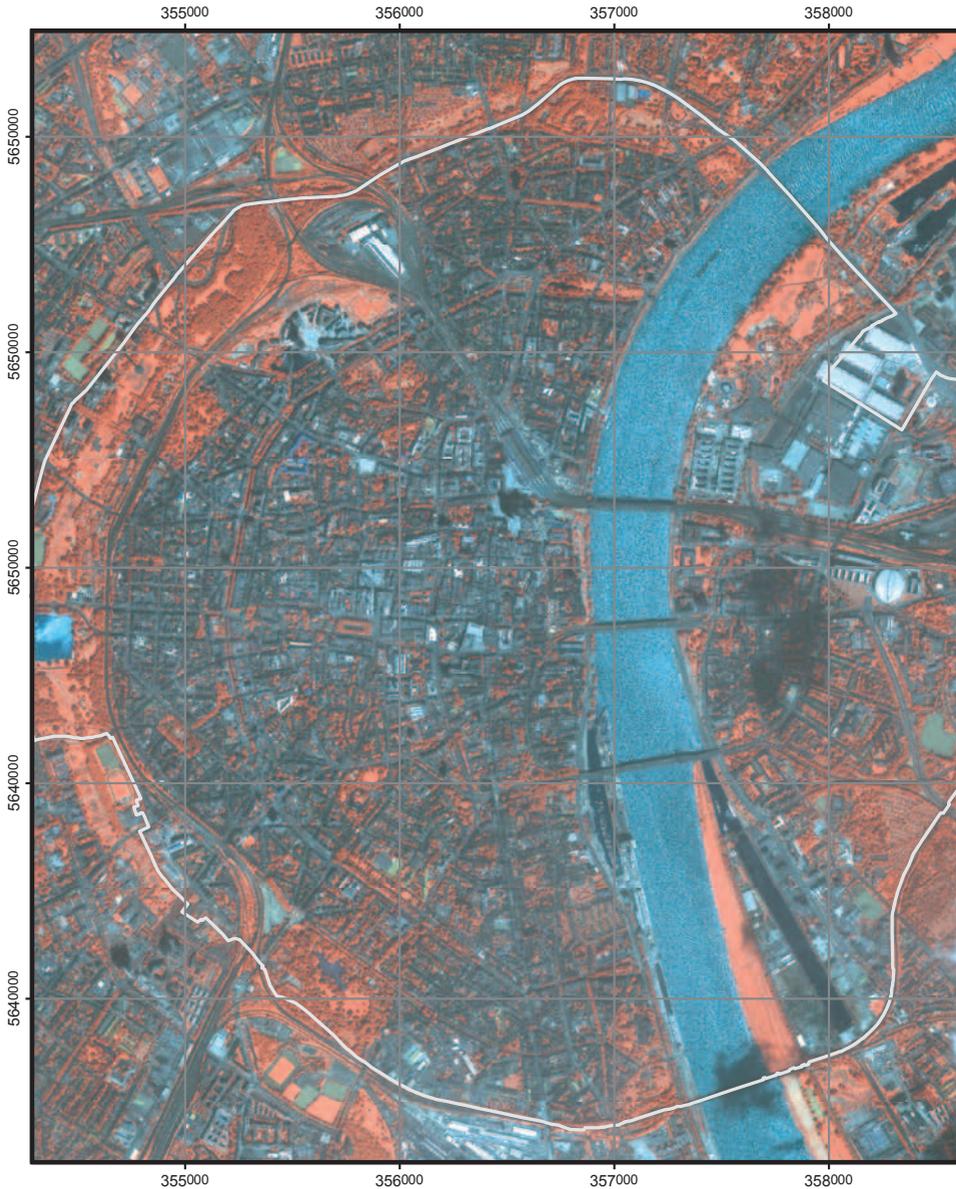
Prozessierung/Analyse

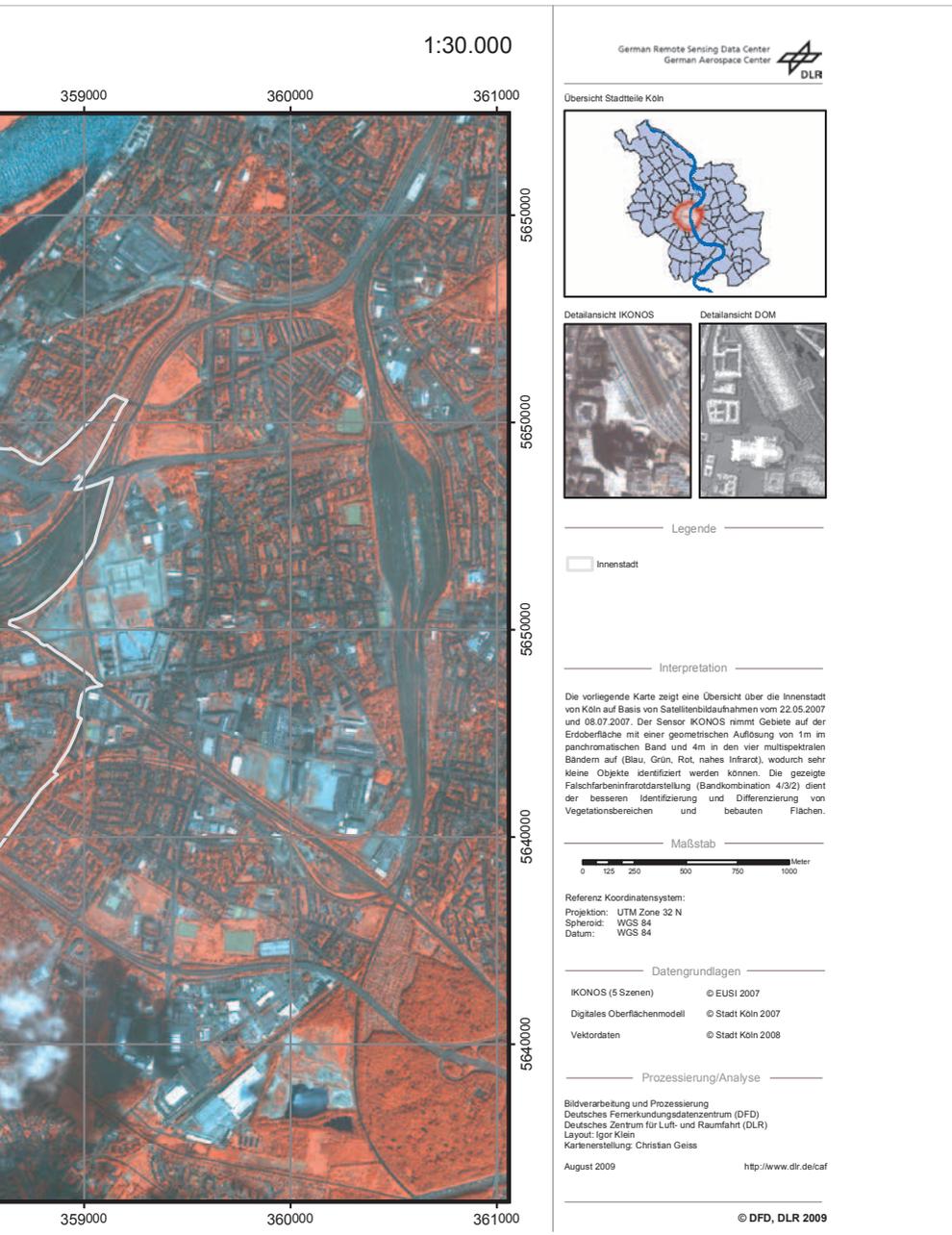
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009

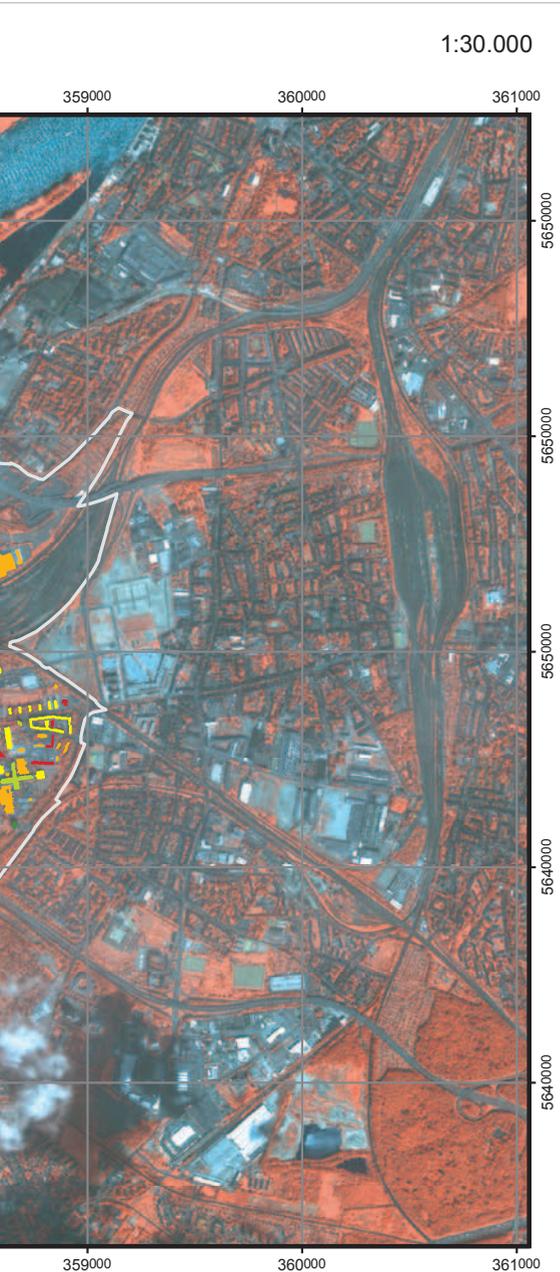
Köln - *Innenstadt* - Übersichtskarte





Köln - *Innenstadt* - Gebäudehöhen





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



Übersicht Stadtteile Köln



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende

 Innenstadt	 1	sehr hoch
	 2 - 3	hoch
	 4 - 6	mittel
	 7 - 12	gering
	 > 12	sehr gering

Interpretation

Teil des Vulnerabilitätsassessments ist die Identifikation von exponierten Objekten hinsichtlich potenziellen Hochwasserereignissen. Anhand von satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren wurden Einzelgebäude extrahiert und ihre Höhe anhand der Geschosshöhe abgeschätzt. Die Geschosshöhe ist unmittelbar bedeutend für die Möglichkeit, Hausrat und Personen in höher gelegene Stockwerke zu transportieren (vertikale Evakuierung).

