



# Katastrophenvorsorge zahlt sich aus

Eine Meta-Analyse zum Kosten-Nutzen-Verhältnis  
von Vorsorgemaßnahmen

Executive Summary

David Hugenbusch & Thomas Neumann



## Danksagung

Diese Arbeit wurde von Aktion Deutschland Hilft e.V. – Bündnis deutscher Hilfsorganisationen in Auftrag gegeben und finanziert.

Wertvolle fachliche Unterstützung während der Erstellung wurde von Dr. Markus Moke (Aktion Deutschland Hilft e.V.) und Dr. Jürgen Clemens (Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.) geleistet.

Bei der Fertigstellung der Arbeit war Anne Neumann eine geschätzte qualitative Stütze.

## Impressum

- Autoren:** David Hugenschuh  
Thomas Neumann
- Herausgeber:** Aktion Deutschland Hilft e.V.  
Willy-Brandt-Allee 10–12  
53113 Bonn  
Telefon 0228 / 242 92-0  
Telefax 0228 / 242 92-199  
[www.aktion-deutschland-hilft.de](http://www.aktion-deutschland-hilft.de)  
[service@aktion-deutschland-hilft.de](mailto:service@aktion-deutschland-hilft.de)  
Verantwortlich für den Inhalt: Manuela Roßbach
- Korrespondenz:** Markus Moke  
([moke@aktion-deutschland-hilft.de](mailto:moke@aktion-deutschland-hilft.de))
- Mitarbeit:** Nina Geisler  
Hannah Egger  
Kai Mirjam Kappes
- Gestaltung:** Medienarchitekten Bonn
- Druck:** [www.media-team-huerth.de](http://www.media-team-huerth.de)  
Bonn/Brüssel im Oktober 2016



# Inhaltsverzeichnis

<b>Executive Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Einführung</b>	<b>7</b>
1.1. Zunahme von Naturkatastrophen	7
1.2. Was ist Katastrophenvorsorge?	7
1.3. Der Wert der Katastrophenvorsorge	8
1.4. Warum wird nicht mehr in Katastrophenvorsorge investiert?	8
<b>2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit</b>	<b>10</b>
2.1. Zielsetzung	10
2.2. Aufbau der Arbeit	10
<b>3. Die Kosten-Nutzen-Analyse in der Katastrophenvorsorge</b>	<b>11</b>
<b>4. Methodischer Rahmen</b>	<b>12</b>
<b>5. Ergebnisse der Studiauswertung</b>	<b>13</b>
5.1. Untersuchungsgebiet, Hazard und Vulnerabilität	13
5.2. Vorsorgemaßnahme und Folgenabschätzung	18
5.3. Ermittlung der monetären Werte	20
5.4. Darstellung des Ergebnisses	24
5.5. Unsicherheitsfaktoren	25
<b>6. Hazardspezifische Auswertung</b>	<b>26</b>
6.1. Einleitung	26
6.2. Bergrutsche	26
6.3. Binnenfluten	26
6.4. Dürren	27
6.5. Erdbeben (Bodenerschütterungen)	27
6.6. Hydro-meteorologische Ereignisse	28
6.7. Multihazards	28
6.8. Stürme	28
6.9. Sturmfluten	29
<b>7. Diskussion</b>	<b>30</b>
7.1. Untersuchungsgebiet, Hazard und Vulnerabilität	30
7.2. Vorsorgemaßnahme und Folgenabschätzung	30
7.3. Ermittlung der monetären Werte	31
7.4. Darstellung des Ergebnisses	32
7.5. Unsicherheitsfaktoren	32
<b>8. Fazit</b>	<b>33</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>35</b>
<b>Studienverzeichnis</b>	<b>39</b>

# Executive Summary

Diese Studie folgt den weltweit anerkannten Definitionen des Sekretariats der Internationalen Strategie zur Katastrophenvorsorge der Vereinten Nationen (UNISDR, 2009). Ziel der UNISDR ist es, das Bewusstsein für Katastrophenvorsorge in der Gesellschaft zu steigern.

Als grundlegende Definitionen werden in der UNISDR beschrieben:

**Exposition:** Menschen, Besitz, Systeme oder andere Elemente, die sich in Gebieten befinden, welche potentiell von einem Hazard getroffen werden und somit potentiell Schaden nehmen könnten.

**Hazard:** Phänomen, Stoff, menschliche Aktivität oder Zustand mit gefährdendem Potenzial, das Todesfälle, Verletzungen oder andere gesundheitliche Einflüsse, Sachschäden, Verlust der Lebensgrundlage, soziale und wirtschaftliche Störungen sowie Umweltschäden verursachen kann.

**Katastrophe:** Eine Katastrophe ist eine erhebliche Störung der Funktionsfähigkeit einer Gemeinschaft oder Gesellschaft mit weitreichenden menschlichen, materiellen, ökonomischen und ökologischen Verlusten und Einflüssen, welche die Kapazitäten einer Gesellschaft übersteigt und verhindert, dass diese die Situation aus eigener Kraft bewältigt.

**Katastrophenrisiko:** Die potentiellen Verluste an Leben und Gesundheit bzw. der Lebensgrundlage (Güter sowie Dienstleistungen) durch Katastrophen, welche einzelne Gemeinschaften oder eine Gesellschaft während einer festgelegten Zeitspanne in der Zukunft treffen kann. Das Katastrophenrisiko wird als das Produkt aus Hazard, Exposition und Vulnerabilität beschrieben.

**Katastrophenvorsorge:** Das Konzept und die Praxis der Reduzierung von Katastrophenrisiken durch systematische Analyse und Management der kausalen Faktoren von Katastrophen. Dazu gehören das Reduzieren der Exposition gegenüber Hazard sowie der Vulnerabilität von Menschen und Eigentum, vorrausschauendes Management von Landnutzung

und Umwelt und eine verbesserte Vorbereitung auf die negativen Auswirkungen von Hazard.

**Nothilfe:** Die Bereitstellung von Hilfsgütern und Personal während oder direkt nach einer Katastrophe, um Leben zu retten, Krankheiten vorzubeugen und zu behandeln, die allgemeine Sicherheit zu wahren und den Minimalbedarf der betroffenen Menschen zum Überleben zu sichern.

**Resilienz:** Die Fähigkeit eines Systems, einer Gemeinschaft oder einer Gesellschaft, auf welche ein Hazard negative Auswirkungen hat, diesen zu widerstehen, sie zu absorbieren, sich ihnen anzupassen und sich von ihnen effizient und schnell zu erholen. Dazu gehören auch der Schutz und die Wiederherstellung von essentiellen Basisstrukturen und Services.

**Vulnerabilität:** Die Eigenschaften und Umstände einer Gemeinschaft, eines Systems oder eines Gutes, welche anfällig für die schädigenden Effekte eines Hazard machen.

**Wiederaufbaumaßnahmen:** Der Neubau und ggf. die Verbesserung von Gebäuden, Existenz- und Lebensgrundlagen für Gemeinschaften, welche von einer Katastrophe getroffen wurden, auch mit dem Ziel, das Katastrophenrisiko in Zukunft zu senken.

# 1. EINFÜHRUNG

## 1.1. Zunahme von Naturkatastrophen

Durch Hazards wie Stürme, Erdbeben, Dürren, Fluten und Hangrutsche hervorgerufene Todesfälle und volkswirtschaftliche Schäden waren über die letzten 40 Jahre erheblichen Fluktuationen unterworfen. Extremereignisse wie etwa der Tsunami im Indischen Ozean 2004, der Wirbelsturm Nargis in Myanmar 2008 oder das Erdbeben in Haiti 2010 stechen aus den Statistiken heraus (CRED, 2015). Absolut betrachtet sind aber heute mehr Todesfälle und höhere volkswirtschaftliche Schäden zu verzeichnen als noch vor 40 Jahren (Sanghi et al., 2010).

Die Gründe für diesen Trend sind vielfältig. Die Zunahme der Weltbevölkerung führt dazu, dass sozial benachteiligte Bevölkerungsschichten in Risikozonen gedrängt werden. Dies können z. B. Gebiete mit starker seismischer Aktivität oder Überschwemmungsgebiete entlang von Flussläufen sein. Parallel dazu verursachen der Anstieg des weltweiten Energieverbrauchs und die damit verbundenen Emissionen, dass sich die Häufigkeit und Intensität von hydrometeorologischen Ereignissen verändert. Zusammengenommen resultiert aus diesen menschlichen Aktivitäten, dass Hazards heute häufiger eine Naturkatastrophe nach sich ziehen (CRED, 2015).

## 1.2. Was ist Katastrophenvorsorge?

Ein Hazard wird dann zu einer Naturkatastrophe, wenn er auf anthropogene Strukturen trifft und Menschen zu Schaden kommen und/oder Güter beschädigt werden. Das effektive Katastrophenrisiko ist dabei abhängig von der Exposition und der Vulnerabilität der betroffenen Werte (siehe Abbildung 1).

präventiven Maßnahmen, um das Risiko von Verlust und Schäden durch Hazards zu senken. Die Bemühungen waren aber hauptsächlich auf bauliche Schutzmaßnahmen wie Deiche oder Lawinenzäune reduziert.

Wurden Katastrophen über Jahrhunderte als gottgegebene Ereignisse akzeptiert, so wurde mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts die Natur als Quelle von Katastrophen identifiziert (Quarantelli, 2000). Diese hazardzentrierte Sicht führte zum Ergreifen von

Mit der Erkenntnis, dass Naturereignisse erst durch die Beanspruchung oder Beschädigung anthropogener Strukturen zu einer Katastrophe werden, wurde die Theorie von der Natur als Verursacher von Katastrophen in den letzten Dekaden verworfen und das menschliche Handeln als zentrales Element definiert.

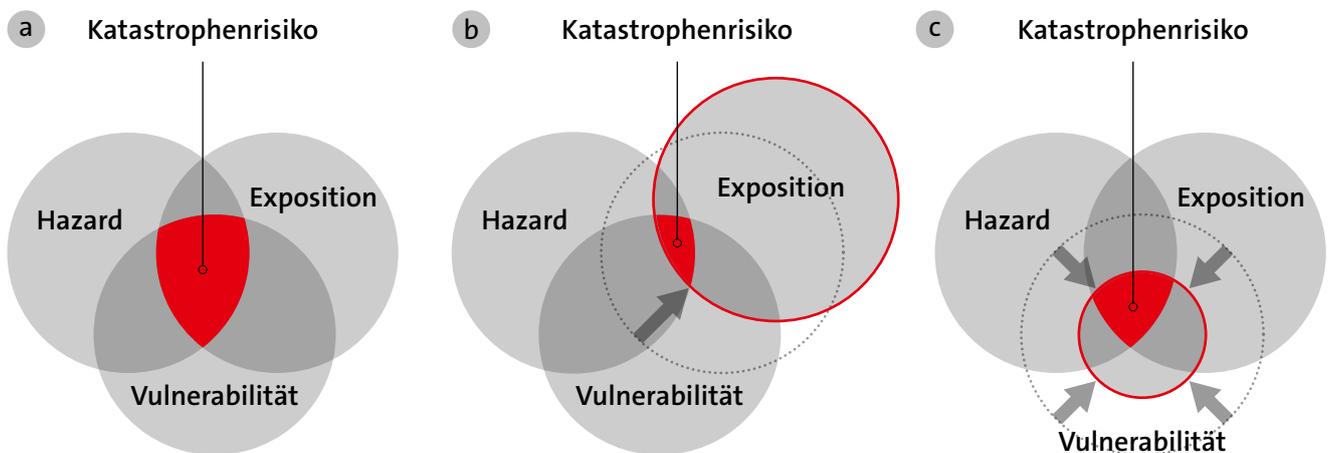


Abbildung 1: Reduzierung des Katastrophenrisikos. a) Das Konzept des Risikos in der Katastrophenvorsorge b) Reduzierung des Katastrophenrisikos durch Veränderung der Exposition gegenüber dem Hazard c) Reduzierung des Katastrophenrisikos durch Verminderung der Vulnerabilität.

Die Charakteristika der betroffenen Bevölkerung bestimmen dabei die Schwere einer Katastrophe. Ältere Menschen haben weniger Kapazitäten, um sich vor einer Katastrophe zu schützen. Vielfach wurden auch der Bildungsstand und die ethnische Herkunft als Faktoren genannt, welche die Vulnerabilität beeinflussen (Wisner et al., 2004; Keating et al., 2014).

Dies hat den Arbeitsfokus von Regierungen, Nichtregierungsorganisationen und internationalen Organisationen von rein baulichen Schutzmaßnahmen gegen Hazards hin zu „weichen“ Maßnahmen wie die Verbesserung von Katastrophenschutzplänen oder die Installation von Frühwarnsystemen verschoben (Venton & Venton, 2004).

### 1.3. Der Wert der Katastrophenvorsorge

Auf das Potential der Katastrophenvorsorge wird sowohl in der Fachliteratur als auch in politischen Stellungnahmen hingewiesen. Gemessen an Nothilfe- und Wiederaufbaumaßnahmen wird Katastrophenvorsorge als eine besonders effiziente Form der Schadensbegrenzung und Reduzierung von Todesfällen bezeichnet

(Shyam, 2013). So hat auch die Generaldirektion Humanitäre Hilfe und Katastrophenschutz der Europäischen Kommission (DG ECHO) Katastrophenvorsorge als entscheidenden Schlüssel identifiziert, um den Bedarf an humanitärer Hilfe in der Welt zu senken (Dedeurwaerdere, 1998).

Eine gewisse Berühmtheit hat die der Weltbank zugeschriebene Aussage erlangt, dass jeder in die Katastrophenvorsorge investierte Dollar durchschnittlich sieben Dollar an Kosten für Nothilfe und Wiederaufbaumaßnahmen einspart. Dieses 7:1 Nutzen-Kosten-Verhältnis wird auch heute noch häufig zitiert:

- › “It highlights that every dollar of foreign aid spent on averting and mitigating disasters saves an average of US\$7 in humanitarian disaster response.” (UNOCHA)<sup>[1]</sup>
- › “A widely cited figure used by the World Bank states that each dollar invested in DRR saves seven dollars in disaster response and reconstruction.” (NGO VOICE)<sup>[2]</sup>
- › “Every dollar invested in preparing for natural disasters today can save seven dollars in recovery costs (World Bank).” (OXFAM)<sup>[3]</sup>
- › “The World Bank estimates that every dollar spent on risk reduction saves US\$7 in relief and repairs.” (Development Initiatives)<sup>[4]</sup>

Der genaue Ursprung dieser Aussage ist jedoch ungewiss, und die Weltbank selbst hat sich inzwischen von dieser Verhältniszahl distanziert (Shreve & Kelman, 2014).

[1] <http://www.unocha.org/top-stories/all-stories/un-launches-video-saving-lives-through-preparedness>

[2] [http://www.preventionweb.net/files/33631\\_33631voicedrrn5finalowresolution.pdf](http://www.preventionweb.net/files/33631_33631voicedrrn5finalowresolution.pdf)

[3] <https://www.oxfam.org.au/2015/02/disasters-are-increasing-on-a-global-scale/>

[4] [http://neo-assets.s3.amazonaws.com/news/Aid\\_investments\\_in\\_disaster\\_risk\\_reduction\\_press\\_release.doc](http://neo-assets.s3.amazonaws.com/news/Aid_investments_in_disaster_risk_reduction_press_release.doc)

## 1.4. Warum wird nicht mehr in Katastrophenvorsorge investiert?

Der Stellenwert, der Katastrophenvorsorge in Fachliteratur und öffentlicher Diskussion zugesprochen wird, steht in Kontrast zum politischen und wirtschaftlichen Willen, in größerem Umfang in Präventionsmaßnahmen zu investieren. Weltweit stellen nur wenige Regierungen Teile ihres Budgets für die Katastrophenvorsorge bereit, und ein Großteil der Gelder fließt noch immer in Nothilfe und Wiederaufbaumaßnahmen (Benson & Twigg, 2004; Hochrainer-Stigler et al., 2011; Mechler et al., 2014; UNISDR, 2011).

Für die Katastrophenvorsorge wendeten Regierungen, Nichtregierungsorganisationen und internationale Organisationen in dem Zeitraum 1991 bis 2010 rund 13,5 Milliarden USD auf. Gemessen an den Ausgaben für Wiederaufbaumaßnahmen (23,3 Milliarden USD) und Nothilfe (69,9 Milliarden USD) macht die Katastrophenvorsorge nur einen sehr geringen Betrag der Gelder für humanitäre Hilfe aus (Kellett & Caravani, 2013).

In der Literatur werden verschiedene Gründe für diese Kluft zwischen der Anerkennung von Vorsorge als effektives Mittel zur Reduzierung der Folgen von Katastrophen und der realen Mittelvergabe genannt.

Einen großen Stellenwert haben dabei politische Erwägungen. Katastrophenvorsorgeprojekte sind schwieriger politisch zu rechtfertigen und bieten Politikern weniger Anreize als ad-hoc-Maßnahmen nach dem Eintritt einer Katastrophe. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass sich die Vorteile der Katastrophenvorsorge in der Form von vermiedenen Schäden manifestieren und daher meist unsichtbar oder zumindest weniger „publikumswirksam“ sind als die Freigabe von Geldern nach einer Naturkatastrophe (Keating et al., 2014; Vorhies, 2012). Zum anderen argumentieren Entscheidungsträger, dass nicht ausreichend belastbare Informationen über zu erwartende soziale und ökonomische Vorteile einer Katastrophenvorsorgemaßnahme bereit stehen. Außerdem werden die zu erwartenden positiven Effekte einer Katastrophenvorsorgemaßnahme meist erst weit in der Zukunft wirksam und sind oft mit großen Unsicherheiten verbunden.

