

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Institut für Geographie

**Minderung von Hochwasserschäden durch Frühwarnung und
Eigenvorsorge**

—

**Eine statistische Analyse von Befragungen in Privathaushalten in
Deutschland und Österreich**

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Geographen

In der Studienrichtung Geographie

Eingereicht von: Holger Cammerer
Mühlgraben 9, 95199 Thierstein
1431511 (Matrikelnummer)

Erstgutachter: Prof. Dr. Roland Baumhauer
Zweitgutachterin: Prof. Dr. Annegret Thieken

Würzburg, Dezember 2009

Danksagung

Die Entstehung dieser Diplomarbeit geht im Grunde auf mein dreimonatiges Praktikum im Sommer 2008 in der Sektion 5.4 Ingenieurhydrologie am GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) zurück. Dort arbeitete ich mich bereits bei Dr. Heidi Kreibich in diese Thematik ein und lernte bei einem Projekttreffen Prof. Dr. Annegret Thieken (Universität Innsbruck & alpS-Zentrum für Naturgefahrenmanagement GmbH) kennen. Dadurch ergab sich die Möglichkeit meine Diplomarbeit innerhalb des Forschungsprojektes „Schadensminderung durch Frühwarnung und Eigenvorsorge“, das vom Tiroler Wissenschaftsfond gefördert wird, bei Prof. Dr. Annegret Thieken in Innsbruck zu schreiben.

- An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei Prof. Dr. Annegret Thieken bedanken, die mir das Thema dieser Arbeit zur weitgehend selbstständigen Bearbeitung zur Verfügung stellte, mir aber in der gesamten Zeit viele wertvolle Ratschläge in den teils langen Gesprächen gab, vor allem in der Endphase.
- Ebenso möchte ich hiermit auch nochmals meinen Dank Dr. Heidi Kreibich aussprechen, die mir das lehrreiche Praktikum am GFZ in Potsdam anbot und mich dazu motivierte, meine dort erlernten methodischen Fähigkeiten im Rahmen einer Diplomarbeit bei Prof. Dr. Annegret Thieken in Innsbruck fortzusetzen.
- Mein Dank gilt auch Prof. Dr. Roland Baumhauer für die Betreuung der Diplomarbeit von Seiten der Universität Würzburg und dem interessanten, breitgefächerten Geographie-Studium an seinem Institut.
- Nicht zu vergessen sei der Dank an die Mitarbeiter von alpS, die mir einen Arbeitsplatz zur Verfügung stellten und für eine angenehme Atmosphäre in dieser Zeit sorgten.
- Zu guter letzt bin ich zu tiefsten Dank meiner Mutter gegenüber verpflichtet, die mich während des gesamten Studiums in vielfältiger Weise unterstützte. Ohne Sie hätte ich mich sicherlich nicht in der Form auf das Geographie-Studium konzentrieren und die zahlreichen Praktika und Exkursionen verwirklichen können.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Hochwasserschutz und Risikomanagement	3
1.3 Schadenskategorien und Betrachtungsmaßstäbe	5
1.4 Schadensabschätzungsmethoden und Unsicherheiten	8
1.5 Einflussfaktoren auf den Hochwasserschaden	10
1.6 Problematik und Zielstellung der Arbeit	13
2. Daten und Methoden	16
2.1 Datengrundlage	16
2.2 Datenaufbereitung	17
2.2.1 Neuberechnung des Wasserstandes	18
2.2.2 Bildung von Indikatoren und klassifizierten Variablen	19
2.2.3 Anpassung der Gebäudeschäden	23
2.2.4 Anpassung der Hausratschäden	24
2.2.5 Abschätzung des Gebäudewertes	25
2.2.6 Abschätzung des Hausratwertes	27
2.2.7 Berechnung des Schädigungsgrades	28
2.3 Statistische Methoden und Visualisierung	28
2.3.1 Überprüfung auf Normalverteilung	28
2.3.2 Deskriptive Maßzahlen	29
2.3.3 Signifikanztests	30
2.3.4 Korrelationsanalysen	31
2.3.5 Visualisierungsmethoden	32

3. Ergebnisse und Diskussion	33
3.1 Allgemeine Beschreibung der Hochwasserschadensdaten	33
3.2 Aufteilung des Datensatzes nach verschiedenen Kriterien	36
3.3 Analyse der Frühwarnung und der privaten Eigenvorsorge in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren	38
3.3.1 Modul Wasserstand	38
3.3.2 Modul Hochwassertyp	48
3.3.3 Modul Kontaminationsart	57
3.3.4 Modul Hochwassererfahrung	65
3.3.5 Modul Letztes Hochwasser	73
4. Schlussfolgerungen und Ausblick	80
Literaturverzeichnis	88
Anhang	96
Erklärung	108

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Kategorisierung der Arten von Hochwasserschäden (Quelle: Merz 2006)	6
Abb. 1-2: Prozentualer Schaden für ausgewählte Nutzungen in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe (Quelle: MURL 1999)	9
Abb. 1-3: Streudiagramm und nichtparametrische Wasserstands-Schadensfunktion für den Wohngebäudesektor (Quelle: Merz et al. 2004)	10
Abb. 1-4: Einflussfaktoren auf den Hochwasserschaden in Privathaushalten, untergliedert in Einwirkungsseite und Widerstandsseite (Quelle: Thieken & Merz 2009, verändert nach Thieken et al. 2005)	11
Abb. 2-1: Boxplotähnliches Diagramm mit Angabe des Signifikanzniveaus	32
Abb. 3-1: Histogramme der absoluten Hausrat- und Gebäudeschäden mit Normalverteilungskurve	33
Abb. 3-2: Histogramme der relativen Hausrat- und Gebäudeschäden mit Normalverteilungskurve	34
Abb. 3-3: Hausrat- und Gebäudeschadigungsgrade zwischen verschiedenen Wasserstandsklassen	38
Abb. 3-4: Unterschiede zwischen den Hausratschadigungsgraden in der Klasse „1 cm bis 100 cm“ und „über 100 cm“ in Abhängigkeit unterschiedlicher Reaktionszeiten	40
Abb. 3-5: Unterschiede zwischen dem Hausratschadigungsgrad in der Klasse „1 cm bis 100 cm“ und dem Gebäudeschadigungsgrad in der Klasse „über 100 cm“, wenn das Wasser während der Überschwemmung abgepumpt wurde	40
Abb. 3-6: Hausrat- und Gebäudeschadigungsgrade in Abhängigkeit verschiedener Vorsorgestufen bei einem Wasserstand von über 100 cm GOK	41
Abb. 3-7: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschadigungsgraden in der Klasse „über 100 cm“, wenn die Maßnahme „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“ vor dem Hochwasser durchgeführt wurde	42
Abb. 3-8: Unterschiede zwischen den Gebäudeschadigungsgraden in der Klasse „über 100 cm“, wenn die Maßnahmen „Verlegen der Heizungsanlage und/oder der elektrischen Versorgungseinrichtung in höhere Stockwerke“ und „Wechsel der Heizungsanlage oder Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz“ vor dem Hochwasser durchgeführt wurden	43
Abb. 3-9: Hausrat- und Gebäudeschadigungsgrade zwischen verschiedenen Hochwassertypen	48
Abb. 3-10: Hausrat- und Gebäudeschadigungsgrade bei Flussüberschwemmungen in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann	49

Abb. 3-11: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschädigungsgraden im Falle eines Deichversagens, wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt und eine wertvolle, festinstallierte Inneneinrichtung vermieden wird	52
Abb. 3-12: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bei Flussüberschwemmung, wenn die Hochwassersicherheit des Gebäudes verbessert oder Wassersperren angeschafft wurden	53
Abb. 3-13: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade zwischen verschiedenen Kontaminationsarten	57
Abb. 3-14: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrad bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin in Abhängigkeit unterschiedlicher Reaktionszeiten	58
Abb. 3-15: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und dem Gebäudeschädigungsgrad bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin, wenn das Wasser während der Überschwemmung abgepumpt wurde	59
Abb. 3-16: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und dem Gebäudeschädigungsgrad bei „geringwertiger Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“, wenn keine Kontamination auftritt	61
Abb. 3-17: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrad in Abhängigkeit unterschiedlicher Hochwassererfahrung	65
Abb. 3-18: Gebäudeschädigungsgrade bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung und bei zwei oder mehr Erfahrungen in der Vergangenheit, in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann	67
Abb. 3-19: Gebäudeschädigungsgrade bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung und bei einmaligen Erfahrungen in der Vergangenheit, in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus	68
Abb. 3-20: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung und bei einmaligen Erfahrungen in der Vergangenheit, wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt werden, eine wertvolle, festinstallierte Inneneinrichtung vermieden wird und wenn die Heizungsanlage gewechselt wird oder der Öltank mit einem Hochwasserschutz versehen wird	69
Abb. 3-21: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrad in Abhängigkeit des Zeitraums seit dem letzten Hochwasserereignis	73
Abb. 3-22: Unterschiede zwischen dem Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrad in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus, wenn das letzte Hochwasserereignis länger als sechs Jahre zurückliegt	75

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1: Die teuersten Überschwemmungskatastrophen seit 1990 in Deutschland; in Originalwerten und inflationsbereinigt in Werten von 2007 (Quelle: Kron & Ellenrieder 2008)	2
Tab. 2-1: Zuordnung und Klassifikation des Hochwassertyps	20
Tab. 3-1: Statistische Kennwerte der Hochwasserschadensdaten	35
Tab. 3-2: Einfluss verschiedener Faktoren auf den Hochwasserschaden in Privathaushalten	36
Tab. 3-3: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorwarnzeiten in den Klassen „1 cm bis 100 cm“ und „über 100 cm“	39
Tab. 3-4: Unterschiede zwischen den Schädigungsgraden in der Klasse „über 100 cm“ bei hochwasserangepasster Inneneinrichtung	42
Tab. 3-5: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschädigungsgraden bei verschiedenen Hochwassertypen, wenn das Wasser im Ereignisfall abgepumpt wird	50
Tab. 3-6: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade bei verschiedenen Hochwassertypen in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus	51
Tab. 3-7: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschädigungsgraden in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich um seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann, wenn keine Kontamination auftritt	58
Tab. 3-8: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade bei verschiedenen Kontaminationsarten in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus	60
Tab. 3-9: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bzw. absoluten Gebäudeschäden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorwarnzeiten bei verschiedenen Hochwassererfahrungen	66
Tab. 3-10: Unterschiede zwischen den Hausratschädigungsgraden bei verschiedenen Zeiträumen seit dem letzten Hochwasserereignis, wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt werden und die Inneneinrichtung hochwasserangepasst ist	76
Tab. 4-1: Übersichtstabelle der Hausratschadensminderungspotenziale wichtiger Widerstandsparameter.	86
Tab. 4-2: Übersichtstabelle der Gebäudeschadensminderungspotenziale wichtiger Widerstandsparameter.	87

1. Einleitung

1.1 Einführung

Hochwasser sind Teil des natürlichen hydrologischen Kreislaufs und bedrohen seit jeher Menschen und ihren Besitz. In unregelmäßigen Zeitabständen führen immer wieder außergewöhnliche Wetterlagen (z.B. Vb-Wetterlagen), oft verknüpft mit ungünstigen hydrologischen Vorbedingungen wie bereits stark wassergesättigtem Boden oder zusätzlicher Schneeschmelze in den Flusseinzugsgebieten, zu extremen Hochwasserabflüssen bzw. großflächigen Flussüberschwemmungen (DKKV 2004; BVMB 2008). Überschwemmungen können aber auch durch lokale Sturzfluten infolge von räumlich eng begrenzten Starkregenereignissen, Grundwasseranstieg aufgrund ausgedehnter Hochwasserereignisse, Deichbruch durch Überströmung bei Extremereignissen etc. hervorgerufen werden (MÜNCHENER RÜCK 1997). Im Folgenden werden Hochwasser und Überschwemmungen synonym verwendet, da eine Unterscheidung dieser beiden Begriffe in dieser Arbeit nicht relevant ist.

Weltweit ist etwa ein Drittel der volkswirtschaftlichen Schäden aus Naturkatastrophen auf Überschwemmungen zurückzuführen, wobei die Schäden durch Überschwemmungen in den letzten Jahrzehnten signifikant zugenommen haben (KRON 2005a). Vor allem in den hochtechnisierten Industrienationen verursachen Hochwasser enorme Schäden an der öffentlichen Infrastruktur, Industrie und Wohngebäuden, wie die jüngsten Beispiele in Mitteleuropa gezeigt haben. Allen voran das „Jahrhunderthochwasser“ 2002, das allein in Deutschland zu einem Gesamtschaden von 11.600 Millionen Euro führte (Tab. 1-1) und damit zur teuersten Naturkatastrophe in der Geschichte dieses Landes wurde. Drei Jahre später (August 2005) kam es zu verheerenden Überschwemmungen im alpinen Raum, deren Schäden in der Schweiz (1.950 Millionen Euro) alle bisherigen Werte übertrafen (MÜNCHENER RÜCK 2007; KRON & ELLENRIEDER 2008). Im März 2006 trat in der Elbregion erneut ein Hochwasser auf, jedoch war das Schadensausmaß (120 Millionen Euro in Deutschland), deutlich geringer als 2002 (Tab. 1-1). Weitere Hochwasserereignisse der letzten Jahre in Deutschland sind in Tab. 1-1 aufgeführt, wobei auffällt, dass nahezu alle größeren

Tab. 1-1: Die teuersten Überschwemmungskatastrophen seit 1990 in Deutschland; in Originalwerten und inflationsbereinigt in Werten von 2007 (Quelle: Kron & Ellenrieder 2008).

