

Verletzbarkeit durch Hochwasser

**Informationsmaterial zur Bewertung der Verletzbarkeit
infolge Hochwasser für die öffentliche Verwaltung,
Privatfirmen und Bürger**



**Pavel Raška
Monika Stehlíková
Thomas Hartmann
et al.**

Ústí nad Labem | Mai 2018

Ergebnisse zum Meilenstein 1 des Projektes: **Sächsisch-tschechisches
Hochwasserrisikomanagement II (STRIMA II)**, Reg. Nr.: 100282105



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj susede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Inhaltsverzeichnis

1. Hochwasserereignisse und ihre Auswirkungen	1
1.1 Was versteht man unter Hochwasser?	1
1.2 Inwieweit sind die gegenwärtigen Hochwasserschäden bedeutend?	2
1.3 Wie kann man die Folgen der Hochwasserereignisse klassifizieren?	3
3. Welche Elemente und Subjekte der Verletzbarkeit sind zu unterscheiden?	8
3.1 Zielgruppe	8
3.2 Territorialer Ansatz	9
3.3 Komponenten der Verletzbarkeit	9
4. Wovon ist das Maß der Verletzbarkeit abhängig?	11
4.1 Wovon wird die Verletzbarkeit beeinflusst?	11
4.2 Wie lässt sich das Maß der Verletzbarkeit beeinflussen?	15
4.3 Ändert sich die Verletzbarkeit mit der Zeit?	16
5. Ansätze zur Bewertung der Verletzbarkeit	19
5.1 Allgemeine methodische Ansätze	19
5.2 Aktuelle Beispiele für die Bewertung der Verletzbarkeit und des Risikos infolge Hochwasser	20
6. Literatur	25



1. Hochwasserereignisse und ihre Auswirkungen

1.1 Was versteht man unter Hochwasser?

Hochwasserereignisse gehören zu den folgenreichsten Naturphänomenen, die den Charakter der Landschaft und die darin lebende Gesellschaft beeinflussen. Hervorzuheben ist dabei, dass negative Konsequenzen durch Hochwasser erst dann entstehen, wenn beispielsweise die Konsequenzen für die Gesellschaft, Wirtschaft und Umweltschutzgüter betrachtet werden. Allgemein ist es jedoch notwendig, die Hochwasserereignisse als einen natürlichen Prozess der Landschaftsgestaltung zu verstehen (Langhammer 2007 ed.), der gleichzeitig eine wesentliche Voraussetzung für die gesellschaftliche und kulturelle Entwicklung vieler Regionen in unterschiedlichen historischen Zeiträumen darstellt (z. B. frühe Hochkulturen des Nahen Ostens).

Das Hochwasser wird in Tschechien durch das Gesetz Nr. 254/2001 Sb. (tschechisches Gesetzblatt) *über Gewässer* (Wassergesetz) als „vorübergehender bedeutender Wasserspiegelanstieg von Fließ- oder anderen Oberflächengewässern“ definiert, „bei welchem das Wasser bereits das Gelände außerhalb des Flussbettes überflutet und Schäden verursachen kann“. Das Gesetz ergänzt ferner, „dass als Hochwasserereignis auch ein solcher Zustand bezeichnet wird, wenn Überflutungen durch einen zeitweilig begrenzten oder unterbrochenen natürlichen Abfluss entstehen oder der konzentrierte Abfluss von Niederschlagswasser zur Überflutung führt“.

Aus der angeführten Definition ergibt es sich, dass (a) das Wasser aufgrund eines erhöhten Durchflusses sowie durch verminderte Durchgängigkeit des Flussbettes ausufern kann, (b) das Hochwasser eine Gefahr darstellt, (c) die Hochwasserereignisse primär durch natürliche hydrologische Prozesse entstehen, weshalb man in der Regel von einem natürlichen Phänomen spricht. Sie können jedoch durch das menschliche Handeln in Ihren Auswirkungen verändert werden.

Zusammenfassung des Kapitels:

- Hochwasserereignisse haben eine wichtige ökologische Funktion und beeinflussen die Entwicklung von Landschaften.
- Aus einer gesellschaftlichen bzw. wirtschaftlichen Perspektive stellen sie jedoch gleichzeitig eine der bedeutendsten Gefahren in Mitteleuropa dar.
- Hochwasser wird beispielsweise durch das tschechische Gesetz Nr. 254/2001 Sb. über Gewässer definiert.
- Zu einem Hochwasserereignis kommt es durch Erhöhung des Abflusses (Schneeschmelze oder Niederschläge) oder durch Einengung des Durchflussprofils im Flussbett.

1.2 Inwieweit sind die gegenwärtigen Hochwasserschäden bedeutend?

Das Hochwasser ist weltweit eine der schwerwiegendsten Naturgefahren und die Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft hat in ihrem Bericht zum Thema Naturgefahren (MunichRe 2017) das Jahr 2016 sogar als Hochwasserjahr bezeichnet. Für den Zeitraum 1980–2016 zeigt der Bericht, dass Hochwasserereignisse gemeinsam mit anderen meteorologischen Ereignissen die weltweit häufigsten Naturgefahren darstellen, wobei ihre Anzahl langfristig steigt. Dies führt auch zum Anstieg der menschlichen Opfer und der durch Hochwasser verursachten wirtschaftlichen Schäden (versicherte und nicht versicherte Schäden).

Die Europäische Umweltagentur veröffentlichte einen ähnlichen statistischen Bericht im Jahre 2010 (EEA 2010). Man nutzte dabei die Angaben der internationalen Katastrophen-Datenbank EM-DAT, die vom Zentrum für die Erforschung der Epidemiologie von Katastrophen in der belgischen Stadt Löwen verwaltet wird. Für den Zeitraum 1998–2009 erfasst dieser Bericht 213 Hochwasserereignisse, denen insgesamt 1126 Menschen zum Opfer fielen und die einen Gesamtverlust von mehr als 52 Milliarden Euro verursachten.

In Mitteleuropa ist Hochwasser sogar die häufigste und gesellschaftlich bedeutsamste Naturgefahr. Nach dem relativ ruhigen 20. Jahrhundert stieg die Anzahl von Extremhochwasserereignissen, was in Verbindung mit der zunehmenden Exposition der menschlichen Gesellschaft, zu einem massiven Anstieg der Auswirkungen führt. Laut der internationalen Datenbank EM-DAT liegen im Zeitraum 1990-2014 die drei bedeutsamsten Hochwasserereignissen der Jahre 1997, 2002 und 2013, denen in Tschechien insgesamt 100 Menschen zum Opfer fielen. Noch höhere Verluste gab es in diesem Zeitraum in weiteren mittel- und osteuropäischen Ländern. Eine kurzgefasste Übersicht der durch Hochwasser verursachten Verluste zeigt dazu die Tabelle 1. Auch wenn die Zahlen aus verschiedenen Datenbanken in Verbindung mit den unterschiedlichen Bewertungskriterien und Methoden des Monitorings mit gewissen Unsicherheiten verbunden sind, zeigen sie jedoch die durch Hochwasser verursachten extremen Gesamtverluste.

Tabelle 1 Folgen der bedeutendsten Hochwasserereignisse in ausgewählten Ländern Mitteleuropas für den Zeitraum 1990 – 2014

Staat	Hochwasserjahr	Todesopfer	Wirtschaftliche Verluste in Mio. \$
Tschechien	1997, 2002, 2013	100	5744
Slowakei	1998	65	306
Slowenien	2012	1	270
Ungarn	1999, 2010	10	881
Polen	1997, 2001, 2010	104	7380

Bemerkung: Angaben aus der Datenbank EM-DAT (Guha-Sapir et al. 2015), welche zur Erfassung der Ereignisse das Kriterium der Anzahl betroffener Personen, Höhe wirtschaftlicher Verluste und internationales Ausmaß des Krisenmanagements nutzt.