Politiker orientieren sich zumeist an den kurzfristigen Forderungen und Bedürfnissen der Wähler und denken (zumindest in demokratischen Systemen) in von Wahlperioden bestimmten Zeithorizonten (meist drei bis fünf Jahre) (Vorhies, 2012; Hochrainer-Stigler et al., 2011).

## 2. ZIELSETZUNG UND AUFBAU DER ARBEIT

### 2.1. Zielsetzung

Es liegt bereits eine Reihe von Studien zur Effizienz diverser Katastrophenvorsorgemaßnahmen für unterschiedliche Hazards in verschiedenen Teilen der Welt vor. Jedoch können aus diesen Arbeiten insbesondere aus zwei Gründen nur sehr bedingte Aussagen zu einer generellen Effizienz von Katastrophenvorsorgemaßnahmen gezogen werden.

Erstens erlaubt es die Kontextgebundenheit einer einzelnen Studie in Bezug auf die Art der Maßnahme, den betrachteten Hazard sowie die geographische Ausdehnung und Lage des Untersuchungsgebiets in aller Regel nicht, die Ergebnisse zu verallgemeinern.

Zweitens ist die Datenlage zu vorhandenen Effizienzstudien unübersichtlich. Ein ad-hoc-Vergleich der Studien ist meist nicht möglich, da unterschiedliche Vorgehensweisen zur Ermittlung der Kosten und des Nutzens einer Maßnahme herangezogen werden. So unterscheiden sich Studien in der Auswahl der Variablen und im Umgang mit den Limitationen der Kosten-Nutzen-Analyse.

Es besteht ein dringender Bedarf, die Ergebnisse der Vielzahl an Studien transparent und vergleichbar darzustellen. Gleichzeitig wird ein methodischer Rahmen für die Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen benötigt, an dem sich zukünftige Studien orientieren können.

### 2.2. Aufbau der Arbeit

Die Meta-Analyse setzt sich aus vier Teilen zusammen. Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse mit dem spezifischen Fokus auf die Katastrophenvorsorge erläutert. Ein methodischer Rahmen für die Durchführung und Auswertung von Kosten-Nutzen-Analysen wird im zweiten Teil etabliert. Dieser methodische Rahmen wird als Leitlinie für zukünftige Studien empfohlen. Im dritten Teil werden die Ergebnisse der Fallstudienauswertung präsentiert. Dies erfolgt sowohl über die gesamte Studienbasis als auch unterteilt nach den betrachteten Hazards. Im vierten Teil werden die Ergebnisse diskutiert.

Ziel dieser von Aktion Deutschland Hilft e.V. in Auftrag gegebenen Metastudie ist die Ausarbeitung einer strukturierten Synthese der vorhandenen Studien, um belastbare Aussagen zu dem Verhältnis von Kosten und Nutzen von Katastrophenvorsorgemaßnahmen treffen zu können. Der Forschungsauftrag beinhaltet darüber hinaus eine hazardspezifische Darstellung der Ergebnisse, um die Effizienz der verschiedenen Vorsorgebemühungen gegenüberstellen zu können. Dadurch wird eine solide empirische Basis zur Verfügung gestellt, auf deren Grundlage Politiker, Entscheidungsträger, Geber und Sponsoren über Evidenzen des potentiellen Nutzens der Katastrophenvorsorge informiert werden können.

Ein Aggregieren von Kosten-Nutzen-Verhältnissen über eine Vielzahl an Studien wird in der vorliegenden Meta-Analyse nicht durchgeführt. Wie bereits bemerkt, ist dies aufgrund der stark fragmentierten Literatur, einer fehlenden systematischen Basis für Kosten-Nutzen-Analysen in der Katastrophenvorsorge und den unterschiedlichen Rahmenbedingungen einer jeden Studie nicht empfehlenswert (Hawley, Moench & Sabbag, 2012; Mechler, 2005; Godschalk et al., 2009). Vergleiche zwischen den betrachteten Studien und eine Generalisierung der Ergebnisse werden daher mit Bedacht gezogen.

### 3. DIE KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE IN DER KATASTROPHENVORSORGE

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist eine geeignete Methode, um die ökonomische Effizienz einer Katastrophenvorsorgemaßnahme zu erfassen. Sie schafft eine einheitliche Bewertungsgrundlage, um ein Szenario, in dem keine Katastrophenvorsorgemaßnahme getroffen wurde, mit einem Szenario zu vergleichen, in dem eine oder mehrere Vorsorgemaßnahmen implementiert wurden. Weist das Szenario mit Vorsorgemaßnahme ein positiveres Verhältnis von Kosten und Nutzen auf, so kann die Kosten-Nutzen-Analyse ein starkes Argument für Investitionen in die Katastrophenvorsorge liefern (Ganderton, 2005; UNISDR, 2011).

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist außerdem ein vielversprechendes Werkzeug, weil sie sich bereits als Standardwerkzeug in öffentlichen Entscheidungsprozessen

etabliert hat (Chadburn et al., 2010). In einigen Ländern ist die Kosten-Nutzen-Analyse in öffentlichen Entscheidungsprozessen sogar gesetzlich vorgeschrieben (s. z.B. Brockmann et al., 2015 für Deutschland).

In dem Hyogo Framework for Action (UNISDR, 2005) wird gefordert, die Kosten-Nutzen-Analyse weiter zu entwickeln und in Entscheidungsprozesse verstärkt miteinzubeziehen. Grundsätzlich gilt aber, dass die Kosten-Nutzen-Analyse nicht als einziges Kriterium angelegt werden sollte, um eine Investitionsentscheidung zu treffen. Sie sollte vielmehr Teil einer weiter gefassten Entscheidungsstruktur sein, welche soziale, ökologische und kulturelle Überlegungen integriert (Venton & Venton, 2004; Mechler, 2005; Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008).

## 4. METHODISCHER RAHMEN

Wir schlagen einen methodischen Rahmen für die Kosten-Nutzen-Analyse in der Katastrophenvorsorge vor, welcher alle Elemente enthält, die bei der Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse betrachtet werden sollten. Dieser Rahmen könnte als Orientierungshilfe für das methodische Design zukünftiger Studien genutzt werden. Bisherige Studien schlagen sehr unterschiedliche Wege für die Analyse vor.

Es ist für die Anwendung dieses methodischen Rahmens nicht notwendig, alle Elemente erschöpfend abzuarbeiten und in die Berechnung einfließen zu lassen.

Er soll vielmehr als Überblick dienen, welche Elemente in einer Studie betrachtet werden können. Zudem können Studiendurchführer\*innen in Zukunft explizit herausstellen, welche Elemente aus welchen Gründen nicht mitbetrachtet wurden. Dies macht den Rahmen universell einsetzbar, z.B. auch bei schlechter Datenlage oder sehr komplexen Umgebungen.

Die Elemente sind in der folgenden Abbildung aufgelistet. Erklärungen zu den einzelnen Elementen werden in Kapitel 5 geliefert.

Untersuchungsgebiet, Hazard & Vulnerabilität	Vorsorgemaßnahme & Folgenabschätzung	Ermittlung der monetären Werte	Darstellung des Ergebnisses	Unsicherheitsfaktoren
Welche Werte sind wodurch gefährdet?	Mit welcher Maßnahme wird versucht, das Katastrophenrisiko zu mindern?	Welche Schäden und welche Kosten werden betrachtet?	In welcher Form wird das Ergebnis dargestellt?	Wie wird mit methodischen Einschränkungen und limitierter Datenlage umgegangen?
Untersuchungsgebiet	Strategie der Maßnahme (Vermeidung, Vorbereitung, Risikotransfer)	Betrachtungsrahmen der Analyse (ex ante, ex post, etc.)	Kosten-Nutzen-Verhältnis, Nutzen-Kosten-Verhältnis, Kapitalwert, interner Zinsfuß	Quellen von Unsicherheiten (z.B. begrenzte Datenlage bei der Hazardanalyse, Unsicherheiten bei der Festlegung der Diskontierungsrate)
Identifizierung Hazards	Fokus der Maßnahme (strukturell, nicht-strukturell)	Werteermittlung und Schadensarten		Umgang mit Unsicherheiten (Transparenz, Sensitivitätsanalyse)
Hazardanalyse	Folgenabschätzung der Maßnahme	Analysezeitraum		
Vulnerabilitätsanalyse		Diskontierung		

Abbildung 2: Elemente der Kosten-Nutzen-Analyse in der Katastrophenvorsorge.

## 5. ERGEBNISSE DER STUDIENAUSWERTUNG

Insgesamt wurden 59 öffentlich verfügbare Studien in deutscher und englischer Sprache ausgewertet, welche im Zeitraum von 1996 bis 2015 veröffentlicht wurden. Aus diesen Studien wurden 117 Fallstudien extrahiert. Jede Fallstudie repräsentiert eine spezifische Kosten-Nutzen-Analyse entlang der Betrachtungssele-

mente Untersuchungsgebiet, Hazard, Vulnerabilität, Vorsorgemaßnahme, Folgenabschätzung, Ermittlung der monetären Werte, Darstellung des Ergebnisses und Unsicherheitsfaktoren. Eine Studie kann mehrere Fallstudien betrachten, in denen die genannten Betrachtungselemente variiert werden.

### 5.1. Untersuchungsgebiet, Hazard und Vulnerabilität

#### Untersuchungsgebiet

Die betrachteten Fallstudien variieren stark in Bezug auf die Ausdehnung des Untersuchungsgebiets und dem Detailgrad der Betrachtung. Sie reichen von dem Anlegen eines Wasserrückhaltebeckens zur Bewässerung für eine Gemeinde mit wenigen hundert Haushalten bis hin zur Analyse von Kosten und Nutzen des Deichbaus entlang der Küste von 22 Ländern der Europäischen Union.

In Abbildung 3 ist die geographische Verteilung der Fallstudien nach Hazard differenziert abgebildet.

Ausgangspunkt der Kosten-Nutzen-Analyse ist die Festlegung und präzise Abgrenzung des Untersuchungsgebiets. Im Normalfall orientiert sich das Untersuchungsgebiet an administrativen Einheiten.

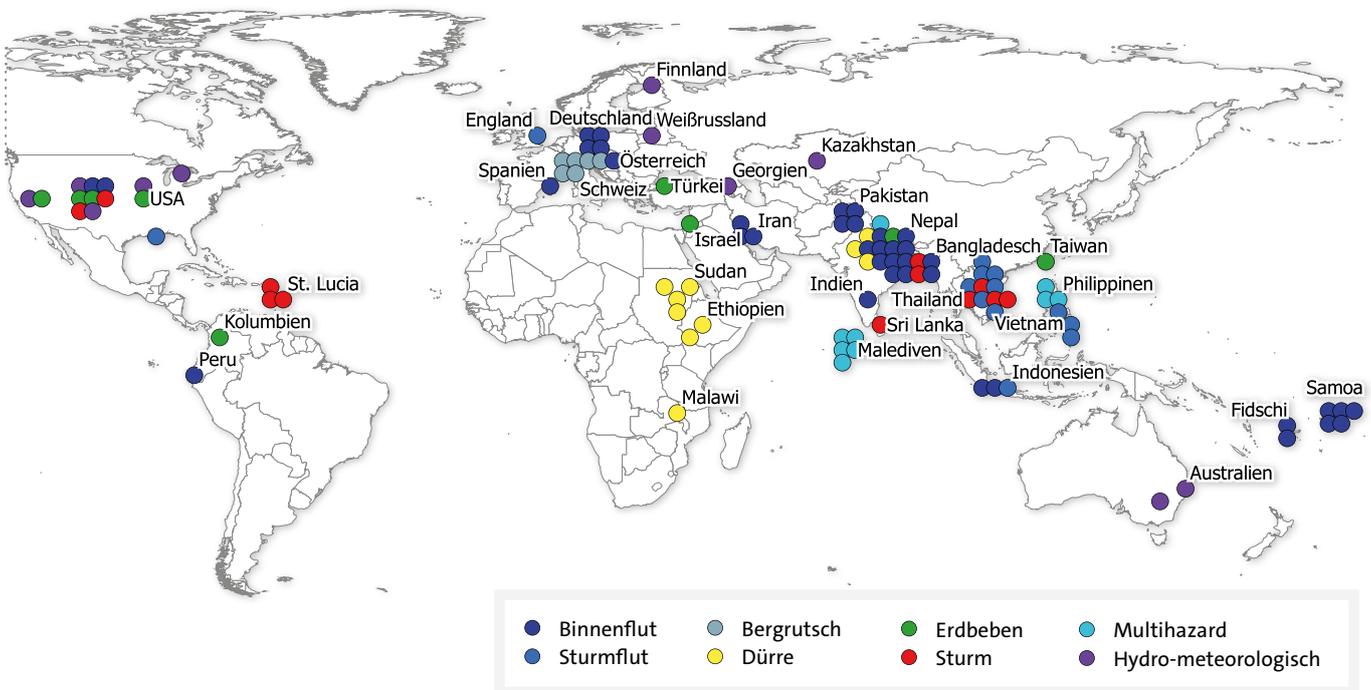


Abbildung 3: Geographische Verteilung der Fallstudien differenziert nach den betrachteten Hazardklassen (n = 109, Fallstudien mit internationalem Untersuchungsgebiet sind nicht abgebildet, nationale Fallstudien sind auf dem Mittelpunkt des jeweiligen Landes verzeichnet, lokale und regionale Fallstudien sind lageähnlich auf dem Untersuchungsgebiet verzeichnet, Grundkarte verändert nach [http://biogeo.ucdavis.edu/data/world/countries\\_shp.zip](http://biogeo.ucdavis.edu/data/world/countries_shp.zip)).

Schwerpunktmäßig wurden Fallstudien für Südasien (Indien, Bangladesch, Nepal, Pakistan, Sri Lanka, Malediven) sowie Teile Südostasiens (Indonesien, Philippinen, Thailand, Vietnam) durchgeführt. Außerdem sind Kosten-Nutzen-Analysen für Katastrophenvorsorge-maßnahmen in Teilen Europas (insbesondere Deutschland, Österreich, Schweiz) und den USA verbreitet. Hingegen wurden Fallstudien nur sehr vereinzelt in weiteren europäischen und asiatischen Ländern sowie Lateinamerika und Australien/Ozeanien durchgeführt. Bis auf einige wenige Ausnahmen im östlichen und südlichen Afrika konnten auch auf dem afrikanischen Kontinent keine Fallstudien zu den betrachteten Hazardklassen gefunden werden.

Diese Ungleichgewichte sind auch auf eine Fokussierung auf englischsprachige Literatur zurückzuführen. Abgesehen von zwei deutschsprachigen Studien wurden in dieser Metastudie ausschließlich englischsprachige Quellen einbezogen. Es ist anzunehmen, dass gerade in spanisch- und französischsprachigen Ländern eine Vielzahl an Studien existiert, welche in dieser Arbeit nicht erfasst wurden (andere Quellen bestätigen dies, z.B. Shreve & Kelman, 2014; Venton & Venton, 2004).

**Hazard**

In dieser Arbeit folgt die Systematisierung der Hazards der EM-DAT Klassifikation des Center for the Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)<sup>[1]</sup>. Für diese Arbeit wurden außerdem noch zwei weitere Kategorien

definiert. Zum einen sind das die MultiHazards, welche Fallstudien umfassen in denen die Auswirkungen von mehreren Hazards analysiert werden. Zum anderen haben wir die kombinierte Kategorie der hydrometeorologischen Hazards geschaffen, um Fallstudien aufzunehmen, welche die Messungen von meteorologischen Diensten untersucht. Diese Kategorie umfasst alle hydrologischen, meteorologischen und klimatologischen Hazards nach EM-DAT.

CRED definiert sechs Gruppen von natürlichen Hazard. Jede Gruppe umfasst mehrere Hazardtypen. Beispielsweise fällt der Hazardtyp „Sturm“ in die Untergruppe „Meteorologisch“ und wird in die Subtypen außertropische Stürme, tropische Stürme (Wirbelstürme) und konvektive Stürme untergliedert.

Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, konnte nur für eine begrenzte Zahl von Hazards Kosten-Nutzen-Analysen identifiziert und ausgewertet werden. Zu einer Vielzahl von Hazards wurden keine Kosten-Nutzen-Analysen gefunden; dazu gehören unter anderem Vulkanausbrüche, Tsunamis, Hitze-und Kältewellen oder auch Waldbrände. Daraus lässt sich nicht zwingend schließen, dass solche Arbeiten nicht existieren. Jedoch lässt sich in der Wissenschaft eine Präferenz erkennen, gewisse Hazards detailliert zu analysieren.