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

- IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
- Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
- Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/caf>

Köln - *Innenstadt* - Gebäudehöhen



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

 Innenstadt	 Geschosshöhe/Gebäude 1	 Vulnerabilität sehr hoch
 Rhein	 2 - 3	 hoch
 extremes Hochwasser	 4 - 6	 mittel
	 7 - 12	 gering
	 > 12	 sehr gering

Interpretation

Teil des Vulnerabilitätsassessments ist die Identifikation von exponierten Objekten hinsichtlich potenziellen Hochwasserereignissen. Anhand von satelliten- und flugzeuggetragenen Fernerkundungssensoren wurden Einzelgebäude extrahiert und ihre Höhe anhand der Geschosshöhe abgeschätzt. Die Geschosshöhe ist unmittelbar bedeutend für die Möglichkeit, Hausrat und Personen in höher gelegene Stockwerke zu transportieren (vertikale Evakuierung).

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009

359000 360000 361000

5650000

5650000

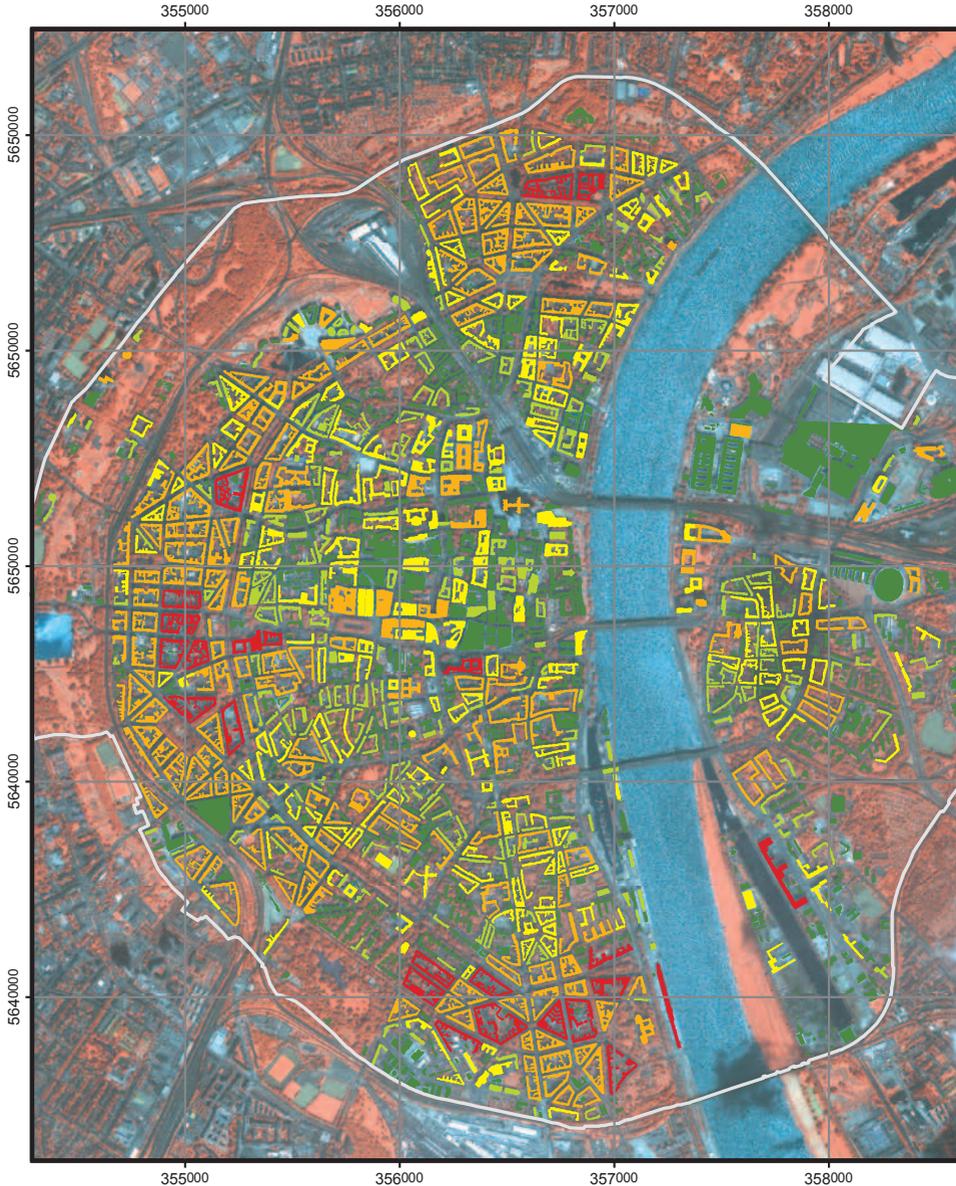
5650000

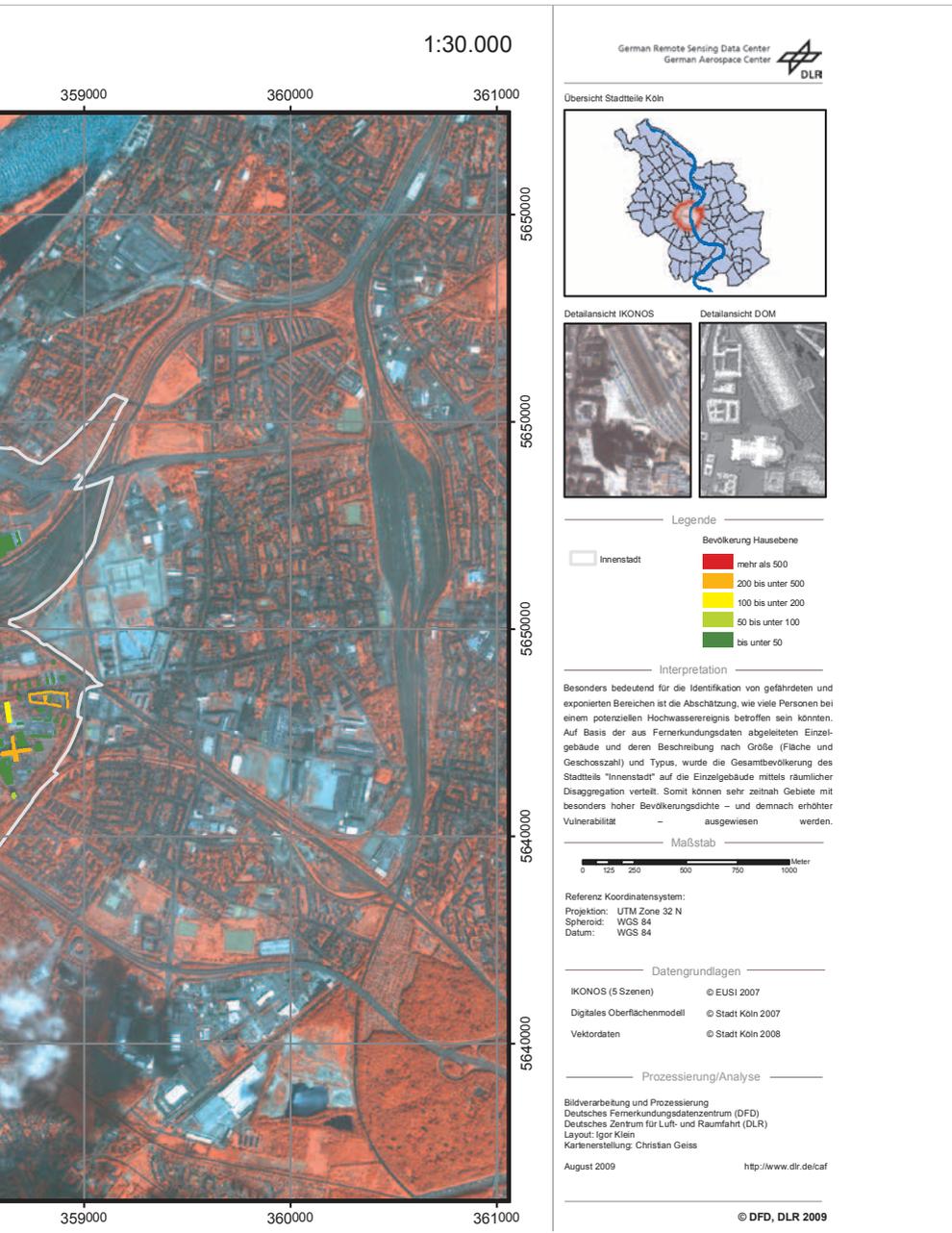
5640000

5640000

359000 360000 361000

Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Hausebene





Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Hausebene



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center


Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

 Innenstadt	 mehr als 500
 Rhein	 200 bis unter 500
 extremes Hochwasser	 100 bis unter 200
	 50 bis unter 100
	 bis unter 50