Zeitpunkt		Betroffene Gebiete	Schäden (in Millionen Euro)	
Monat	Jahr		Original	Wert 2007
12	1993	Rhein	530	770
4	1994	Saale, Unstrut	155	220
1-2	1995	Rhein	245	340
8	1997	Oder	330	430
10-11	1998	ganz Deutschland	110	130
5	1999	Rhein, Donau	410	515
6	2002	westliches Bayern	100	120
8	2002	Elbe, Donau	11.600	13.600
8	2005	Bayern	172	185
3	2006	Elbe	120	125
7	2007	Mittelfranken (Baierdsdorf)	90	90

Flusseinzugsgebiete der Bundesrepublik in den letzten zwei Jahrzehnten von einem schadensträchtigen Hochwasser betroffen waren.

Die Gründe für den Anstieg der Hochwasserschäden sind vielfältig. In erster Linie sind sie jedoch eine Funktion der Zahl der Menschen, die in exponierten Gebieten leben und dort immense Werte anhäufen (MÜNCHENER RÜCK 2003; KRON 2005a; PETROW et al. 2006). Vor allem in den Industrieländern sind Flussauen attraktives und zugleich billiges Bauland, die insbesondere für Gewerbe- und Industriebetriebe günstige Voraussetzungen (große Flächen, Flusswassernutzung als Brauch- oder Kühlwasser) bieten (KRON 2005a, 2005b). Aber auch Wohnsiedlungen, die nicht historisch gewachsen sind, werden immer noch in den gewässernahen Bereichen (aus-)gebaut, da die Bevölkerung das verbleibende Überschwemmungsrisiko bewusst in Kauf nimmt bzw. sich hinter den technischen Schutzvorrichtungen (Deiche, Dämme etc.) in absoluter Sicherheit wägt (KRON & ELLENRIEDER 2009). Das trügerische Sicherheitsgefühl, durch ausbleibende Hochwasser bzw. durch die technischen Schutzmaßnahmen bedingt, verleitet die Bevölkerung dazu mehr und immer hochwertigere Dinge wie z.B. teure EDV- und Heizanlagen, Elektrogeräte etc. der Hochwassergefahr auszusetzen. Infolgedessen wächst das Schadenspotenzial in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten weiter an, was in einem Hochwasserereignisfall

erhebliche Schäden als Konsequenz hätte (KRON 2005a). Zum Beispiel wurde in einer Studie für den dicht besiedelten Rheinabschnitt in Nordrhein-Westfalen ein Schadenspotenzial von 13 Milliarden Euro errechnet, im Falle eines ähnlichen Extremereignisses wie 2002 (MURL 2000). Schadensabschätzungen aus den Niederlanden ergaben potenzielle (maximal mögliche) Hochwasserschäden im Wohngebäudesektor in Höhe von 11 Milliarden Euro (WOUTERS 2005) bzw. 7,5 Milliarden Euro (RIJKS WATERSTAAT 2005) für nur einen Deichringabschnitt bei einem Extremereignis. Weitere Abschätzungen von großräumigen Hochwasserschadenspotenzialen (z.B. KRON & ELLENRIEDER 2009) weisen darauf hin, dass künftig mit ähnlich hohen Schadenssummen wie beispielsweise 2002 bei einem Extremereignis gerechnet werden muss.

Zusätzlich wird der aktuelle Klimawandel nach Angaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) das Überschwemmungsrisiko aller Voraussicht nach global weiter verschärfen, da für die Zukunft schwere Niederschlagsereignisse, bei denen eine Häufigkeitszunahme sehr wahrscheinlich ist, projiziert werden (IPCC 2007). Zwar gibt es bis jetzt noch keinen eindeutigen globalen Trend bei den Flussüberschwemmungen (SVENSSON et al. 2006), dennoch wird eine weitere Temperaturzunahme zweifellos zu einem höheren Wasserdampfgehalt der Atmosphäre mit vermutlich steigenden Niederschlagsmengen (v.a. in den Wintermonaten in Form von Regen) und variableren, extremeren Niederschlagsereignissen (v.a. in den Sommermonaten), wie sie in den letzten Jahren vielerorts beobachtet wurden, führen (MÜNCHENER RÜCK 2007). Für Deutschland wurden bereits erste Hochwassertrendanalysen von PETROW & MERZ (2009) durchgeführt, die vor allem im süddeutschen Raum einen signifikant ansteigenden Hochwassertrend in den letzten Jahren erkennen lassen.

1.2 Hochwasserschutz und Risikomanagement

Angesichts dieser düsteren Prognosen für die Zukunft und den schadensreichen Hochwasserereignissen der vergangenen Jahre, die die Anfälligkeit unserer heutigen Gesellschaft gegenüber Hochwasser vor Augen geführt haben, ist es notwendig, den bisherigen Hochwasserschutz zu verbessern, um künftige Hochwasserschäden zu minimieren.

Allerdings können technische Schutzmaßnahmen wie Deiche, Dämme und Hochwasserschutzmauern keinen hundertprozentigen Schutz gegenüber extremen Hochwassern bieten, da sie immer nur auf das jeweilige Bemessungsereignis ausgerichtet werden (wie z.B. das 100-jährliche Hochwasser) (LAWA 1995; MURL 1999; KREIBICH et al. 2005; BVMBS 2008). Auch technische Rückhaltmaßnahmen wie Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken und Flutungspolder können das Abflussvolumen nicht vollständig zurückhalten. Jedoch kann durch eine gezielte Steuerung dieser Maßnahmen zumindest der Hochwasserscheitelabfluss entscheidend gekappt und verzögert werden wie einige Beispiele in Deutschland beim Elbhochwasser 2002 gezeigt haben (DKKV 2004). Die Maßnahmen des natürlichen Rückhalts (Renaturierung, Entsiegelung, Deichrückverlegung etc.) haben ebenso nur eine sehr begrenzte Wirkung auf extreme Hochwasserabflüsse, die oft überschätzt wird (LAWA 2000; SCHANZE 2002; DKKV 2004; KRON 2005a).

Aufgrunddessen ist ein Paradigmenwechsel notwendig: Vom traditionellen Schutzversprechen, das auf dem rein technischen Hochwasserschutz basiert, zu einer Risikokultur, die sich der Bedrohung durch Hochwasser bewusst ist bzw. mit dem Hochwasserrisiko umgehen kann (SCHANZE 2002; DKKV 2004). Dies kann nur durch ein umfassenderes Hochwasserrisikomanagement erreicht werden, das neben dem bisherigen technischen Schutz durch die öffentliche Hand durch Maßnahmen der Hochwasservorsorge erweitert wird. Darunter sind vor allem raumplanerische Maßnahmen (Flächenvorsorge), die Informationsvorsorge (Warnung und Information über bevorstehende Ereignisse) und die private Eigenvorsorge zu verstehen (DKKV 2004). Letztere umfasst die Verhaltensvorsorge (Aufklärung und Vorbereiten auf Hochwassergefahrensituationen sowie das Ergreifen von Notmaßnahmen im Ereignisfall, z.B. durch Installation mobiler Wasserbarrieren oder durch Ausräumen hochwassergefährdeter Stockwerke), die Bauvorsorge (hochwasserangepasste Bauweise und Ausstattung, angemessene Gebäudenutzung etc.) und die Risikovorsorge (finanzielle Vorsorge, z.B. durch Abschluss einer entsprechenden Versicherung) (LAWA 1995; IKS 2002; DKKV 2004; BVMBS 2008). Damit Privathaushalte aber dazu motiviert werden, Eigenvorsorge zu ergreifen, ist es nicht nur notwendig, diese über die potenzielle Hochwassergefährdung z.B. durch Hochwassergefahrenkarten zu informieren, sondern ihnen auch die Wirksamkeit dieser (v.a. baulichen) Maßnahmen in Form von

Schadensminderung am Gebäude und Inventar zu vermitteln. Jüngste Untersuchungen haben nämlich gezeigt, dass sogar bei einem Extremereignis wie 2002 Hochwasserschäden teilweise um mehr als 50 % reduziert werden können, wenn private Vorsorgemaßnahmen vor dem Hochwasser durchgeführt werden (KREIBICH et al. 2005).

Darüber hinaus vollzieht sich ein Wandel bei den Entscheidungen über die Planung von technischen Hochwasserschutzmaßnahmen durch die öffentliche Hand. Bisher konzentrierte man sich lediglich auf den Sicherheitsstandard (wie das Bemessungsereignis) der Schutzanlagen, vernachlässigte aber die Kostenwirksamkeit dieser Maßnahmen. D.h., dass die Projektkosten der Hochwasserschutzstrategien selten den dadurch vermiedenen Schäden gegenübergestellt wurden („Kosten-Nutzen-Analysen“) (MESSNER & MEYER 2005; SEIFERT 2008). Zunehmend werden jedoch die technischen Schutzvorrichtungen risiko-basiert bewertet, wofür es einer Abschätzung des Schadenspotenzials für verschiedene Hochwasserszenarien bedarf. Die Schadensabschätzung hat bisher aber kaum wissenschaftliche Aufmerksamkeit erfahren im Gegensatz zu den hydraulischen und hydrologischen Modellierungen (WIND et al. 1999; THIEKEN et al. 2005; MERZ 2006). Bevor die derzeit verwendeten Methoden zur Abschätzung von Hochwasserschäden angesprochen werden, ist es zunächst erforderlich, die unterschiedlichen Hochwasserschadenskategorien und Betrachtungsmaßstäbe vorzustellen.

1.3 Schadenskategorien und Betrachtungsmaßstäbe

Hochwasserschäden werden gewöhnlich in direkte und indirekte Schäden unterteilt (Abb. 1-1) (SMITH & WARD 1998; zitiert in MERZ 2006). Direkte Schäden werden durch den unmittelbaren physikalischen Kontakt des Hochwassers mit dem Menschen, seinem Eigentum oder anderen Objekten verursacht. Indirekte Schäden werden durch die direkte Hochwassereinwirkung hervorgerufen, treten aber - räumlich oder zeitlich versetzt - außerhalb des Hochwasserereignisses auf. Beispiele hierfür sind Unterbrechungen des Betriebs, Verkehrs, öffentlichen Dienstes etc. (BÜCHELE et al. 2006; MERZ 2006).

Beide Schadenstypen werden weiter in tangible und intangible Schäden klassifiziert (Abb. 1-1), abhängig davon, ob sie in monetären Werten abgeschätzt werden können oder

nicht (SMITH & WARD 1998). Tangible Schäden sind z.B. Sachschäden oder auch die Dauer der Betriebsunterbrechung. Intangible Schäden lassen sich hingegen nicht ohne weiteres in Geldeinheiten quantifizieren. Darunter sind Personenschäden, Umweltschäden etc. zu verstehen (MERZ 2006).

Obwohl die indirekten Hochwasserschäden eine ebenso wichtige Rolle bei der Beurteilung der negativen Folgen von Hochwasser spielen, werden diese in der Literatur kaum berücksichtigt (WIND et al. 1999; BÜCHELE et al. 2006). Dies hängt zum einen damit zusammen, dass die Quantifizierung der indirekten Schäden nur schwer durchführbar und problematisch ist (PENNING-ROUSELL & GREEN 2000), da die indirekten Effekte auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden müssen (MERZ 2006). Zum anderen ist das Interesse an der Abschätzung direkter, tangibler Schäden wesentlich größer, da nicht nur der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung einfacher dargestellt werden kann, sondern diese in den Industrieländern (wo die Schadensabschätzungen hauptsächlich durchgeführt werden) viel bedeutender sind, weil hier kaum Menschenverluste, sondern viel mehr monetäre Schäden zu beklagen sind (MERZ 2006).