Ausführlichere Daten zu den einzelnen Hochwasserereignissen sind in Form von Berichten und Schadensbilanzen zugänglich, die z. B. im Auftrag des Umweltministeriums der Tschechischen Republik (Ministerstvo životního prostředí, 2014) erarbeitet wurden. Der Bericht zum Hochwasser 1997 führt an (ČHÚ, 1998), dass dieses Ereignis insgesamt 50 Tode zur Folge hatte und das Alltagsleben tausender Menschen beeinflusste. Die wirtschaftlichen Verluste sind in diesem Bericht auf 62,6 Mrd. CZK beziffert, davon 39,2 Mrd. CZK am unbeweglichen Vermögen. Dem Hochwasser 2002 fielen 19 Menschen zum Opfer und die direkten Vermögensschäden beliefen sich insgesamt auf 73,1 Mrd. CZK. Im Vergleich dazu betrug die Schadensschätzung beim Hochwasser 2013 15,4 Mrd. CZK. Es sollte jedoch an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass die Hochwasserereignisse bedeutende indirekte Schäden verursachten, womit sich die Eigentümer sowie Vermögensverwalter noch einige Jahre nach dem Hochwasser auseinander setzen mussten. Für längere Zeit waren beispielsweise Sozialdienstleistungen und der Schulbetrieb unterbrochen, womit der Alltag vieler Familien nachteilig beeinflusst wurde. Darüber hinaus sind immense psychische Belastungen bei den vom Hochwasser betroffenen Personen festzustellen, die sich nur schwer finanziell darstellen lassen.

1.3 Wie kann man die Folgen der Hochwasserereignisse klassifizieren?

Die Analyse und Auswertung abgelaufener Hochwasserereignisse ist eine wichtige Voraussetzung, um die Verletzbarkeit einer Gesellschaft zu charakterisieren. Dabei lassen sich mit den Ergebnissen auch die zugehörigen Analysemethoden präzisieren. Die Qualität dieser Methoden ist daher insbesondere von der Genauigkeit bestehender Daten und von einer geeigneten Klassifizierung abhängig. Auf Grundlage einer sektoralen bzw. Rezeptor-basierten Klassifizierung der Hochwasserschäden ist es dann möglich,

geeignete Methoden zu identifizieren, mit denen sich die Verletzbarkeit in dem jeweiligen Sektor charakterisieren lässt. Vor diesem Hintergrund werden z. B. für Gebäude üblicherweise Schadensfunktionen verwendet, die den finanziellen Schaden bei unterschiedlichen Überflutungstiefen darstellen. Für die Charakterisierung der Betroffenheit der Bevölkerung werden demgegenüber epidemiologische Ansätze genutzt. Bei der Auswertung der Verletzbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen ist es wiederum notwendig mit langfristigen Einschränkungen zu rechnen, die den Ernteverlust darstellen, sowie z. B. auch langfristige Änderungen der Nutzungsmöglichkeiten kennzeichnen (Möglichkeit der Feldbestellung, Fruchtbarkeit). Eine Grundklassifizierung der Hochwasserschäden stellt die Tabelle 2 dar.

Tabelle 2 Klassifizierung der Hochwasserschäden nach Sektoren/Objekttypen (Quelle: Merz et al. 2010, modifiziert)

Sektor/Objekttypen	Bemerkung zur Verfügbarkeit sowie Möglichkeit der Standardisierung der Daten über Hochwasserschäden
Haushalte	hohe Verfügbarkeit, höheres Maß der Standardisierung im Vergleich zu anderen Sektoren
Industrie	niedrigere Verfügbarkeit, hohe Variabilität der Preise sowie Schäden
Dienstleistungen	niedrigere Verfügbarkeit, hohe Variabilität der Preise sowie Schäden
Öffentlicher Sektor	Verfügbarkeit sowie Variabilität sind sehr vom administrativen hierarchischem Niveau abhängig
Infrastruktur	variable Verfügbarkeit, Standardisierung nur für einige Objekttypen möglich (z. B. Straßen)
Landwirtschaft	höhere Verfügbarkeit der Daten, höheres Maß der Standardisierung
Sonstiges	niedrige Verfügbarkeit der Daten, für Teilkosten ist es mögliche standardisierte Einheiten (z. B. Evakuierungskosten) festzusetzen

Bemerkung: Die Möglichkeit der Standardisierung von Daten drückt die Variabilität der Schäden im Rahmen des Sektors aus. Gleichzeitig verdeutlicht dies die Möglichkeit durchschnittliche (oder andere ähnliche) Werte festzusetzen, die ausreichend präzise die Schäden für den gesamten Sektor zum Ausdruck bringen.

2. Was versteht man unter Verletzbarkeit?

Langfristige Bemühung, die durch Hochwasser verursachten Folgen zu mindern, führten die Fachleute zu immer detaillierterer Auseinandersetzung mit verschiedenen Teilaspekten des Hochwassers und dessen Management. Neben der Komplexität der Detailprobleme ist es jedoch auch erforderlich, den Blick für das Gesamtsystem zu behalten. Hierfür erscheinen Modellansätze geeignet zu sein, welche ein vereinfachtes Abbild der Realität zeigen, die Verflechtung der Hochwasserteilaspekte verdeutlichen und gleichzeitig die Wirkung von Maßnahmen zur Minderung seiner Folgen abzubilden vermögen.

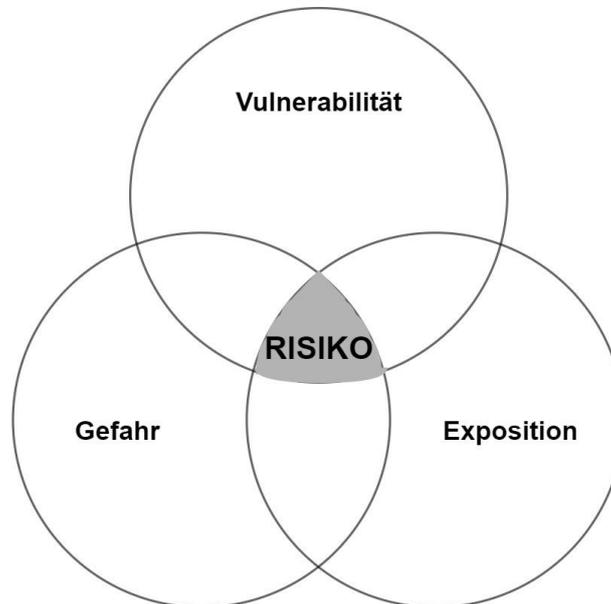
Zusammenfassung des Kapitels:

- Die Verletzbarkeit wird allgemein als potentieller Schaden definiert, der durch eine Gefahr verursacht wird (z. B. Hochwasser).
- Die Verletzbarkeit bildet gemeinsam mit der Gefahr und der Exposition die zentralen Elemente des Hochwasserrisikos.

Die Modelle konzentrieren sich dabei vor allem auf die Charakterisierung der Risiken, die sich in Folge der Hochwasserereignisse ergeben (genauso wie aus anderen Gefahren). Ein anerkanntes Modell ist das sog. *Prozessrisikomodell* (Framework) welches im Rahmen des UNO-Programmes zur Unterstützung bei Großschadensereignissen – Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator (UNDRO 1979) entwickelt wurde. Dieses Modellkonzept stellt das Risiko als Funktion von drei Variablen, bzw. Komponenten dar (Abb. 1):

- *Gefahr*, oder auch *Gefährdung* (engl. hazard) – in unserem Fall wird das Hochwasser als Ereignis betrachtet, welches negative Auswirkungen hervorrufen kann,
- *Exposition* (engl. exposure) – bezeichnet das Maß womit die vulnerablen Elemente bzw. Rezeptoren in dem betrachteten Gebiet (Gesellschaft, Infrastruktur, Landschaftselemente usw.) der Gefahr ausgesetzt sind,
- *Verletzbarkeit* (engl. vulnerability) – bezeichnet das Maß der Empfindlichkeit für die angeführten Elemente bzw. Rezeptoren, d. h. also ihre Widerstandsfähigkeit gegen Hochwassereinflüsse.

Abbildung 1 Prozessmodell des Hochwasserrisikos (Von den Autoren gemäß UNDR0 1979 angepasst.)



Das Hochwasserrisiko ist also durch das Zusammenwirken der drei angeführten Komponenten gekennzeichnet (Gefahr, Vulnerabilität und Exposition), wobei das Risiko selbst die Wahrscheinlichkeit für konkrete Gesellschafts-, Wirtschafts- sowie Umweltverluste ausdrückt. Das angeführte Modell ist in der Hinsicht sehr praktisch, da es uns ermöglicht, sich auf die einzelnen Aspekte der Minderung der Hochwasserrisiken besser zu konzentrieren und gleichzeitig auch ihren geschlossenen (komplexen) Charakter einzuhalten. Das Zusammenwirken der einzelnen Hochwasserrisikokomponenten verdeutlicht dazu der Exkurs A.