[1] Siehe <http://www.emdat.be/classification>

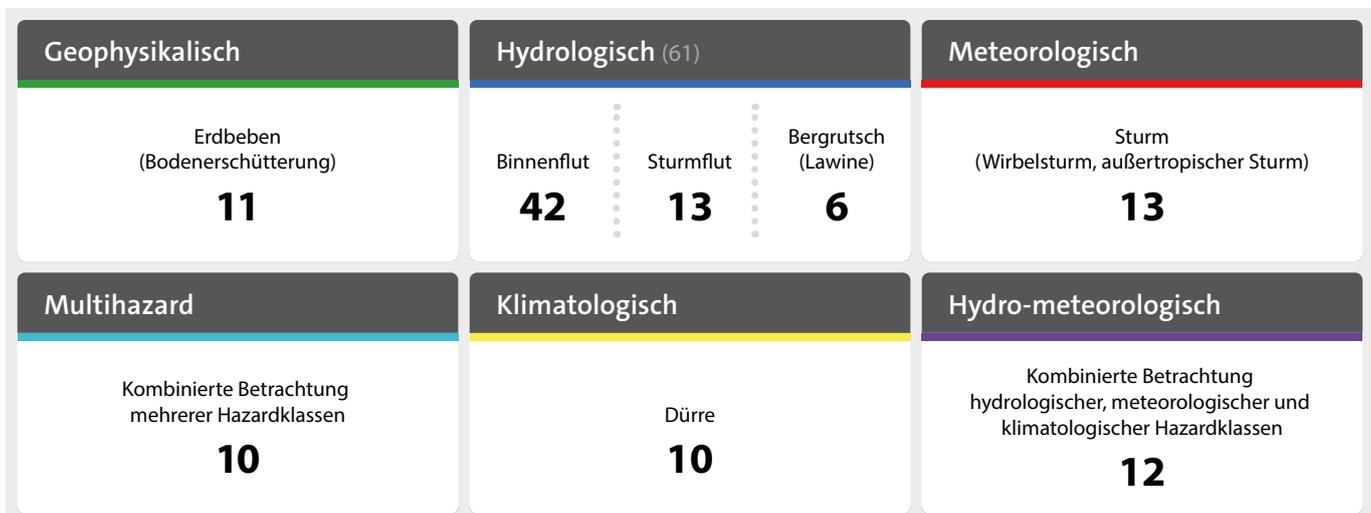


Abbildung 4: Betrachtete Fallstudien gegliedert nach Hazardklassen mit der jeweiligen Anzahl an Fallstudien (n = 117).

NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS

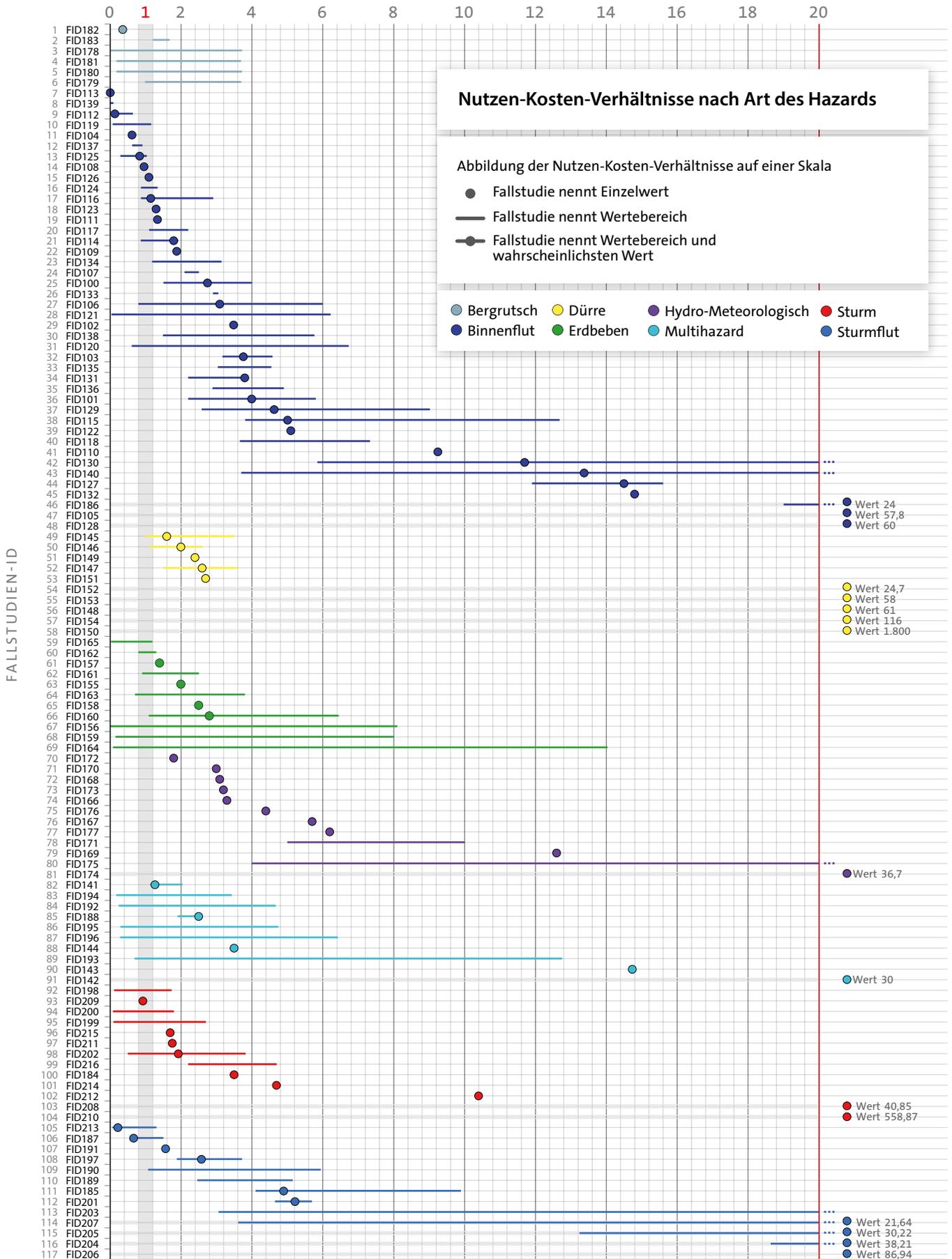


Abbildung 5: Betrachtete Fallstudien gegliedert nach Hazardklassen mit der jeweiligen Anzahl an Fallstudien (n = 117).

In Abbildung 5 werden alle Fallstudien sortiert nach dem betrachteten Hazard und dem Kosten-Nutzen-Verhältnis abgebildet. Die Erfassung einer Katastrophenvorsorgemaßnahme in Form des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wird in Kapitel 5.4. beschrieben. Für eine erste Einordnung der Fallstudienresultate wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis bereits an dieser Stelle eingeführt. Es beschreibt das Verhältnis von Kosten zum Nutzen einer Maßnahme. Das ökonomische Equilibrium liegt bei Eins. Höhere Werte sind ein Argument für die Umsetzung einer Katastrophenvorsorgemaßnahme. Ergibt sich ein Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner Eins, so lohnt sich die Umsetzung einer Maßnahme aus ökonomischer Perspektive unter den in der Kosten-Nutzen-Analyse getroffenen Annahmen nicht.

### Hazardanalyse

In den meisten Fallstudien wird die Hazardanalyse sehr verkürzt und lückenhaft durchgeführt, was unter anderem auf eine mangelnde Datengrundlage zurückgeführt werden kann. Meist werden Sekundärdaten anderer Forschungsprogramme oder Statistiken von NGOs oder Regierungen herangezogen. Welcher Art diese Daten sind, von wem genau und mit welcher Methode sie erhoben wurden, wird in den wenigsten Fällen explizit genannt. Lediglich einige Fallstudien zu Binnenfluten spezifizieren die Angaben. Hier greift ein Großteil auf Pegelmessungen der entsprechenden nationalen hydrometeorologischen Dienste zurück.

Ein zentrales Element der Kosten-Nutzen-Analyse ist die Hazardanalyse, in welcher Intensität und Häufigkeit von schädigenden Ereignissen über den Analysezeitraum prognostiziert wird. Nur so kann die Maßnahme bemessen und deren Kosten mit dem zu erwartenden Nutzen verrechnet werden. Eine Vorsorgemaßnahme ist aus ökonomischer Perspektive nur dann sinnvoll, wenn eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass eine festgelegte Intensität des Hazard innerhalb eines definierten Zeitraums in dem Untersuchungsgebiet überschritten wird (Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008).

Ein kleiner Anteil der Fallstudien (18) erhebt Primärdaten und legt das Referenzereignis mittels Ortsbegehungen und Befragungen fest. In diesen Fällen wird oft

auf ein spezifisches historisches Ereignis zurückgegriffen. Dabei handelt es sich in der Regel um größere Ereignisse, welche noch gut im Gedächtnis der Menschen verankert und für welche viele Daten verfügbar sind. So werden beispielsweise die Elbeflut 2002 (Förster et al., 2005; Gocht, 2004), der Tsunami im Indischen Ozean 2004 (Venton, Venton & Shaig 2009), der Zyklon Sidr in Bangladesch 2007 (Subbiah, Bildan & Narasimhan, 2008) oder der Hurrikan Katrina in den USA 2005 (Halle-gatte, 2006) zur Ermittlung von Kosten und Nutzen einer Vorsorgemaßnahme zugrunde gelegt.

### Vulnerabilitätsanalyse

Die Vulnerabilität einer Gesellschaft ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Dies können sowohl soziale, ökonomische, politische, kulturelle, institutionelle als auch physikalische Wirkgrößen sein. Folglich sind die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse von den spezifischen Umständen und der Situation der betrachteten Gesellschaft abhängig.

Durch die Vulnerabilitätsanalyse wird ermittelt, welche Werte einer Gemeinschaft von dem Hazard bedroht sind (Schadenspotenzial) und welche Schäden beim Eintritt des Ereignisses in dem Untersuchungsgebiet zu erwarten sind (Schadenserwartung).

Generell existieren keine etablierten und standardisierten Verfahren für eine Vulnerabilitätsanalyse, und die in den Fallstudien verwendeten Techniken variieren sehr stark in Umfang und Qualität.

NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS

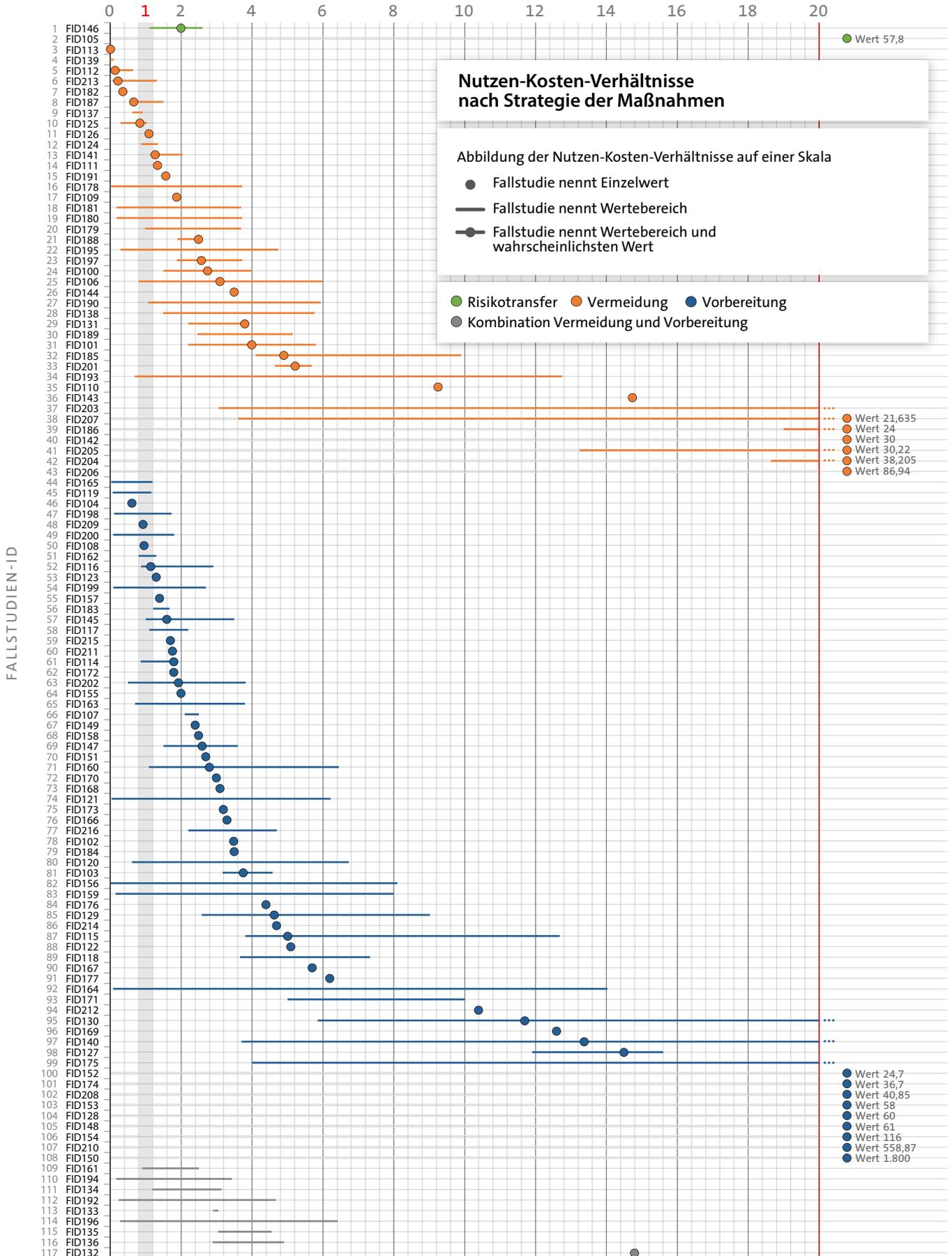


Abbildung 6: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen nach Strategie der Maßnahme (n=117).

## 5.2. Vorsorgemaßnahme und Folgenabschätzung

### Strategie der Maßnahme

Von den 117 betrachteten Fallstudien werden in 65 Fällen Maßnahmen untersucht, welche unter die Vorbereitungsstrategie fallen, und in 41 Fallstudien werden Maßnahmen der Vermeidungsstrategie untersucht (nur zwei Fallstudien wurden gefunden, welche Maßnahmen der Risikotransferstrategie prüfen; in anderen Fallstudien wurden Kombinationen von Maßnahmen betrachtet, welche unter mehrere Strategien fallen). Dies ist teilweise darauf zurückzuführen, dass eini-

ge Hazardklassen wie Dürre, Erdbeben und Sturm ausschließlich Vorbereitungsstrategien erlauben, da – abgesehen von einer Umsiedlung – eine direkte Trennung von Hazard und anthropogenen Strukturen nicht möglich ist.

Generell scheinen Maßnahmen unter der Vorbereitungsstrategie bessere Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse zu erzielen als Maßnahmen der Vermeidungsstrategie (s. Abbildung 6).

Katastrophenvorsorgemaßnahmen können in drei Strategien eingeteilt werden: Vermeidung (Prevention), Vorbereitung (Preparedness) und Risikotransfer (Risk transfer) (Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008). Ziele und exemplarische Maßnahmen dieser Strategie sind in Tabelle 1 dargestellt.

Vermeidung zielt auf die vollständige Abwendung von negativen Auswirkungen von Hazard und damit verbundenen Katastrophen ab, wohingegen die Vorbereitung auf eine angemessene Vorhersage von und Reaktion auf einen Hazard abzielt. Demgegenüber zielt die Riskikotransferstrategie auf soziale und finanzielle Absicherungen gegen die Auswirkungen eines Hazard ab.