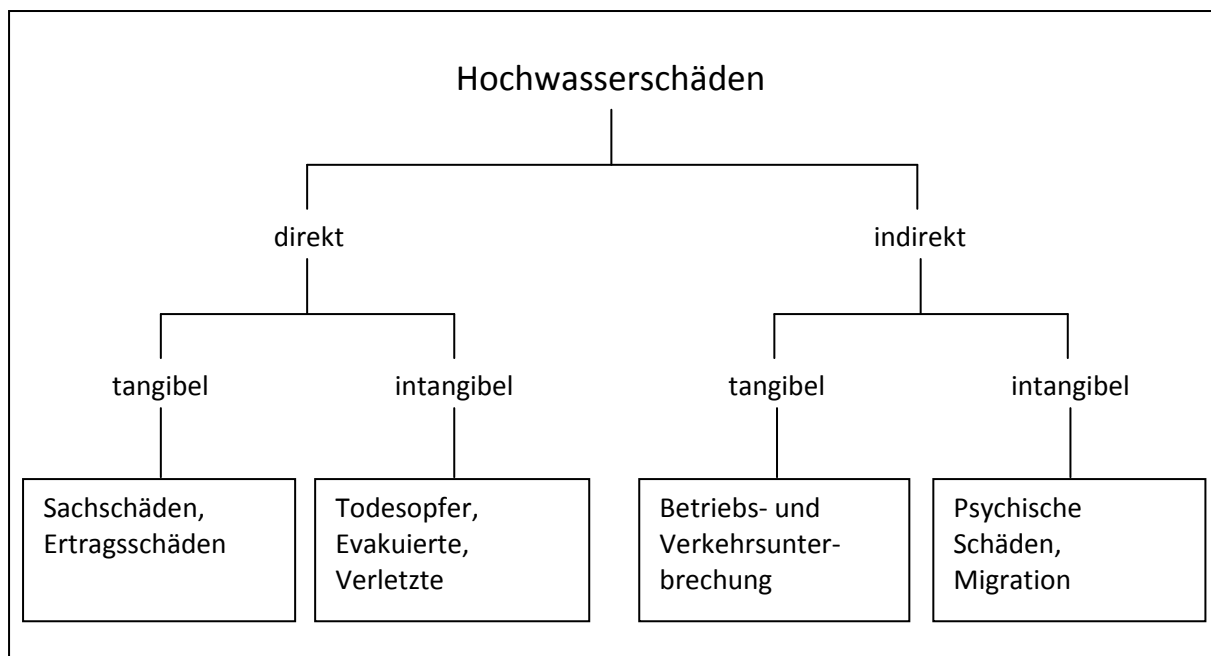


Abb. 1-1: Kategorisierung der Arten von Hochwasserschäden (Quelle: Merz 2006).

Weiterhin können Hochwasserschäden auf unterschiedlichen Maßstabsebenen betrachtet bzw. abgeschätzt werden, abhängig von der Fragestellung bzw. dem weiteren (Planungs-) Vorhaben. Aufgrund der oben angesprochenen methodischen Schwierigkeiten konzentriert man sich bei allen drei Maßstabsebenen (Makro-, Meso- und Mikro-Skala) in der Regel nur auf die direkten, tangiblen Schäden (Sachschäden), die in monetären Werten ausgedrückt werden können (MESSNER & MEYER 2005).

Makroskalige Betrachtungen wie z.B. der „Rheinatlas - Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein“ von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR 2001) beziehen sich auf ganze Flussabschnitte bis hin auf Länderebene (SEIFERT 2008).

Mesoskalige Schadensberechnungen basieren meist auf Landnutzungseinheiten bzw. Flächennutzungsdaten, wobei die Schäden, wie auch auf der Makroskala, häufig durch die Aggregation von statistischen Daten (Stadt/Gemeinde) und durchschnittlichen Schadenssummen abgeleitet werden können (MESSNER & MEYER 2005; MEYER 2005; THIEKEN et al. 2009a). Die Schadensabschätzung auf dieser Maßstabsebene ist z.B. für die Planung von lokalen und überregionalen Hochwasserschutzmaßnahmen (Kosten-Nutzen-Analysen) und zur Abschätzung der Kumulschäden für (Rück-)Versicherungen von Bedeutung (KRON 2004; SEIFERT 2008).

Die kleinste Betrachtungseinheit ist die Mikroskala, wo die Schäden von Einzelobjekten wie z.B. Wohngebäuden bewertet werden (MESSNER & MEYER 2005; MEYER 2005; SEIFERT 2008; THIEKEN 2009; THIEKEN et al. 2009a). Dieser Maßstab zeichnet sich durch die größte Genauigkeit aus, da hier objektspezifische Schadenswerte erfasst bzw. abgeschätzt werden, im Gegensatz zu den mittleren Schäden in den zuvor genannten Skalen. Außerdem sind objektspezifische Schadensanalysen für ein besseres Verständnis des Zusammenhangs zwischen den hydrologischen Ereignisfaktoren und dem resultierenden Hochwasserschaden unerlässlich. Denn nur so können schadensverursachende und -mindernde Prozesse/Faktoren aufgedeckt und beispielsweise in Schadensmodellen integriert werden.

Letztlich werden Hochwasserschäden noch unterschiedlichen Schadenssektoren zugeordnet. Dabei wird in der Regel zwischen den Sektoren Wohngebäude, gewerbliche Wirtschaft (Unternehmen), Land-/Forstwirtschaft und (öffentliche) Infrastruktur differenziert. Innerhalb dieser Sektoren wird außerdem nach der Schadensart (Gebäude, Inventar, Waren und Lagerbestände etc.) unterschieden (THIEKEN et al. 2009a).

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich im weiteren Verlauf auf die direkten, tangiblen Hochwasserschäden im mikroskaligen Bereich, wobei hier nur die Schäden von Wohngebäuden/Privathaushalten von Interesse sind. Für die Schäden in den anderen Sektoren sei z.B. auf MERZ (2006) und THIEKEN et al. (2009b) verwiesen.

1.4 Schadensabschätzungsmethoden und Unsicherheiten

Die Abschätzung der direkten Hochwasserschäden in Privathaushalten wird herkömmlich mittels Wasserstand-Schadensfunktionen durchgeführt. Dabei wird der absolute (monetäre) Schaden oder auch der relative Schaden (prozentualer Anteil des Schadens am Gesamtwert des Gebäudes bzw. des Inventars) (Abb. 1-2) auf die Höhe des Wasserstands bezogen (SMITH 1994; WIND et al. 1999; MURL 2000; DUTTA et al. 2003; PENNING-ROUSELL et al. 2005). Zudem wird bei den Schadensfunktionen für Wohngebäude oft zwischen verschiedenen Gebäudetypen (Einfamilien-, Zweifamilien- und Mehrfamilienhaus) unterschieden (Abb. 1-2), da Wohngebäude gleichen Typs, unabhängig von ihrem tatsächlichen Wert, ähnliche Wasserstands-Schadenskurven aufweisen (GRIGG & HELWIG 1975). Die umfassendste Arbeit zu Wasserstand-Schadensfunktionen stellt das „Blue Manual“ von PENNING-ROUSELL & CHATTERTON (1977) dar, in dem 168 Schadensfunktionen für Wohngebäude in Großbritannien bereitgestellt wurden, die neben dem Gebäudetyp auch das Gebäudealter, die Überflutungsdauer und die sozialen Klassen der Haushalte berücksichtigen. Diese Schadensfunktionen werden laufend aktualisiert und sind nun dem nachfolgenden Werk „A Handbook of Assessment Techniques“ (PENNING-ROUSELL et al. 2005) zu entnehmen.

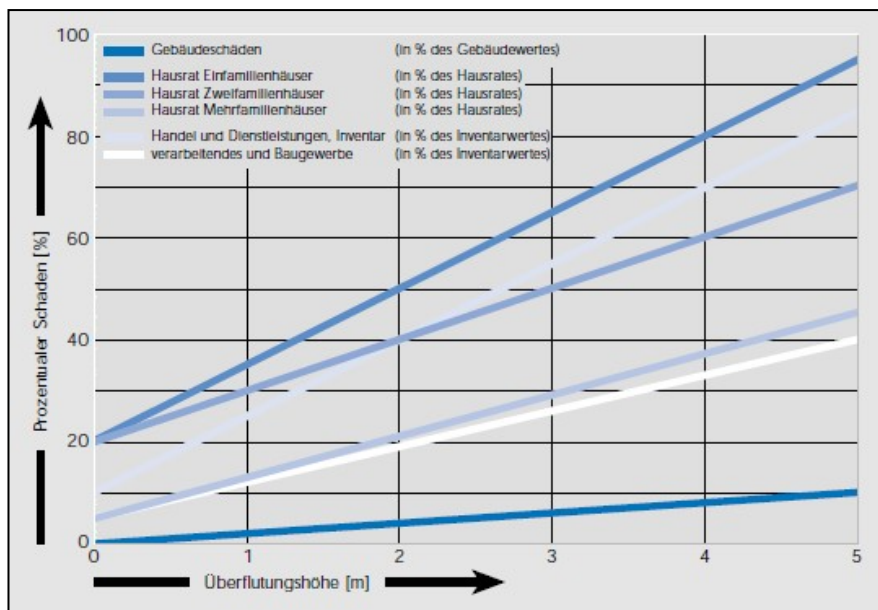


Abb. 1-2: Prozentualer Schaden für ausgewählte Nutzungen in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe (Quelle: MURL 1999).

In Deutschland basieren die meisten Schadensfunktionen auf der Datenbank HOWAS (**HO**ch**WA**sser**S**chäden) mit über 4000 Schadensfällen aus unterschiedlichen Sektoren (BUCK & MERKEL 1999; MERZ et al. 2004), wobei ca. 60 % der Fälle auf den Wohngebäudebereich entfallen (MERZ 2006). Einige der derzeit in Deutschland angewandten Schadensfunktionen/-modelle für Wohngebäude werden z.B. in APEL et al. (2009) vorgestellt. All diesen Funktionen ist gemein, dass der Wasserstand als schadensverursachender Parameter herangezogen wird, um die Gebäude- oder Hausratschäden abzuschätzen, was international als Standardnäherung akzeptiert wird (SMITH 1994).

Diese Art der Schadensabschätzung ist jedoch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, wie MERZ et al. (2004) am Beispiel der HOWAS-Datenbank demonstrieren konnten. Die alleinige Aufteilung der Schadensdaten nach dem Wasserstand reicht offenbar nicht aus, um daraus eine Schadensfunktion abzuleiten, die die Streuung der Schadensfälle hinreichend erklärt oder abbildet (Abb. 1-3). In den Untersuchungen von MERZ et al. (2004) variiert beispielsweise der absolute Schaden im Wohngebäudesektor bei einem Wasserstand von 1 m zwischen 375 DM und 63.527 DM (Bezugsjahr 1991) (Abb. 1-3). Dies lässt vermuten, dass neben dem Wasserstand eine Vielzahl weiterer Faktoren den Hochwasserschaden beeinflussen.

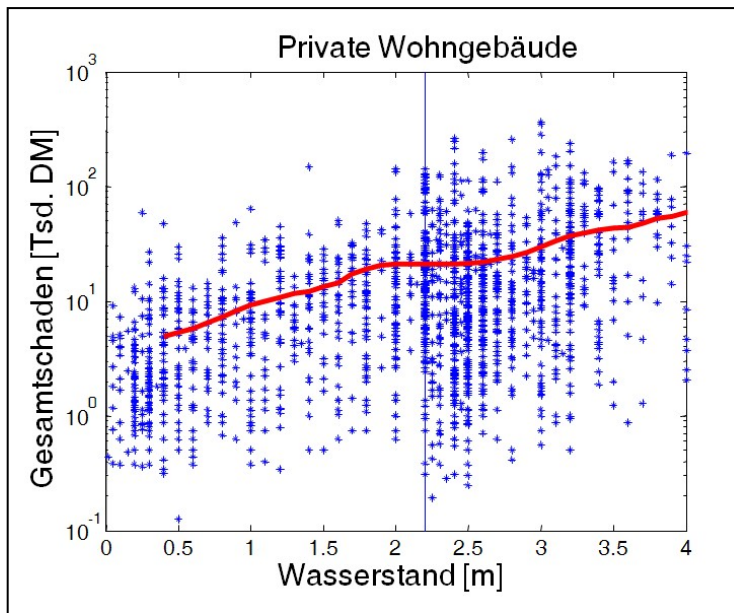


Abb. 1-3: Streudiagramm und nichtparametrische Wasserstands-Schadenfunktion für den Wohngebäudesektor (Quelle: Merz et al. 2004).

Einige Studien weisen bereits daraufhin, dass der Schaden neben dem Wasserstand und der Gebäudenutzung z.B. auch durch die Fließgeschwindigkeit, die Überflutungsdauer, private Vorsorgemaßnahmen, Hochwassererfahrung, Frühwarnung und der Kontamination des Wassers determiniert wird (SMITH 1994; DEUTSCHE RÜCK 1999; WIND et al. 1999; PENNING-ROUSELL & GREEN 2000; KELMAN & SPENCE 2004; THIEKEN et al. 2005; MERZ 2006).

Um künftig geeignetere Schadensfunktionen zu entwickeln und bestehende Schadensmodelle zu verbessern, ist es also notwendig, weitere schadensbestimmende Faktoren zu ermitteln und deren Einfluss zu quantifizieren.

1.5 Einflussfaktoren auf den Hochwasserschaden

Erste umfangreiche Untersuchungen zu möglichen Einflussfaktoren auf Hochwasserschäden an Wohngebäuden in Deutschland wurden von THIEKEN et al. (2005) und KREIBICH et al. (2005) durchgeführt. Auf der Basis von Schadensdaten aus Telefonbefragungen vom Augsthochwasser 2002 betroffener Privathaushalte konnten mithilfe von Hauptkomponentenanalysen und Signifikanztests wichtige schadensdeterminierende Variablen identifiziert werden. Dabei stellte sich heraus, dass neben dem Wasserstand die Überflutungsdauer und die Kontamination die am stärksten beeinflussenden Faktoren für Gebäude- und Hausratschäden sind. Des Weiteren zeigen diese Analysen, dass durch permanente/langfristige Bauvorsorgemaßnahmen (wie z.B. die Abdichtung oder Verstärkung hochwassergefährdeter Stockwerke, die angepasste Gebäudenutzung und Ausstattung etc.)

und temporäre/kurzfristige Maßnahmen (Notmaßnahmen wie z.B. das Ausräumen hochwassergefährdeter Stockwerke oder die Installation mobiler Wasserbarrieren) das Ausmaß der Schäden teils deutlich verringert werden kann. Unter Einbezug dieser bisher kaum beachteten Faktoren ergibt sich somit ein konzeptionelles Modell (Abb. 1-4), das den Schaden in Privathaushalten als Funktion von Einwirkungs- und Widerstandsparametern beschreibt. Hierbei fällt der Schaden umso höher aus, je intensiver die hydrologische Wirkung und die Kontamination ausgebildet ist (Einwirkungsseite), und wird umso geringer, je stärker die Widerstandsseite (permanente und temporäre Maßnahmen) ausgeprägt ist (THIEKEN et al. 2005; THIEKEN & MERZ 2009).