Exkurs A – Zusammenwirken der Hochwasserrisikokomponenten

Stellen wir uns einen Fluss vor, zum Beispiel in der Größenordnung der Saale in Deutschland, mit einem symmetrischen Flussbett und einem Talboden. An den gegenüberliegenden Ufern befinden sich zwei Gemeinden. Die Ortschaft am linken Ufer hat 100 Häuser, wovon beispielsweise 20 in der Überschwemmungszone von einem 100-jährigem Hochwasser (HQ₁₀₀) stehen, die Ortschaft an dem rechten Ufer hat ebenfalls 100 Häuser, jedoch stehen nur 5 in dieser Überschwemmungszone (HQ₁₀₀). Das betrachtete Hochwasser stellt für beide Ortschaften die gleiche Gefährdung dar, da die Hochwasserwelle in diesem Gebiet identische hydrologische Charakteristiken aufweisen wird (Scheiteldurchfluss, Wasserstand). Im Gegensatz dazu wird das Hochwasserrisiko für beide Ortschaften unterschiedlich sein, da die Exposition der vulnerablen Komponenten (Anzahl der Gebäude) in den beiden Ortschaften unterschiedlich ist.

Nun ändern wir diese hypothetische Situation so, dass sich in beiden Ortschaften die gleiche Anzahl an Häusern befindet, die in der Überschwemmungszone von einem 100-jährigen

Hochwasserereignis stehen. In der Ortschaft am linken Ufer stehen jedoch nur Holzbauten, die Häuser in der Ortschaft an dem rechten Ufer sind in massiver Bauart ausgeführt. Obwohl die Gefahr und die Exposition des Hochwassers für beide Ortschaften identisch sind, wird das resultierende Risiko unterschiedlich sein. Der Grund dafür ist die unterschiedliche Verletzbarkeit der Gebäude.

Darüber hinaus ist die Verletzbarkeit einer Ortschaft nicht nur vom Charakter der Gebäude abhängig. Auch wenn ihre Konstruktion identisch sein würde, kann die gesellschaftliche Verletzbarkeit in beiden Gemeinden auch dann unterschiedlich sein, wenn in einer Gemeinde eine Freiwillige Feuerwehr tätig ist und in der anderen Gemeinde nicht.

In der Realität wird nur selten solch eine Situation zu finden sein, wo eine Vielzahl der Faktoren identisch ist. Das erwähnte Risikomodell ermöglicht es jedoch zu erklären, warum an einigen Standorten ein relativ kleines Hochwasser oder eine andere gefährliche Situation mehr Schäden verursachen kann, als ein Extremhochwasser in einem anderen Gebiet.

Vor diesem Hintergrund lässt sich bei der Minderung von Hochwasserschäden auf die einzelnen Komponenten des Hochwasserrisikos fokussieren. Die Hydrologen werden sich vorzugsweise mit dem Monitoring des Abflussgeschehens beschäftigen und die Analysen der Häufigkeit der Hochwasserereignisse perfektionieren. Dadurch lassen sich die Eintrittswahrscheinlichkeiten und Intensitäten zukünftiger Hochwasserereignisse deutlich besser prognostizieren und Unsicherheiten weiter reduzieren. Die Gebietsplaner sowie Geografen bemühen sich die Nutzung der Gebiete so zu optimieren, dass die Exposition der Komponenten gegenüber dem Hochwasser gemindert wird. Die Ökonomen, Architekten, Ingenieure und manch andere versuchen solche Maßnahmen zu entwerfen, womit die Verletzbarkeit der Komponenten und der Gesellschaft gemindert wird.

Später wird noch gezeigt, dass sich der Begriff Verletzbarkeit und dessen Bewertung im Laufe der Jahre verändert hat. An dieser Stelle können wir jedoch die **Verletzbarkeit als potentiellen Verlust definieren, der durch eine Gefahr** (z. B. Hochwasser) verursacht wird. Es ist gleichzeitig zu betonen, dass durch die weltweit zunehmenden gesellschaftlichen sowie wirtschaftlichen Auswirkungen des Hochwassers, die Aufmerksamkeit der Fachleute und Politiker wieder verstärkt auf die Verletzbarkeit gerichtet ist. Während die Häufigkeit und Intensität der Naturgefahren kaum beeinflusst werden kann und die zunehmende Weltbevölkerung immer höheren Druck auf gefährdete Gebiete ausübt, lassen sich durch angepasste Bauweisen, neue Technologien und ein verbessertes Krisenmanagement die Risiken bedeutend mindern.

3. Welche Elemente und Subjekte der Verletzbarkeit sind zu unterscheiden?

Auch wenn die Verletzbarkeit zu einem Schlüsselbegriff in der Naturgefahrenforschung wurde, werden von Fachleuten und Politikern unterschiedliche Faktoren oder Komponenten der Verletzbarkeit betont. Ihre „Präferenzen“ können beispielsweise durch persönliche Erfahrungen oder den eigenen fachlichen Hintergrund beeinflusst sein. Hierbei erscheint jedoch, dass die Wahrnehmung des Problems in seiner Komplexität die praktische Umsetzung von Maßnahmen zur Risikoreduktion bremsen kann. Die Praxis fordert in der Regel schnelle und sichtbare Lösungen, wodurch die Probleme in einzelne Schritte unterteilt werden, die sich sinnvoll bewältigen lassen. Andererseits funktioniert diese Vorgehensweise nur dann, wenn auch hier der Gesamtzusammenhang der Probleme wahrgenommen wird. Nur so lassen sich langfristig effiziente und wenig widersprechende Effekte produzieren.

3.1 Zielgruppe

Ein von den Grundunterschieden der Bewertung der Verletzbarkeit ist die Zielgruppe, worauf wir hinzielen. Weltweit werden die bedeutendsten Naturkatastrophen betrachtet und

aufgrund der zusammenfassenden Daten aus den einzelnen Staaten oder großen Regionen wird ausgewertet, worauf sich der Schwerpunkt der Bemühungen weiterhin konzentrieren soll (Förderungen, humanitäre Hilfe u. Ä.). Auf der Ebene der Staatsregierungen bildet die Zielgruppe der Bewertungen die gesamte Population sowie Population konkreter betroffener Gebiete. Von den Regierungen wird dann entschieden, ob an die betroffenen Gebiete spezifische Förderungen geleistet werden. Es interessiert sie dabei nicht, wie die Verletzbarkeit der Einzelpersonen oder Haushalte ist. Das ist dann die Aufgabe der regionalen Politiker, dass die finanziellen oder anderen Instrumente möglichst effizient genutzt werden. Auf der Kommunalebene kann man sich dann meistens auch mit der Verletzbarkeit von Einzelpersonen beschäftigen. Uns ist zum Beispiel bekannt, dass in der Gemeinde einige Personen leben, die kein Auto haben, oder dass sie eventuell abseits vom Zentrum und relativ einsam leben. Wir

Zusammenfassung des Kapitels:

- Das Maß der Verletzbarkeit kann man gemäß der Zielgruppe, Gebietsabgrenzung oder Komponenten des Milieus bewerten.
- Auf dem Niveau kleinerer Gebiets-einheiten ist es angebracht, sich auf individuelle Verletzbarkeit zu konzentrieren und dabei die Auswirkungen auf verschiedene Komponenten des Milieus in Erwägung zu ziehen.
- Jedes Hinzielen fordert andere Eingangsdaten, deren Qualität sowie Verfügbarkeit bedeutende Unterschiede ausweisen kann.

konzentrieren uns also auf die Verletzbarkeit der Einzelpersonen. Gemäß der Zielgruppe werden auch die Kennziffern der Verletzbarkeit eingestellt. Auf dem gesamtstaatlichen Niveau beschäftigt man sich in der Regel nicht mit dem Zustand der Haushalte oder Betriebe, im Fokus stehen die gesamten Sektoren der Gesellschaft sowie Wirtschaft.