Interpretation

Besonders bedeutend für die Identifikation von gefährdeten und exponierten Bereichen ist die Abschätzung, wie viele Personen bei einem potenziellen Hochwasserereignis betroffen sein könnten. Auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude und deren Beschreibung nach Größe (Fläche und Geschoszahl) und Typus, wurde die Gesamtbevölkerung des Stadtteils "Innenstadt" auf die Einzelgebäude mittels räumlicher Disaggregation verteilt. Somit können sehr zentral Gebiete mit besonders hoher Bevölkerungsdichte – und demnach erhöhter Vulnerabilität – ausgewiesen werden.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

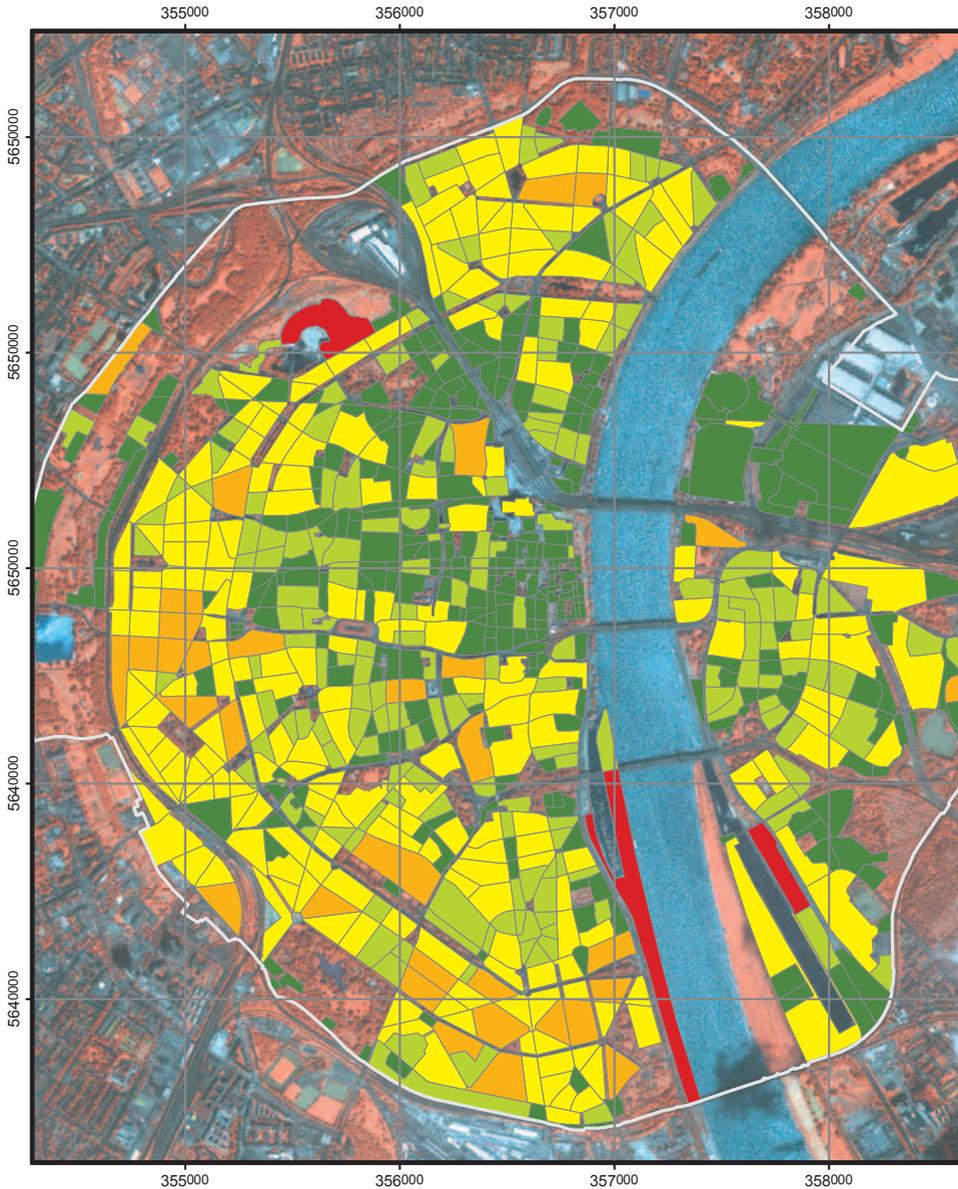
August 2009

<http://www.dir.de/caf>

© DFD, DLR 2009



Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung ATKIS-Blöcke



1:30.000

359000 360000 361000



359000 360000 361000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende



Interpretation

Die auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude abgeschätzten Bevölkerungszahlen wurden auf der nächst größeren räumlichen Einheit zur besseren Darstellung zusammengefasst. Abgebildet sind Bevölkerungszahlen auf Basis von Baublocken, wodurch ein rascher Überblick über potenziell gefährdete Gebiete mit sehr hoher Bevölkerungsdichte geschaffen werden kann.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

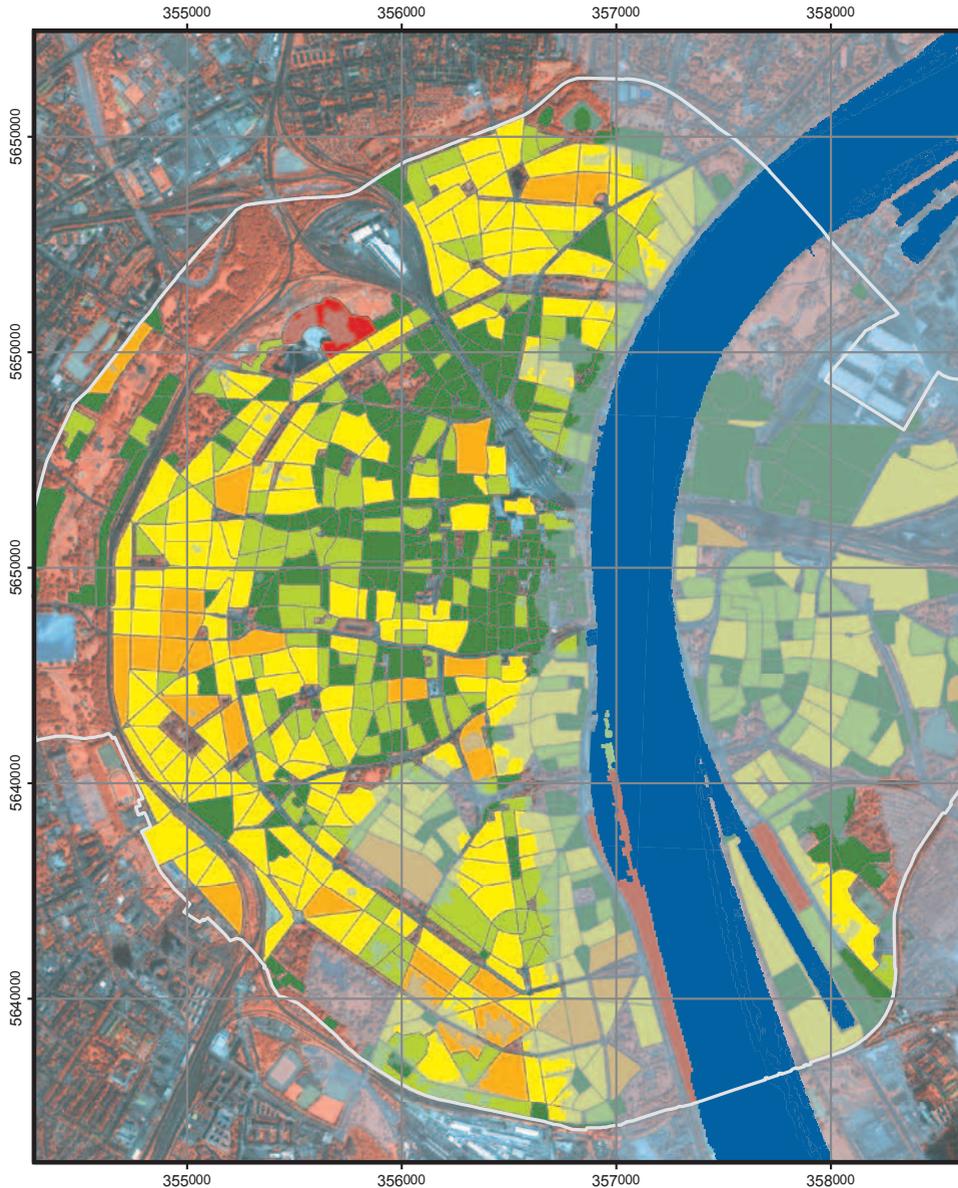
Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009 <http://www.dlr.de/ica>

© DFD, DLR 2009

Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung ATKIS-Blöcke



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

Innenstadt	Bevölkerung ATKIS-Blöcke mehr als 1000
Rhein	500 bis unter 1000
extremes Hochwasser	200 bis unter 500
	100 bis unter 200
	weniger als 100

Interpretation

Die auf Basis der aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Einzelgebäude abgeschätzten Bevölkerungszahlen wurden auf der nächst größeren räumlichen Einheit zur besseren Darstellung zusammengefasst. Abgebildet sind Bevölkerungszahlen auf Basis von Baublöcken, wodurch ein rascher Überblick über potenziell gefährdete Gebiete mit sehr hoher Bevölkerungsdichte geschaffen werden kann.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/caf>