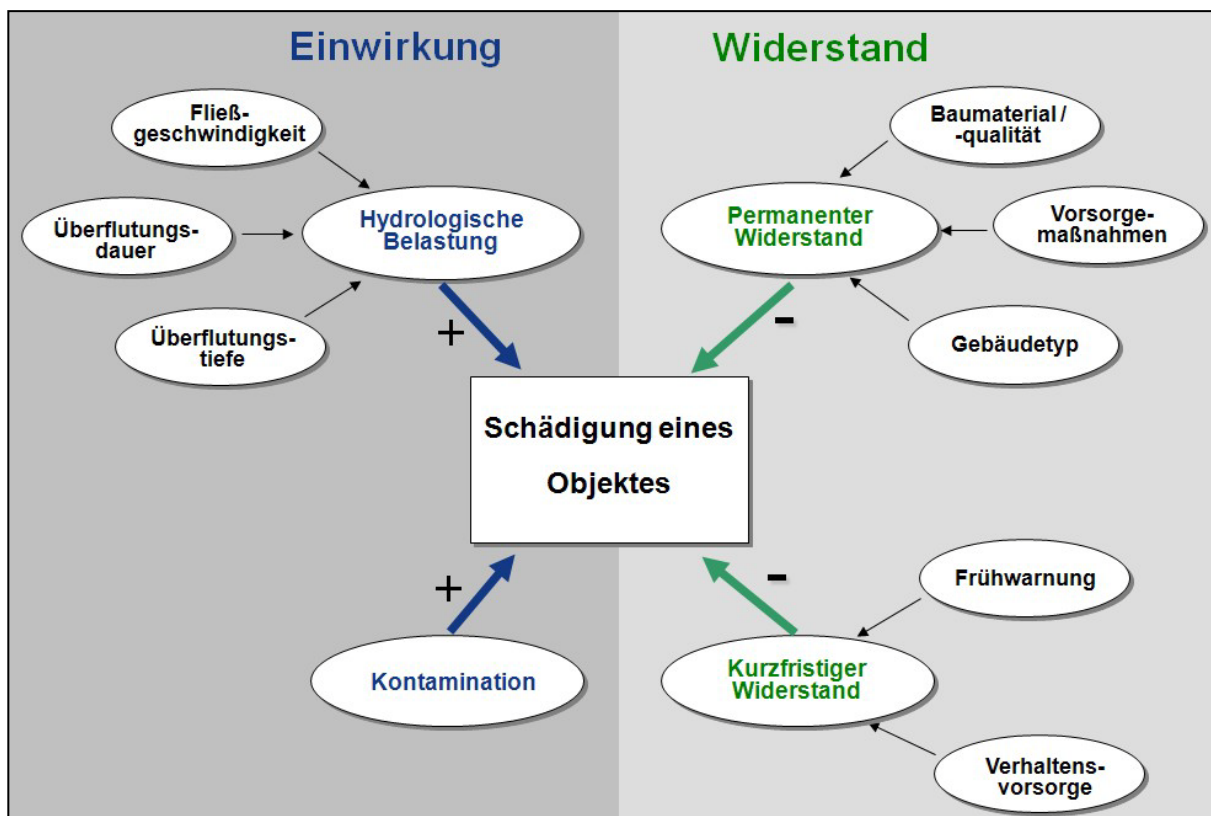


Abb. 1-4: Einflussfaktoren auf den Hochwasserschaden in Privathaushalten, untergliedert in Einwirkungsseite und Widerstandsseite (Quelle: Thieken & Merz 2009, verändert nach Thieken et al. 2005).

Jedoch sind die Zusammenhänge nur für wenige dieser Variablen quantifiziert, um diese zum Beispiel in gängige Schadensmodelle integrieren zu können. Dies ist damit zu erklären, dass es zum einen in Deutschland an aktuellen Hochwasserschadensdaten mangelt, zum anderen enthalten viele der verfügbaren Schadensdaten, die nach einem Hochwasser (meist von

Versicherungen oder Schadensgutachtern) erhoben wurden, nur wenige dieser Variablen. Denn die Elementarschadenversicherung, die die Schäden durch Hochwasser abdeckt und als Erweiterung zur Hausrat- und Gebäudeversicherung angeboten wird, gehört zum Massengeschäft der Versicherungsindustrie, in dem die Gewinne relativ klein sind, so dass eine aufwendige Bearbeitung und Begutachtung der Schadensfälle nicht möglich ist (DKKV 2004; THIEKEN et al. 2006).

Ein paar wenige Studien geben jedoch quantitative Hinweise auf andere Einflussfaktoren neben dem Wasserstand. Auswertungen aus Niederlande zeigen, dass z.B. durch eine ausreichende Frühwarnzeit kombiniert mit jüngster Hochwassererfahrung beim Hochwasser 1995 an der Maas (Niederlande) der Schaden im Wohngebäudesektor um 35 % geringer ausfiel, im Vergleich zu dem Hochwasserereignis 13 Monate zuvor (1993) mit nahezu gleicher Intensität in dieser Region (WIND et al. 1999). Ebenso demonstriert eine Fallstudie aus Lismore (Australien), dass der Schaden in Privathaushalten beim Hochwasser 1974 aufgrund einer langen Vorwarnzeit und regelmäßiger Hochwassererfahrung nur 52,4 % des potenziellen Schadens betrug (SMITH 1981). Verschiedene Untersuchungen des Flood Hazard Research Centre der Middlesex University (FHRC) ergaben eine Reduktion der Hochwasserschäden im privaten Sektor durch Frühwarnung um 21 % bis 41 % (TUNSTALL 2006). PENNING-ROWSELL & GREEN (2000) ermittelten einen schadensmindernden Effekt von ca. 13 % durch längere Frühwarnzeiten. Diese Zahlen variieren zwar sehr stark, dennoch verdeutlichen diese, dass die Frühwarnung den Hochwasserschaden beträchtlich minimieren kann. Die Kontamination des (Fluss-)Wassers durch ausgelaufenes Heizöl hingegen kann den mittleren Gebäudeschaden um das dreifache erhöhen, wie die Schadensanalysen des Pfingsthochwassers 1999 in Kehlheim (Bayern) erkennen ließen (DEUTSCHE RÜCK 1999). Ein sehr gutes Vorsorgeverhalten wiederum (v.a. durch bauliche Maßnahmen) konnte beim Augusthochwasser 2002 den Schaden am Gebäude um bis zu 63 % und am Inventar um ca. 55 % minimieren. Die Analyse stützt sich dabei auf einen Vergleich von Haushalten, die Vorsorge betreiben, mit Haushalten, die keine Vorsorge vor dem Hochwasser betrieben haben. Insbesondere die hochwasserangepasste Gebäudenutzung sowie angepasste Inneneinrichtung der gefährdeten Stockwerke erzielten eine sehr hohe Wirksamkeit (KREIBICH et al. 2005). YEO (2002) betont ebenfalls, dass durch die Wahl von wasserunempfindlichem

(Aus-)Baumaterial (z.B. Fliesen im Gegensatz zu Parkett oder Teppichböden) der Schaden nennenswert reduziert werden kann. Weitere Minderungseffekte durch Vorsorge-maßnahmen unterschiedlicher Art (Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge usw.) werden in der Broschüre „Hochwasservorsorge – Maßnahmen und ihre Wirksamkeit“ von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) aufgeführt (IKSR 2002).

Diese Beispiele führen vor Augen, dass die Variablen aus Abb. 1-4 den Hochwasserschaden im Wohngebäudebereich erheblich beeinflussen können. Daher ist die Verwendung von Wasserstand-Schadensfunktionen nicht weiter empfehlenswert, um den Schaden in Privathaushalten abzuschätzen bzw. um die Variabilität der Schadensdaten zu erklären.

In den letzten Jahren wurden erste Anstrengungen unternommen, mehrere schadensbeeinflussende Variablen in die Schadensmodelle zu integrieren. Beispielsweise wurden von ZHAI et al. (2005) ein multivariates Regressionsmodell entwickelt, das außer der Überflutungstiefe die Gebäudestruktur, das Haushaltseinkommen, den Hausbesitz und die Wohndauer berücksichtigt. THIEKEN et al. (2008) entwarfen ein neues multifaktorielles Schadensmodell „FLEMOps“ (**F**lood **L**oss **E**stimation **M**odel for the **P**riate **S**ector) für den Wohngebäudebereich, das neben der Überflutungstiefe den Gebäudetyp und die Gebäudequalität miteinbezieht, um den Schädigungsgrad bzw. den relativen Schaden, getrennt für Gebäude und Hausrat, zu berechnen. In einer Erweiterung dieses Modells (FLEMOps+) kann sogar die Kontamination des Flusswassers und das Vorsorgenniveau der Haushalte hinzugezogen werden, falls die Informationen vorliegen (THIEKEN 2008; THIEKEN et al. 2008; THIEKEN & KREIBICH 2009).

1.6 Problematik und Zielstellung der Arbeit

Wie die vorherigen Abschnitte zum Ausdruck gebracht haben, besteht großer Forschungsbedarf bei der Abschätzung von Hochwasserschäden im Wohngebäudebereich, da die bisherigen Methoden (Wasserstand-Schadensfunktionen) keine befriedigenden Ergebnisse liefern. Die oben aufgeführten Beispiele aus anderen Studien, die den Einfluss einiger Variablen verdeutlichen, geben Anlass, diese genauer zu untersuchen und zu quantifizieren, um diese künftig in mikroskalige Schadensmodelle einzubauen. Erste

Fortschritte in der Schadensmodellierung (z.B. FLEMOps) sind zwar in den letzten Jahren zu beobachten, doch diese Methoden sind noch nicht genügend ausgereift, um den Schaden im Wohngebäudebereich möglichst genau abzuschätzen (s. OLSCHESKI 2007). So ergeben sich zum Beispiel Probleme bei der Übertragbarkeit auf andere Regionen oder andere Hochwasserereignisse. Ebenso bestehen nach wie vor Defizite hinsichtlich der Abbildung des Vorsorgeverhaltens.

Daher sollen in der vorliegenden Arbeit wichtige Einflussgrößen auf den Hochwasserschaden anhand von aktuellen Schadensdaten aus Telefonbefragungen in Privathaushalten untersucht und quantifiziert werden. Dabei liegt der Fokus auf den mutmaßlich schadensmindernden Faktoren (Widerstandsseite), d.h. dass sowohl Maßnahmen des kurzfristigen Widerstands (Frühwarnung und Notfallmaßnahmen) als auch des permanenten Widerstands (Vorsorgemaßnahmen v.a. baulicher Art) im Hinblick auf das Minderungspotenzial von Hochwasserschäden im Wohngebäudebereich analysiert werden sollen. Im Gegensatz zu bisherigen Studien werden die hier durchgeführten Untersuchungen zur Frühwarnung und privaten Eigenvorsorge in Abhängigkeit von unterschiedlichen Wasserständen, Hochwassertypen, Kontaminationsarten und verschiedener Hochwassererfahrung erfolgen. Dadurch lässt sich ermitteln, wo Vorsorge und Frühwarnung besonders wirksam sein kann.

Neben den zu erwartenden Erkenntnissen zur Verbesserung der Hochwasserschadensabschätzung in Privathaushalten, zielt diese Arbeit darauf ab, den vermutlichen Minderungseffekt von Frühwarnung und diversen Vorsorge-/Notmaßnahmen zu demonstrieren. Dies ist vor allem in Anbetracht der Tatsache, dass technische Schutzvorrichtungen keinen absoluten Schutz gegenüber Extremabflüssen gewährleisten können und der volkswirtschaftliche Schaden weiter steigen wird, von großer Bedeutung. Denn im Rahmen eines modernen, integrierten Hochwasserrisikomanagements wird zunehmend auch die betroffene Bevölkerung dazu aufgefordert, den potenziellen Hochwasserschaden so gering wie möglich zu halten. Um die Motivation zur privaten Eigenvorsorge zu stärken, kann gerade durch das Aufzeigen der Wirksamkeit von Maßnahmen der Bau- und Verhaltensvorsorge ein wichtiger Beitrag geleistet werden.