3.2 Territorialer Ansatz

Die Abweichungen bei der territorialen Bewertung der Verletzbarkeit sind einigermaßen mit dem Vorherigen verflochten. Die territoriale Verletzbarkeit wird in der Regel als Aggregation der Verletzbarkeit von solchen Elementen dargestellt, die fürs Funktionieren des jeweiligen Gebietes für wesentlich zu halten sind. In einigen Fällen wird jedoch die territoriale Verletzbarkeit auch als Gesamtkennziffer der Verletzbarkeit der gesamten Population oder aller Güter des jeweiligen Gebietes dargestellt. Durch die Gebietsgröße werden bedeutend Charakter, Detail sowie Verfügbarkeit der Daten beeinflusst, womit es möglich ist das Maß der Verletzbarkeit darzustellen. Die Abweichungen entstehen jedoch nicht nur auf der Skala vom globalen zum lokalen Ansatz, sie können auch im Rahmen der Gebietseinheiten ähnlicher Größe existieren. Von den Flussmeistereien werden bei der Bewertung der Verletzbarkeit andere Kennziffern betrachtet als von den Bürgermeistern in den Gemeinden oder Regionspräsidenten der betroffenen Regionen. Die unterschiedliche Wahrnehmung durch Flussmeistereien und Gemeinden sowie die Tatsache, dass sich die Gebiete und Grenzen dieser beiden Verwaltungseinheiten überschneiden, können zur Zusammenarbeit bei der Minderung der Wasserschäden aber auch zur diametral entgegengesetzten Maßnahmen sowie zum gegenseitigen Misstrauen führen – insbesondere dann, wenn die gesetzlichen Bedingungen einen unabhängigen Ansatz zu Lösungen ermöglichen und wenn beide Seiten sich nicht bemühen gemeinsame Hochwasserstrategien zu entwickeln.

3.3 Komponenten der Verletzbarkeit

Die Wahrnehmung des Begriffes Verletzbarkeit kann sich letztendlich auch in Bezug auf die vorgezogenen Aufgaben unterscheiden. Die Präferenzen können aus der Ideenbasis resultieren – die wirtschaftlichen Auswirkungen lassen sich als solche anzusehen, die von größerer Bedeutung sind und man bemüht sich die sämtlichen Auswirkungen in monetäre zu überführen (aus dem Gesichtspunkt präventiver sowie korrigierender Maßnahmen ist es möglich mit ihnen besser zu arbeiten), oder ist es möglich die indirekten Sozialauswirkungen für bedeutender zu halten (die im Endeffekt die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Gebietes beeinflussen). Genauso können die



Präferenzen aus unterschiedlichen Aufgaben ausgehen, die den Akteuren sowie den Institutionen kraft Gesetzes oder aus dem Prinzip der Sache obliegen. Das oben angeführte Beispiel der Verwaltung der Flussmeistereien sowie Gemeinden bringt es ausreichend zum Ausdruck. Die primäre Aufgabe der Verwaltung der Flussmeistereien ist, sich um (öko-)hydrologische Eigenschaften des Flussgebietes zu kümmern (der gewählte Ansatz kann sich bedeutend unterscheiden), für einen Bürgermeister ist dagegen die (öko-)hydrologische Problematik des Flusses oder spezifisch die Hochwasseraktivität nur einer von vielen Faktoren strategischer Entwicklung der Gemeinde.

4. Wovon ist das Maß der Verletzbarkeit abhängig?

4.1 Wovon wird die Verletzbarkeit beeinflusst?

In wissenschaftlichen Arbeiten, die sich mit den Naturrisiken befassen, werden in der Regel vier „globale“ Grundansätze definiert, die auch die unterschiedliche Auffassung der Faktoren zum Ausdruck bringen, wodurch das Maß der Verletzbarkeit der Gesellschaft beeinflusst wird. Diese Ansätze entstanden schrittweise, ersetzten sich jedoch nicht, sie ergänzten sich eher. Laut Smith und Petley (2009) handelt es sich um folgende Ansätze:

- *Technischer Ansatz* – Dieser ist der Älteste und von Anfang an fokussiert er auf technische Lösungen beispielsweise durch Bauwerke und Flussbettanpassungen, um die Verletzbarkeit durch Hochwasser zu vermindern. **Das Problem** dieses Ansatzes besteht darin, dass er nur selten den gesellschaftlichen Kontext berücksichtigt und voraussetzt, dass ein gründlicheres Verständnis der Gesetzmäßigkeiten der Natur in Sachen Hochwasser sowie bessere technische Lösungen die Verletzbarkeit mindern können. Die Effizienz dieser Lösungen ist jedoch immer auch von der Bereitwilligkeit der Gesellschaft diese anzunehmen und daran beteiligt zu sein (z. B. auch finanziell) abhängig. Dieser Ansatz verließ sich lange Zeit auf strukturelle Maßnahmen, oder sog. graue Infrastruktur, d. h. also auf künstliche Maßnahmen. Die jetzigen Bemühungen des Hochwassermanagements betonen dabei die Bedeutung sowie Effizienz der sog. naturnahen Maßnahmen (engl. nature-based solutions).

- *Behavioristischer Ansatz (auch human-ökologischer)* – Seine Anfänge reichen bis in die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts. Das Ziel dieses Ansatzes ist es, die Gründe zu verstehen, welche die Gesellschaft zum Bewohnen der Hochwasserrisikogebiete bewegt und welche Möglichkeiten der Anpassung und Risikominderung für die Tätigkeit der Gesellschaft gibt. Der Mensch ist dadurch

Zusammenfassung des Kapitels:

- Es existieren unterschiedliche Ansätze zur Bewertung? der Verletzbarkeit. Daraus ergibt sich eine unterschiedliche Gewichtung von Faktoren, die das Ergebnis? maßgeblich beeinflussen.
- Jeder der Ansätze hat seine Vorteile sowie bedeutende Einschränkungen.
- Derzeit dominiert der strukturelle Ansatz, der voraussetzt, dass die Verletzbarkeit durch demographische, wirtschaftliche sowie politische Strukturen (und andere) bedingt ist.
- Das Maß der Verletzbarkeit lässt sich durch Veränderung der Input-Variablen (Faktoren) beeinflussen.
- Verletzbarkeit ändert sich mit der Zeit durch die zunehmende Inanspruchnahme der Überschwemmungsgebiete, durch Veränderungen der strukturellen Bedingungen sowie durch modifizierte Wahrnehmung des Begriffes Naturgefahr (Hochwasser) und Naturrisiko (Hochwasserrisiko).

nicht nur der „Empfänger“ der Hochwasserfolgen, sondern auch aktiver Faktor bei Minderung potentieller Hochwasserschäden. Die Maßnahmen sollten also auf Änderungen menschlicher Aktivitäten gezielt sein, die zur Minderung der Hochwasserschäden und zur Verteilung potentieller Verluste in dem jeweiligen Gebiet führen. Das **Problem** von diesem Ansatz ist insbesondere die schwer greifbare sowie erklärbare Kapazität der Gesellschaft, sich den Risikobedingungen anzupassen. Es ist zum Beispiel kompliziert so eine Kennziffer zu finden, womit es möglich wäre die Kapazität zum Lernen und Anpassen zum Ausdruck zu bringen. Im Gegenteil zum strukturellen Ansatz (siehe weiter) bekennt der behavioristische Ansatz zwar die nicht reduzierbare Kompliziertheit des Verhältnisses zwischen dem Mensch und Hochwasser, er schafft es jedoch nur bei einigen davon geeignete beschreibende Charakteristiken zu finden.

- *Struktureller Ansatz* – entstand in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts und beruht auf der Voraussetzung, dass die Verletzbarkeit durch strukturelle Eigenschaften der Gesellschaft bedingt ist. Deswegen beruht er auf Detailkenntnissen demografischer, ökonomischer sowie weiterer Daten über die Gesellschaft. Die Verarbeitung dieser Daten ermöglicht das Gesamtmaß der Verletzbarkeit für das jeweilige Gebiet festzustellen. Dieser Ansatz wurde bei der Bewertung der Verletzbarkeit dominierend, und zwar insbesondere deswegen, dass er auf relativ gut verfügbaren Daten aus statistischen Untersuchungen beruht, die zeitlich sowie räumlich vergleichbar sind (z. B. regelmäßige Volkszählung). Da, wo die Daten nur schwer verfügbar sind, kann man den sog. dasymetrischen Ansatz ihrer Einteilung in kleinere Gebietseinheiten anwenden. Zu den häufig genutzten Modellen, die von dem strukturellen Ansatz abgeleitet wurden, gehört das sog. *PAR Modell* (von engl. pressure and release). Diese versucht die Ursachen der Folgen der Naturgefahren in den Randbedingungen zu finden, die die Gesellschaft verursacht (z. B. Urbanisierung). Ferner gibt es das sog. *Access model* – das die unterschiedlichen Auswirkungen der Naturgefahren so erklärt, dass den Menschen während der Hochwasserereignisse oder anderer Großschadenslagen die Ressourcen, Finanzen sowie Krisenhilfe auf verschiedene Art und Weise verfügbar (oder nicht verfügbar) sind. In dieser Hinsicht ist das Modell auch dem *sustainable livelihood* Modell (frei nachhaltiges Leben) ähnlich, das die Verletzbarkeit als Situation erklärt, wenn ein gefährliches Ereignis das normale (nachhaltige) Leben der Menschen sowie Haushalte durcheinander wirft. Das **Problem** des Ansatzes ist es, dass die von ihm genutzten Daten nur beschränkt die

Motivation der Gesellschaft zur Risikotätigkeit erfassen und es nicht gelingt, das Potential der Gesellschaft zur Anpassung an die risikoreichen Bedingungen zum Ausdruck zu bringen.