Tabelle 1: Überblick über Strategien der Katastrophenvorsorge

	<b>VERMEIDUNG</b> (Prevention)	<b>VORBEREITUNG</b> (Preparedness)	<b>RISIKOTRANSFER</b> (Risk transfer)
<b>WIRKUNG</b>	› Reduzierung von Risiken	› Reduzierung von Risiken	› Transfer von Risiken
<b>ZENTRALE MASSNAHMEN</b>	› Physische Anlagen wie Deiche (gegen Überflutungen) oder Bewässerungssysteme (gegen Dürren) › Raumplanung › Ökonomische Anreize für proaktives Risikomanagement	› Frühwarnsysteme › Bauvorschriften › Katastrophenplanung › Schutzräume › Bildung von Gremien zum Umgang mit Katastrophen › Information und Ausbildung	› Versicherung von öffentlicher Infrastruktur und privaten Gütern › Nationale und lokale Rücklagenfonds

### Fokus der Maßnahme

Es werden häufiger strukturelle Maßnahmen (in 73 Fallstudien) als nicht-strukturelle Maßnahmen (32 Fallstudien) untersucht (in den verbleibenden Fällen werden Maßnahmenpakete betrachtet, welche sowohl strukturelle als auch nicht-strukturelle Komponenten haben). Insbesondere bei den hydrologischen Hazardklassen Sturmflut und Bergrutsch werden ausschließlich struk-

turelle Maßnahmen auf ihre sozialökonomische Effizienz hin untersucht. Demgegenüber betonen andere Fallstudien – beispielsweise für Erdbeben und Dürre – den Wert nicht-struktureller Maßnahmen, welche in der Regel mit geringerem Aufwand umsetzbar sind, als strukturelle Maßnahmen. Speziell für die Hazardklassen Binnenfluten und Sturm werden auch Frühwarnsysteme als

NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS

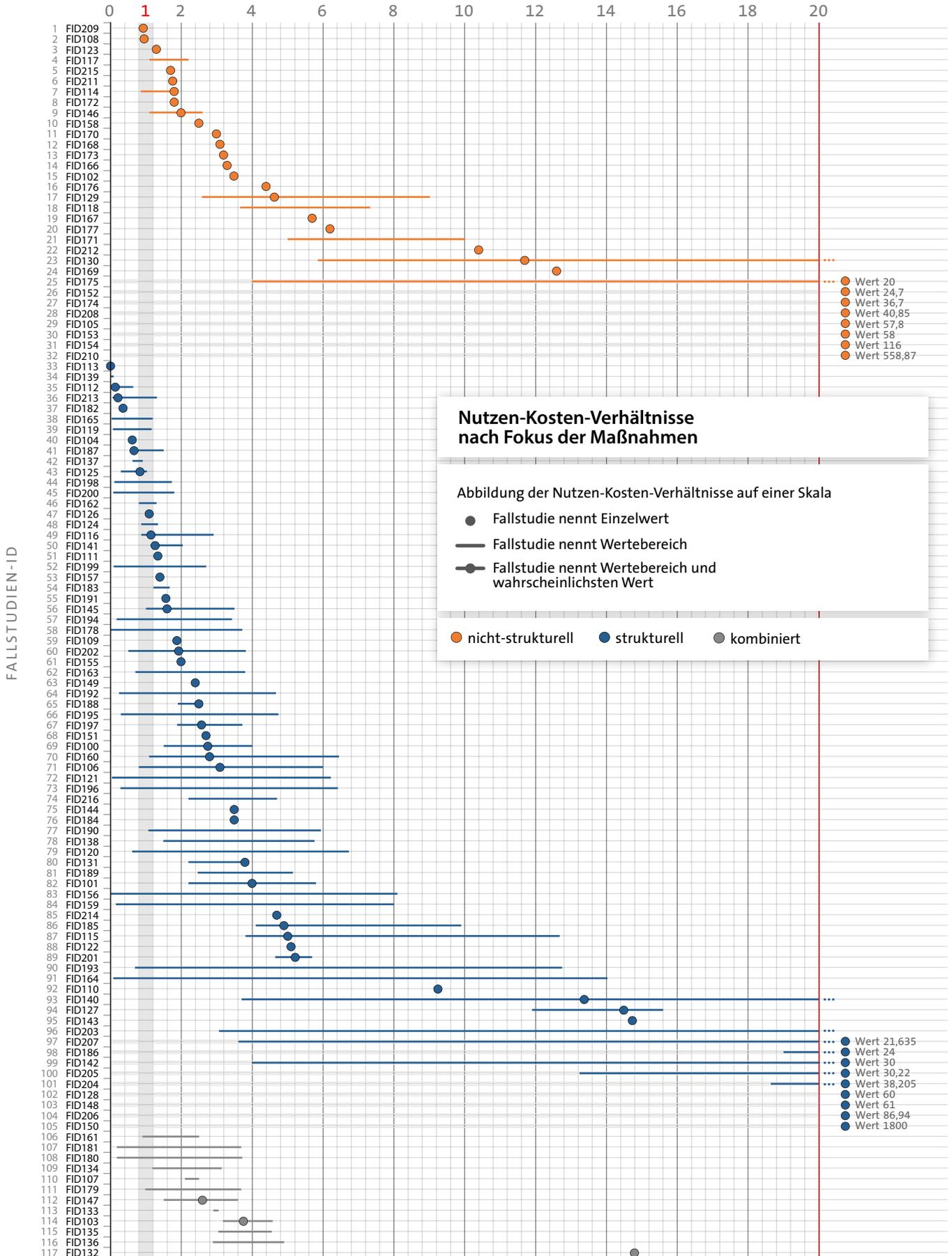


Abbildung 7: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen nach Fokus der Maßnahme (n=117).

erfolgsversprechende nicht-strukturelle Maßnahmen diskutiert (z.B. Subbiah, Bildan & Narasimhan, 2008; Holland, 2008).

Hilfsorganisationen, die Kosten-Nutzen-Analysen von Maßnahmen gegen Dürre in Süd- und Ostafrika gearbeitet haben, können mit ihrem Budget selten größere Infrastrukturmaßnahmen finanzieren. In diesen Ländern wurden gute Erfahrungen mit der Gründung von Selbsthilfegruppen (Venton et al., 2013) oder einer Diversifizierung der Landwirtschaft und der Bereitstellung von dürreresistentem Saatgut (Venton et al., 2010) gemacht.

Maßnahmen können struktureller oder nicht-struktureller Natur sein. Strukturelle Maßnahmen sind physische Konstruktionen. Klassische Beispiele hierfür sind Dämme oder eine erdbebenresistente Bauweise. Für nicht-strukturelle Maßnahmen hingegen sind Wissen, Handlungsweisungen, Informationsaustausch und Übereinkünfte die zentralen Elemente. Sie umfassen zum Beispiel Landnutzungsplanungen sowie verbesserte Information und Training der Bevölkerung. Auch Frühwarnsysteme werden zu den nicht-strukturellen Maßnahmen gezählt.

Erst in den letzten Dekaden – und speziell in den Jahren nach dem Hyogo Framework for Action (HFA, 2005) – wurden auch nicht-strukturelle Maßnahmen vermehrt umgesetzt (bzw. untersucht). Bis auf vier Ausnahmen sind alle Arbeiten zu nicht-strukturellen Maßnahmen ab dem Jahr 2008 entstanden und überwiegend sogar erheblich jüngeren Datums.

Insgesamt deutet die Auswertung der Fallstudien darauf hin, dass nicht-strukturelle Maßnahmen im Durchschnitt ökonomisch effizienter sind als strukturelle. Gemessen an der Anzahl an Fallstudien liegen sowohl weniger nicht-strukturelle Maßnahmen unterhalb der Effizienzschwelle von Eins als auch mehr oberhalb der Darstellungsgrenze von 20 (s. Abbildung 7).

### Folgenabschätzung

Der Nutzen einer Katastrophenvorsorgemaßnahme setzt sich nicht nur aus vermiedenem Schaden an

anthropogenen Strukturen, wie Gebäuden, Inventar, Maschinen, Infrastruktur oder Energieversorgung zusammen, sondern auch aus der Vermeidung von Todesfällen, Verletzungen, Traumata oder dem Erhalt von historisch und kulturell bedeutsamen Werten oder persönlichen Gegenständen (Ganderton, 2005).

Die Folgenabschätzung ist der Vergleich der Auswirkungen eines Hazard auf das Untersuchungsgebiet ohne und mit der diskutierten Katastrophenvorsorgemaßnahme.

Abseits dieses direkt mit dem Hazard in Verbindung stehenden Nutzens können Vorsorgemaßnahmen auch weitere gefassten bzw. zusätzlichen Nutzen mit sich bringen (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2011). Beispielsweise schützen angepflanzte Mangroven nicht nur vor Überflutung. Sie sind ein wichtiger Holzlieferant, erhöhen die Biodiversität, verhindern Erosion und fungieren als Kohlenstoffsenker. All dies sind Nutzen einer Katastrophenvorsorgemaßnahme, welche nicht unmittelbar mit dem originären Ziel der Maßnahme (Schutz vor Überflutung) zusammenhängen, aber ein zusätzliches starkes Argument für die Umsetzung der Maßnahme liefern könnten und in die Kosten-Nutzen-Analyse einfließen sollten.

Der überwiegende Anteil der Maßnahmen wird zum Nutzen aller Bewohner eines Gebietes umgesetzt. Nur wenige Maßnahmen werden spezifisch für bestimmte Bevölkerungsgruppen durchgeführt. Zu nennen ist die Sicherung von Schulen gegen Erdbeben (Chiu, Hsiao & Jean, 2013; Kunreuther et al., 2012; Valcárel et al., 2013) und verschiedene Maßnahmen, um Dürre im Sudan zu begegnen. Die Maßnahmen werden speziell auf die halb-nomadisch lebende Volksgruppe der Beja zugeschnitten (Khogali & Zewdu, 2009; International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2009b; International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2012).

### 5.3. Ermittlung der monetären Werte

#### Betrachtungsrahmen

Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Fallstudien geordnet nach deren Betrachtungsrahmen. Es gibt 77 ex ante Fallstudien und 21 ex post Fallstudien; kombinierte Betrachtungen wurden nicht einbezogen.

NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS

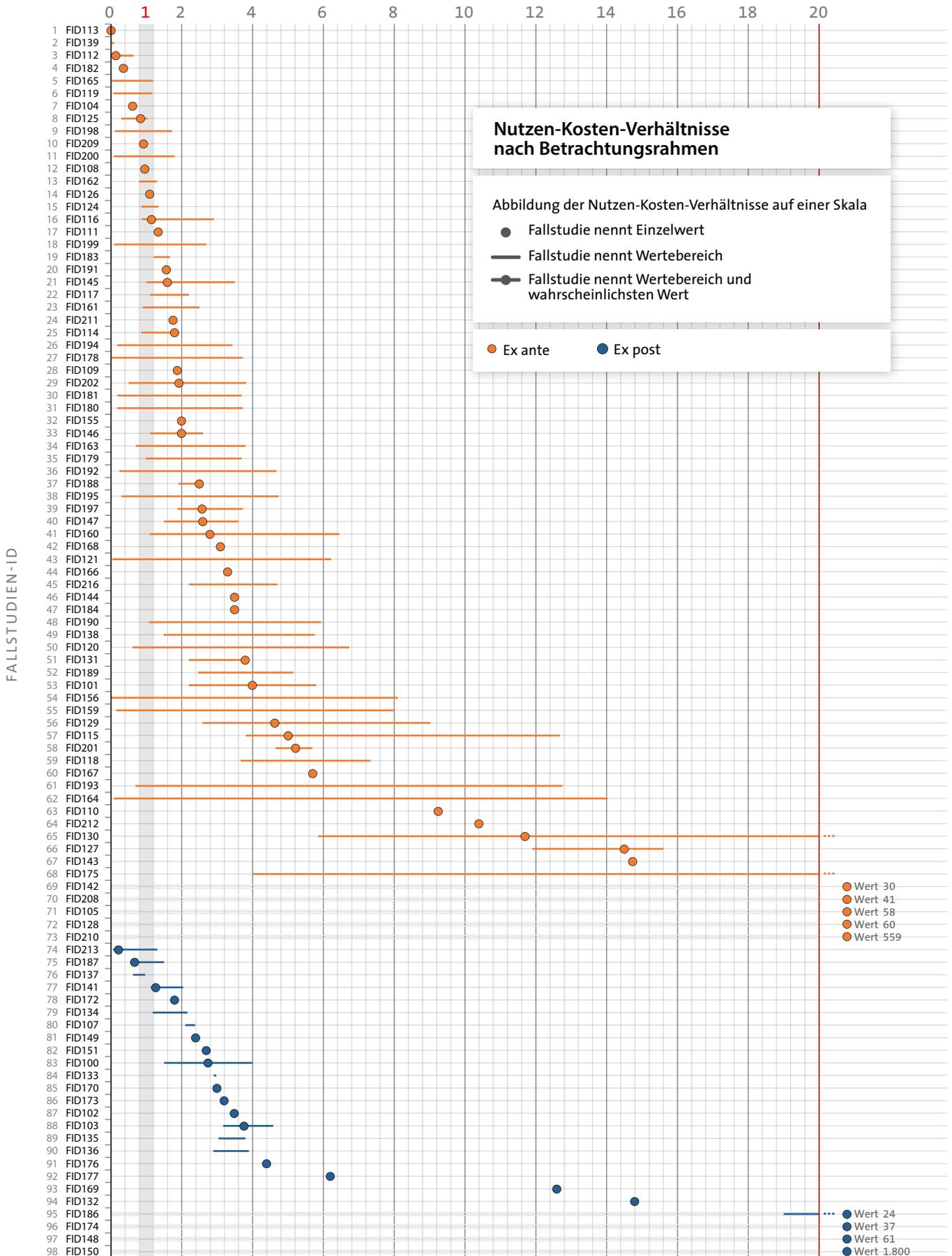


Abbildung 8: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen nach Betrachtungsrahmen (n=98, Fallstudien mit kombiniertem Betrachtungsrahmen werden nicht abgebildet).

Ex ante Fallstudien weisen – im Vergleich zu ex post Betrachtungen – im Schnitt einen größeren Unsicherheitsbereich auf. Des Weiteren ist ein schwaches Indiz dafür

zu erkennen, dass ex ante Maßnahmen im Schnitt ein positiveres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen als ex post Betrachtungen.

**Werteermittlung und Schadensarten**

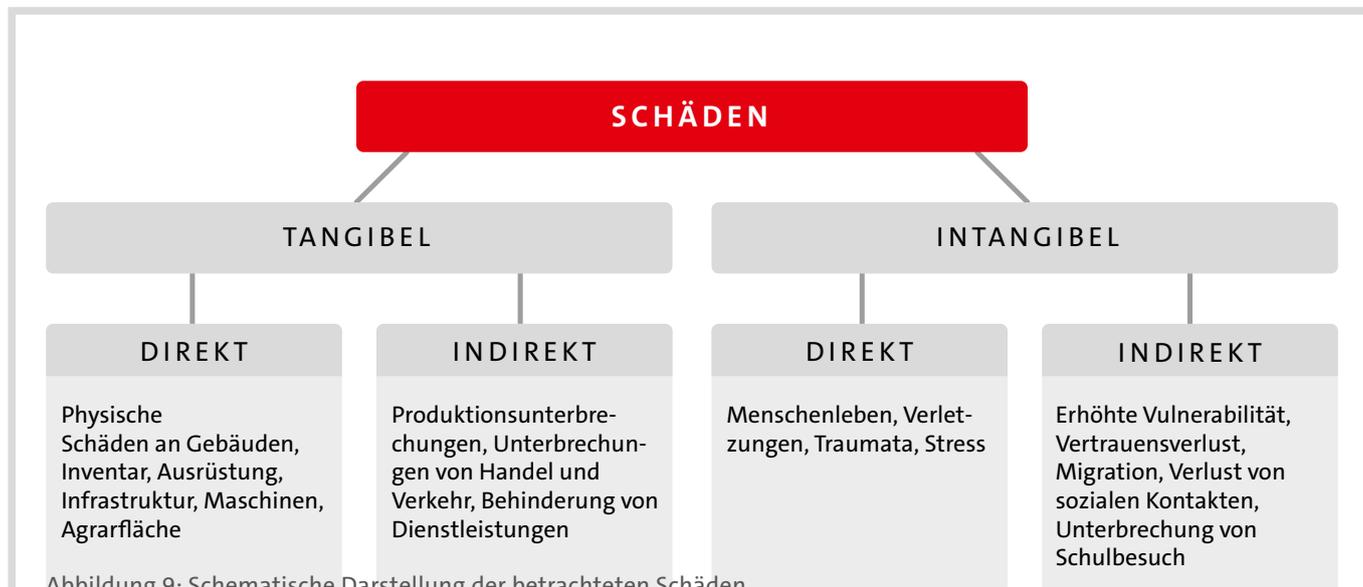


Abbildung 9: Schematische Darstellung der betrachteten Schäden.

Um Kosten und Nutzen einer Katastrophenvorsorgemaßnahme in monetären Werten ausdrücken zu können, ist sowohl eine Festlegung der Kosten der Maßnahme, als auch eine Ermittlung der Schäden, welche ohne und mit der Maßnahme entstehen, notwendig.

Schäden werden als tangibel bezeichnet, wenn die betroffenen Entitäten einen Marktwert haben (z.B. Gebäudesubstanz, Ausrüstungsgegenstände von Betrieben, Dienstleistungen, Inventar eines Gebäudes etc.) und sich daher in monetären Werten ausdrücken lassen.

Den tangiblen Werten gegenüber stehen die intangiblen Werte. Diese haben keinen direkten Marktwert. Es sind also Werte, welche man nicht monetär erwerben kann. Dazu gehören sowohl soziale Schäden wie der Verlust von Menschenleben, Verletzungen, Traumata oder Unsicherheitsgefühl als auch Schäden an natürlichen Werten wie der Biodiversität, dem Verlust von Lebensräumen sowie der Minderung von Ökosystemdienstleistungen. Die Schwierigkeit liegt darin, diesen Werten einen Preis zuzuordnen, um sie für die Kosten-Nutzen-Analyse verwertbar zu machen. Direkte Schäden sind alle jene Verletzungen, Todesfälle oder Schäden, welche während oder direkt nach der Katastrophe auftreten. Indirekte Schäden hingegen sind schwerer monetär zu fassen (Kousky, 2012).

Für strukturelle Maßnahmen werden überwiegend die Bau- und Instandhaltungskosten zugrunde gelegt, während bei nicht-strukturellen Maßnahmen Material- und Produktionskosten (z.B. für die Herstellung von Frühwarnsystemen oder meteorologischem Gerät) am häufigsten genannt werden.

Die einbezogenen direkten tangiblen Schadenskategorien bei strukturellen und nicht-strukturellen Maßnahmen sind fast identisch. Gebäudeschäden, Schäden an landwirtschaftlichen Flächen, Ausrüstung, Inventar und der Verkehrsinfrastruktur werden am häufigsten genannt.