Diese Arbeit ist so konzipiert, dass im folgenden Kapitel zunächst die Datengrundlage der Analyse, die sich aus unterschiedlichen telefonischen Befragungen in betroffenen Privathaushalten zu den Hochwasserereignissen der vergangenen Jahre in Deutschland und Österreich zusammensetzt, erläutert wird. Im Anschluss daran werden die statistischen Methoden für die Untersuchungen vorgestellt. Das dritte Kapitel beginnt mit einer allgemeinen statistischen Beschreibung der zusammengeführten Schadensdaten und erklärt darauffolgend, nach welchen Kriterien der Datensatz in Teilkollektive aufgeteilt und untersucht wird. Anschließend werden die Untersuchungsergebnisse, gegliedert in Module, präsentiert und diskutiert. Das letzte Kapitel fasst die wichtigsten Ergebnisse nochmals zusammen und legt zum einen nahe, welche Vorsorge- und Notmaßnahmen sich als besonders wirksam erweisen und daher der gefährdeten Bevölkerung künftig deutlicher und detaillierter kommuniziert werden sollten. Zum anderen wird die Anwendbarkeit der Ergebnisse in Schadensmodellen angesprochen und mögliche Verbesserungsvorschläge für ein effizienteres Hochwasserrisikomanagement gegeben.

Als CD liegen alle Untersuchungsergebnisse tabellarisch und als Diagramm bei, aufgeteilt nach der Reihenfolge der Module in Kapitel 3.

2. Daten und Methoden

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie sich die Datengrundlage der vorliegenden Arbeit zusammensetzt und wie diese Daten anschließend für die statistischen Untersuchungen aufbereitet wurden. Im letzten Unterkapitel werden die statistischen Methoden erläutert, die bei der Analyse der Daten mit Hilfe der Software SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) für Windows zum Einsatz kamen. Die tabellarische Aufbereitung und Visualisierung der Ergebnisse erfolgte mit Microsoft Office Excel 2007, die graphische Darstellung der Untersuchungsgebiete mit ArcGis Desktop 9.2.

2.1 Datengrundlage

Die Datenbasis stellen vier computergestützte Telefonumfragen aus Deutschland und Österreich dar, die in den letzten Jahren zu den jüngsten Hochwasserereignissen in betroffenen Privathaushalten erhoben wurden. Diese, von mehreren Befragungsinstituten durchgeführten Interviews, hatten verschiedene thematische Schwerpunkte, sodass die Befragungsdaten für eine gemeinsame Auswertung vorher aufbereitet werden mussten.

Im Einzelnen sind das folgende Befragungen:

- Die Umfrage des GeoForschungsZentrums Potsdams (GFZ) und der Deutschen Rückversicherungs AG, Düsseldorf, vom April und Mai 2003, in der 1697 Personen in Bayern, Sachsen und Sachsen-Anhalt telefonisch befragt wurden, die vom Augusthochwasser 2002 an der Donau, Elbe und den Elbezuflüssen betroffen waren. Neben den Hochwasserschäden an Gebäuden und Hausrat wurden mögliche schadensbeeinflussende Faktoren wie die hydrologischen Ereigniskenngrößen (Wasserstand, Überflutungsdauer, Fließgeschwindigkeit), die Kontamination, die Frühwarnung, temporäre und permanente Schutzmaßnahmen etc. abgefragt. Eine genaue Beschreibung dieser Umfrage wurde von KREIBICH et al. (2005) und THIEKEN et al. (2005; 2007) veröffentlicht.
- Die telefonische Befragung des Projektes „**Methoden zur Erfassung Direkter und Indirekter Schäden**“ (MEDIS) im November und Dezember 2006 unter der

Federführung des GFZ, in der der Fragebogen zum Hochwasser 2002 leicht modifiziert wurde. Dabei wurden 461 Haushalte befragt, die durch die Hochwasserereignisse in Bayern im August 2005 bzw. entlang der Elbe im Frühjahr 2006 betroffen waren. Weitere Details zu dieser Befragung sind KREIBICH & THIEKEN (2008) zu entnehmen.

- Das alpS-Projekt 3.2C „Alternative Finanzierungs- und Versicherungslösungen“, in dem der MEDIS-Fragebogen um Themenkomplexe, die für dieses Projekt relevant waren (Versicherungsstruktur etc.), erweitert wurde. Hierbei wurden 219 Haushalte aus Tirol und Voralberg befragt, von denen 72 vom Auguthochwasser 2005 betroffen waren (RASCHKY et al. 2009).
- Das Projekt „Entwicklung **MULTI**Sequentieller Vorsorgestrategien für grundhochwassergefährdete **UR**ban**E** Lebensräume“ (MULTISURE) unter der Leitung des Dresdner Grundwasserforschungszentrums e.V. (GFZ 2007; 2009), in der ein Teil des Fragebogens für die Befragung von 605 grundhochwassergefährdeten Privathaushalten im September 2007 eingesetzt wurde. In diesem Projekt wurde untersucht, welche Faktoren das Ausmaß grundhochwasserbeeinflusster Schäden bestimmen, um diese bei künftigen Schadensmodellen einfließen lassen zu können. Erste Ergebnisse wurden von KREIBICH et al. (2009) publiziert.

Einen Überblick über die geographische Verteilung der Untersuchungsgebiete in Deutschland und Österreich geben die Abbildungen A-1 bzw. A-2 im Anhang.

2.2 Datenaufbereitung

Da die Datengrundlage, wie zuvor beschrieben, aus vier unterschiedlichen Befragungen besteht, galt es, diese zunächst zu einem homogenen Datensatz zusammenzuführen. Im Anschluss daran wurden für die Untersuchungen wichtigen Variablen klassifiziert und Indikatoren gebildet, die erhobenen Hochwasserschäden auf ein Referenzjahr angepasst, sowie Gebäude- und Hausratwerte nach den Methoden der Versicherungsindustrie abgeschätzt, um letztlich den relativen Gebäude- bzw. Hausratschaden bestimmen zu können.

Der erste Schritt bestand darin, in den vier verschiedenen Datensätzen zunächst nur die Variablen zu extrahieren, die für die Fragestellung dieser Arbeit von Interesse sind. Dabei handelt es sich um Fragen aus dem Themenbereich der hydrologischen Ereigniskenngrößen (Wasserstand, Überflutungsdauer etc.), der Kontamination, der Frühwarnung und der durchgeführten Notmaßnahmen, der langfristigen Vorsorgemaßnahmen, der Hochwassererfahrung, der Charakteristik des betroffenen Wohngebäudes (Gebäudetyp, Baujahr, Wohnfläche etc.) und der Hausrat- und Gebäudeschäden (Kosten für Wiederbeschaffung beziehungsweise Wiederherstellung). Die selektierten Variablen wurden auf Gleichheit (Variableneigenschaften und Kodierungen) überprüft, um anschließend alle Fälle bzw. Interviews zu einer Datenmatrix zusammenführen zu können. Teilweise mussten jedoch die Variablen umbenannt, zusammengefasst oder gar neu berechnet werden, da in den Befragungen unterschiedliche Kodierungen verwendet worden waren. Zudem wurden einige Variablen, wie z.B. die Vorwarnzeit (Frühwarnung), die Reaktionszeit, die Hochwassererfahrung nicht in allen Interviews abgefragt, sodass auf diese Fälle bei den entsprechenden Untersuchungen leider verzichtet werden muss. Eine komplette Auflistung aller Variablen des nun konsistenten Datensatzes, der insgesamt 2982 befragte Privathaushalte enthält, sind dem Anhang (Tab. A-1) zu entnehmen.

2.2.1 Neuberechnung des Wasserstandes

Bei der MULTISURE-Umfrage musste der Wasserstand über Geländeoberkante (GOK) komplett neu berechnet werden, da diese Umfrage das Augenmerk auf Grundhochwasser gerichtet hatte und nur die Fragen

- In welchen Stockwerken stand das Grundwasser bei Ihnen im Gebäude als der Wasserstand am höchsten war?
- Wie hoch stand das Wasser ungefähr im höchsten betroffenen Stockwerk, vom Fußboden aus gemessen?

enthielt. Unter Zuhilfenahme der in der Versicherungswirtschaft verwendeten Durchschnittshöhen von Wohngeschossen (vgl. DIETZ 1999) konnte auch der Wasserstand

über GOK rekonstruiert werden, wenn keine Raumhöhenangaben der Geschosse von den Befragten genannt wurden.

In Gebäuden, in denen nur der Keller von Hochwasser betroffen war, konnte der Wasserstand über GOK aus der Summe der Angabe, wie tief der Kellerfußboden unter der Geländeoberfläche liegt und der Angabe des Wasserstandes im höchsten Stockwerk ermittelt werden:

$$\text{wasserstand} = (-ws5a) + \text{wasserst_hstw} \quad (1)$$

mit:

wasserstand = Wasserstand über GOK (in cm)

ws5a = Niveau des Kellerfußbodens unter GOK (in cm)

(wenn keine Angabe vorhanden, dann „-250 cm“ als durchschnittliche Raumhöhe des Kellers)

wasserst_hstw = Wasserstand im höchsten Stockwerk (in cm)

War neben dem Keller auch das Erdgeschoss betroffen, floss die Raumhöhenangabe des Kellers (*ws5b*) in die Wasserstandsrechnung über GOK mit ein.

$$\text{wasserstand} = ws5b + (-ws5a) + \text{wasserst_hstw} \quad (2)$$

Bei den Fällen, bei denen keine Angabe des Kellerfußbodenniveaus gegeben war, wurde angenommen, dass das Erdgeschoss mit der GOK bündig ist. So konnte die Wasserstandsangabe im höchsten Stockwerk ohne Umrechnung als Wasserstand über GOK verwendet werden.

2.2.2 Bildung von Indikatoren und klassifizierten Variablen

Für die statistischen Analysen ist es erforderlich, bestimmte Variablen zu klassifizieren oder auch Indikatoren zu berechnen, um eine Unterteilung in Gruppen bzw. Stichproben vornehmen zu können, die sich im Hinblick auf die Hochwasserschäden miteinander vergleichen lassen (s. Kapitel 3).

Vorsorgemaßnahmen

So wurde bei den einzelnen privaten Vorsorgemaßnahmen, die schon die Klassifikation (vor dem Hochwasser durchgeführt, nach oder während dem Hochwasser durchgeführt, in den nächsten 6 Monaten beabsichtigt, (noch) nicht beabsichtigt) aufwiesen, jeweils eine neue Variable gebildet, die nur noch angibt, ob diese Maßnahme vor dem Hochwasser durchgeführt wurde oder nicht.

Hochwassertyp

Ebenso wurde eine neu klassifizierte Variable „Hochwassertyp“ eingeführt, die sich aus den unterschiedlichen Antworten der Betroffenen zu der Frage, worauf denn die Überschwemmung bei Ihnen zurückzuführen sei, zusammensetzt (Tab. 2-1). An dieser Stelle sei angemerkt, dass in dieser tabellarischen Reihenfolge des Hochwassertyps der Hochwasserschaden abnimmt (HRISTOVA 2007), sodass die Befragten bei Mehrfachantworten denjenigen Hochwassertyp zugeteilt bekamen, der den höheren Schaden verursacht.

Tab. 2-1: Zuordnung und Klassifikation des Hochwassertyps.

Zugeordneter Hochwassertyp	Antwort der befragten Person
Deichbruch	Überschwemmung in Folge eines Deichschadens
Flusshochwasser	Hochwasser durch ausuferndes Gewässer (d.h. nahe gelegener Fluss oder kleineres Gewässer ist über die Ufer getreten)
Sturzflut	Oberflächlich von Straßen oder Hängen wild abfließendes Wasser
	Durch die Kanalisation, die das Wasser auf der Straße nicht mehr abführen konnte
Grundhochwasser	Das Wasser ist direkt über Abläufe, Toiletten, Duschen aus der Kanalisation in die Räume unterhalb der Straßenebene (z. B. Kellerräume) eingedrungen
	Das Grundwasser ist aus dem Untergrund in das Gebäude eingedrungen

Kontaminationsart

Auch bei der Klassifikation des kontaminierten (Fluss-)Wassers wurde ähnlich verfahren. Da hier auch Mehrfachantworten bei der Kontaminationsquelle möglich waren (s. Tab. 1-1 im Anhang), wurde für die Bildung einer neuen Variable diejenige Schadstoffquelle bei Mehrfachantworten in Betracht gezogen, die zu den höheren Schäden führt (vgl. KREIBICH et al. 2005; THIEKEN et al. 2005). Die Klassen der Kontaminationsart lauten in aufsteigender Reihenfolge „Keine Kontamination“, „Kontamination durch Abwasser“, „Kontamination durch Chemikalien (+ Abwasser)“ und „Kontamination durch Öl oder Benzin (+ Chemikalien, + Abwasser)“.

Art der Frühwarnung

Um potenzielle Unterschiede zwischen den Herausgebern der Frühwarnung evaluieren zu können, wurden die verschiedenen Frühwarnungsarten zu einer Variable zusammengefasst, die sich gleichermaßen durch Mehrfachantworten zusammensetzt und demnach eine Rangfolge hinsichtlich der Qualität der Frühwarnung aufweist. Wie schon bei THIEKEN et al. (2005) aufgeführt, erhält die Frühwarnung durch Behörden die größte Aufmerksamkeit. Die Klassen, in deren Rangfolge die Qualität bzw. Seriosität der Frühwarnung steigt, sind „nicht gewarnt worden“, „eigene Beobachtung“, „Warnung durch Nachbarn, Freunde, Sonstige“, „überregionale Nachrichten (allg. Berichterstattung und Unwetterwarnung in den Medien)“ und die „Behördliche Warnung (Polizei etc.)“.