- *Entwicklungsansatz* – In den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts begann man mehr Aufmerksamkeit den Ursachen zu widmen, die extreme Auswirkungen der Naturgefahren in Entwicklungsländern verursachen. Die Aufmerksamkeit wird den Ursachen gewidmet, die in diesen Ländern langfristig zur Bildung solcher institutioneller Bedingungen führen, die es nicht ermöglichen ein höheres Sicherheitsmaß für die Population zu sichern, die Naturgefahren ausgesetzt ist. Es handelt sich um ungenügende sowie ineffektive Gesetzgebung, nicht existierende Mechanismen der Krisenhilfe oder zu schwaches Wirtschaftsmilieu, um die Hochwasserschäden beseitigen zu können. Das **Problem von diesem Ansatz** ist seine Anwendbarkeit nur für bestimmte Gebiete. Von globalem Gesichtspunkt bietet er Erklärung mancher schwerwiegender Ursachen von großen Hochwasserschäden in den Entwicklungsländern. In Richtung kleinerer Gebiete ist es jedoch besser die Gebietsunterschiede mittels eines strukturellen Ansatzes zu erklären. Einerseits verbleibt der Vorteil der Entwicklungsauffassung der Ursachen von Hochwasserschäden, die der strukturelle Ansatz nicht in genügendem Maße anbietet.

Außer den angeführten vier konzeptionellen Ansätzen ist es möglich auch verschiedene Arten der Wahrnehmung des Begriffes Verletzbarkeit zu definieren. Diese Arten spiegeln sich dann in unterschiedlichen methodischen Vorgehensweisen wider, die man bei der Bewertung der Verletzbarkeit verwendet (Cutter 1996). Die Grundarten der Wahrnehmung des Begriffes Verletzbarkeit sind in dem Exkurs B angeführt.

Exkurs B – Grundarten der Wahrnehmung des Begriffes Verletzbarkeit (Cutter 1996)

Verletzbarkeit als *eine bereits vorher existierende Bedingung* (engl. pre-existing condition) – versteht die Verletzbarkeit vor allem als konkrete Art und Weise der Einteilung der Bevölkerung und ihrer Tätigkeiten in den Risikogebieten und die sich daraus ergebenden möglichen Verluste für die Gesellschaft.

Verletzbarkeit als *Reaktion* (engl. tempered response) – versteht die Verletzbarkeit als Fähigkeit (Kapazität) der Gesellschaft auf ungünstige Situation, z. B. Hochwasser, zu reagieren. Diese Art der Wahrnehmung steht dem Begriff *Resilienz* nah, der in den letzten Jahren immer öfters die Fähigkeit der Gesellschaft zum Ausdruck bringt, flexibel auf Hochwasser zu reagieren, d. h. seine Auswirkungen

zu mindern und aufgrund der erworbenen Erfahrungen neue präventive Maßnahmen zur Minderung möglicher zukünftiger Schäden vorzunehmen. Von einigen Fachleuten wird jedoch die Verletzbarkeit und Resilienz getrennt betrachtet und sie behaupten, dass die Verletzbarkeit sich dominant auf die vorher gegebenen Bedingungen (siehe oben) bezieht, und Resilienz die künftige Verhaltensänderung in der Beziehung zu Naturgefahren zum Ausdruck bringt.

Verletzbarkeit als *Gefährdung des Standortes* (engl. hazard of place) – bemüht sich die zwei vorherigen Arten der Wahrnehmung in einem vorher definierten physischen oder sozialen Raum zu kombinieren. Ein physischer Raum kann zum Beispiel ein Fluss- oder Gemeindegebiet sein, ein sozialer Raum sind dann die Verhältnisse in konkreter sozialer Formation (z. B. durch Hochwasser müssen nicht nur physische Komponenten des jeweiligen Gebietes beeinflusst sein, sondern auch Privat-, Arbeits- und sonstige formelle menschliche Beziehungen).

Die angeführten Ansätze stellen die Art und Weise dar, wie verschiedene Fachleute und Politiker die Verletzbarkeit wahrnehmen. Aus der angeführten Übersicht ergibt sich jedoch bisher nicht, welche konkreten Faktoren das Maß der Verletzbarkeit entscheidend beeinflussen. Diese Faktoren werden sich selbstverständlich teilweise gemäß dem bevorzugten Ansatz unterscheiden, für Grundfaktoren können wir jedoch die halten, die in der Tabelle 3 angeführt sind.

Tabelle 3 Typische Kennziffer der Verletzbarkeit auf der lokalen (kommunalen) Ebene (*Angepasst laut Cutter et al. 2008*)

Kennziffergruppe	Beispiele
ökologische (natürliche)	Potential der Bodenerosion, Bodentyp sowie Vegetation (beeinflusst den Charakter der landwirtschaftlichen Produktion), Biodiversität (Empfindlichkeit der Arten gegen Hochwasser – beeinflusst eventuelle Dominanz/Absenz der jeweiligen Art)
soziale	Besiedlungsdichte (beeinflusst die Exponiertheit gegen Hochwasser), Altersstruktur (beeinflusst die Mobilität, Informationsflüsse beim Krisenmanagement), Genderstruktur (beeinflusst die Mobilität, Familienverhältnisse), Beschäftigungsgradstruktur (beeinflusst die Verfügbarkeit der Ressourcen während und nach Hochwasser), Anwesenheit der Akzelerationserscheinungen (sozialpathologische Erscheinungen, mentale Störungen der Population)
wirtschaftliche	Einnahmegruppen, Beschäftigungsgrad, Eigentumspreise (bewegliche sowie unbewegliche Güter), finanzielle Reserven, Anwesenheit der Akzelerationserscheinungen (graue Wirtschaftszonen)
institutionelle	Existenz des Hochwasserbewältigungsplanes, Funktionsfähigkeit des Krisenstabs, Verfügbarkeit der Rettungskräfte, legislative sowie institutionelle Bedingungen zur Gewährung finanzieller, physischer und psychologischer Hilfe, Anwesenheit der gemeinnützigen und kirchlichen Organisationen

infrastrukturelle	Verkehrsnetz, Typ und Bauzustand der Gebäude, Anwesenheit kritischer Infrastruktur (z. B. Wärmetauscher, elektrische Verteiler), Anwesenheit der Gebäude zur kollektiven Nutzung (z. B. Schulen als Evakuationszentren)
--------------------------	---

4.2 Wie lässt sich das Maß der Verletzbarkeit beeinflussen?

Es ist offensichtlich, dass die angeführten Ansätze weltweit gut umzusetzen sind, die Anwendung von einigen davon wird jedoch im lokalen Maßstab weniger Sinn haben und es wird auch schwieriger sein diese umzusetzen. Jeder der Ansätze ist auch für bestimmte Tätigkeit bei Minderung der Hochwasserrisiken geeignet, obwohl es bereits angeführt wurde, dass am meisten der strukturelle Ansatz genutzt wird. Inwieweit diese Ansätze auf Gemeinde- und Regionalebene in Tschechien nutzbar sind, fasst die Tabelle 4 zusammen.