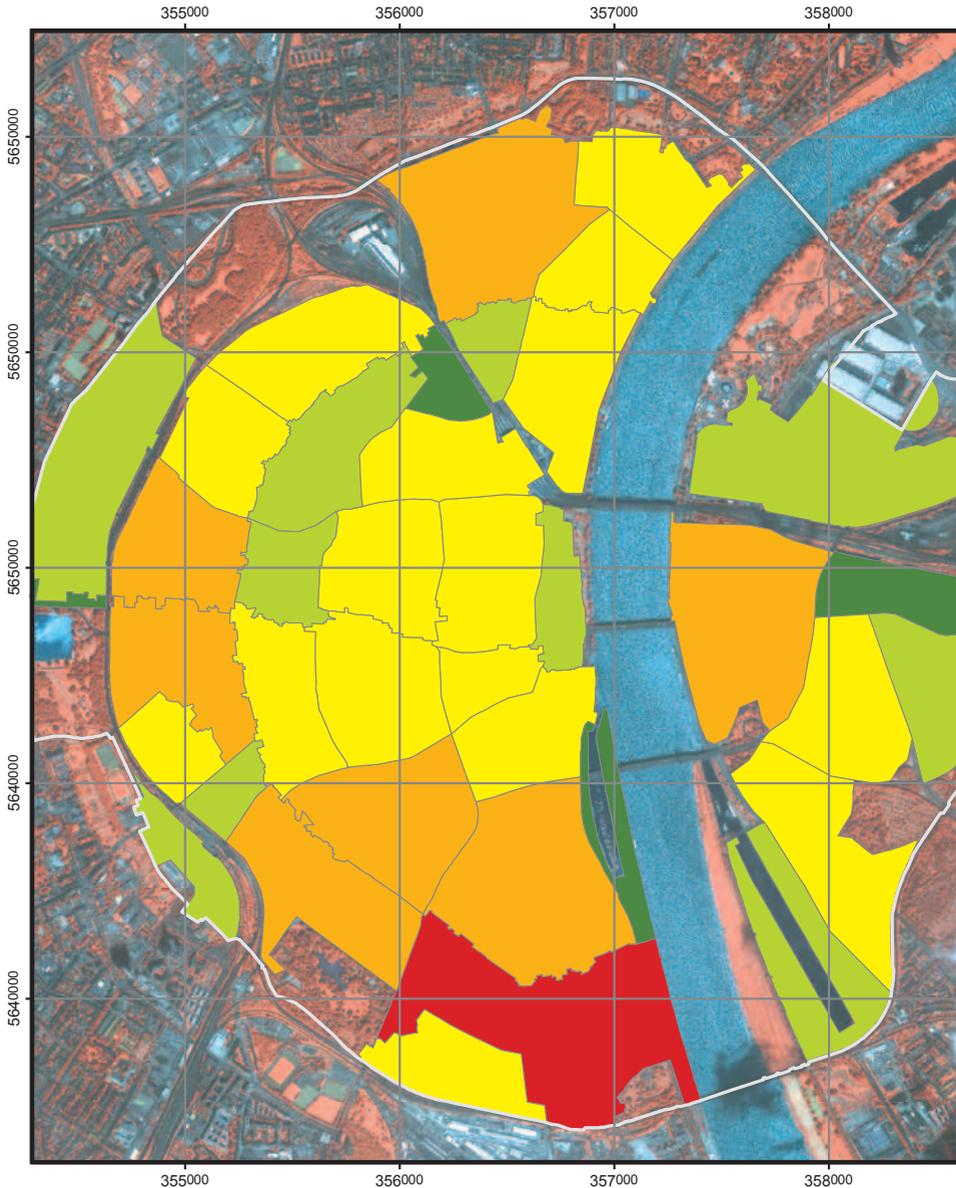
© DFD, DLR 2009

359000 360000 361000



359000 360000 361000

Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Stadtviertel



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

 Innenstadt	Bevölkerung Stadtviertel
	 mehr als 10000
	 5000 bis 10000
	 2000 bis unter 5000
	 1000 bis unter 2000
	 weniger als 1000

Interpretation

Die genaueste Angabe über Bevölkerungszahlen – basierend auf statistisch-administrativen Einheiten – wird für Stadtviertel gemacht. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die einzelnen Stadtviertel des Stadtbezirks „Innenstadt“ in Köln.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

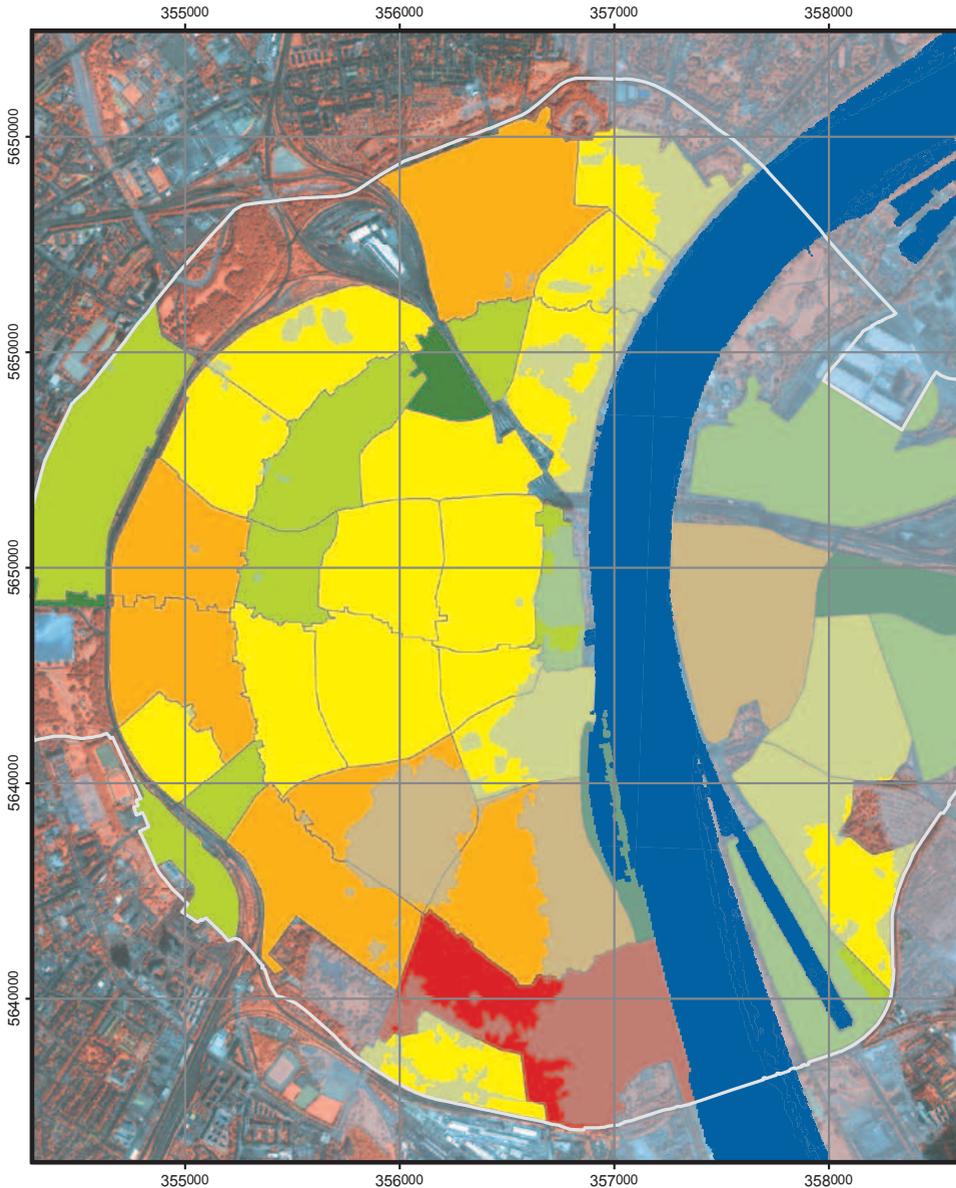
August 2009

<http://www.dir.de/cdf>

© DFD, DLR 2009



Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Stadtviertel



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

Innenstadt	Bevölkerung Stadtviertel mehr als 10000
Rhein	5000 bis 10000
extremes Hochwasser	2000 bis unter 5000
	1000 bis unter 2000
	weniger als 1000

Interpretation

Die genaueste Angabe über Bevölkerungszahlen – basierend auf statistisch-administrativen Einheiten – wird für Stadtviertel gemacht. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die einzelnen Stadtviertel des Stadtbezirks „Innenstadt“ in Köln, sowie die Exposition gegenüber einem Extremhochwasserereignis (HQ500).