Vorsorgeindikator

Ein wichtiger Indikator, der den Vorsorgegrad der Betroffenen widerspiegelt, ist der Vorsorgeindikator mit den Kategorien „keine/geringe Vorsorge“, „mittlere Vorsorge“ und „sehr gute Vorsorge“. In die Berechnung dieses Indikators flossen elf verschiedene Vorsorgemaßnahmen ein, sofern sie vor dem Hochwasser durchgeführt wurden. Dabei wurden die ergriffenen Maßnahmen unterschiedlich gewichtet, da z.B. die Bauvorsorgemaßnahmen den größten schadensreduzierenden Effekt bei Hochwasser zeigen (KREIBICH et al. 2005; THIEKEN et al. 2005). Letztlich wurden die Punkte, die die einzelnen Vorsorgemaßnahmen zugeteilt bekommen haben (vgl. HRISTOVA 2007; KREIBICH & THIEKEN 2008a), aufsummiert und in die obigen drei Indikatorstufen eingeteilt.

Hochwassererfahrung

Die Hochwassererfahrung der betroffenen Privathaushalte kann für den späteren Teil der Arbeit über zwei verschiedene Variablen beschrieben werden. Zum einen wurde die Anzahl der Hochwasserereignisse, von denen das Gebäude zuvor getroffen wurde, abgefragt, welche in die drei Klassen „noch nie zuvor“, „einmal“ und „zweimal oder mehr“ aufgeteilt wurde. Zum anderen ist das der Zeitraum, der seit dem letzten Hochwasserereignis verstrichen ist, ehe das Wohngebäude durch das jüngste Hochwasser überschwemmt wurde. Letztere Variable lässt sich durch die Differenz zwischen dem jüngsten Ereignis und dem letzten Hochwasser davor ermitteln und wurde anschließend in „weniger als zwei Jahre“, „zwei bis sechs Jahre“, „länger als sechs Jahre“ klassifiziert. Bei den MULTSURE-Befragten konnte diese Zeitdifferenz nicht berechnet werden, da das vorletzte Hochwasserereignis nicht erfasst wurde.

Wasserstand

Der Wasserstand über GOK, der durch die Grundhochwasserbetroffenen auch negativ ausfallen kann, wurde in vier Klassen untergliedert (unter -100 cm, -100 cm bis 0 cm, 1 cm bis 100 cm, über 100 cm). Eine feinere Unterteilung ist in dieser Arbeit nicht empfehlenswert, da sonst bei den späteren Untersuchungen innerhalb der verschiedenen Wasserstandsklassen die Stichprobengröße zu gering ausfällt.

Frühwarnzeit

Die Frühwarnzeit, die bei der Frage „Wie lange vor dem Eintreten der Überflutung hat Sie die erste Warnung erreicht?“ dokumentiert wurde, wurde in drei Klassen (bis 1h, 2h bis 48h, über 48h) aufgeteilt.

Reaktionszeit

Bei der Reaktionszeit, also der Zeit, die seit dem Erreichen der Frühwarnung verstrichen ist, ehe die Betroffenen mit den schadensmindernden Maßnahmen begonnen haben, wurden drei Klassen (Sofort, nach 1h bis 12h, nach 12h) gebildet.

Verhalten bei Frühwarnung und Wirksamkeit der Vorsorgemaßnahmen

Die beiden sechsstufigen, ordinalskalierten Variablen „Wussten Sie aufgrund der Warnung wie Sie sich und Ihren Haushalt schützen können“ (1 = war mir völlig klar, 6 = war mir völlig unklar) und „Für wie wirksam halten Sie private Vorsorgemaßnahmen“ (1 = sehr wirksam, 6 = überhaupt nicht wirksam) wurden neu klassifiziert, indem jeweils zwei Klassen für repräsentativere Stichproben zusammengefasst wurden.

2.2.3 Anpassung der Gebäudeschäden

Um im späteren Verlauf der Arbeit die Wirksamkeit von privaten Vorsorgemaßnahmen, der Frühwarnung etc. anhand der erhobenen Hochwasserschäden abschätzen zu können, ist es notwendig die erfassten Gebäude- und Hausratschadensangaben der Interviewten durch geeignete Indizes auf ein gleiches Referenzjahr anzupassen, um der Inflation zwischen den jeweiligen Hochwasserereignisjahren entgegenzuwirken (vgl. HUTTENLAU & STÖTTER 2008). Als Referenzjahr wurde das Jahr 2007 ausgewählt, da in diesem der letzte Hochwasserschadensfall in den Umfragen aufgetreten ist.

Für die Anpassung der Gebäudeschäden in den deutschen Untersuchungsgebieten wurde der Baupreisindex für den Neubau von Wohngebäuden des Statistischen Bundesamtes Deutschlands mit Basisjahr 2005 verwendet (STATISTISCHES BUNDESAMT 2009a). Die Berechnung folgt der Formel:

$$geb_schad_ref = (geb_schaden / BPI) * BPI\ 2007 \quad (3)$$

mit:

geb_schad_ref = Gebäudeschaden (in €) auf Referenzjahr 2007 angepasst

geb_schaden = Absoluter Gebäudeschaden (in €) im Ereignisjahr

BPI = Baupreisindex des jeweiligen Ereignisjahres

BPI 2007 = Baupreisindex von 2007

Für das österreichische Untersuchungsgebiet wurde der Baukostenindex für Wohnhaus- und Siedlungsbau der Statistik Austria mit Basisjahr 2005 herangezogen (STATISTIK AUSTRIA 2009a). Die indexierten Gebäudeschäden berechnen sich nach der gleichen Formel, wie in dem

deutschen Untersuchungsgebiet (Gleichung 3). Zusätzlich müssen die Schäden aus Österreich und Deutschland auf ein einheitliches Preisniveau bezogen werden. Daher wurden die Schäden der österreichischen Befragung mithilfe des „Vergleichenden Preisniveauindexes“ des Statistischen Amtes der Europäischen Gemeinschaften (EUROSTAT) umgerechnet, sodass die Gebäudeschäden beider Länder miteinander konsistent sind (FABER 2006; STAPEL et al. 2006; EUROSTAT 2009). Dies erfolgt ebenso nach Gleichung 3 nur mit dem Unterschied, dass „*geb_schaden*“ durch „*geb_schaden_at*“ (indexierte Gebäudeschäden aus Österreich) ersetzt wird und anstelle der Baupreisindizes der „Vergleichende Preisniveauindex“ (*VPI*) eingesetzt wird, d.h. $BPI = VPI \text{ von Österreich (2007) und } BPI 2007 = VPI \text{ von Deutschland (2007)}$.

2.2.4 Anpassung der Hausratschäden

Die Anpassung der Hausratschäden auf das Referenzjahr 2007 erfolgt analog, allerdings müssen andere Preisindizes verwendet werden.

Für die Befragungen in Deutschland ist der Verbraucherindex der COICOP-Gruppe 5 „Einrichtungsgegenstände und ähnliches für den Haushalt und deren Instandhaltung“ des Statistischen Bundesamtes mit Basisjahr 2005 zu empfehlen (STATISTISCHES BUNDESAMT 2009b). Die Gleichung lautet dann folgendermaßen:

$$hr_schad_ref = (hr_schaden / VPI) * VPI 2007 \quad (4)$$

mit:

hr_schad_ref = Hausratschaden (in €) auf Referenzjahr 2007 angepasst

hr_schaden = Absoluter Hausratschaden (in €) im Ereignisjahr

VPI = Verbraucherpreisindex der COICOP-Gruppe 5 des jeweiligen Ereignisjahres

VPI 2007 = Verbraucherpreisindex der COICOP-Gruppe 5 von 2007

Für die Befragung in Österreich kommt in Gleichung 4 für *VPI* bzw. *VPI 2007* der Verbraucherindex der COICOP-Gruppe 5 „Hausrat und laufende Instandhaltung des Hauses“ der Statistik Austria mit Basisjahr 2005 zum Einsatz (STATISTIK AUSTRIA 2009b). Auch hier ist wieder zu beachten, dass die indexierten Hausratschäden mithilfe des „Vergleichenden

Preisniveauindex“ von EUROSTAT nach obigem Prinzip auf das deutsche Preisniveau umgerechnet werden müssen (vgl. FABER 2006; STAPEL et al. 2006).

2.2.5 Abschätzung des Gebäudewertes

Für den Vergleich der Hochwasserschäden zwischen unterschiedlichen Stichproben ist es nicht nur wichtig, den jeweiligen Schadenstyp auf ein Referenzjahr anzugleichen, sondern es ist ebenso ratsam, den Schaden in Bezug zum Gesamtwert des Wohngebäudes (bzw. des Inventars) zu setzen. Durch die Berechnung des relativen Schadens oder auch Schädigungsgrades (s. Kapitel 2.2.7) wird nicht nur die Vorstellungskraft gesteigert, wie stark z.B. ein Gebäude durch ein Hochwasser geschädigt worden ist, sondern es lassen sich auch extrem hohe Schadenswerte (Ausreißer) bei den statistischen Berechnungen minimieren, da diese dann in Relation zum dazugehörigen Gebäude- bzw. Hausratwert stehen.

Die Gebäudewerte werden in der Regel anhand von durchschnittlichen Versicherungssummen monetarisiert (KREIBICH et al. 2005; KLEIST et al. 2006; HUTTENLAU & STÖTTER 2008). Letztere ermitteln Versicherer durch meist standardisierte Verfahren, um die Versicherungsprämien den realen Gebäudewerten anpassen zu können.

Eine in Deutschland sehr gebräuchliche Methode für die Abschätzung des Gebäudeneuwertes bezieht sich auf die „Versicherungssumme von 1914“ nach der Formel:

$$geb_wert_ereignis = geb_wert1914 * GNF \quad (5)$$

mit:

geb_wert_ereignis = Gebäudewert (in €) im Ereignisjahr

geb_wert1914 = Versicherungssumme von 1914 (in Mark)

GNF = Gleitender Neuwertfaktor (vgl. DIETZ 1999; FÜRSTENWERTH et al. 2001)

Dabei wird zuerst eine einheitliche Basis zur Berechnung des Gebäudeneuwertes geschaffen, indem die „Versicherungssumme von 1914“ bestimmt wird, die wiederum die fiktiven Baukosten für das Wohngebäude im Jahr 1914 widerspiegelt (FÜRSTENWERTH et al. 2001). Bei der Berechnung dieser Summe fließen Parameter wie die Etagenanzahl des Wohngebäudes,

der dazugehörige Dachtyp (Flachdach, ausgebautes Dachgeschoss etc.) und die Unterkellerung mit ein (DIETZ 1999). Aus diesen Angaben ergibt sich ein Versicherungswert von 1914 pro Quadratmeter Nutzfläche, der schließlich mit der gesamten Nutzfläche des Wohngebäudes multipliziert wird. Nun wird diese Versicherungssumme von 1914 noch mit dem „Gleitenden Neuwertfaktor“ des Hochwasserereignisjahres multipliziert. Dieser Faktor, der jährlich vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) berechnet und an die Versicherer herausgegeben wird, gibt die seit 1914 gestiegene Wertentwicklung der Immobilien wieder und setzt sich zu 80 % aus der Veränderung des Baupreisindex für Wohngebäude und zu 20 % der Veränderung des Tariflohnindex für das Baugewerbe zusammen (FÜRSTENWERTH et al. 2001).

Da nun der Gebäudewert des Hochwasserereignisjahres in den deutschen Untersuchungsgebieten bekannt ist, muss dieser noch nach obigem Schema (vgl. Gleichung 3) auf das einheitliche Referenzjahr 2007 angehoben werden:

$$geb_wert_ref = (geb_wert_ereignis / BPI) * BPI\ 2007 \quad (6)$$

mit:

geb_wert_ref = Gebäudewert (in €) auf Referenzjahr 2007 angepasst

geb_wert_ereignis = Gebäudewert (in €) im Ereignisjahr

BPI = Baupreisindex des jeweiligen Ereignisjahres

BPI 2007 = Baupreisindex von 2007

Für die österreichischen Befragungsdaten konnten keine Gebäudewerte nach dem Prinzip der dortigen Versicherungsindustrie abgeschätzt werden, da einerseits nach Auskunft des Versicherungsverbandes Österreichs (VVO) keine allgemein angewandte Methode bei der Gebäudewertbestimmung existiert (Mündl. Mitteilung von Fr. Kobald vom VVO (Wien), 14.05.2009). Andererseits werden auf Nachfrage bei den meisten Versicherungen (Allianz, Generali, Wiener Städtische, Tiroler Versicherung) Parameter wie die Etagenzahl, der Dachtyp, der Heizungstyp etc. bei der individuellen Gebäudewertabschätzung benötigt, die im österreichischen Datensatz nicht erfasst wurden. Daher muss bei der Berechnung des

Schadigungsgrades (s. Kapitel 2.2.7) leider auf diese Schadensfälle verzichtet werden ($\approx 2\%$ aller Gebäudeschadensangaben).

2.2.6 Abschätzung des Hausratwertes

Die Inventarwerte werden ebenfalls über durchschnittliche Versicherungssummen abgeschätzt (REESE & MARKAU 2004; HUTTENLAU & STÖTTER 2008).