Von den einbezogenen indirekten tangiblen Schäden werden Betriebsausfall und Einkommenseinbußen am häufigsten betrachtet. Die Kategorie der indirekten tangiblen Schäden kann von erheblicher Bedeutung sein. So haben Padgett, Dennemann & Gosh (2010) Kosten und Nutzen einer erdbebenresistenten Brücke im US-Bundesstaat Missouri betrachtet. Die Fallstudie kommt zu dem Schluss, dass die indirekten Schäden (z.B. durch erhöhte Fahrzeiten im Falle der Zerstörung der Brücke) 5 bis 20-mal höher als die direkten Schäden sein können.

Ein besonders heikler Punkt in der Kosten-Nutzen-Analyse ist es, einen Preis für ein menschliches Leben (oder für den Verlust desselben) zu ermitteln, da hier zu den methodischen Schwierigkeiten ethische Bedenken hinzukommen (Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008; Benson & Twigg, 2004; Cropper & Sahin, 2009). In den Fallstudien wird in der Regel das Erwerbseinkommen bzw. das Pro-Kopf-Einkommen als Wert eines Menschenlebens zugrunde gelegt (Humankapitalansatz).

Am häufigsten wurden Menschenleben als intangible Schäden monetarisiert. Die angenommenen Werte für ein menschliches Leben differieren zwischen den Fallstudien teilweise erheblich. Der niedrigste angenommene Wert von 35.000 USD wird in einer Fallstudie angesetzt (Hallegatte, 2012), der höchste (6 Millionen USD) in fünf Fallstudien (Kunreuther et al., 2012; Hochrainer-Stiegler et al., 2011). 6 Fallstudien arbeiten mit einem mittleren Wert von 3 Millionen USD, 5 Fallstudien mit einem Wert von 150.000 USD. Bei einigen Fallstudien stellt sich erst ein Nutzen-Kosten-Verhältnis größer als Eins ein, wenn menschlichem Leben ein Wert zugewiesen wird (Hochrainer-Stiegler et al., 2011; Kunreuther et al., 2012). Bemerkenswert ist außerdem, dass erheblich mehr Fallstudien, welche strukturelle Maßnahmen betrachten, eine Monetarisierung von Menschenleben vornehmen (unter Betrachtung der Fallzahlen rund doppelt so viele).

**Analysezeitraum**

In den Fallstudien für Nordamerika und Teile Europas wird ein erheblich längerer Analysezeitraum – und damit auch eine längere Wirkungsdauer einer Maßnahme – angesetzt, als in den afrikanischen sowie

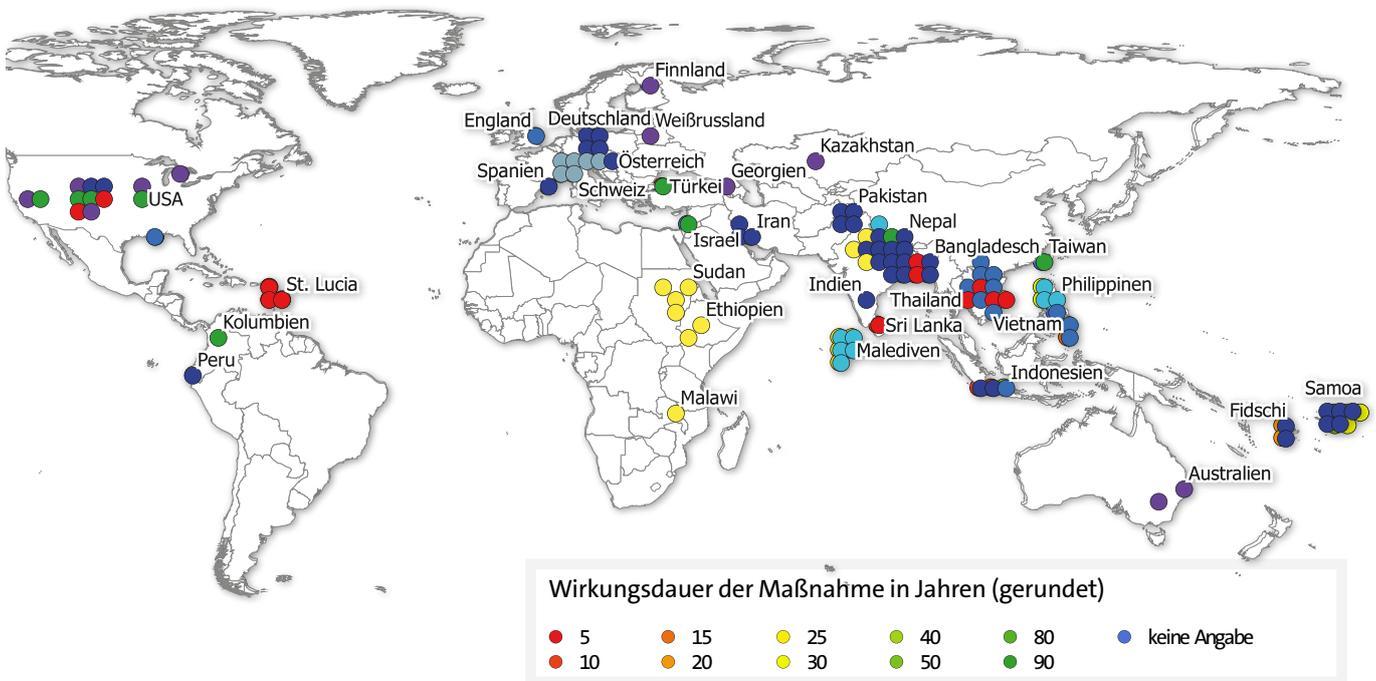


Abbildung 10: Geographische Verteilung der Fallstudien differenziert nach der angenommenen Wirkungsdauer (gerundet in Jahren) der Maßnahme (n = 109, Fallstudien mit internationalem Untersuchungsgebiet sind nicht abgebildet, nationale Fallstudien sind auf dem Mittelpunkt des jeweiligen Landes verzeichnet, lokale und regionale Fallstudien sind lageähnlich auf dem Untersuchungsgebiet verzeichnet, Grundkarte verändert nach [http://biogeo.ucdavis.edu/data/world/countries\\_shp.zip](http://biogeo.ucdavis.edu/data/world/countries_shp.zip)).

süd- und südostasiatischen Untersuchungsgebieten (s. Abbildung 10). Zudem kann aus den Fallstudien abgelesen werden, dass in ex ante Betrachtungen in der Regel eine längere Wirkungsdauer angesetzt wird, als dies bei ex post Betrachtungen der Fall ist.

Der Analysezeitraum der Maßnahmen variiert zwischen 7 und 90 Jahren, wobei der Großteil der Fallstudien einen Analysezeitraum von 30 bis 50 Jahren zugrunde legt (41 Fallstudien). 14 Fallstudien machen keine Angabe zum Analysezeitraum.

Der Analysezeitraum ist in den meisten Fällen die angenommene Zeitspanne, über welche die Maßnahme einen Nutzen erbringen wird. So kann sich etwa die Wirksamkeit einer Maßnahme verändern, z.B. weil sie baufällig geworden ist (bei strukturellen Maßnahmen) oder weil Training und Handlungsweisungen nicht mehr weitergegeben und praktiziert werden (bei nicht-strukturellen Maßnahmen). Einige Studien legen aber auch die Laufzeit eines Projektes als Wirkungsdauer zugrunde, obgleich die tatsächliche Wirkungsdauer der Maßnahme erheblich länger als die Projektdauer (in der Regel wenige Jahre) sein kann.

### Diskontierung

Die angesetzten Diskontierungsraten der Fallstudien weisen eine vergleichbare geographische Verteilung wie die Dauer der Analysezeiträume auf. In Westeuropa und Nordamerika wird generell eine deutlich niedrigere Diskontierungsrate angesetzt (etwa 0 % bis 2 %), gemessen an Fallstudien in Lateinamerika, Süd- und Südostasien sowie Afrika (etwa 7 % bis 20 %).

Insgesamt betrachtet variiert die Diskontierung zwischen 1,3 % und 20 %. 98 Fallstudien legen eine Diskontierung zur Ermittlung von Kosten und Nutzen einer Katastrophenvorsorgemaßnahme zugrunde, wobei 69 dieser Fallstudien eine Diskontierung zwischen 7 % und 12 % festlegen.

Als Diskontierung wird die Präferenz gegenwärtiger Geldwerte (Kosten oder Nutzen) gegenüber zukünftigen bezeichnet. Menschen werten die Gegenwart höher als die Zukunft und gewichten Geldwerte in der Gegenwart damit auch höher als zukünftige. Je weiter in der Zukunft ein Nutzen eintritt, desto weniger Wert wird ihm dadurch zugerechnet (Pearce, 2006). Dieser Zeitpräferenz wird in vielen Kosten-Nutzen-Analysen dadurch Rechnung getragen, dass von zukünftigen Geldwerten in definierten Zeitintervallen ein festgelegter Prozentsatz abgezogen wird.

## 5.4. Darstellung des Ergebnisses

In 102 der 117 Fallstudien liegt das erwartete Verhältnis aus Nutzen und Kosten über Eins – der Nutzen übersteigt also die Kosten. Dies ist ein starkes Argument dafür, knappe Mittel in erhöhtem Maße für die Kata-

strophenvorsorge zur Verfügung zu stellen. Die Ergebnisse zu den betrachteten Hazards werden in Kapitel 6 detaillierter betrachtet.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis errechnet sich aus den Kosten einer Vorsorgemaßnahme dividiert durch den Nutzen dieser Maßnahme (Chadburn et al., 2010). Das Ergebnis dieser Berechnung wird, ähnlich dem Maßstab einer geographischen Karte, als Verhältnis angegeben (z.B. 1:2 oder 1:10), wobei für ein ökonomisch vorteilhaftes Projekt gilt, dass der Divisor größer als Eins ist. Oft wird das Ergebnis aber auch als Nutzen-Kosten-Verhältnis angegeben, also der errechnete Nutzen durch die errechneten Kosten dividiert. Bei dieser Darstellungsweise ist ein Ergebnis ökonomisch vorteilhaft, wenn es größer als Eins ist. In diesem Fall übersteigt der soziale Nutzen die sozialen Kosten, und die Maßnahme stellt einen Gewinn für die Gesellschaft dar (Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008).

## 5.5. Unsicherheitsfaktoren

Von der Gefährdungsanalyse bis hin zur Diskontierung ist jeder Schritt der Kosten-Nutzen-Analyse teils mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Es ist wichtig, die Quellen dieser Unsicherheiten herauszustellen (Forni, 2014). Gleichzeitig sollte eine Fallstudie auch beschreiben, wie mit diesen Unsicherheiten umgegangen wurde.

In 82 der 117 Fallstudien wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Am häufigsten wird dabei die Diskontierung variiert (54 Fallstudien), gefolgt von einer Änderung der Intensität des Referenzereignisses (39 Fallstudien). Kosten und Nutzen werden in 33 beziehungsweise 30 Fallstudien variiert. Seltener wird die Wirkungskdauer (bzw. der Betrachtungszeitraum) einer Maßnahme variiert (17 Fallstudien).

Nur in 21 Fallstudien werden zukünftige klimatische Änderungen in der Kosten-Nutzen-Analyse (sieben Fallstudien des Subtyps Binnenfluten, fünf der Gruppe Multihazard, jeweils vier des Subtyps Sturmflut und des Typs Dürre, eine des Typs Sturm) berücksichtigt.

Unsicherheitsfaktoren sind beispielsweise fehlende Messreihen, um einen Hazard hinsichtlich seiner Intensität und Häufigkeit zu charakterisieren. Außerdem kann die Ermittlung aller tatsächlich oder hypothetisch auftretenden Kosten eine erhebliche Herausforderung darstellen (insbesondere die Erfassung intangibler Schäden). Auch hat die Diskontierungsrate einen großen Einfluss auf das Ergebnis. Trotzdem herrscht in der Literatur keine Einigkeit darüber, welche Werte für welche Vorsorgemaßnahme und Laufzeit zu wählen sind. Gleiches gilt für die Wahl des Betrachtungszeitraums.

Um den Unsicherheiten Rechnung zu tragen, sollte als letzter Schritt der Kosten-Nutzen-Analyse eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden. Die Sensitivitätsanalyse variiert Annahmen und Werte (z.B. Betrachtungszeitraum, Diskontierungsrate), wobei immer nur eine Annahme bzw. ein Wert variiert und alle anderen Ausprägungen der einzelnen Schritte der Kosten-Nutzen-Analyse konstant gehalten werden (Woodruff, 2008; Tuan & Tinh, 2013).

## 6. HAZARDSPEZIFISCHE AUSWERTUNG

### 6.1. Einleitung

In Folgenden werden die hazardspezifischen Fallstudien genauer untersucht. Es werden Besonderheiten im Bezug auf die verschiedenen Hazards herausgestellt und die Effizienz der Vorsorgemaßnahmen beschrieben.

Für einige Hazards konnte nur eine geringe Anzahl an Fallstudien gefunden werden, wohingegen andere Hazards in den Fallstudien sehr häufig vertreten sind. Dadurch ergeben sich erhebliche Differenzen in der Anzahl von Fallstudien pro Hazard.

### 6.2. Berggrutsche

Nur sechs Fallstudien bestimmen für Katastrophenvorsorgemaßnahmen gegen Berggrutsche ein Kosten-Nutzen-Verhältnis. Es lassen sich somit nur bedingt gültige Aussagen treffen. In allen Fallstudien liegt das Ergebnis oder der Ergebnisbereich nahe der Eins oder sogar darunter. Möglicherweise ist dies auf die Lage der Betrachtungsgebiete zurückzuführen, welche ausschließlich in den Schweizer und Österreichischen Alpen liegen. Es ist davon auszugehen, dass in diesen Gebieten bereits ein guter Schutz gegen Erdbeben besteht. Zusätzliche Schutzmaßnahmen sind daher mit höheren Kosten verbunden und zeigen möglicherweise eine geringere Wirkung, da ein Grundschutz bereits besteht. Auf Grundlage der wenigen vorliegenden Ergebnisse scheint es nicht kosteneffizient, in Vorsorgemaßnahmen gegen Berggrutsche zu investieren. Wohlgermerkt trifft diese Aussage nur für die genannten Untersuchungsgebiete und spezifischen Vorsorgemaßnahmen zu. Es besteht ein großer Bedarf an weiterer Forschung, um belastbare Aussagen treffen zu können.

Unter die Kategorie der Berggrutsche fallen Schneelawinen, Steinschlag, Schlammlawinen und Murgänge. Es handelt sich dabei um hangabwärts gerichtete, der Schwerkraft folgende Verlagerungen von Oberflächenmaterialien.

### 6.3. Binnenfluten

Binnenfluten ist der Hazard, zu dem in den betrachteten Fallstudien mit Abstand die meisten Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt werden. Aus diesem Grunde wird in Abbildung 11 das Kosten-Nutzen-Verhältnis spezifisch für Binnenfluten nach dem Fokus der Maßnahme abgebildet.

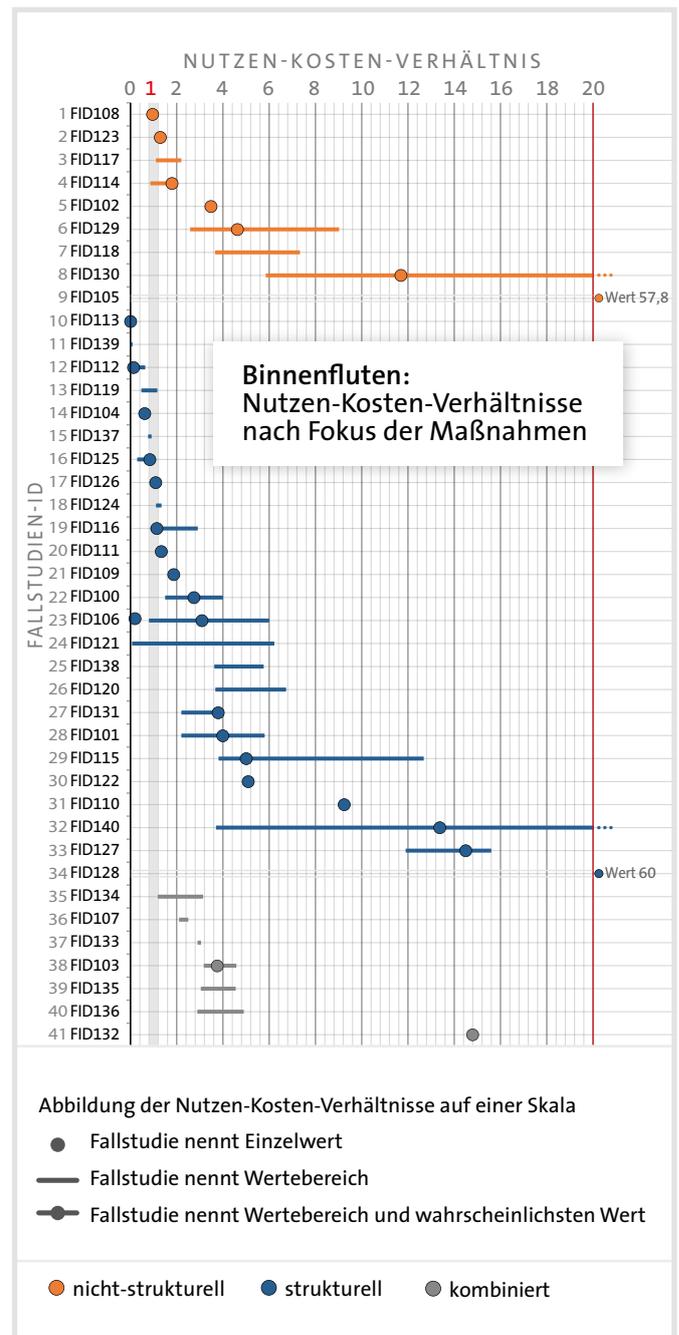


Abbildung 11: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen von Vorsorgemaßnahmen gegen Binnenfluten nach Fokus der Maßnahme (n=41, Sortierung aufsteigend nach Ergebnis).