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/cdf>

© DFD, DLR 2009

359000 360000 361000

5650000

5650000

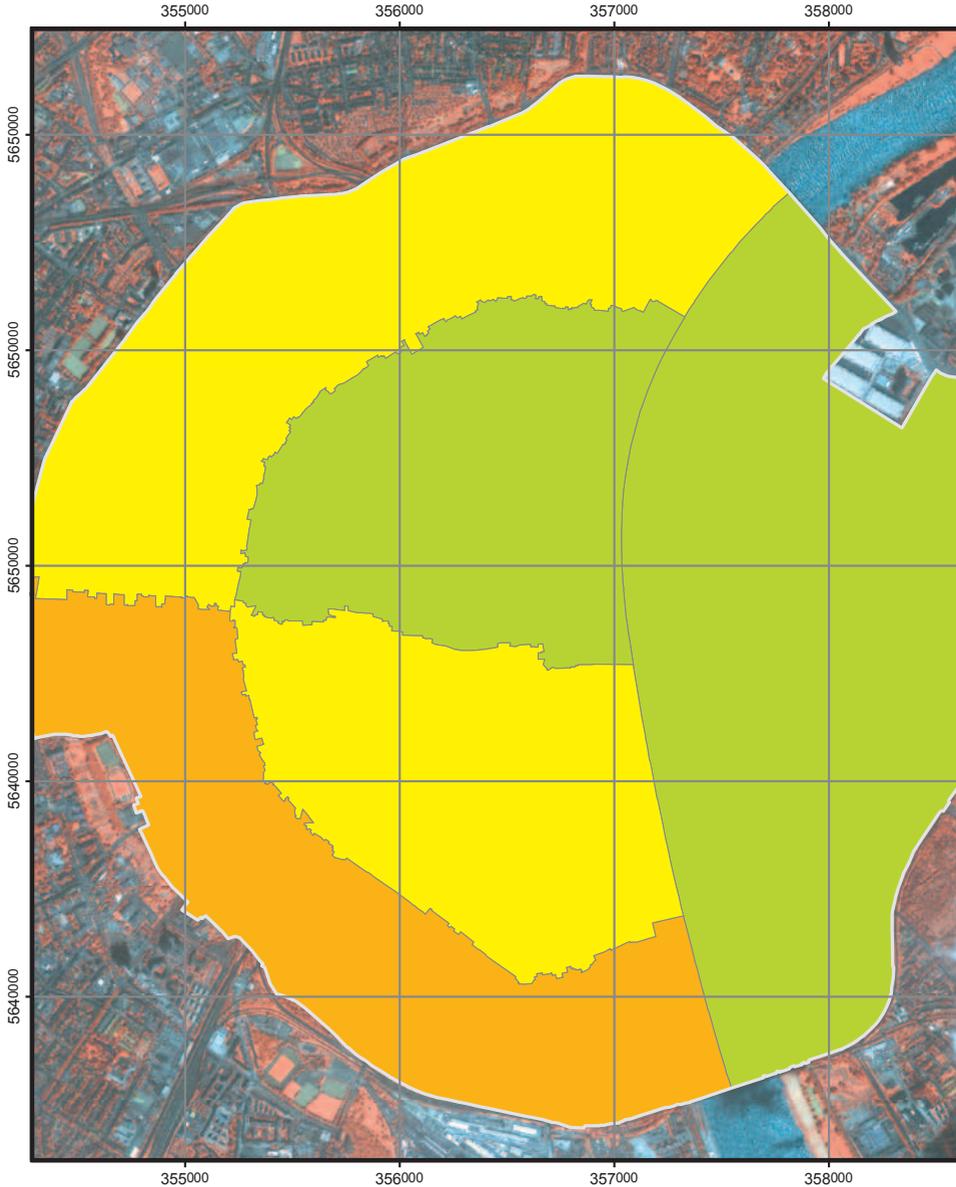
5650000

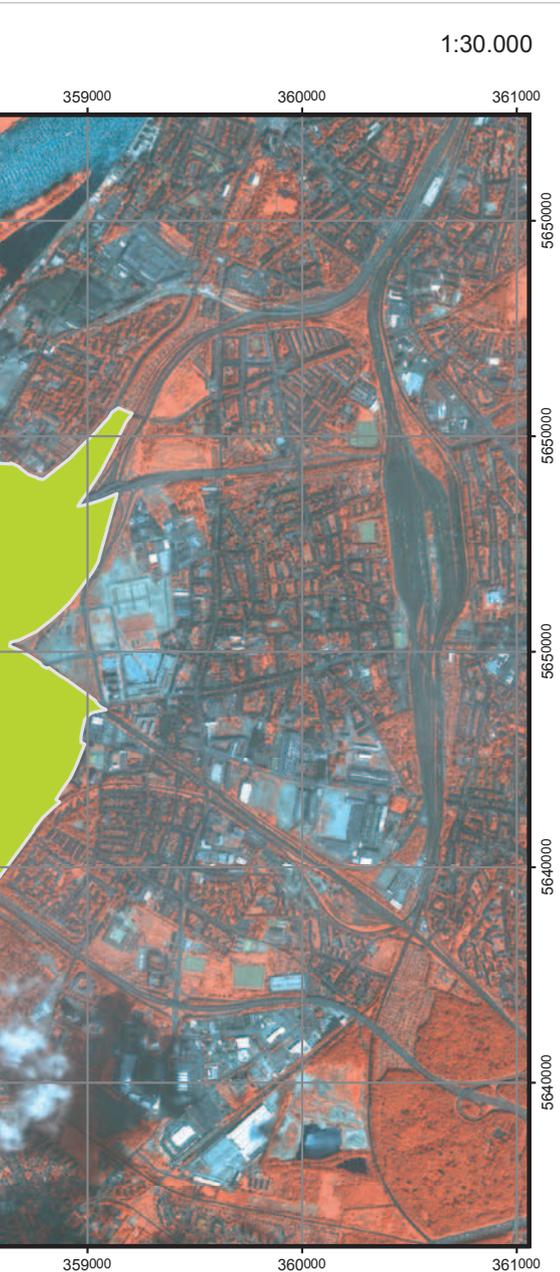
5640000

5640000

359000 360000 361000

Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Stadtteile





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



Übersicht Stadtteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende



Interpretation

Auf der abgebildeten Karte ist bereits deutlich sichtbar, dass auf Basis der einzelnen Stadtteile – wie hier für die Innenstadt von Köln dargestellt – keine ausreichend genauen Angaben über die potenziell betroffene Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis gemacht werden können. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die Kölner Stadtteile: Altstadt-Nord, Altstadt-Süd, Neustadt-Nord, Neustadt-Süd und Deutz.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen)	© EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Stadt Köln 2007
Vektordaten	© Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

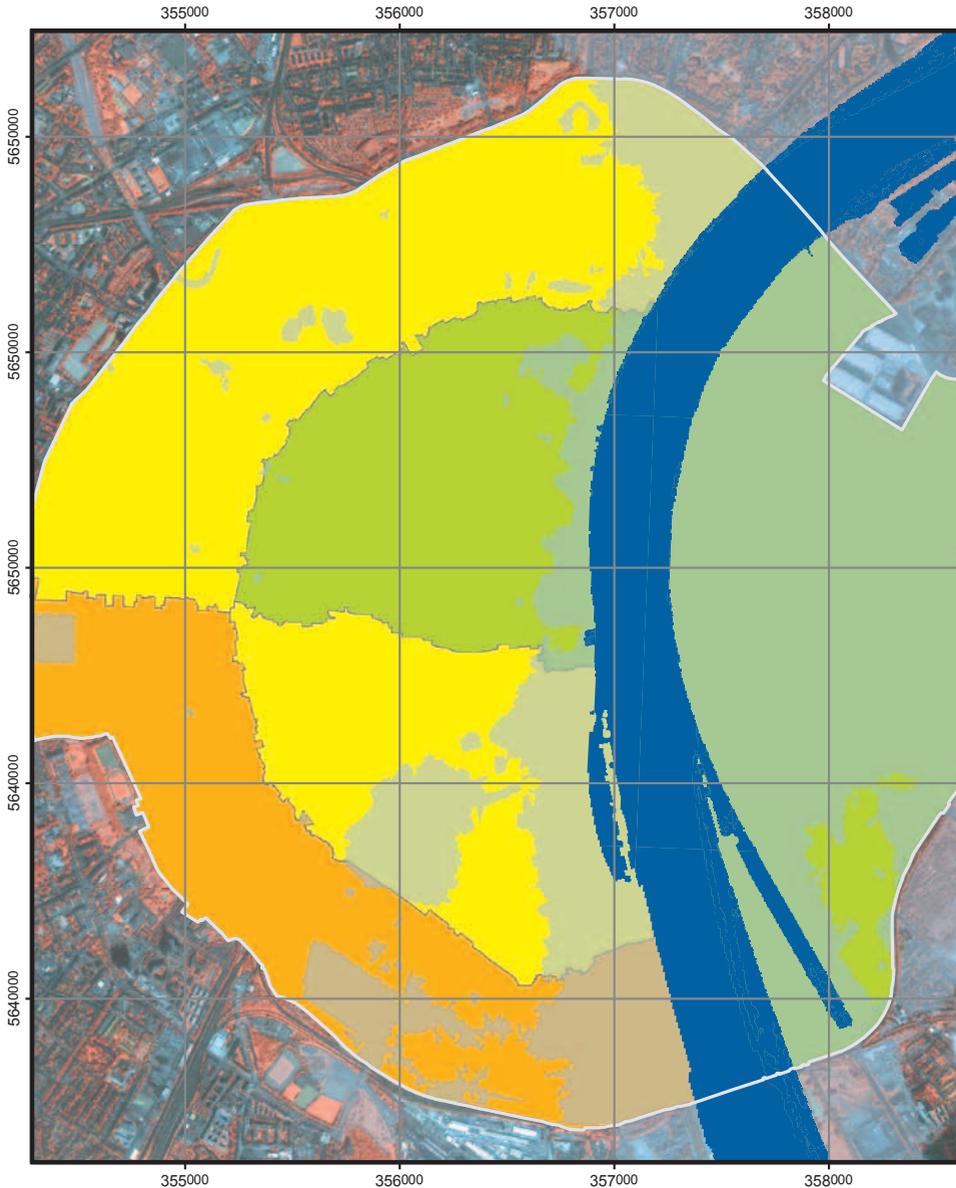
Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