In Deutschland gibt der GDV hierfür einen Richtwert heraus, mit dem die Versicherungen den Hausratwert über die Nutzfläche ermitteln können, wenn diese keine eigenen empirisch abgeleiteten Richtwerte haben (Mündl. Mitteilung von Hr. Nathan vom GDV (Berlin), 15.05.2009). Bei einer durchschnittlichen Wohnausstattung wird folglich die Nutzfläche in Quadratmetern mit dem Richtwert von 650 € pro Quadratmeter multipliziert, um den Hausratwert im Ereignisjahr zu erhalten. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass die berechnete Summe im Ereignisjahr zu indexieren ist (s. Kapitel 2.2.4), nur mit dem Unterschied, dass anstatt der Hausratschäden die Hausratwerte (im Ereignisjahr) eingesetzt werden.

In Österreich gibt es keine Richtwerte von Seiten der VVO (Mündl. Mitteilung von Fr. Kobald vom VVO (Wien), 14.05.2009), die Versicherer für die Hausratwertermittlung benützen können. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass in Österreich aufgrund des starken regionalen Gefälles keine Durchschnittswerte für den Hausrat pro Quadratmeter zu empfehlen sind, sondern nur lokale, empirisch abgeleitete Werte (Mündl. Mitteilung von Hr. Hlatky von der Grazer Wechselseitigen Versicherung (Wien), 11.05.2009). Daher wurde für den österreichischen Datensatz, in dem mehr als 99 % der befragten Haushalte in Tirol liegen, der Richtwert von 950 € pro Quadratmeter einer dortigen lokalen Versicherung (Mündl. Mitteilung von Hr. Spitzer von der Tiroler Versicherung (Innsbruck), 19.05.2009) übernommen, um den Hausratwert im Ereignisjahr 2005 abzuschätzen. Dieser musste mit dem Verbraucherindex der Statistik Austria und dem „Vergleichenden Preisniveauindex“ von EUROSTAT umgerechnet werden, damit die Datensätze aus Deutschland und Österreich konsistent sind. Danach ergibt sich ein korrelierter Richtwert von ca. 927 € pro Quadratmeter.

2.2.7 Berechnung des Schädigungsgrades

Aus den indexierten Schadensangaben und den teilweise verfügbaren, abgeschätzten Hausrat- bzw. Gebäudewerten konnte im Folgenden der relative Schaden oder auch Schädigungsgrad (in %) für ein Großteil der Schadensfälle berechnet werden.

Für den Schädigungsgrad des Wohngebäudes wurden alle auf 2007 indexierten Gebäudeschäden ($n = 1512$) mit den vorhandenen Gebäudewerten ($n = 1645$) ins Verhältnis gesetzt, so dass für insgesamt 1286 Fälle ($\approx 43\%$ aller Interviewten) der Gebäudeschädigungsgrad ermittelt werden konnte. Die 23 Gebäudeschadensangaben aus Österreich (ca. 2% aller indexierten Gebäudeschäden) konnten hierbei nicht einfließen, da der dazugehörige Gebäudewert nicht abgeschätzt werden konnte (s. Kapitel 2.2.5).

Die indexierten Hausratschäden ($n = 1919$) wurden auf den abgeschätzten Hausratwert ($n = 1771$) bezogen, so dass für ca. 47% aller Interviews der Hausratschädigungsgrad bestimmt werden konnte.

2.3 Statistische Methoden und Visualisierung

Die Statistik ist in den Geowissenschaften ein unverzichtbares Werkzeug bei der Analyse und Interpretation von großen Datenmengen. Mit ihrer Hilfe kann man nicht nur einen ersten Überblick über die Lage und Verteilung der Daten durch deskriptive Parameter bekommen, sondern es lassen sich ebenso Hypothesen überprüfen, Zusammenhänge zwischen Variablen aufdecken sowie quantitative Aussagen darüber treffen, ob z.B. eine Vorsorge- oder Notmaßnahme einen schadensmindernden Effekt bei Hochwasser hat.

In diesem Abschnitt werden die statistischen Methoden beschrieben, die im Rahmen dieser Studie bei der Auswertung der Hochwasserschadensdaten zum Einsatz kamen. Abschließend wird auf die Visualisierung der Ergebnisse eingegangen.

2.3.1 Überprüfung auf Normalverteilung

Zu Beginn einer explorativen Datenanalyse steht in aller Regel die Überprüfung der Daten auf Normalverteilung. Danach richtet sich, welche statistischen Kennwerte und Tests

angewendet werden dürfen, da diese gewisse Annahmen über die Verteilung der Werte treffen (ZÖFEL 2002).

Die Überprüfung auf Normalverteilung kann entweder graphisch erfolgen (Normalverteilungskurve bei Histogrammen oder durch sog. Q-Q-Diagramme) und/oder mit dem *Kolmogorov-Smirnov-Test*. Letzterer wird bei Stichproben mit mehr als 50 Fällen verwendet und berechnet, ob sich die Verteilung der Werte einer Variablen signifikant von einer Normalverteilung unterscheidet oder nicht. Bei einer Signifikanzangabe $> 0,2$ sind die Werte nahezu optimal normalverteilt, was jedoch bei großen Datenmengen eher die Ausnahme ist (POSPECHILL 2006; JANSSEN & LAATZ 2007).

2.3.2 Deskriptive Maßzahlen

Einen ersten Eindruck von der zentralen Tendenz der Daten bekommt man durch die deskriptiven Maßzahlen. Neben den absoluten und prozentualen Häufigkeiten sind das die Lokalisationsparameter (Mittelwert und Median) sowie die Dispersionsparameter (Quartile).

- Mittelwert - Das am häufigsten verwendete Lagemaß für metrische Daten ist der *Mittelwert* oder auch das *Arithmetische Mittel*. Dieses berechnet sich aus der Summe aller Werte, geteilt durch deren Anzahl. Es hat allerdings den Nachteil, dass es sehr empfindlich gegenüber Ausreißern (Extremwerte) reagiert.
- Median - Weitaus robuster gegenüber Ausreißern ist der *Median*. Dieser halbiert die Stichprobe, so dass 50 % der Daten oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes liegen. Der Median, auch 2. Quartil genannt, kann auch bei ordinalskalierten Variablen benutzt werden.
- Quartile – *Quartile* trennen bestimmte prozentuale Anteile von Werten voneinander ab, um die Verteilung einer Stichprobe besser beschreiben zu können. Dabei wird meist das *obere* (75 %) und das *untere* (25 %) *Quartil*, neben dem *Median* (50 %) verwendet, um die Stichprobe in vier Teile zu zerlegen. Die Differenz zwischen dem Oberen und dem Unteren Quartil, in der die Hälfte aller beobachteten Werte liegt, nennt man auch *Quartilsabstand* (ZÖFEL 2002; JANSSEN & LAATZ 2007).

2.3.3 Signifikanztests

Vergleicht man zwei oder mehrere Stichproben hinsichtlich ihrer statistischen Kennwerte, bedient man sich Testverfahren, die anhand der Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitige Asymptotische Signifikanz) der Nullhypothese überprüfen, ob die Stichproben der gleichen Grundgesamtheit angehören oder ob signifikante Unterschiede zwischen ihnen bestehen.

Dadurch lässt sich z.B. feststellen, ob es signifikante Unterschiede in Bezug auf den Hochwasserschaden zwischen der Gruppe gibt, die eine bestimmte Vorsorgemaßnahme ergriffen hat und derjenigen Gruppe, die diese Maßnahme nicht angewendet hat.

Die Wahl des statistischen Verfahrens ist jedoch von der Verteilung und der Skalierung der Werte abhängig. Wenn die Daten nicht metrisch skaliert sind und/oder keine Normalverteilung aufweisen, werden nichtparametrische (verteilungsfreie) Tests eingesetzt, die auf den Rangplätzen der zuvor sortierten Variablenwerte basieren (ZÖFEL 2002).

Beim Vergleich von zwei beliebig verteilten, unabhängigen Stichproben wird der *Mann-Whitney U-Test* herangezogen, beim Vergleich von mehreren unabhängigen Stichproben der *Kruskal-Wallis H-Test*.

Generell gibt es bei der Überprüfung auf Signifikanz drei klassische Signifikanzniveaus p , unter denen die Nullhypothese (d.h. „es gibt keine Unterschiede zwischen den Stichproben“) verworfen wird:

$p \leq 0,05$	signifikant (*)	
$p \leq 0,01$	sehr signifikant (**)	
$p \leq 0,001$	höchst signifikant (***)	(ZÖFEL 2002)

Bei der Visualisierung der Ergebnisse wird das Signifikanzniveau durch die Anzahl der Sternchen angezeigt (s. Kapitel 2.3.5)

2.3.4 Korrelationsanalysen

Eine wichtige Rolle bei der statistischen Analyse von Datenmaterial spielt auch die Erkenntnis von linearen Zusammenhängen zwischen verschiedenen Variablen und die Bestimmung der Zusammenhangsstärke. Hierfür wendet man Korrelationsverfahren an, die die Beziehung zwischen Variablen messen und quantifizieren können.

Die Zusammenhangsstärke wird durch den dimensionslosen Korrelationskoeffizienten r beschrieben, der zwischen -1 und +1 liegt. Dabei gibt der Betrag die Stärke der Korrelation an und das Vorzeichen die Richtung. Ist das Vorzeichen positiv bedeutet dies, dass die abhängige Variable (z.B. Hochwasserschaden) mit Zunahme der zu testenden Variable (z.B. Wasserstand) größer wird. Bei negativem Vorzeichen nimmt die abhängige Variable ab, je größer die Testvariable wird (JANSSEN & LAATZ 2007).

Die Korrelationsstärke r kann man folgendermaßen klassifizieren (vgl. ZÖFEL 2002):

$ r \leq 0,2$	sehr geringe Korrelation
$0,2 < r \leq 0,5$	geringe Korrelation
$0,5 < r \leq 0,7$	mittlere Korrelation
$0,7 < r \leq 0,9$	hohe Korrelation
$0,9 < r \leq 1$	sehr hohe Korrelation

Letztlich wird bei der Korrelationsanalyse noch ein Signifikanztest durchgeführt, der überprüft, ob der lineare Zusammenhang statistisch abgesichert ist. Die Irrtumswahrscheinlichkeit gibt dabei an, ob die Nullhypothese (d.h. „es besteht kein Zusammenhang zwischen den Variablen“) angenommen werden kann oder nicht.

Bei den Korrelationsanalysen ist ebenfalls die Verteilung und die Skalierung der Daten für das Testverfahren entscheidend. Ist keine Normalverteilung gegeben und/oder ist die Variable mindestens ordinalskaliert, wird der *Spearman Rho* Rangkorrelationskoeffizient verwendet, der wie bei allen nichtparametrischen Verfahren nicht die Werteinformation verarbeitet, sondern die Rangplätze, die den sortierten Werten zugewiesen werden (JANSSEN & LAATZ 2007).

2.3.5 Visualisierungsmethoden

Für die Veranschaulichung der Ergebnisse wurden unterschiedliche Visualisierungsmethoden ausgewählt. Einen ersten Überblick über die Datenverteilung geben *Histogramme* (s. Kapitel 3.1). Die Daten werden hierbei durch Balken in Klassen gleicher Breite eingeteilt. Durch eine hinzugefügte Normalverteilungskurve lässt sich graphisch die Annäherung an eine Normalverteilung prüfen, die jedoch durch einen entsprechenden Test abgesichert werden sollte (s. Kapitel 2.3.1).

Bei dem Vergleich verschiedener Stichproben hinsichtlich der Hochwasserschäden wird ein *boxplotähnliches* Diagramm eingesetzt (s. Abb. 2-1). Jedoch werden hier nur das Obere und das Untere Quartil sowie der Median und der Mittelwert eingetragen, um ein übersichtliches Diagramm zu gewährleisten. Treten signifikante Unterschiede zwischen den Stichproben auf, wird das Signifikanzniveau durch ein bis drei Sternchen angezeigt (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Skalierung bzw. der Maximalwert der y-Achse (Schädigungsgrad in %) konnte in den Diagrammen leider nicht einheitlich gehalten werden, da die eingetragenen statistischen Kennwerte in den Untersuchungen teils sehr unterschiedlich ausfallen.

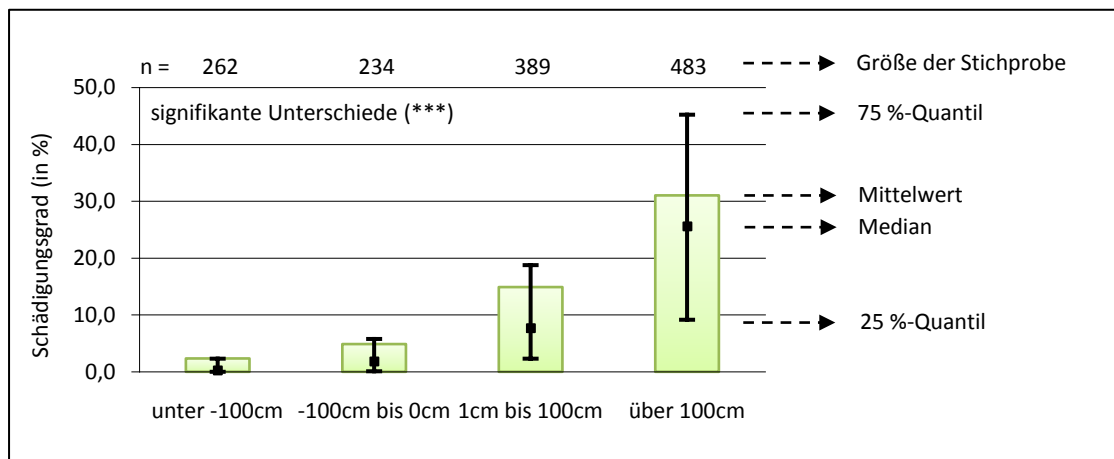


Abb. 2-1: Boxplotähnliches Diagramm mit Angabe des Signifikanzniveaus (hier: 0,001).