Von 41 Fallstudien liegen bei neun die Ergebnisse (Nutzen-Kosten-Verhältnis) unter Eins. Da bei diesen neun Fallstudien in acht Fällen strukturelle Maßnahmen untersucht werden (in nur in einem Fall eine nicht-strukturelle Maßnahme), scheint sich der Trend zu bestätigen, dass nicht-strukturelle Maßnahmen robuster sind, einen breiteren Anwendungsbereich aufweisen und mit geringeren Kosten realisiert werden können als strukturelle Maßnahmen.

Strukturelle Maßnahmen umfassen zum einen große infrastrukturelle Bauvorhaben wie Deiche, Flussumlei-

tungen und Polder, zum anderen die Erhöhung und Stabilisierung von Gebäuden. Die nicht-strukturellen Maßnahmen umfassen hauptsächlich Frühwarnsysteme.

Als Binnenüberflutungen werden Überflutungen entlang von Flussläufen bezeichnet. Überflutungen entlang von Flussläufen sind weltweit der häufigste Auslöser für Naturkatastrophen.

#### 6.4. Dürren

Die Ergebnisse der Fallstudien zu Dürren (n=10) divergieren sehr stark. Der Ergebnisbereich von zwei Fallstudien liegt nur knapp über Eins. Hingegen gehören die Ergebnisse von fünf Fallstudien zu den höchsten, welche über alle Hazards hinweg ermittelt wurden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Vorsorgemaßnahmen gegen Dürren großes Potenzial aufweisen, um Schäden kosteneffizient zu vermindern. In der vorhandenen Literatur wird ein breites Spektrum an unterschiedlichen Maßnahmen untersucht. Bei vorsichtiger Interpretation lassen sich Empfehlungen bezüglich der Art der Maßnahme ableiten. So liegen die Maßnahmen Brunnenbau, Bau von Pumpen oder Dämmen – selbst unter optimistischen Annahmen – unterhalb eines Nutzen-Kosten-Verhältnisses von vier. Demgegenüber weisen nicht-strukturelle Maßnahmen wie Training

und Ausbildung, Diversifizierung der Landwirtschaft, Bereitstellung von Saatgut und Gründung von Gremien sowie der (strukturelle) Bau von Gemeinschaftsgärten durchweg ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 25 oder höher auf. Es bestätigt sich hier abermals das Bild, dass nicht-strukturelle Maßnahmen aus ökonomischer Perspektive effizienter als strukturelle Maßnahmen sind.

Dürren gehören als einzige der hier betrachteten zu den langsam einsetzenden Hazard. Sie werden definiert als das Ausbleiben von Regen über einen – je nach örtlichen Gegebenheiten – zu bestimmenden Zeitraum (Mechler et al., 2008).

#### 6.5. Erdbeben (Bodenerschütterungen)

Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Erdbeben führen gemessen an den anderen betrachteten Hazards am häufigsten zu einem ökonomisch ineffizienten Ergebnis. Der Wertebereich von fast allen (neun von elf) Fallstudien berührt entweder den Wert des ökonomischen Equilibriums, oder Teile des angegebenen Wertebereichs liegen darunter. Bei den betrachteten Fallstudien zu Erdbeben spielt es eine große Rolle, ob Menschenleben als ökonomischer Faktor mit einbezogen werden oder nicht. Die großen Wertebereiche bei diesem Hazard erklären sich aus dem Unterschied zwischen der Monetarisierung von Menschenleben und der Aussparung dieses Faktors.

Erdbeben entstehen hauptsächlich durch die Verschiebung von tektonischen Platten. Damit lässt sich ihre geographische Verteilung gut bestimmen und vorhersagen. Problematisch ist jedoch die kaum mögliche zeitliche Vorhersagbarkeit. Sie verursachen weltweit die meisten Todesfälle der betrachteten Hazard.

## 6.6. Hydro-meteorologische Ereignisse

Der ökonomische Nutzen der Errichtung oder Verbesserung von meteorologischen Diensten wurde in zwölf Fallstudien untersucht. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis der Fallstudien zu hydrometeorologischen Ereignissen liegt in allen Fällen über Eins, meist sogar deutlich darüber. Die meisten Ergebnisse liegen zwischen drei und sechs. Investitionen in diese Dienste scheinen also empfehlenswert. Dies gilt umso mehr, als dass ein überwiegender Teil der Fallstudien in Ländern mit einem hohen Stand menschlicher Entwicklung (HDI) durchgeführt wurde (USA, Australien und Finnland).

Es ist jedoch auffällig, dass in keiner der Fallstudien der Klimawandel als Faktor in die Betrachtung mit einbezogen wird. Es steht zu erwarten, dass die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen noch positiver ausfallen

würden, wenn eine durch den Klimawandel hervorgerufene Erhöhung der Frequenz von Extremwetterereignissen in den Berechnungen berücksichtigt werden würde.

Die Kategorie der hydrometeorologischen Ereignisse umfasst Fallstudien, welche Kosten und Nutzen von meteorologischen Diensten analysieren. Durch diese Dienste ist es möglich, meteorologische und hydrologische Ereignisse vorherzusagen sowie klimatologische Trends zu extrapolieren.

## 6.7. Multihazards

Obwohl in der Literatur oft auf die Vorteile hingewiesen wird, Maßnahmen zu implementieren, welche nicht nur gegen einen spezifischen sondern eine Bandbreite an Hazards wirksam sind, werden nur in relativ wenigen Fallstudien solche Maßnahmen analysiert (n=10). Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass eine Konzeptionierung und Analyse dieser Maßnahmen komplexer ist als die Betrachtung einzelner Hazards.

Die vorliegenden Ergebnisse stützen nicht die Aussage, dass Maßnahmen im Rahmen von Multihazardbetrachtungen im Vergleich zu anderen Hazards besonders effizient sind. Obwohl im Ergebnis aller Analysen das Nutzen-Kosten-Verhältnis über Eins liegt, ist bei fünf Fallstudien der Ergebnisbereich bei Ansetzen einer konservativen Annahme unterhalb dieses ökonomischen Equilibriums.

Die großen Unsicherheiten in den Ergebnissen gehen vermutlich auf die angesprochene Komplexität der Analyse zurück. Trotzdem weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Investitionen in Maßnahmen in Multihazardumgebungen ökonomisch effizient sind und der Nutzen die Kosten für die Maßnahme in der Regel übersteigt.

Multihazardbetrachtungen richten die Aufmerksamkeit darauf, dass mehrere Arten von Hazard in einem Gebiet gleichzeitig auftreten oder einander bedingen können.

## 6.8. Stürme

Es wurden 13 Fallstudien mit Kosten-Nutzen-Analysen zu Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Stürmen untersucht. Nur in einem Fall liegt das ermittelte Ergebnis unter dem Nutzen-Kosten-Verhältnis von Eins. In vier Fallstudien tangiert der Ergebnisbereich den Wert von Eins. Auf der anderen Seite werden in drei Fällen sehr positive Werte ermittelt, in einem Fall sogar ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von über 500. Es ergibt sich somit ein

gemischtes, insgesamt aber günstiges Bild für Vorsorge-maßnahmen gegen durch Stürme verursachte Schäden.

Stürme sind meteorologische Ereignisse, welche von allen betrachteten Hazard weltweit die größten Schäden verursachen.

## 6.9. Sturmfluten

---

Zu der Hazardklasse Sturmfluten wurden 13 Fallstudien untersucht. Nur in zwei Fällen liegt das Nutzen-Kosten Verhältnis (oder der Ergebnisbereich) unter Eins. Auffallend häufig werden bei Fallstudien zu diesem Hazard Werte ermittelt, welche sehr deutlich über Eins liegen. Tendenziell nehmen aber auch die Unsicherheiten der Ergebnisbestimmung bei diesen Fallstudien mit extrem positiven Werten zu. Alle Fallstudien haben Maßnahmen mit strukturellem Fokus untersucht, welche unter die Vermeidungsstrategie fallen.

Sturmfluten werden maßgeblich durch auflandige Stürme hervorgerufen. Dies können gleichermaßen außertropische Stürme wie tropische Wirbelstürme sein, welche das Wasser in Richtung Küste pressen.

## 7. DISKUSSION

### 7.1. Untersuchungsgebiet, Hazard und Vulnerabilität

Oft wird die Annahme geäußert, dass Katastrophenvorsorgemaßnahmen in Ländern mit geringem HDI durchschnittlich ökonomisch effizienter sind als in höher entwickelten Ländern. Als Gründe für diese Annahme wird genannt, dass in Ländern mit geringem HDI große Teile der Bevölkerung oft sehr konzentriert in wenigen urbanen Räumen leben (Ganderton, 2005). Außerdem wird als möglicher Grund genannt, dass Naturkatastrophen in wenig entwickelten Ländern oft große makroökonomische Auswirkungen haben, während der makroökonomische Schaden relativ zum Bruttoinlandsprodukt in höher entwickelten Ländern vergleichsweise gering ist (Keating et al., 2014).

Werden die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analysen aller 117 Fallstudien gegen den HDI des Landes, in welchem die entsprechende Studie durchgeführt wurde, abgetragen, nimmt die Effizienz der Maßnahmen mit sinkendem Entwicklungsstand eines Landes tatsächlich zu. Es lässt sich anhand der existierenden Datenbasis nicht schlüssig erklären, welche Faktoren tatsächlich zu diesem Zusammenhang führen. Aus dieser Gegenüberstellung kann aber abgeleitet werden, dass in Ländern mit einem niedrigen HDI Katastrophenvorsorgemaßnahmen in aller Regel erfolgreicher sind, als in Ländern mit einem hohen HDI.

Auffällig ist zudem, dass einige wenige Hazardklassen wie Sturmfluten und Binnenfluten in den Fallstudien sehr häufig betrachtet werden. Zwar sind weltweit tatsächlich die meisten Menschen von Fluten betroffen (2,5 Milliarden bzw. 55 % aller von Hazards Betroffenen in dem Zeitraum 1994 bis 2013), aber gemessen an der

Anzahl der Todesfälle müsste Erdbeben und Stürmen ein größeres Gewicht zukommen (CRED, 2015). Andere Hazards – wie Vegetationsbrände – treten zumindest regional sehr häufig auf, werden aber bei den Fallstudien nicht berücksichtigt.

Es lässt sich auf Grundlage der Literatur nicht beurteilen, ob das Fehlen von Fallstudien zumindest teilweise auch auf das Fehlen von Vorsorgemaßnahmen gegen die Auswirkungen dieser Hazards zurückzuführen ist. Es ist wünschenswert, dass in Zukunft auch vermehrt Fallstudien zu Hazards durchgeführt werden, welche bis jetzt nicht oder kaum behandelt werden. Nur wenn zu einer großen Bandbreite an Hazards eine solide Datenbasis zur Effizienz von Vorsorgemaßnahmen vorhanden ist, können die Ergebnisse gegenübergestellt und dadurch eventuell hazardübergreifende Erkenntnisse der Effizienz der jeweiligen Vorsorgemaßnahmen abgeleitet werden.

Lediglich für die Hazardklassen Dürre und hydrometeorologische Ereignisse wurden im Rahmen dieser Meta-Analyse Fallstudien recherchiert, welche alleamt ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von über Eins ermitteln. Bei den anderen Hazardklassen zeigt sich, dass nicht jede Katastrophenvorsorgemaßnahme eine hohe ökonomische Effizienz garantiert, sondern teilweise sogar die Kostenneutralität nicht erreicht wird. Dies bedeutet nicht zwangsweise, dass eine Maßnahme aus sozialemethischer Perspektive nicht sinnvoll ist. Allerdings widerspricht dies dem weitverbreiteten Verständnis, dass sich jede Katastrophenvorsorgemaßnahme um ein Vielfaches auszahlt. Besonders bei Hazardklassen mit einem größeren Sampleumfang (z.B. Binnenflut, Sturmflut, Sturm) wird dieser Aspekt deutlich.

### 7.2. Vorsorgemaßnahme und Folgenabschätzung

Es werden erheblich mehr strukturelle Maßnahmen in der Literatur betrachtet und vermutlich auch real in der Katastrophenvorsorge umgesetzt. Dies kann auf zwei Faktoren zurückgeführt werden. Zum einen ist es me-

thodisch anspruchsvoller, den Nutzen von nicht-strukturellen Maßnahmen zu ermitteln, da oft schwierig zu ermitteln ist, welche Effekte direkt mit der Maßnahme in Zusammenhang stehen. Zum anderen ist bei

nicht-strukturellen Maßnahmen nicht immer problemlos festzustellen, ob es sich bei diesen um Katastrophenvorsorgemaßnahme handelt. Beispielsweise könnte jede Bildungsmaßnahme – welche womöglich einzig darauf abzielt, den Teilnehmern Zugang zu besser bezahlter Arbeit zu ermöglichen – als Katastrophenvorsorgemaßnahme gewertet werden, da sie in jedem Fall

die Resilienz einer Gesellschaft erhöht und damit die Fähigkeit, besser mit Katastrophen umzugehen.

Es lässt sich also aus der Verteilung der Fallstudien nicht automatisch darauf schließen, dass insgesamt mehr strukturelle Maßnahmen implementiert werden.

Speziell bei den Hazardklassen Dürre und hydrometeorologische Ereignisse scheint der nicht-strukturelle Fokus vielversprechende Maßnahmen zu umfassen. Womöglich könnte aus dieser Erkenntnis, gepaart mit der Tatsache, dass von allen betrachteten Hazardklassen Maßnahmen gegen Dürre und hydrometeorologische Ereignisse am besten abschneiden, ein starkes Argument für die vermehrte Umsetzung nicht-struktureller Maßnahmen – auch für andere Hazardklassen – erwachsen.

Nicht-strukturelle Maßnahmen empfehlen sich zudem, falls Unsicherheiten bei der Hazardanalyse auftreten. Zum einen sind diese flexibler und können leichter an sich ändernde Bedingungen angepasst werden als strukturelle Maßnahmen (Keating et al., 2014; Van Niekerk et al., 2013), zum anderen sind sie im Allgemeinen auch kostengünstiger (Chadburn et al., 2010).

### 7.3. Ermittlung der monetären Werte

Es überrascht nicht, dass ex ante Fallstudien im Vergleich zu ex post Fallstudien im Schnitt einen größeren Unsicherheitsbereich aufweisen.

Die verhältnismäßig große Anzahl an Fallstudien, welche ex ante eine sehr gute ökonomische Effizienz errechnen haben, könnte zudem ein Zeichen dafür sein, dass der Erfolg von Maßnahmen vor der Realisierung überschätzt wird. Gleiches gilt auch für die Wirkungsdauer. Es wird im Mittel eine längere Wirkungsdauer der Maßnahmen angenommen als es bei ex post Betrachtungen der Fall ist.

Generell ist die Monetarisierung der genannten Schadenskategorien – insbesondere der intangiblen und der indirekten Schäden – mit methodischen Schwierigkeiten verbunden. Bei der Ergebnisermittlung der Kosten-Nutzen-Analyse werden sie deshalb oft genannt, aber nicht als Werte miteinbezogen. Die Kosten der Maßnahme sind hingegen relativ leicht zu ermitteln, und es kann davon ausgegangen werden, dass deren Wert in den meisten Fällen genau erfasst wird. Daher kann vielfach angenommen werden, dass der tatsächliche relative Nutzen einer Maßnahme höher liegt als das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse suggeriert (Vorhies, 2012; Woodruff, 2008). Es wird sogar

vermutet, dass der Wert der Verhinderung von intangiblen und indirekten Schäden wesentlich höher ist als der Wert der verhinderten Schäden, welche sich leicht in monetären Werten ausdrücken lassen (Dedeurwaerdere, 1998; UNISDR, 2011).

Der gewählte Zeitraum, über welchen die Kosten-Nutzen-Analyse betrachtet wird, hat große Auswirkungen auf das Ergebnis. Dies liegt zum einem an der Diskontierung, welche den monetären Wert des Nutzens der Maßnahme mit zunehmender Betrachtungsdauer im Verhältnis zu den anfallenden Kosten sinken lässt. Zum anderen kann davon ausgegangen werden, dass die der Kosten-Nutzen-Analyse inhärenten Unsicherheiten zunehmen, je länger der Betrachtungszeitraum ist (Kull, Mechler & Hochrainer-Stiegler, 2013). Die bewusste Wahl des Betrachtungszeitraumes ist deshalb wichtig, kann aber lediglich auf Schätzungen beruhen.