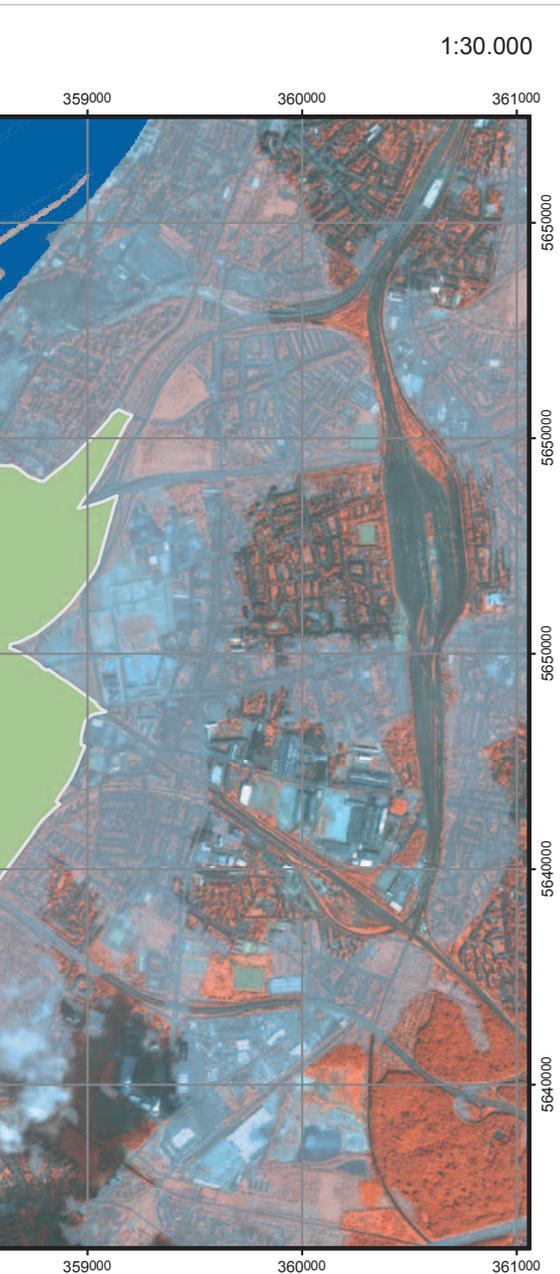
August 2009

<http://www.dir.de/cdf>

© DFD, DLR 2009

Köln - *Innenstadt* - Bevölkerung Stadtteile





German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center



Übersicht Stadtteile Köln



Detailsicht IKONOS



Detailsicht DOM



Legende



Interpretation

Auf der abgebildeten Karte ist bereits deutlich sichtbar, dass auf Basis der einzelnen Stadtteile – wie hier für die Innenstadt von Köln dargestellt – keine ausreichend genauen Angaben über die potenziell betroffene Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis gemacht werden können. Dargestellt sind die Bevölkerungszahlen für die Kölner Stadtteile: Altstadt-Nord, Altstadt-Süd, Neustadt-Nord, Neustadt-Süd und Deutz.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen)	© EUSI 2007
Digitales Oberflächenmodell	© Stadt Köln 2007
Vektordaten	© Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungszentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dir.de/cdf>

© DFD, DLR 2009

Köln - *Innenstadt* - Landbedeckung



1:30.000



Übersicht Stadteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

Innenstadt	Landbedeckung
	Gebäude
	versiegelte Fläche
	Grünland
	Bäume
	Wasser

Interpretation

Auf der Karte ist eine von hochaufgelösten Satellitenbildern (IKONOS) abgeleitete Landbedeckungsklassifikation für die Innenstadt von Köln dargestellt. Auf Basis von objektorientierten, automatisierten Klassifikationsansätzen werden sowohl spektrale Parameter als auch Formparameter für die Klassifikation der Landbedeckung in fünf Klassen berücksichtigt.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 32 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

- IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
- Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
- Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009



Köln - *Innenstadt* - Landbedeckung



1:30.000



Übersicht Stadteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

Innenstadt	Gebäude
Rhein	versiegelte Fläche
extremes Hochwasser	Grünland
	Bäume

Interpretation

Auf der Karte ist eine von höchstaufgelösten Satellitenbildern (IKONOS) abgeleitete Landbedeckungsklassifikation für die Innenstadt von Köln dargestellt. Auf Basis von objektorientierten, automatisierten Klassifikationsansätzen werden sowohl spektrale Parameter als auch Formparameter für die Klassifikation der Landbedeckung in fünf Klassen berücksichtigt. Zusätzlich ist die Exposition der einzelnen Objekte gegenüber einem Extremhochwasserereignis (HQ500) dargestellt.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
 Projektion: UTM Zone 32 N
 Spheroid: WGS 84
 Datum: WGS 84

Datengrundlagen

IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
 Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
 Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
 Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 Layout: Igor Klein
 Kartenstellung: Christian Geiss

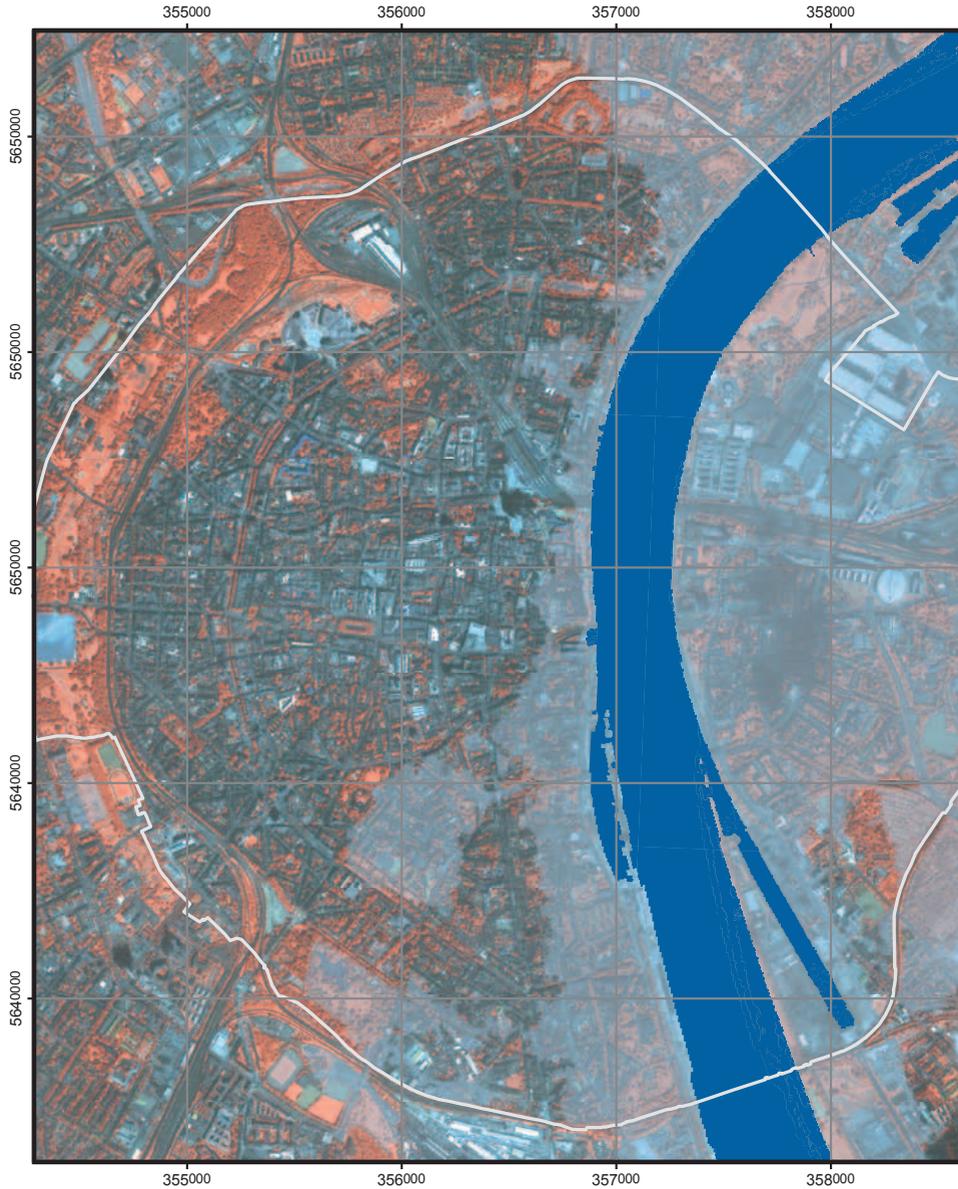
August 2009

<http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009



Köln - *Innenstadt* - Hochwasser



1:30.000

German Remote Sensing Data Center
German Aerospace Center 

Übersicht Stadteile Köln



Detailansicht IKONOS



Detailansicht DOM



Legende

-  Innenstadt
-  Rhein
-  extremes Hochwasser

Interpretation

Die dargestellte Karte zeigt eine Expositionsanalyse auf Basis von höchstauflösenden Satellitenbilddaten (Sensor: IKONOS) in Falschfarbeninfrarotdarstellung (Bandkombination: 4/3/2) für die Kölner Innenstadt. Das Satellitenbild ist überlagert mit hochwasserspezifischen Informationen des Rheins: einerseits ist der Normalpegel dargestellt und andererseits die flächenhafte Ausprägung bei einem Extremhochwasserereignis (HQ500). Somit können Objekte identifiziert werden, welche bei einem potenziellen Hochwasserereignis gefährdet sein könnten.