Tabelle 4 Möglichkeiten verschiedener Ansätze zur Verletzbarkeit im Hinblick auf die Minderung der Hochwasserschäden

Ansatz	Haupttätigkeit	Erläuterung
technischer	Raumplanung	Integration spezialisierter Grundraumdaten ermöglicht die Gebiete mit hohem Maß am Hochwasserrisiko zu definieren und für diese Gebiete geeignete (hydro)technische sowie bevorzugte Konstruktionslösungen zu entwerfen.
struktureller	Verteilung von Risiken Krisenmanagement Schadensmonitoring	Kenntnisse demografischer, sozialer sowie wirtschaftlicher Daten von den Gebieten ermöglichen langfristig zwecks der Umverteilung von Risiken die Prozesse des Krisenmanagements einzustellen und die durch Hochwasser verursachten Schäden effizienter zu betrachten
behavioristischer	Raumplanung Kommunikation von Risiken Krisenmanagement partizipatives Management	Falls wir die Motivationen der Einzelpersonen sowie Gruppen zu Tätigkeiten in dem jeweiligen Gebiet verstehen, wird es und leichter sein ihnen die aus diesen Tätigkeiten hervorgehenden Risiken besser zu erklären und wir können somit effizientere Arten des Krisenmanagements einzustellen (z. B. Warnmeldungen) und die Effizienz der Hochwasserstrategien dank Stärkung des Vertrauens zwischen den Lenkungsorganen und der Öffentlichkeit zu erhöhen.



Ansatz	Haupttätigkeit	Erläuterung
Entwicklungsansatz	beschränkte Nutzung	Obwohl es vom Gebiet zum Gebiet Unterschiede bezüglich der Verletzbarkeit der Gesellschaft existieren, sind diese im Rahmen eines Staates durch den strukturellen Ansatz zu erfassen, da die legislativen sowie weiteren normativen institutionellen Bedingungen identisch sind; den Ansatz kann man teilweise zur besseren Verständigung der Entwicklung nutzen, wie das Hochwasserrisiko von der Gesellschaft wahrgenommen wird – das beeinflusst auch die Bereitswilligkeit entsprechende Hochwassermaßnahmen umzusetzen.

Aufgrund der Wahl des gesamten (konzeptionellen) Ansatzes zur Minderung der Verletzbarkeit kann man dann mit konkreten Kennziffern der Verletzbarkeit arbeiten (siehe Tabelle 3) und sich um solche Einstellung von denen bemühen, die potentielle Auswirkungen der Naturgefahren mindert. Von einem gewissen Vorteil ist, dass wir uns bemühen die meisten dieser Kennziffer auch im Rahmen anderer Aufgaben der kommunalen Entwicklung zu verbessern (man bemüht sich z. B. um ausgeglichene Altersstruktur, hohen und diversifizierten Beschäftigungsgrad in den Sektoren, Verbesserung der Verkehrsmittelverfügbarkeit). Es kann jedoch vorkommen, dass Intervention einer Kennziffer erst in einem langfristigen Horizont sichtbar wird und manchmal können die Interventionen auch diametral entgegengesetzt wirken. Falls die Gemeinde also schwerwiegenden Naturgefahren ausgesetzt ist, so ist es angebracht, sich auf die Schlüsselkennziffer zu konzentrieren, die in der Vergangenheit von beträchtlichen Folgen begleitet wurden. Wenn es zum Beispiel offensichtlich war, dass ein Ortsteil aufgrund erschwelter Zugänglichkeit schwierig zu evakuieren war, dann werden Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrswege/durch örtliche Anpassung der Verkehrszeichen, Aufstockung der Anzahl der Evakuierungsmittel/Einbindung von Privatsubjekten in die Evakuierungspläne usw. in Vordergrund stehen.

4.3 Ändert sich die Verletzbarkeit mit der Zeit?

Zurzeit wird die Verletzbarkeit insbesondere für verschiedene Raumeinheiten bewertet, um diese vergleichen zu können. Das soll zur gezielten Auswahl und Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Schadensminderung führen. Vollkommen legitim bleibt jedoch die Frage, ob sich die Verletzbarkeit mit der Zeit ändert, d. h. also, ob die umgesetzten Maßnahmen erfolgreich waren.

Es ist überraschend, wie wenig Arbeiten sich bisher mit der langfristigen Bewertung der Veränderungen bezüglich der Verletzbarkeit durch Naturgefahren (z. B. konkret durch Hochwasser) beschäftigten. Mangel an Kenntnissen beruht dabei nicht auf den Daten zur Hochwasserschäden selbst, jedoch eher auf ihrer Interpretation und Darstellung ihres Verhältnisses zu dem Maß der Verletzbarkeit. Eine ausführliche Bewertung der Entwicklung vom Maß der Verletzbarkeit für relativ kleine Gebietseinheiten wurde z. B. für Vereinigten Staaten von Amerika (Cutter a Finch 2008) realisiert, allerdings aufgrund beschränkter Verfügbarkeit statistischer Daten nur für einen nicht allzu langen Zeitraum (1960–2000).

Weitere Arbeiten (z. B. Aceto et al. 2016) summieren alljährliche Hochwasserverluste (Lebens- ggf. auch Wirtschaftsverluste) aufgrund vielfältiger Daten für lange Zeiträume, sie ziehen jedoch nicht die Änderungen bezüglich institutioneller Bedingungen (z. B. Gesetze) in Erwägung, wovon die Verlusthöhen ggf. beeinflusst werden könnte. Darüber hinaus sind sich auch die Autoren dieser Studien dessen bewusst, dass die Verfügbarkeit sowie der Umfang von Daten in Richtung Gegenwart steigt. Somit deuten diese Studien in der Regel den zunehmenden Trend von gesellschaftlichen sowie wirtschaftlichen Verlusten an und leiten davon das zunehmende Maß der Verletzbarkeit der Gesellschaft ab. Quantifizierte Hochwasserverluste sind jedoch kein direktes Äquivalent vom Maß der Verletzbarkeit. Manche historische Gemeinschaften konnten sich zum Beispiel mit einem höheren Wirtschaftsverlust psychologisch besser auseinandersetzen als moderne Gemeinschaften mit einem relativ geringeren Verlust. Der Grund dafür ist die unterschiedliche sog. mentale Wirkung, womit die Gemeinschaften das Großschadensereignis und die entstandenen Verluste begründeten.

An den langfristigen Veränderungen der Hochwasserverluste und dem scheinbaren Veränderung der Verletzbarkeit mit der Zeit sind primär folgende Faktoren von Bedeutung:

- bessere Verfügbarkeit von Daten zu Hochwasserschäden, die durch die Entwicklung von Kommunikationstechnologien, Monitoring und Reporting beeinflusst wird – es zeigt sich überwiegend eine **Zunahme** von Verlusten und eine Zunahme der Verletzbarkeit;
- natürlich wachsende weltweite Population, von der solche Gebiete immer mehr genutzt werden, die durch Naturgefahren gefährdet sind– es zeigt sich überwiegend eine **Zunahme** von Verlusten und eine Zunahme der Verletzbarkeit;

- Änderungen in der strukturellen Charakteristik der Weltpopulation (zunehmende Alphabetisierung, Wuchs vom wirtschaftlichen Status, Mobilität, Intensität der sozialen Netzwerke usw.) – kann zur **Senkung** von Verlusten und einer reduzierten Verletzbarkeit sichtbar werden;
- unterschiedliche Wahrnehmung und Erklärung der Ursachen, des Vorgangs und der Folgen von Naturkatastrophen (z. B. das, was früher für keine Naturgefahr gehalten wurde, wird jetzt für solche gehalten; und ähnlich, das, was früher für keinen Schaden gehalten wurde, wird jetzt für solchen gehalten) – es zeigt sich überwiegend eine **Zunahme** von Verlusten und eine Zunahme der Verletzbarkeit;
- Umsetzung von neuen Hochwassermaßnahmen dank Lernen, Adaptierung und Implementierung neuer Technologien und Vorgehensweisen – kann durch **Senkung** von Verlusten und einer reduzierten Verletzbarkeit sichtbar werden.

5. Ansätze zur Bewertung der Verletzbarkeit

5.1 Allgemeine methodische Ansätze

Auf dem Grundniveau lässt sich die Bewertung der Verletzbarkeit wie folgt einteilen: Populationsansatz, wirtschaftlicher und räumlicher Ansatz (für vorher definierte Gebietseinheiten). Diese Bewertungen lassen sich kombinieren, man stößt jedoch immer auf eingeschränkte Verfügbarkeit der Daten. Deswegen ist es immer angebracht, gleich am Anfang an einen geeigneten Ansatz mit entsprechender Datenverfügbarkeit zu wählen.

Populationsansatz (auch epidemiologischer) *Ansatz* zur Bewertung der Verletzbarkeit ermöglicht eine Gesamtvorstellung über die Betroffenheit der menschlichen Bevölkerung und deren Verletzbarkeit zu gewinnen. Adger (2006) schlägt für diese Bewertung folgende Kennziffer vor (Tabelle 5).