Gleiches gilt für die Wahl der Diskontierungsrate. Sie hat einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse. Trotzdem herrscht in der Literatur keine Einigkeit darüber, welche Werte für welche Vorsorgemaßnahme und Laufzeit zu wählen sind.

## 7.4. Darstellung des Ergebnisses

Neben der Ergebnisdarstellung der Kosten-Nutzen-Analyse als Verhältniszahl gibt es weitere Darstellungsmöglichkeiten, welche in dieser Metastudie nicht berücksichtigt wurden. Neben dem Kosten-Nutzen-Verhältnis sind die beiden gängigsten Methoden der Kapitalwert und der interne Zinsfuß. Alle drei Methoden liefern Aussagen bezüglich der ökonomischen Rentabilität von Projekten. Für die Überprüfung, ob ein Projekt generell rentabel ist – ob also der Nutzen die Kosten übersteigt – sind alle drei Methoden also gleichermaßen geeignet.

Dennoch sind die Ergebnisse dieser drei Verfahren zur Ermittlung eines Kosten-Nutzen-Verhältnisses nicht ohne weitere Umrechnungen vergleichbar. Es wäre wünschenswert, sich auf eine einheitliche Ergebnisdarstellung in der Kosten-Nutzen-Analyse zu einigen. Einige Fallstudien sind bereits dazu übergegangen, das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse in zwei oder allen drei Ergebnisdarstellungen zu präsentieren, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen (s. z.B. Mechler & The Risk to Resilience Study Team, 2008).

## 7.5. Unsicherheitsfaktoren

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist ein wirkungsvolles Mittel zur Bewertung der ökonomischen Effizienz von Vorsorgemaßnahmen. Trotzdem sollten die Ergebnisse als Annäherungen und nicht als „wahre“ Werte betrachtet werden, da oben genannte Punkte starke Auswirkungen auf die Ergebnisermittlung haben.

Um die Ergebnisse in dem Kontext der getroffenen Annahmen bewerten zu können, ist es daher wichtig, bei der Analyse möglichst transparent zu arbeiten. Folgende vier Punkte sind dabei essentiell:

- › Hervorhebung und Nennungen von Unsicherheiten
- › Begründung von getroffenen Annahmen
- › Nennung von Schadensarten, welche bei der Analyse nicht berücksichtigt wurden, und Gründe für deren Nichtbeachtung
- › Sensitivitätsanalyse

Dadurch wird der Leser einer Studie für die möglichen Schwierigkeiten sensibilisiert und es wird vermieden, den Eindruck zu erwecken, dass das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse ein unverrückbarer Wert ist.

Maßnahmen, welche auf extreme Hazard ausgelegt sind, haben oft hohe Investitionskosten und sind mit starken Unsicherheiten über das Eintreten dieses Ereignisses behaftet (Moench & The Risk to Resilience Study Team, 2008). Viele Gemeinschaften oder Gesellschaften sind jedoch von Hazard betroffen, welche zwar eine geringere Magnitude haben, jedoch sehr regelmäßig auftreten. Solche Ereignisse können über die Zeit große Schäden anrichten und kontinuierlich die Entwicklung der betroffenen Bevölkerungsgruppen erodieren (Moench & The Risk to Resilience Study Team, 2008). Mit einem Fokus auf Hazard, welche eine geringere Intensität haben, jedoch häufiger auftreten, können sehr effiziente Maßnahmen umgesetzt werden. Dies gilt speziell für Regionen mit einem niedrigen Stand menschlicher Entwicklung (HDI). Hier können günstige Maßnahmen sehr große Wirkungen entfalten, da bisher wenige Katastrophenvorsorgemaßnahmen implementiert sind.

Dadurch kann sich das Gebiet nachhaltig wirtschaftlich entwickeln (Hoang Tri, Adger & Kelly, 1998; Subbiah, Bildan & Narasimhan, 2008). Diese Dynamik findet sehr selten in der vorhandenen Literatur Beachtung.

## 8. FAZIT

In der vorliegenden Metastudie wurden 117 Fallstudien verglichen. Es handelt sich um eine der umfangreichsten Untersuchungen von Kosten-Nutzen-Analysen in der Katastrophenvorsorge. Die Strukturierung der 117 Fallstudien entlang der Arbeitsschritte macht die Ergebnisse vergleichbar und stellt diese in einen größeren Kontext. Damit können hazardübergreifende und hazardspezifische Aussagen zur Kosteneffizienz von Katastrophenvorsorgemaßnahmen getroffen werden.

Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Untersuchung der Kosten-Nutzen-Analysen:

- **Katastrophenvorsorge rechnet sich:** In 102 der 117 Fallstudien liegt das erwartete Verhältnis aus Nutzen und Kosten über Eins – der Nutzen übersteigt also die Kosten. Dies ist ein starkes Argument dafür, Mittel in erhöhtem Maße für die Katastrophenvorsorge zur Verfügung zu stellen.
- **Nicht-strukturelle Maßnahmen sind tendenziell ökonomisch effizienter als strukturelle Maßnahmen:** Es zeichnet sich ab, dass Kosten-Nutzen-Analysen öfter bei strukturellen als bei nicht-strukturellen Maßnahmen zu einem negativen Ergebnis kommen. Bei den 32 Fallstudien, welche ausschließlich nicht-strukturelle Maßnahmen betrachten, ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis nur in drei Fällen kleiner bzw. gleich Eins. Bei strukturellen Maßnahmen hingegen liegen die Ergebnisse bzw. der unterste Ergebnisbereich<sup>[2]</sup> von fast der Hälfte (34) aller Fallstudien unter dem Wert von Eins und sind damit aus einer ökonomischen Perspektive nicht effizient. Es ist zu vermuten, dass nicht-strukturelle Maßnahmen robuster gegenüber Unsicherheiten bei der Katastrophenvorsorge sind als strukturelle Maßnahmen.
- **Maßnahmen der Vermeidungs- und der Vorbereitungsstrategie sind ähnlich effizient:** Auf der Grundlage der 117 Fallstudien zeichnet sich keine Präferenz zu der Vermeidungs- oder der Vorbereitungsstrategie ab.
- **Der ökonomische Nutzen von Vorsorgemaßnahmen nimmt mit Abnahme des HDI des Landes zu:** Die Auswertung der Fallstudien lässt darauf schließen, dass Katastrophenvorsorgemaßnahmen in Ländern mit einem niedrigen HDI durchschnittlich mehr Nutzen im Verhältnis zu den Kosten generieren als in Ländern mit einem hohen Entwicklungsstand. Dies spricht dafür, den Einsatz von Katastrophenvorsorgemaßnahmen in den ärmsten Ländern der Welt weiter auszubauen. Dieser Trend ist umso höher zu werten, als bei Fallstudien in Ländern mit hohem Stand menschlicher HDI im Schnitt ein erheblich geringerer Diskontierungssatz für die Abbildung der Zeitpräferenz angenommen wird. Es muss allerdings angemerkt werden, dass Länder mit einem niedrigen HDI in der Kosten-Nutzen-Analyse von Katastrophenvorsorgemaßnahmen unterrepräsentiert sind.
- **In ex ante Betrachtungen wird durchschnittlich von längeren Wirkungsauern und vorteilhafteren Nutzen-Kosten-Verhältnissen ausgegangen als bei ex post Betrachtungen:** In der Gesamtübersicht zeichnet es sich ab, dass die Effizienz von Maßnahmen ex ante überschätzt wird. Die tatsächlich umgesetzten Maßnahmen weisen eine kürzere Wirkungsdauer und ein geringeres Kosten-Nutzen-Verhältnis auf als ex ante Fallstudien. Es fehlen jedoch geeignete Vergleichsstudien, welche die Effizienz derselben Maßnahme sowohl ex ante als auch ex post untersuchen. Diese sind dringend nötig, um Schlüsse über die Belastbarkeit von ex ante Analysen zuzulassen und die Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse in der Katastrophenvorsorge durch empirische Erkenntnisse verbessern zu können.
- **Das Ergebnis der Analysen scheint nach Art des Auftraggebers zu variieren:** Hilfsorganisationen und unabhängige Forschungseinrichtungen führen die Kosten-Nutzen-Analyse von eigenen Maßnahmen (geplant oder bereits umgesetzt) in der Regel selbst durch. Im Vergleich zu Analysen im Rahmen universitärer Forschungsprojekte zeigt sich hier im Schnitt ein besseres Nutzen-Kosten-Verhältnis.

[2] Bei Heranziehung der konservativsten Annahmen für Diskontierungsrate, Wirkungsdauer, Kosten der Maßnahme etc. in der Analyse.

› **In Ländern mit einem niedrigen HDI wird eine vergleichsweise geringere Wirkungsdauer angenommen:** Über alle Katastrophenvorsorgemaßnahmen hinweg ist ein erheblicher Unterschied in der Wirkungsdauer der Maßnahmen zwischen Ländern mit geringem oder mittlerem HDI und solchen mit einem hohen HDI zu beobachten. Dies hängt aber auch davon ab, welche Maßnahmen implementiert werden, und es ist nicht zweifelsfrei davon auszugehen, dass ein direkter Zusammenhang besteht.

Kurzfristig besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der methodischen Strukturierung von Kosten-Nutzen-Analysen. Besonders wichtig sind dabei wissenschaftlich hochwertige Studien, welche als Referenz für weitere Forschungen herangezogen werden können.

Langfristig ist eine Bündelung aller Vorhaben im Bereich der Kosten-Nutzen-Analyse von Katastrophenvorsorge-

maßnahmen wünschenswert. Denkbar wäre hier auch eine Datenbank aller Analysen differenziert nach Maßnahme, Untersuchungsgebiet und Hazard – ähnlich, wie es bereits für Katastrophen in EM-DAT geschieht.

Die Auswertung der 117 Fallstudien zur Ermittlung der ökonomischen Effizienz von Vorsorgemaßnahmen der Katastrophenvorsorge hat ergeben, dass die Katastrophenvorsorge sowohl projektübergreifend als auch hazardübergreifend große ökonomische Vorteile mit sich bringt.

Gleichzeitig liefert die vorliegende Metastudie einen methodischen Rahmen, welcher als Orientierung für zukünftige Arbeiten genutzt werden kann. Dadurch kann die Aussagekraft der Studien zur Kosten-Nutzen-Analyse erhöht und der Wert der Katastrophenvorsorge durch gezielte Forschungsvorhaben untermauert werden.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BENSON, C. & J. TWIGG (2004): Measuring Mitigation. Methodologies for Assessing Natural Hazard Risks and the Net Benefits of Mitigation. A Scoping Study. Geneva.
- BROCKMANN, C., B. HANSJÜRGENS, C. HICKEL, W. KÜHLING, U. LAHN, H.J. LINKE, A. NORDMANN, R. SCHALDACH & L. SCHEBECK (2015): Elemente von Umweltbewertungsmethoden. In: KALTSCHMITT, M. & L. SCHEBEK (Hrsg.): Umweltbewertung für Ingenieure. Methoden und Verfahren. Berlin/Heidelberg.
- CHADBURN, O., J. OCHARAN, K. KENST & C.C. VENTON (2010): Cost Benefit Analysis for Community Based Climate and Disaster Risk Management. Synthesis Report. London.
- CHIU, C.-K., F.-P. HSIAO & W.-Y. JEAN (2013): A Novel Lifetime Cost-Benefit Analysis Method for Seismic Retrofitting of Low-Rise Reinforced Concrete Buildings. In: Structure and Infrastructure Engineering 9 (9), S. 891–902.
- CRED (CENTER FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS) (2015): The Human Cost of Natural Disasters 2015. A Global Perspective. Brüssel.
- CROPPER, M.L. & S. SAHIN (2009): Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks. Washington, D.C. (Policy Research Working Paper Nr. 4832).
- DEDEURWAERDERE, A. (1998): Cost-Benefit Analysis for Natural Disaster Management. A Case Study in the Philippines. Louvain-la-Neuve (CRED Working Paper Nr. 143).
- FORNI, M. (2014): Development of a Global Probabilistic Cost-Benefit Analysis Tool. In: HIMMELFARB, A., E. PHILLIPS & A. WYAN (Hrsg.): Understanding Risk. Producing Actionable Information. Washington, D.C., S. 115.
- FÖRSTER, S., D. KNEIS, M. GOCHT & A. BRONSTERT (2005): Flood Risk Reduction by the Use of Retention Areas at the Elbe River. In: International Journal of River Basin Management 3 (1), S. 21–29.
- GANDERTON, P. (2005): “Benefit–Cost Analysis” Of Disaster Mitigation. Application As a Policy And Decision-Making Tool. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 10 (3), S. 445–465.
- GOCHT, M. (2004): Nutzen-Kosten-Analyse. Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder. Potsdam, S. 173–181 (Brandenburgische Umweltberichte).
- GODSCHALK, D.R., A. ROSE, E. MITTLER, K. PORTER & C.T. WEST (2009): Estimating the Value of Foresight. Aggregate Analysis of Natural Hazard Mitigation Benefits and Costs. In: Journal of Environmental Planning and Management 52 (6), S. 739–756.
- HALLEGATTE, S. (2006): A Cost-Benefit Analysis of the New Orleans Flood Protection System. Washington, D.C. (AEI-Brookings Joint Center Regulatory Analysis Nr. hal-00164628).
- HALLEGATTE, S. (2012): A Cost Effective Solution to Reduce Disaster Losses in Developing Countries. Hydro-Meteorological Services, Early Warning, and Evacuation. Washington, D.C. (Policy Research Working Paper Nr. 6058).

- HAWLEY, K., M. MOENCH & L. SABBAG (2012): Understanding the Economics of Flood Risk Reduction: A Preliminary Analysis. Boulder, CO.
- HOANG TRI, N., W.N. ADGER & P.M. KELLY (1998): Natural Resource Management in Mitigating Climate Impacts. The Example of Mangrove Restoration in Vietnam. In: *Global Environmental Change* 8 (1), S. 49–61.
- HOCHRAINER-STIGLER, S., H. KUNREUTHER, J. LINNERTHOOTH-BAYER, R. MECHLER, E. MICHEL-KERJAN, R. MUIR-WOOD, N. RANGER, P. VAZIRI & M. YOUNG (2011): The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries. Philadelphia (Working Paper Nr. 2011-01).
- HOLLAND, P. (2008): Fiji Technical Report. An Economic Analysis of Flood Warning in Navua, Fiji. Suva, Fiji Islands (SOPAC Project Report Nr. 122).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2009): Measuring Impact and Cost Benefit. A Sudanese Case Study. Genf (Project Report).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2012): Disaster Risk Reduction. A Global Advocacy Guide. Genf.
- KEATING, A., K. CAMPBELL, R. MECHLER, E. MICHEL-KERJAN, J. MOCHIZUKI, H. KUNREUTHER, J. BAYER, S. HANGER, I. MCCALLUM, L. SEE, K. WILLIGES, A. ATREYA, W. BOTZEN, B. COLLIER, J. CZAJKOWSKI, S. HOCHRAINER & C. EGAN (2014): Operationalizing Resilience Against Natural Disaster Risk. Opportunities, Barriers and A Way Forward. Zürich.
- KELLETT, J. & A. CARAVANI (2013): Financing Disaster Risk Reduction. A 20 Year Story of International Aid. Washington, D.C.
- KHOGALI, H. & D. ZEWDU (2009): Impact and Cost Benefit Analysis. A Case Study of Disaster Risk Reduction Programming In Red Sea State Sudan, 2009. Addis Ababa, Äthiopien (Programme Report).
- KOUSKY, C. (2012): Informing Climate Adaptation. A Review of the Economic Costs of Natural Disasters, Their Determinants, and Risk Reduction Options. Washington, D.C. (Resources for the Future Discussion Paper Nr. 12-28).
- KULL, D., R. MECHLER & S. HOCHRAINER-STIGLER (2013): Probabilistic Cost-Benefit Analysis of Disaster Risk Management in a Development Context. In: *Disasters* 37 (3), S. 374–400.
- KUNREUTHER, H., E. MICHEL-KERJAN, S. HALLEGATTE & I. NOY (2012): Policy Options for Reducing Losses from Natural Disasters. Allocating \$75 Billion. Copenhagen (Challenge Paper).
- MECHLER, R. (2005): Cost-Benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries. Eschborn.
- MECHLER, R. & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): The Cost-Benefit Analysis Methodology. Kathmandu, Nepal (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 1).
- MECHLER, R., J. CZAJKOWSKI, H. KUNREUTHER, E. MICHEL-KERJAN, W. BOTZEN, A. KEATING, C. MCQUISTAN, N. COOPER & I. O'DONNELL (2014): Making Communities More Flood Resilient. The Role of Cost Benefit Analysis and Other Decision-Support Tools in Disaster Risk Reduction. Zürich (Zurich Flood Resilience Alliance).