Maßstab



Referenz Koordinatensystem:
Projektion: UTM Zone 32 N
Spheroid: WGS 84
Datum: WGS 84

Datengrundlagen

- IKONOS (5 Szenen) © EUSI 2007
- Digitales Oberflächenmodell © Stadt Köln 2007
- Vektordaten © Stadt Köln 2008

Prozessierung/Analyse

Bildverarbeitung und Prozessierung
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Layout: Igor Klein
Kartenerstellung: Christian Geiss

August 2009

<http://www.dlr.de/caf>

© DFD, DLR 2009

359000 360000 361000



5650000

5650000

5650000

5640000

5640000

359000 360000 361000

Bisherige Publikationen

Bisherige Publikationen

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

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

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

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

bestellen.

Forschung im Bevölkerungsschutz

- 1 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 1: Entwicklung | Datenbank | Task-Force | Finanzierung**
I. Beerlage, T. Hering, S. Springer, D. Arndt, L. Nörenberg/2008
ISBN-10: 3-939347-02-7 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-02-6
 - 2 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 2: Qualität in Aus- und Fortbildung**
I. Beerlage, S. Springer, T. Hering, L. Nörenberg, D. Arndt/2008
ISBN-10: 3-939347-03-5 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-03-3
 - 3 Netzwerk Psychosoziale Notfallversorgung – Umsetzungsrahmenpläne
Band 3: Belastungen und Belastungsfolgen in der Bundespolizei**
I. Beerlage, D. Arndt, T. Hering, L. Nörenberg, S. Springer/2009
ISBN-10: 3-939347-04-3 bzw. ISBN-13: 978-3-939347-04-0
 - 4 Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen**
S. Lenz (Dipl.-Geogr., M.Sc.)/2009
ISBN-13: 978-3-939347-11-8
 - 5 Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz**
Udo Bachmann, Walter Biederbick, Nahid Derakshani, Matthias Drobig, Jens Tarek Eisheh, Mario König, Ralph Maier, Joachim Mentfewitz, Bärbel Niederwöhrmeier, Hartmut Prast, Dieter Sebastian, Gerhard Uelpenich, Marc Vidmayer, Stefan Wilbert, Manfred Wolf
ISBN-13: 978-3-939347-15-6
 - 7 Städtebauliche Gefährdungsanalyse**
Christoph Mayrhofer
ISBN-13: 978-3-939347-08-8
 - 9 Dekontamination von Verletzten im Krankenhaus bei ABC-Gefahrenlagen**
Dr. Frank Martens
ISBN-13: 978-3-939347-20-0
 - 10 Entwicklung eines zeitgemäßen ABC-Selbsthilfe-Sets für den Katastrophenschutz**
M. Müller, K. Schmiechen
ISBN-13: 978-3-939347-22-4
-

- 11 Bevölkerungsverhalten und Möglichkeiten des Krisenmanagements und Katastrophenmanagements in multikulturellen Gesellschaften**
Dr. phil. habil. Elke M. Geenen
 ISBN-13: 978-3-939347-26-2

- 12 Vulnerabilität der Kritischen Infrastruktur
 Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen**
Angela Braubach
 ISBN-13: 978-3-939347-30-9

Zivilschutzforschung, Neue Folge

ISSN 0343-5164

- 59 3. Gefahrenbericht**
Schutzkommission beim Bundesminister des Innern/2006
- 58 Infrarot-Fernerkundungssystem für die chemische Gefahrenabwehr**
R. Harig, G. Matz, P. Rusch/2006
- 57 Entwicklung von Standards und Empfehlungen für ein Netzwerk zur bundesweiten Strukturierung und Organisation psychosozialer Notfallversorgung**
I. Beerlage, T. Hering, L. Nörenberg et al./2006
- 56 Aufbau und Ablauf der Dekontamination und Notfallversorgung Verletzter bei Zwischenfällen mit chemischen Gefahrstoffen**
B. Domres, A. Manger, S. Brockmann, R. Wenke/2005/Druckversion vergriffen
- 55 51. und 52. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern**
Vorträge/2005
- 54 Untersuchung zur Einbindung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes in die katastrophenmedizinische Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland**
E. Pfenninger, S. Himmelseher, S. König/2005/Druckversion vergriffen
- 53 Schwachstellenanalyse aus Anlass der Havarie der PALLAS**
L. Clausen/2003/Druckversion vergriffen

-
- 52 49. u. 50. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/2003
-
- 51 Erstellung eines Schutzdatenatlases**
W.R. Dombrowsky, J. Horenczuk, W. Streitz/2003/Druckversion vergriffen
-
- 50 Entgiftung von Organophosphaten durch Phosphorylphosphatasen und Ethanolamin**
R. Zech/2001
-
- 49 Task-Force für Schnellanalytik bei großen Chemieunfällen und Bränden**
G. Matz, A. Schillings, P. Rechenbach/2003/Druckversion vergriffen
-
- 48 2. Gefahrenbericht**
Schutzkommission beim Bundesminister des Innern/2001
-
- 47 Organisation der Ernährungsnotfallvorsorge (ENV)**
J. Rasche, A. Schmidt, S. Schneider, S. Waldtmann/2001/Druckversion vergriffen
-
- 46 Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden**
F. Gehbauer, S. Hirschberger, M. Markus/2001/Druckversion vergriffen
-
- 45 Technologische Möglichkeiten einer möglichst frühzeitigen Warnung der Bevölkerung – Kurzfassung**
Technological Options for an Early Alert of the Population – Short Version
V. Held/2001/Druckversion vergriffen
-
- 44 Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung**
E. Pfenninger, D. Hauber/2001/Druckversion vergriffen
-
- 43 Empirisch-psychologische Analyse des menschlichen Fehlverhaltens in Gefahrensituationen und seine verursachenden und modifizierenden Bedingungen sowie von Möglichkeiten zur Reduktion des Fehlverhaltens**
D. Ungerer, U. Morgenroth/2001
-
- 42 45., 46. und 48. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/2000/Druckversion vergriffen

-
- 41** **Einfluß von Zytokinen und Lipidmediatoren auf die Kontrolle und Regulation spezifischer Infektabwehr bei Brandverletzung**
W. König, A. Drynda, B. König, R. Arnold, P. Wachtler, M. Köller/2001
-
- 40** **Entwicklung von Dekontaminationsmitteln und -verfahren bei Austritt von Industriechemikalien**
F. Schuppe/2001/Druckversion vergriffen
-
- 39** **Optimierung des Schutzes vor luftgetragenen Schadstoffen in Wohngebäuden**
TÜV Energie und Umwelt GmbH/2001/Druckversion vergriffen
-
- 38** **Rechnergestütztes Beratungssystem für das Krisenmanagement bei chemischen Unfällen (DISMA®)**
W. Kaiser, M. Schindler/1999/Druckversion vergriffen
-
- 36** **Biologische Indikatoren für die Beurteilung multifaktorieller Beanspruchung Experimentelle, klinische und systemtechnische Untersuchung**
M. Weiss, B. Fischer, U. Plappert, T.M. Fliedner/1998
-
- 35** **Praxisanforderung an Atem- und Körperschutzausstattung zur Bekämpfung von Chemieunfällen**
K. Amman, A.-N. Kausch, A. Pasternack, J. Schlobohm, G. Bresser, P. Eulenburg/2003/ Druckversion vergriffen
-
- 34** **Untersuchung der Wirksamkeit von Selbstschutzausstattung bei Chemieunfällen**
S. Bulheller, W. Heudorfer/2003/Druckversion vergriffen
-
- 33** **Laserspektrometrischer Nachweis von Strontiumnukliden im Niederschlag**
J. Bernhardt, J. Haus, G. Hermann, G. Lasnitschka, G. Mahr, A. Scharmann/1998
-
- 32** **Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen**
G. Müller/1998/Druckversion vergriffen
-
- 31** **Beiträge zur Isolierung und Identifizierung von Clostridium sp. und Bacillus sp. sowie zum Nachweis deren Toxine**
G. Schallehn, H. Brandis/1998/Druckversion vergriffen
-
- 30** **Untersuchung der Praxisanforderungen an die Analytik bei der Bekämpfung großer Chemieunfälle**
G. Matz/1998/Druckversion vergriffen

-
- 29 Erfahrungen aus Abwehrmaßnahmen bei chemischen Unfällen**
D. Hesel, H. Kopp, U. Roller/1997
-
- 28 Wirkungen von Organophosphaten**
R. Zech/1997
-
- 27 Staatliche Risikokommunikation bei Katastrophen**
Informationspolitik und Akzeptanz
G. Ruhrmann, M. Kohring/1996
-
- 26 43. und 44. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1997/Druckversion vergriffen
-
- 25 Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden**
Literaturstudie Teilbereich Toxikologie
K. Buff, H. Greim/1997/Druckversion vergriffen
-
- 24 42. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1996/Druckversion vergriffen
-
- 23 Das Verhalten von Umweltchemikalien in Boden und Grundwasser**
K. Haberer, U. Böttcher/1996/Druckversion vergriffen
-
- 22 Inkorporationsverminderung für radioaktive Stoffe im Katastrophenfall**
B. Gloebel, Ch. Graf/1996/Druckversion vergriffen
-
- 21 Arbeiten aus dem Fachausschuß III: Strahlenwirkungen – Diagnostik und Therapie**
I. Ganzkörpermessungen reiner β -Strahler
II. Untersuchungen zur therapeutischen Beeinflussung des Strahlenschadens durch Biological Response Modifier
III. Prophylaxe und Therapie von Strahlenschäden im Katastrophenfall
IV. Interstitielle Pneumonie nach Ganzkörperbestrahlung
V. Modellversuch zur Therapie von Strahlen- und Kombinationssschäden
I. R.E. Grillmaier, M. Thieme
II. P.G. Munder, M. Modolell, F. Link, R. Escher
III. W. Pohlit, Bhavanath Jha, M. Jülch
IV. K. Quabeck, D.W. Beelen, R. Ehrlich, U.W. Schaefer, F. Wendt
V. O. Messerschmidt, A. Bitter, F. Eitel/1996