Tabelle 5 Bewertung der Verletzbarkeit auf dem Niveau der Population

Kennziffer	Erläuterung	Beispiel*
proportionale Verletzbarkeit (engl. proportional vulnerability)	Anteil der Population, die als verletzbar bewertet wird; beruht auf der Gesamtanzahl der Personen, bringt jedoch nicht die Unterschiede bezüglich der Verletzbarkeit der Einzelpersonen zum Ausdruck	35 % der Population sind verletzbar
Verletzbarkeitslücke (engl. vulnerability gap)	aggregierter Unterschied der Entfernung zwischen Sicherheit (well-being) der Einzelpersonen und der Verletzbarkeitsschwelle; die Minderung der Verletzbarkeit kann man durch Senkung der Anzahl der verletzbaren Personen sowie durch Erhöhung der Entfernung von der Verletzbarkeitsschwelle erreichen	Population wenig verletzbar, da nur ein Teil davon der Gefahr ausgesetzt ist und zur Erreichung vollständiger Sicherheit nur eine kleine Veränderung der Bedingungen reicht
Verletzbarkeitsextremität (engl. vulnerability severity)	gewogene Verteilung der Verletzbarkeitslücke und der verletzbaren Population; je mehr Personen in den Kategorien der hohen Verletzbarkeit konzentriert sind, desto höher ist die Verletzbarkeit	hohe Verletzbarkeit, wenn ein bedeutender Teil der Population in der Kategorie konzentriert ist, die die Verletzbarkeitsschwelle deutlich übersteigt

Bemerkung: *die Beispiele sind illustrativ und stellen keine identische Situation dar.

Wirtschaftlicher Ansatz geht aus dem sog. ökonomischen Risikomodell aus, dass das Risiko als Wahrscheinlichkeit definiert, dass nachteilige Ereignisse mit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit (Naturgefahr) ein bestimmtes Maß an wirtschaftlichen Verlusten verursacht. Dieser Ansatz wird vor allem deswegen verwendet, weil die durch Hochwasser verursachten Wirtschaftsschäden zu den Schwerwiegendsten gehören, womit sich die Länder, Regionen sowie Kommunen auseinander setzen müssen. Die wirtschaftliche Bewertung der Verletzbarkeit ermöglicht die durch Hochwasser verursachten Verluste abzuschätzen. Der angeführte Ansatz hat jedoch zwei Einschränkungen: (a) die Transformation sämtlicher Schäden in monetäre Variablen ist kompliziert und nicht immer möglich. Deswegen konzentriert sich der wirtschaftliche Ansatz insbesondere auf bewegliche und unbewegliche Werte (z. B. Kap. 5.2.3). Dabei ist es nur begrenzt möglich, die wesentlichen Unterschiede und die Dynamik der Werte in Raum und Zeit zum Ausdruck zu bringen (es werden z. B. oft nur durchschnittliche Preise genutzt). Dieser Ansatz bietet ferner (b) nur im beschränkten Maße die Möglichkeit der Interventionen zur Minderung der Hochwasserschäden und ist also eher für die Abschätzung der Schäden geeignet; ihr Monitoring kann man aber auch zur Bewertung der Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen zur Minderung der wirtschaftlichen Verluste nutzen, die durch Hochwasserereignisse verursacht werden.

Räumlicher Ansatz zur Bewertung der Verletzbarkeit beruht auf aggregierten Kennziffern. Für eine vorher definierte Gebietseinheit wird eine Recherche bestehender demografischer, sozialer, wirtschaftlicher sowie weiterer Daten vorgenommen, man bewertet ihre Relevanz in der Beziehung zu der Verletzbarkeit und schlägt die Art und Weise ihrer Aggregation vor. Dieser Ansatz ist vor allem für verschiedene Typen von Verletzbarkeitsindizes charakteristisch (siehe Kap. 4.2.1?). Für die Gebietseinheit steht dann eine einzige Zahl (Index) zur Verfügung, die das Maß der Verletzbarkeit darstellt. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die Gebiete miteinander zu vergleichen oder die Berechnung zu wiederholen und somit eine Vorstellung über die Veränderungen der Verletzbarkeit in der Zeit zu gewinnen.

5.2 Aktuelle Beispiele für die Bewertung der Verletzbarkeit und des Risikos infolge Hochwasser

5.2.1 Hochwasserrisikokarten des Verbandes der tschechischen Versicherungen

Eine der möglichen Kennziffern der Verletzbarkeit in Tschechien sind auch die Hochwasserrisikokarten des Verbandes der tschechischen Versicherungen (ČAP). Die Karten beziehen sich auf das jeweilige Gebiet, bzw. auf die jeweilige Liegenschaft und

dienen der Charakterisierung des Hochwasserrisikos sowie der Festlegung von Versicherungsprämien. Aufgrund der Eingabe einer konkreten Anschrift wird die Liegenschaft zu einer von vier Kategorien zugeordnet, die aufgrund der Gefährdungssituation festgesetzt wurden. Auf dieser Grundlage wird dann der Preis aus der Liegenschaftsversicherung ermittelt und ggf. für einen konkreten Haushalt berechnet. Die auf der Karte dargestellten Zonen zeigen das **Risikomaß** der Betroffenheit durch Hochwasser aus der **Sicht des Versicherungsmarktes**.

In die Zone 1 gehören Gebiete, wo kein Hochwasser droht und wo es problemlos sein wird, einen Versicherungsvertrag abzuschließen. Sobald sich das Gebäude in der Zone 4 befindet, was einer Betroffenheit ab HQ 20 entspricht, wird der Abschluss von einer Hochwasserversicherung meistens abgelehnt. In den Zonen 2 und 3 handelt es sich um ein Gebiet, das durch mögliches Hochwasser gefährdet wird und die Versicherungssätze in der Regel um einen Risikozuschuss erhöht werden. Dieser kann bei Immobilienversicherung und Haushaltsversicherung unterschiedlich sein, wobei auch die Angebote einzelner Versicherungshäuser variieren. Es ist jedoch wichtig darauf aufmerksam zu machen, dass die Nutzung dieser Karten vorwiegend für den Versicherungsmarkt bestimmt ist und die Nutzung der Informationen für andere Zwecke irreführend sein kann. Es sind nämlich wesentliche Unterschiede zwischen den Überschwemmungsgebieten nach ČAP und den entsprechenden Flächen der wasserwirtschaftlichen Behörden festzustellen. Die Hochwasserrisikokarten der Versicherungen beinhalten neben dem Risiko durch eine Gewässerausuferung auch zusammenhängende Überflutungen durch Kanalüberstau und durch Starkniederschlagsereignisse.

5.2.2 Hochwassergefahren- und Verletzbarkeitskarten

Die Entwicklung in den letzten Jahren ermöglicht es uns, mit Hilfe von analytischen Methoden ziemlich komplex den Wert der Verletzbarkeit zu bestimmen. Der Nachteil besteht jedoch in den umfangreichen Datenvolumen, welches dann durch eine erfahrene Person auszuwerten ist. Hierbei ist es jedoch erforderlich die Analysen so auszuwerten, dass die Verletzbarkeit schnell und auf eine relativ einfache Art und Weise von den Nutzern bzw. Betroffenen erkannt werden kann. Hierfür werden oft geeignete Kartendarstellungen erarbeitet.

Die Karten der überschwemmungsgefährdeten Gebiete basieren häufig auf einer Quantifizierung der hochwasserinduzierten Verletzbarkeit, deren Darstellung aufgrund der Komplexität oft als Vulnerabilitätskennziffern (Indikatoren) erfolgt. Die Karten

stellen dann die räumliche Verteilung der Komponenten dar, die durch Hochwasser verletzbar sind. Für die Berechnung dieser Kennziffer ist es möglich, geographische Informationssysteme (GIS) mit verschiedenen frei verfügbaren Quellen räumlicher Daten zu nutzen, wodurch die Erfassung der Verletzbarkeitskarten auch mit geringen Kosten verbunden ist. Die Karten können als Unterlagen der Raumplanung mit dem Ziel dienen, die Anzahl der Einwohner oder die Bevölkerungsdichte in den Überschwemmungszonen und somit auch ihre Verletzbarkeit sowie Hochwasserrisiko langfristig zu verringern. Das Problem beruht jedoch darauf, dass die Karten nicht oder nur selten genutzt werden. In Frankreich wurden z. B. mehr als 80 % der Baugenehmigungen in Überschwemmungsgebieten erteilt (in den letzten 40 Jahren), wodurch oft neue, verletzbare Bauwerke entstanden (Barroca et al. 2006).