- MOENCH, M. & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): Understanding the Costs and Benefits of Disaster Risk Reduction under Changing Climatic Conditions. Kathmandu, Nepal, 2. Auflage (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 9).
- MECHLER, R., S. HOCHRAINER, D. KULL, P. SINGH, S. CHOPDE, S.A. WAJIH & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): Uttar Pradesh Drought Cost-Benefit Analysis, India. Kathmandu, Nepal (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 5).
- PADGETT, J.E., K. DENNEMANN & J. GHOSH (2010): Risk-Based Seismic Life-Cycle Cost–benefit (LCC-B) Analysis for Bridge Retrofit Assessment. In: *Structural Safety* 32 (3), S. 165–173.
- PEARCE, D.W. (2006): *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments*. Paris.
- QUARANTELLI, E.L. (2000): *Disaster Planning, Emergency Management and Civil Protection. The Historical Development of Organized Efforts to Plan for and to Respond to Disasters*. Newark, Delaware (Preliminary Paper Nr. #301).
- SANGHI, A., S. RAMANCHANDRAN, A. DE LA FUENTE, M. TONIZZO, S. SAHIN & B. ADAM (2010): *Natural Hazards, Unnatural Disasters. The Economics of Effective Prevention*. Washington, D.C.
- SHREVE, C.M. & I. KELMAN (2014): Does Mitigation Save? Reviewing Cost-Benefit Analyses of Disaster Risk Reduction. In: *International Journal of Disaster Risk Reduction* 10, S. 213–235.
- SHYAM, K.C. (2013): *Cost Benefit Studies on Disaster Risk Reduction in Developing Countries*. Washington, D.C. (EAP DRM Knowledge Notes. Disaster Risk Management in East Asia and the Pacific Nr. 27).
- SUBBIAH, A.R., L. BILDAN & R. NARASIMHAN (2008): *Background Paper on Assessment of the Economics of Early Warning Systems for Disaster Risk Reduction*. Washington, D.C.
- TUAN, T.H. & B.D. TINH (2013): *Cost–benefit Analysis of Mangrove Restoration in Thi Nai Lagoon, Quy Nhon City, Vietnam*. London (Working Paper Series Nr. 4).
- UNISDR (THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION) (2009): *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland.
- UNISDR (THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION) (2011): *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Revealing Risk, Redefining Development*. Geneva, Switzerland.
- UNISDR (THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION) (2005): *Hyogo Framework for Action 2005-2015. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. Geneva.
- VALCÁRCEL, J.A., M.G. MORA, O.-D. CARDONA, L.G. PUJADES, A.H. BARBAT & G.A. BERNAL (2013): Methodology and Applications for the Benefit Cost Analysis of the Seismic Risk Reduction in Building Portfolios at Broadscale. In: *Natural Hazards* 69 (1), S. 845–868.
- VAN NIEKERK, D., C. COETZEE, C. BECKER, E. ANNANDALE, M. MURPHREE, L. HILDEBRANDT, K. FOURI, B. SHOROMA & E. SNYMAN (2013): *Cost Effectiveness Study on Disaster Risk Reduction in the Health and Education Sector in the Horn of Africa (selected Case Studies)*. Potchefstroom.

- VENTON, C.C. & P. VENTON (2004): Disaster Preparedness Programmes in India. A Cost Benefit Analysis. London (HPN Network Paper Nr. 49).
- VENTON, C.C., E. TSEGAY, K. ETHERINGTON, M. DEJENU & T. DADI (2013): Partnerships for Change. A Cost Benefit Analysis of Self Help Groups in Ethiopia. Teddington, UK (Project Report).
- VENTON, C.C., J. KHINMAUNG, J. SIEDENBURG & J. FALEIRO (2010): Investing in Communities. The Benefits and Costs of Building Resilience for Food Security in Malawi. Teddington, UK (Project Report).
- VENTON, C.C., P. VENTON & A. SHAIG (2009): Cost Benefit Study of Disaster Risk Mitigation Measures in Three Islands in the Maldives. Male, Maldives.
- VORHIES, F. (2012): The Economics of Investing in Disaster Risk Reduction. Genf.
- WISNER, B., P. BLAIKIE, T. CANNON & I. DAVIS (2004): At Risk. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. London, New York, 2. Auflage.
- WOODRUFF, A. (2008): Samoa Technical Report. Economic Analysis of Flood Risk Reduction Measures for the Lower Vaisigano Catchment Area. (SOPAC Project Report Nr. 69g).

## STUDIENVERZEICHNIS

- ANAMAN, K.A. & S.C. LELLYETT (1996a): Assessment of the Benefits of an Enhanced Weather Information Service for the Cotton Industry in Australia. In: *Meteorological Applications* 3 (2), S. 127–135.
- ANAMAN, K.A. & S.C. LELLYETT (1996b): Contingent Valuation Study of the Public Weather Service in the Sydney Metropolitan Area. In: *Economic Papers: A journal of applied economics and policy* 15 (3), S. 64–77.
- CHIU, C.-K., F.-P. HSIAO & W.-Y. JEAN (2013): A Novel Lifetime Cost-Benefit Analysis Method for Seismic Retrofitting of Low-Rise Reinforced Concrete Buildings. In: *Structure and Infrastructure Engineering* 9 (9), S. 891–902.
- COSTA, L., V. TEKKEN & J. KROPP (2009): Threat of Sea Level Rise. Costs and Benefits of Adaptation in European Union Coastal Countries. In: *Journal of Coastal Research Special Issue* 56, S. 223–227.
- DEDEURWAERDERE, A. (1998): Cost-Benefit Analysis for Natural Disaster Management. A Case Study in the Philippines. Louvain-la-Neuve (CRED Working Paper Nr. 143).
- EUCKER, D., P. BOLTE & M.F. RAHMADANA (2012): The Long Road to Resilience Impact and Cost-Benefit Analysis of Community Based Disaster Risk Reduction in Bangladesh. Genf (Project Report).
- FÖRSTER, S., D. KNEIS, M. GOCHT & A. BRONSTERT (2005): Flood Risk Reduction by the Use of Retention Areas at the Elbe River. In: *International Journal of River Basin Management* 3 (1), S. 21–29.
- FUCHS, S., M. THÖNI, M.C. MCALPIN, U. GRUBER & M. BRÜNDL (2006): Avalanche Hazard Mitigation Strategies Assessed by Cost Effectiveness Analyses and Cost Benefit Analyses. Evidence from Davos, Switzerland. In: *Natural Hazards* 41 (1), S. 113–129.
- GHESQUIERE, F., L. JAMIN & O. MAHUL (2006): Earthquake Vulnerability Reduction Program in Colombia. A Probabilistic Cost-Benefit Analysis. Washington, D.C. (Policy Research Working Paper Nr. 3939).
- GOCHT, M. (2004): Nutzen-Kosten-Analyse. Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder. Potsdam, S. 173–181 (Brandenburgische Umweltberichte).
- GODSCHALK, D.R., A. ROSE, E. MITTLER, K. PORTER & C.T. WEST (2009): Estimating the Value of Foresight. Aggregate Analysis of Natural Hazard Mitigation Benefits and Costs. In: *Journal of Environmental Planning and Management* 52 (6), S. 739–756.
- GUPTA, A.K., S.S. NAIR, S.A. WAJIH & S. DEY (2013): Flood Disaster Risk Management. Gorakhpur Case Study (Training Module). New Delhi. URL: [http://ifanos.hrdp-network.com/live/hrdpmp/hrdpmaster/ncdc/content/e39198/e52905/e52909/Training-Mod\\_Gorakhpur\\_Floods\\_19.02.2013.pdf](http://ifanos.hrdp-network.com/live/hrdpmp/hrdpmaster/ncdc/content/e39198/e52905/e52909/Training-Mod_Gorakhpur_Floods_19.02.2013.pdf) (abgerufen: 16.3.2015).
- HALLEGATTE, S. (2006): A Cost-Benefit Analysis of the New Orleans Flood Protection System. Washington, D.C. (AEI-Brookings Joint Center Regulatory Analysis Nr. hal-00164628).
- HALLEGATTE, S. (2012): A Cost Effective Solution to Reduce Disaster Losses in Developing Countries. Hydro-Meteorological Services, Early Warning, and Evacuation. Washington, D.C. (Policy Research Working Paper Nr. 6058).

- HEIDARI, A. (2009): Structural Master Plan of Flood Mitigation Measures. In: *Natural Hazards and Earth System Science* 9, S. 61–75.
- HINKEL, J., R.J. NICHOLLS, A.T. VAFEIDIS, R.S.J. TOL & T. AVAGIANOU (2010): Assessing Risk of and Adaptation to Sea-Level Rise in the European Union. An Application of DIVA. In: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15 (7), S. 703–719.
- HOANG TRI, N., W.N. ADGER & P.M. KELLY (1998): Natural Resource Management in Mitigating Climate Impacts. The Example of Mangrove Restoration in Vietnam. In: *Global Environmental Change* 8 (1), S. 49–61.
- HOCHRAINER-STIGLER, S., H. KUNREUTHER, J. LINNERTHOOTH-BAYER, R. MECHLER, E. MICHEL-KERJAN, R. MUIR-WOOD, N. RANGER, P. VAZIRI & M. YOUNG (2011): The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries. Philadelphia (Working Paper Nr. 2011-01).
- HOLLAND, P. (2008): Fiji Technical Report. An Economic Analysis of Flood Warning in Navua, Fiji. Suva, Fiji Islands (SOPAC Project Report Nr. 122).
- HOLUB, M. & S. FUCHS (2008): Benefits of Local Structural Protection to Mitigate Torrent-Related Hazards. *Risk Analysis* VI. Southampton, S. 401–411 (WIT Transactions on Information and Communication Technologies).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRECENT SOCIETIES (2009b): Measuring Impact and Cost Benefit. A Sudanese Case Study. Genf (Project Report).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2009a): Assessing Quality and Cost Benefit. A Philippines Case Study. Genf (Project Report).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2010): Measuring Cost Benefits of Community Disaster Risk Reduction in Ilam, Nepal. Genf (Project Report).
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2012): Disaster Risk Reduction. A Global Advocacy Guide. Genf.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (2011): Mangrove Plantation in Viet Nam. Measuring Impact and Cost Benefit. Genf (Case Study).
- KHAN, F., D. MUSTAFA, D. KULL & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): Evaluating the Costs and Benefits of Disaster Risk Reduction under Changing Climatic Conditions. A Pakistan Case Study. Kathmandu, Nepal (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 7).
- KHOGALI, H. & D. ZEWDU (2009): Impact and Cost Benefit Analysis. A Case Study of Disaster Risk Reduction Programming In Red Sea State Sudan, 2009. Addis Ababa, Äthiopien (Programme Report).
- KULL, D., P. SINGH, S.A. WAJIH & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): From Risk to Resilience. Evaluating the Costs and Benefits of Disaster Risk Reduction under Changing Climatic Conditions. Case of the Rohini River Basin, India. Kathmandu, Nepal (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 4).
- KULL, D., R. MECHLER & S. HOCHRAINER-STIGLER (2013): Probabilistic Cost-Benefit Analysis of Disaster Risk Management in a Development Context. In: *Disasters* 37 (3), S. 374–400.

- KUNREUTHER, H., E. MICHEL-KERJAN, S. HALLEGATTE & I. NOY (2012): Policy Options for Reducing Losses from Natural Disasters. Allocating \$75 Billion. Copenhagen (Challenge Paper).
- LAZO, J.K. & L.G. CHESTNUT (2002): Economic Value of Current and Improved Weather Forecasts in the U.S. Household Sector. Boulder.
- LAZO, J.K., R.E. MORSS & J.L. DEMUTH (2009): 300 Billion Served. Sources, Perceptions, Uses, and Values of Weather Forecasts. In: Bulletin of the American Meteorological Society 90 (6), S. 785–798.
- LIEL, A.B. & G.G. DEIERLEIN (2013): Cost-Benefit Evaluation of Seismic Risk Mitigation Alternatives for Older Concrete Frame Buildings. In: Earthquake Spectra 29 (4), S. 1391–1411.
- MECHLER, R. (2005): Cost-Benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries. Eschborn.
- MECHLER, R., S. HOCHRAINER, D. KULL, P. SINGH, S. CHOPDE, S.A. WAJIH & THE RISK TO RESILIENCE STUDY TEAM (2008): Uttar Pradesh Drought Cost-Benefit Analysis, India. Kathmandu, Nepal (From Risk to Resilience Working Paper Nr. 5).
- MMC (MULTIHAZARD MITIGATION COUNCIL) (2005a): National Hazard Mitigation Saves. An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities. Volume 1. Findings, Conclusions, and Recommendations. Washington, D.C.
- MMC (MULTIHAZARD MITIGATION COUNCIL) (2005b): National Hazard Mitigation Saves. An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities. Volume 2. Study Documentation. Washington, D.C.
- PADGETT, J.E., K. DENNEMANN & J. GHOSH (2010): Risk-Based Seismic Life-Cycle Cost–benefit (LCC-B) Analysis for Bridge Retrofit Assessment. In: Structural Safety 32 (3), S. 165–173.
- ROSE, A., K. PORTER, N. DASH, J. BOUABID, C.K. HUYCK, J.C. WHITEHEAD, D. SHAW, R.T. EGUCHI, C. TAYLOR, T. MCLANE, L.T. TOBIN, P.T. GANDERTON, D.R. GODSCHALK, A.S. KIREMIDJIAN, K.J. TIERNEY & C.T. WEST (2007): Benefit-Cost Analysis of FEMA Hazard Mitigation Grants. In: Natural Hazards Review 8 (4), S. 97–111.
- SCHRÖTER, K., M. OSTROWSKI, C. VELASCO, D.S. TORRES, H.P. NACHTNEBEL, B. KAHL, M. BEYENE, C. RUBIN, M. GOCHT & P. AQUA-WATER&FINANCE (2008): Effectiveness and Efficiency of Early Warning Systems for Flash-Floods (EWASE). (First CRUE ERA-Net Common Call Effectiveness and Efficiency of Non-structural Flood Risk Management Measures Nr. CRUE Research Report No I-5).
- SUBBIAH, A.R., L. BILDAN & R. NARASIMHAN (2008): Background Paper on Assessment of the Economics of Early Warning Systems for Disaster Risk Reduction. Washington, D.C.
- THE WORLD BANK (2008): Weather and Climate Services in Europe and Central Asia. A Regional Review. Washington, D.C. (World Bank Working Paper Nr. 151).
- TUAN, T.H. & B.D. TINH (2013): Cost–benefit Analysis of Mangrove Restoration in Thi Nai Lagoon, Quy Nhon City, Vietnam. London (Working Paper Series Nr. 4).

- TUAN, T.H., P. TRAN, K. HAWLEY, F. KHAN & M. MOENCH (2015): Quantitative Cost-Benefit Analysis for Typhoon Resilient Housing in Danang City, Vietnam. In: *Urban Climate* 12, S. 85–103.
- UNFCCC (SECRETARIAT OF THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE) (2011): *Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options. An Overview of Approaches*. Bonn.
- VALCÁRCEL, J.A., M.G. MORA, O.-D. CARDONA, L.G. PUJADES, A.H. BARBAT & G.A. BERNAL (2013): Methodology and Applications for the Benefit Cost Analysis of the Seismic Risk Reduction in Building Portfolios at Broadscale. In: *Natural Hazards* 69 (1), S. 845–868.
- VAN THAI, D., C. MATSUBARA & B. TOMAR (2011): *Breaking the Waves. Impact Analysis of Coastal Afforestation for Disaster Risk Reduction in Viet Nam*. Genf.
- VENTON, C.C. & C. BURTON (2009): *Case Study of the Philippines National Red Cross Community Based Disaster Risk Management Programming. Part II. Cost Benefit Analysis*. Genf.
- VENTON, C.C. & P. VENTON (2004): *Disaster Preparedness Programmes in India. A Cost Benefit Analysis*. London (HPN Network Paper Nr. 49).
- VENTON, C.C., E. TSEGAY, K. ETHERINGTON, M. DEJENU & T. DADI (2013): *Partnerships for Change. A Cost Benefit Analysis of Self Help Groups in Ethiopia*. Teddington, UK (Project Report).
- VENTON, C.C., J. KHINMAUNG, J. SIEDENBURG & J. FALEIRO (2010): *Investing in Communities. The Benefits and Costs of Building Resilience for Food Security in Malawi*. Teddington, UK (Project Report).
- VENTON, C.C., P. VENTON & A. SHAIG (2009): *Cost Benefit Study of Disaster Risk Mitigation Measures in Three Islands in the Maldives*. Male, Maldives.
- WEI, H.-H., M.J. SKIBNIEWSKI, I.M. SHOHET, S. SHAPIRA, L. AHARONSON-DANIEL, T. LEVI, A. SALAMON, R. LEVY & O. LEVI (2014): *Benefit-Cost Analysis of the Seismic Risk Mitigation for a Region with Moderate Seismicity. The Case of Tiberias, Israel*. In: *Procedia Engineering* 85, S. 536–542.
- WHITE, B.A. & M.M. RORICK (2010): *Cost-Benefit Analysis for Community-Based Disaster Risk Reduction in Kailali, Nepal*. Lalitpur.
- WILLENBOCKEL, D. (2011): *A Cost-Benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centred Disaster Risk Reduction Project in Nepal*. Brighton.
- WOODRUFF, A. (2008): *Samoa Technical Report. Economic Analysis of Flood Risk Reduction Measures for the Lower Vaisigano Catchment Area*. (SOPAC Project Report Nr. 69g).
- YE, Z., C. STRONG, L. FAY & X. SHI (2009): *Cost Benefits of Weather Information for Winter Road Maintenance*. Bozeman, MT (Final Report).