-
- 20 Arbeiten aus dem Fachausschuß V:**
- I. Langzeitwirkungen phosphor-organischer Verbindungen**
 - II. Die zellvermittelte typübergreifende Immunantwort nach Infektion mit dem Influenzavirus**
 - III. Die Bedeutung vasculärer Reaktionen beim akuten Nierenversagen nach großen Weichteilverletzungen (Crush-Niere)**
 - I. D. Henschler*
 - II. H. Becht*
 - III. F. Hoffmann, F. Vetterlein, G. Schmidt/1996/Druckversion vergriffen*
-
- 19 Radioaktive Strahlungen**
- I. Nuklidspezifische Kontaminationserfassung**
 - II. Datenaufbereitung für den Notfallschutz**
 - I. B. Kromer unter Mitarbeit von K.O. Münnich, W. Weiss u. M. Zähringer*
 - II. G. Hehn/1996/Druckversion vergriffen*
-
- 18 Deutsche Regelsysteme:**
- Vernetzungen und Integrationsdefizite bei der Erstellung des öffentlichen Gutes Zivil- und Katastrophenschutz in Europa**
 - L. Clausen, W.R. Dombrowsky, R.L.F. Strangmeier/1996/Druckversion vergriffen*
-
- 17 41. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1996/Druckversion vergriffen
-
- 16 Einfluß von Lipidmediatoren auf die Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit**
F.E. Müller, W. König, M. Köller/1993
-
- 15 Beiträge zur dezentralen Trinkwasserversorgung in Notfällen. Teil II**
- 1. Einfache organische Analysemethoden**
 - 2. Einfache Aufbereitungsverfahren**
 - K. Haberer, M. Drews/1993/Druckversion vergriffen*

-
- 14 Beiträge zu Strahlenschäden und Strahlenkrankheiten**
- I. Strahleninduzierte Veränderungen an Säugetierzellen als Basis für die somatischen Strahlenschäden**
 - II. Hämoepoieseschaden, Therapieeffekte und Erholung**
 - III. Präklinische Untersuchung zur Beschleunigung der Erholungsvorgänge in der Blutzellenbildung nach Strahleneinwirkung durch Beeinflussung von Regulationsmechanismen**
 - IV. Radionuklid Transfer**
 - I. H. Schüßler*
 - II. K.H. von Wangenheim, H.-P. Peterson, L.E. Feinendegen*
 - III. T.M. Fliedner, W. Nothdurft*
 - IV. G.B. Gerber/1993/Druckversion vergriffen*
-
- 13 Modifikation der Strahlenwirkung und ihre Folgen für die Leber**
H. Mönig, W. Oehlert, M. Oehlert, G. Konermann/1993
-
- 12 Biologische Dosimetrie**
- I. Einleitung: Dosisabschätzung mit Hilfe der Biologischen Dosimetrie**
 - II. Ermittlung der Strahlenexposition aus Messungen an Retikulozyten**
 - III. Strahlenbedingte Änderung der Chemielumineszenz von Granulozyten als biologischer Dosisindikator**
 - IV. Zellmembranänderungen als biologische Dosisindikatoren. Strahleninduzierte Membranänderung im subletalen Bereich, Immunbindungsreaktionen an Lymphozyten**
 - I. H. Mönig, W. Pohlitz, E.L. Sattler*
 - II. H.J. Egnor et al.*
 - III. H. Mönig, G. Konermann*
 - IV. P. Bidon et al./1993/Druckversion vergriffen*
-
- 11 Beiträge zur Katastrophenmedizin**
H. Finger, K. Schmidt, H.W. Jaroni, R. Prinzing, L. Schweiberer, C. Waydhas, D. Nast-Kolb, M. Jochum, K.-H. Duswald, H. Fritz, M. Siebeck, H. Weis/1993/Druckversion vergriffen
-
- 10 Bürgerkonzeptionierter Zivil- und Katastrophenschutz –**
Das Konzept einer Planungszelle Zivil- und Katastrophenschutz
W. R. Dombrowsky/1992/Druckversion vergriffen
-
- 9 39. und 40. Jahrestagung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern**
Vorträge/1993/Druckversion vergriffen

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

Zivilschutzforschung, Alte Folge

- 22 Organophosphate Biochemie-Toxikologie-Therapie**
G. Schmidt, R. Zech et al./1988/Druckversion vergriffen
-
- 21 Arbeiten aus dem Fachausschuß II: Radioaktive Niederschläge**
1988/Druckversion vergriffen
-

-
- 20 Beiträge zur Katastrophenmedizin**
1988/Druckversion vergriffen
-
- 19 Beiträge zur Wirkung von Kernwaffen**
A. Sittkus, G. Hehn, H. Mönig/1989/Druckversion vergriffen
-
- 18 Forschungen für den Zivil- und Katastrophenschutz 1975-1985, Festschrift für Paul Wilhelm Kolb**
1986/ISBN 3-7894-0097-1/Druckversion vergriffen
-
- 17 Chemischer Strahlenschutz**
H. Mönig, O. Messerschmidt, C. Streffer/1984/ISBN 3-7894-0096-3/
Druckversion vergriffen
-
- 16 Streß und Individuum**
M. Ackenheil, M. Albus, R.R. Engel, H. Hippus/1984/ISBN 3-7894-0092-0/
Druckversion vergriffen
-
- 15 Ulmer Vorträge, Festschrift für Franz Gross**
1983/ISBN 3-7894-0091-2/Druckversion vergriffen
-
- 14 Einführung in die Soziologie der Katastrophen**
L. Clausen, W. R. Dombrowsky/1983/ISBN 3-7894-0090-4/Druckversion vergriffen
-
- 13 30 Jahre Schutzkommission – Ausgewählte Vorträge**
1981/ISBN 3-7894-0084-1/Druckversion vergriffen
-
- 12 Untersuchungen zum Strahlenrisiko**
H. Schüssler, H. Pauly, B. Glöbel, H. Glöbel, H. Muth, E. Oberhausen/1981/
ISBN 3-7894-0083-2/Druckversion vergriffen
-
- 11 Brandgefährdung von Wohngebieten durch Flächenbrände**
O. Carlowitz, T. Krone, R. Jeschar/1980/ISBN 3-7894-0079-3/Druckversion vergriffen
-
- 10 Wirkungen des Luftstoßes von nuklearen und konventionellen Explosionen**
G. Weigel/1980/ISBN 3-7894-0078-5/Druckversion vergriffen
-
- 9 Veränderung von Befinden und Leistung bei einem Bunkerbelegungsversuch**
J. F. Dirr, J. Kugler, M. C. Laub, K. Schröder/1979/ISBN 3-7894-0062-9/
Druckversion vergriffen

-
- 8 Beiträge zur Neutronenwaffe**
A. Sittkus, H. Mönig/1978/ISBN 3-7894-0061-0/Druckversion vergriffen
-
- 7 Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesbeton aus dem Wassereindringverhalten**
J. Steinert/1977/ISBN 3-7894-0056-4/Druckversion vergriffen
-
- 6 Literaturübersicht zur Frage der Erholung nach Ganzkörperbestrahlung**
A. Kindt, E.-L. Sattler/1977/ISBN 3-7894-0058-0/Druckversion vergriffen
-
- 5 Kombinationsschäden als Folge nuklearer Explosionen**
O. Messerschmidt/1977/ISBN 3-7894-0055-6/Druckversion vergriffen
-
- 4 Untersuchungen zu Therapie und Prognose des Kreislaufschocks beim Menschen**
H. Schönborn/1976/ISBN 3-7894-0048-3/Druckversion vergriffen
-
- 3 Strahlenempfindlichkeit und die akute und chronische Strahlenschädigung der Leber**
R. Lesch/1976/ISBN 3-7894-0048-3/Druckversion vergriffen
-
- 2 Beiträge zur Frage der Erholung von Strahlenschäden**
H. Muth, H. Pauly/1975/ISBN 3-7894-0039-4/Druckversion vergriffen
-
- 1 Schutzkommission beim Bundesminister des Innern
25 Jahre Forschung für den Zivil- und Katastrophenschutz
1975/ISBN 3-7894-0038-6/Druckversion vergriffen**

Sonderveröffentlichungen

Notfall- und Katastrophenpharmazie I – Bevölkerungsschutz und Medizinische Notfallversorgung

2009/ISBN 978-3-939347-18-7

Notfall- und Katastrophenpharmazie II – Pharmazeutisches Notfallmanagement

2009/ISBN 978-3-939347-19-4

Katastrophenmedizin – Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall

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

Biologische Gefahren – Beiträge zum Bevölkerungsschutz, 2. Auflage

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

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

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

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

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

Internetveröffentlichungen

www.bbk.bund.de/Publikationen

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

F. Vetterlein, G. Hellige/2005

ISBN-13: 978-3-939347-31-6