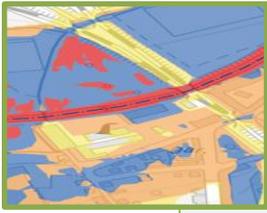
Zurzeit werden aufgrund der Überführung der Europäischen Hochwasserrichtlinie (EC, 2007) in die tschechische Gesetzgebung **Gefährdungskarten** erstellt, welche eine Alternative zu den Verletzbarkeitskarten darstellen. Sie entstanden unter Anwendung der Risikomatrix (Beffa, 2000), die auf eine Quantifizierung der Hochwasserschäden verzichtet. Gerade diese Methode ermöglicht eine nichtquantitative Abschätzung der Schäden, da sie das Hochwasserrisiko mittels einer vierstufigen farblichen Skala zum Ausdruck bringt. Somit beinhalten die Kategorien Empfehlungen, in wie weit die Flächen für ihre bestehende bzw. zukünftige Nutzung geeignet oder ungeeignet sind, samt Empfehlungen zur Einschränkung eventueller Aktivitäten. Diese Informationen können sich dann in der Dokumentation zwecks Raumplanung oder bei den Entwürfen der Hochwasserschutzmaßnahmen widerspiegeln. Diese Karten dienen gemeinsam mit den Hochwassergefahrkarten als Grundlage für die Erarbeitung der Hochwasserrisikokarten und der Pläne zur Bewältigung des Hochwasserrisikos (siehe nachfolgendes Kapitel 4.2.4).

5.2.3 Hochwassergefahrkarten

Die Hochwassergefahrkarten sind durch die Ausuferung, Wassertiefe und die Fließgeschwindigkeit in den überfluteten Gebieten charakterisiert. Sie wurden für vier Szenarien erarbeitet, HQ5, HQ20, HQ100 und HQ500. Die Karte ermöglicht somit die Hochwassergefahr zu quantifizieren und die Intensität des Hochwassers zu charakterisieren. Diese Karten bilden eine weitere Grundlage zur Gestaltung der Hochwasserrisikokarten. Die **Hochwasserrisikokarten** entstehen durch die Kombination der Hochwassergefahr sowie Verletzbarkeit der Gebäude in dem Überschwemmungsgebiet. Sie stellen die potentiellen durch Hochwasser verursachten

Schäden dar und bilden die Gebiete sowie Objekte ab, bei denen das Kriterium des maximal annehmbaren Risikos überschritten ist. Die Karten lassen sich zum Beispiel für die Darstellung der potentiell betroffenen Einwohner oder Einrichtungen nutzen, die im Falle einer Überflutung zu evakuieren sind

Tabelle 6 Beispiel von Hochwasserkarten

	<p>Hochwassergefahrkarten</p> <ul style="list-style-type: none"> •Umfang der Ausuferung •Wassertiefe •Fließgeschwindigkeit
<p>Hochwasserrisikokarten</p> <ul style="list-style-type: none"> •Hochwassergefahren •Verletzbarkeit der Objekte 	
	<p>Hochwassergefährdungskarten</p> <ul style="list-style-type: none"> •Methode der Risikomatrix (Beffa, Switzerland) •keine Quantifizierung der Hochwasserschäden erforderlich

Die Karten können sowohl der Öffentlichkeit als auch den zuständigen Organen dienen, und zwar nicht nur zur Erfassung der Pläne zur Bewältigung der Hochwasserrisiken (siehe Kap. 4.2.4), sondern auch zur Anpassung der bereits festgesetzten Überschwemmungsgebiete, zur Gestaltung und Aktualisierung der Hochwasserpläne und vor allem auch zur raumplanerischen Anpassung der zukünftigen Nutzung des Gebietes. Daher sollen die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten einen festen Bestandteil der Raumplanung darstellen.

5.2.4 Pläne zur Bewältigung der Hochwasserrisiken

Die Pläne zur Bewältigung der Hochwasserrisiken werden aufgrund der aus der Europäischen Hochwasserrichtlinie hervorgehenden Pflicht gestaltet, beziehungsweise ihrer Transposition in die tschechische Gesetzgebung. Der Prozess der Implementation wird vom Umweltschutzministerium der Tschechischen Republik gesteuert, das gemeinsam mit dem Landwirtschaftsministerium der Tschechischen Republik für ihre Erfüllung verantwortlich ist. Ein Bestandteil ist die Identifizierung von Hochwasserrisikogebieten, für welche die Karten zu erarbeiten sind. Die Pläne werden



allgemeingültig gehalten (also nicht nur auf Krisensituationen orientiert). In Tschechien werden die Pläne auf der Ebene der Flussmeistereien (Elbe, Oder, Donau) erarbeitet, die als Verwaltungseinheiten im Einklang mit der Rahmenrichtlinie stehen. Die erarbeiteten Pläne beinhalten zwei Grundtypen von Maßnahmen (allgemeine und konkrete). Die allgemeinen Maßnahmen sollen alle Gemeinden betreffen, die in Gebieten mit bedeutendem Hochwasserrisiko liegen und sich auf Prävention und Verbesserung der Vorsorge konzentrieren. Im Rahmen der Vorsorge wird ein Schwerpunkt zum Beispiel auf die Erfassung und dauerhafte Aktualisierung der Hochwasserdokumentation sowie auf die Errichtung und Modernisierung lokaler Warnmeldesysteme gelegt. Im Rahmen der Pläne wird auch für jedes Gebiet spezifiziert, ob die Hochwasserpläne bereits existieren (und aktualisiert werden), oder ob es erforderlich ist, solche Pläne zu erarbeiten. Konkrete Maßnahmen stellen beispielsweise die Errichtung von Hochwasserschutzanlagen dar.

6. Literatura

ACETO, L. CALOIERO, T. PASQUA, A. PETRUCCI, O. 2016. Analysis of damaging hydrogeological events in a Mediterranean region (Calabria). *Journal of Hydrology*.

BARROCA, B.; BERNARDARA, P.; MOUCHEL, J. M.; HUBERT, G. 2006. Indicators for identification of urban flooding vulnerability, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6: 553–561.

BEFFA, C. 2000. A Statistical Approach for Spatia Analysis of Flood Prone Areas. International Symposium on Flood Defence, D-Kassel.

CUTTER, S. 1996. Societal Vulnerability to Environmental Hazards. *Progress in Human Geography* 20(4): 529–539.

CUTTER, S. et al. 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change* 18(4): 598–606.

CUTTER, S. ; FINCH, CH. 2008. Temporal and Spatial Changes in Social Vulnerability to Natural Hazards. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.

ČHÚ (ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV). 1998. *Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997 (Bewertung der Hochwassersituation im Juli 1997)*. Zugänglich über: <http://voda.chmi.cz/pov97/obsah.html>

EC (European Commission). 2007. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. Official Journal of the European Union, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg City, Luxembourg. **L 288**, 27-34

EEA. 2010. *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade*. EEA technical report no 13/2010. European Environment Agency, Copenhagen.

GUHA-SAPIR, D. ; HOYOIS, P. ; BELOW, R. 2015. Annual Disaster Statistical Review 2014: The numbers and trends.

LANGHAMMER, J. ed. 2007. *Povodně a změny v krajině (Hochwasser und Veränderungen in der Landschaft)*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

MERZ, B.; KREIBICH, H.; SCHWARZE, R.; THIEKEN, A. 2010. Assessment of economic flood damage. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 10: 1697–1724.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2004. *Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002 (Katastrophales Hochwasser in Tschechien im August 2002)*. Zugänglich über: <https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/9af90f28a8b1493bc1256fbe004bbefa/b6d9a32b97767ac7c1256fc5003b9aff?OpenDocument>



MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2014. *Vyhodnocení povodní v červnu 2013 (Bewertung der Hochwassersituation im Juni 2013)*. Zugänglich über: <http://voda.chmi.cz/pov13/SouhrnnaZprava.pdf>

MUNICHRE 2017. *TopicsGeo – Natural catastrophes 2016, Analyses, assessments*. MunichRe, Mnichov.

SMITH, K.; PETLEY, D. 2009. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge, London.

UNDRO. 1979. *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Report of Expert Group Meeting. Office of United Nations Disaster Relief Co-Ordinator (UNDRO), Palais des Nations, CH-1211 Geneva 10, Switzerland.