3. Ergebnisse und Diskussion

Das folgende Kapitel gibt zunächst einen deskriptiven Überblick über die Hochwasserschadensdaten, die aus den zusammengeführten Befragungen gewonnen wurden. Anschließend wird erläutert, nach welchen Kriterien der homogene Datensatz für die statistischen Untersuchungen aufgeteilt wurde, um die Wirkung von Frühwarnung und privater Eigenvorsorge zu beurteilen und zu quantifizieren. Die Ergebnisse aus den einzelnen Analysen werden im letzten Abschnitt zusammengetragen und diskutiert.

3.1 Allgemeine Beschreibung der Hochwasserschadensdaten

Einen ersten Eindruck von der Verteilung der absoluten Hochwasserschäden vermitteln die Histogramme in Abb. 3-1, untergliedert nach Hausrat und Gebäude. Die meisten Schadensfälle treten in den ersten beiden Klassen auf, dennoch ist die Streuung der Daten beachtlich, insbesondere beim Hausrat. Der Verlauf der Normalverteilungskurve lässt darauf schließen, dass die Schadensdaten nicht normalverteilt sind, was durch den *Kolmogorov-Smirnov-Test* (Tab. 3-1) bestätigt wird. Diese Erkenntnis ist wiederum für die Anwendung der statistischen Testverfahren in den folgenden Analysen entscheidend (vgl. Kapitel 2.3).

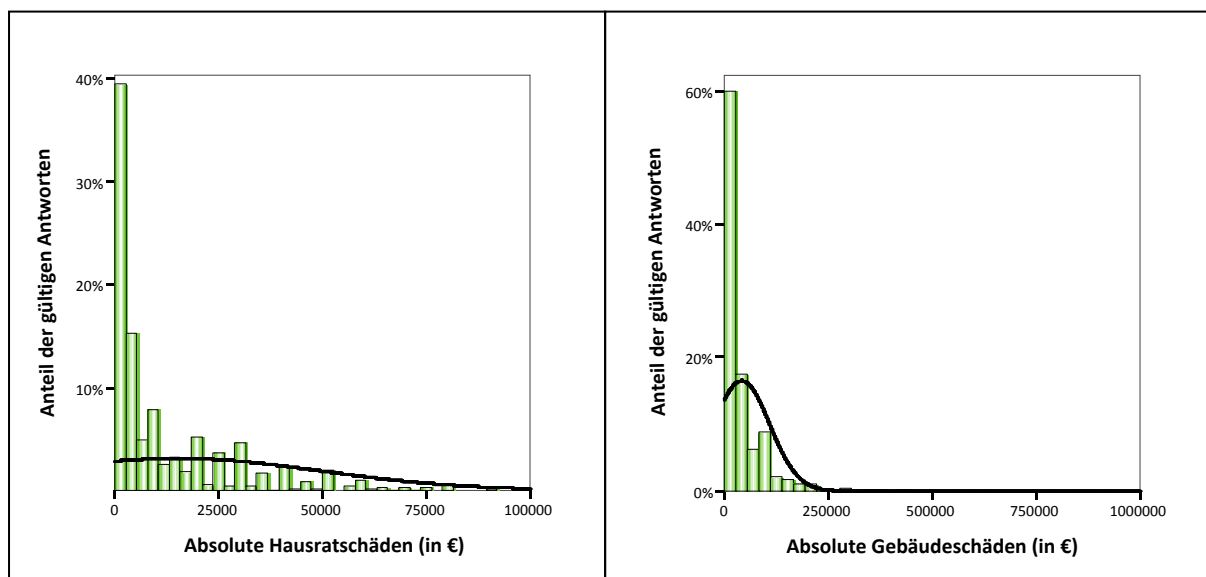


Abb. 3-1: Histogramme der absoluten Hausrat- (links) und Gebäudeschäden (rechts) mit Normalverteilungskurve.

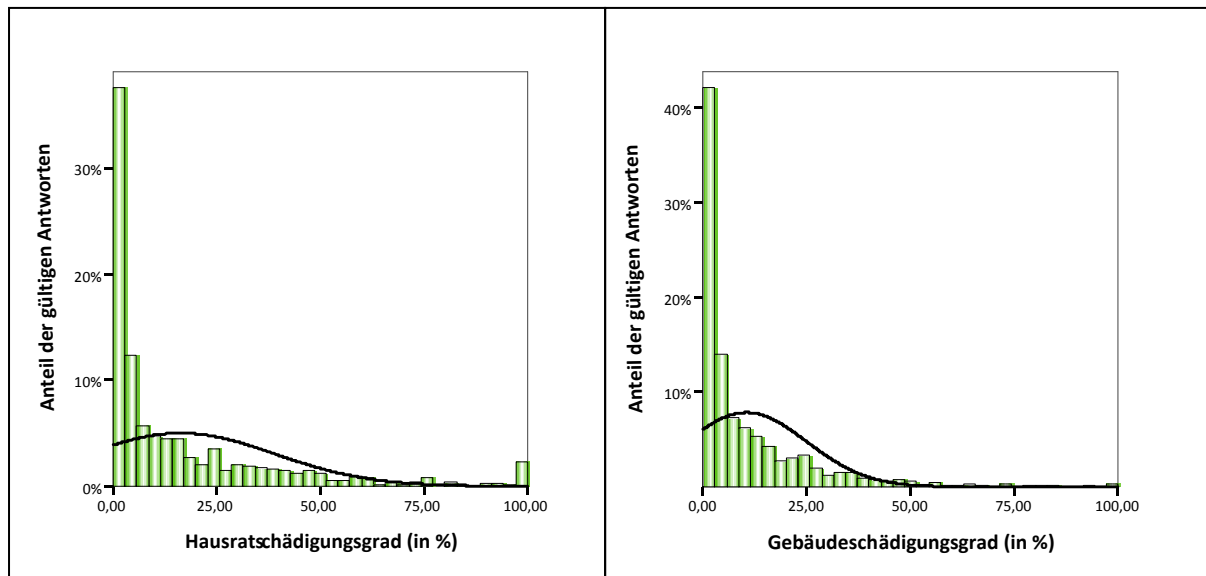


Abb. 3-2: Histogramme der relativen Hausrat- (links) und Gebäudeschäden (rechts) mit Normalverteilungskurve.

Bei Betrachtung der relativen Schäden (Abb. 3-2), bei denen die Schadenswerte zu den dazugehörigen Gebäude- bzw. Hausratwerten ins Verhältnis gesetzt werden, ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Histogramme stellen die große Variabilität der Schädigungsgrade dar, die ebenso keine Normalverteilung aufzeigen (Tab. 3-1).

Die durchschnittlichen Hausratschäden betragen 15.038 €, die der Gebäude 41.704 € (Tab. 3-1). Der Median, der wesentlich robuster gegenüber Ausreißern ist, fällt deutlich niedriger aus mit 5.040 € (Hausrat) bzw. 16.672 € (Gebäude). Unter Einbezug der oberen und unteren Quartile (Tab. 3-1) zeigt dies neben den Histogrammen in Abb. 3-1 die enorme Spannweite und linksschiefe Verteilung der Schadensdaten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Daten von verschiedenen Objekten, die durch unterschiedliche Bedingungen geschädigt wurden, stammen. Dabei werden die höchsten Schäden von sehr wenigen Objekten verursacht im Gegensatz zu den Kleinschäden, die durch den Großteil der Schadensfälle hervorgerufen werden. Dieses Phänomen ist nicht nur im Wohngebäude-sektor zu beobachten, sondern tritt ebenso auch in den anderen Bereichen (Industrie etc.) auf.

Tab. 3-1: Statistische Kennwerte der Hochwasserschadensdaten.

	Hausratschaden absolut (in €)	Gebäudeschaden absolut (in €)	Hausratschädigungs- grad (in %)	Gebäudeschädigungs- grad (in %)
Gültige Fälle	1919	1512	1394	1286
Minimum	0	0	0	0
Maximum	808000	1000307	100	100
Mittelwert	15037,5	41704,0	16,3	10,4
25 %-Quantil	1008,0	4722,0	0,8	1,1
Median	5039,9	16671,8	5,8	4,2
75 %-Quantil	20159,7	55572,6	23,2	14,5
Kolmogorov- Smirnov-Test	0,000	0,000	0,000	0,000

Für die Beschreibung der Ergebnisse in Kapitel 3.3 werden nur die Schädigungsgrade graphisch dargestellt, da diese aufgrund des Bezugs zum dazugehörigen Hausrat- und Gebäudewert normierte Ergebnisse liefern im Vergleich zu den absoluten Schäden. Der mittlere Schädigungsgrad beläuft sich auf rd. 16 % beim Inventar und ca. 10 % bei den Gebäuden (Tab. 3-1). Auch hier befinden sich die Werte der Mediane weit unter dem Mittel (rd. 6 % beim Hausrat bzw. 4 % beim Gebäude).

3.2 Aufteilung des Datensatzes nach verschiedenen Kriterien

Um einerseits die Wirkung bzw. Schadensminderung durch Frühwarnung und Eigenvorsorge in Abhängigkeit verschiedener schadensbeeinflussender Faktoren (wie Wasserstand, Kontamination etc.) zu analysieren und andererseits die Datenvariabilität zu reduzieren, wird der Gesamtdatenbestand nach verschiedenen Kriterien eingeteilt.

Wie bereits zahlreiche Studien zur Hochwasserschadensabschätzung belegen, werden die Schäden an Wohngebäuden und Hausrat neben dem Wasserstand als stärksten Einflussfaktor durch eine Vielzahl weiterer Parameter determiniert (SMITH 1994; WIND et al. 1999; KELMAN & SPENCE 2004; MERZ et al. 2004; THIEKEN et al. 2005; MERZ 2006). Für die vorliegende Untersuchung wurden diejenigen Variablen ausgewählt, die vermutlich eine dominierende Rolle bei der Schadenshöhe in Privathaushalten spielen. Um den Einfluss dieser Faktoren abzuschätzen, wurden diese mit den Hochwasserschäden korreliert (Tab. 3-2). Die Ergebnisse bestätigen, dass der Wasserstand den größten Einfluss auf den Hochwasserschaden nimmt. Einen ebenso signifikant hohen Anteil hat der Hochwassertyp. Je schwächer dessen Intensität, desto geringer sind die erwarteten Schäden (s. auch Tab. 2-1). Die Kontaminationsart korreliert gleichermaßen stark mit den Schäden. So wachsen diese weiter an, je intensiver die Kontamination (von „keine Kontamination“ zur höchsten Stufe „Kontamination durch Öl oder Benzin“) ausfällt. Keine signifikant hohen

Tab. 3-2: Einfluss verschiedener Faktoren auf den Hochwasserschaden in Privathaushalten (Signifikanzniveau: * $\leq 0,05$; ** $\leq 0,01$; *** $\leq 0,001$; Spearman Rho Rangkorrelation).

	Hausratschaden absolut (in €)	Gebäudeschaden absolut (in €)	Hausrat- schädigungs- grad (in %)	Gebäude- schädigungs- grad (in %)
Wasserstand	0,571(***)	0,640(***)	0,625(***)	0,665(***)
Signifikanz der Korrelation	0,000	0,000	0,000	0,000
Hochwassertyp	-0,354(***)	-0,365(***)	-0,390(***)	-0,400(***)
Signifikanz der Korrelation	0,000	0,000	0,000	0,000
Kontaminationsart	0,357(***)	0,445(***)	0,381(***)	0,451(***)
Signifikanz der Korrelation	0,000	0,000	0,000	0,000
Hochwassererfahrung	-0,018	-0,175(***)	-0,037	-0,172(***)
Signifikanz der Korrelation	0,432	0,000	0,167	0,000
Letztes Hochwasser	0,093	0,191(***)	0,147(*)	0,210(***)
Signifikanz der Korrelation	0,074	0,000	0,013	0,000

Korrelationswerte treten hingegen bei der Hochwassererfahrung und dem Zeitraum, der seit dem letzten Hochwasserereignis vergangen ist („Letztes Hochwasser“), hinsichtlich des Hausratschadens auf. Bei den Gebäudeschäden ist jedoch der Einfluss dieser beiden Variablen signifikant, wenn auch nicht so stark wie bei den Einwirkungsparametern.

Die Faktoren aus Tab. 3-2, die gut mit der Schadenshöhe korrelieren, werden in den folgenden Untersuchungen für die Bildung von Modulen (z.B. Modul Wasserstand) verwendet. Innerhalb eines Moduls wird zunächst getestet, ob sich die absoluten und relativen Hausrat- und Gebäudeschäden in den einzelnen Klassen (z.B. Wasserstandsklassen) signifikant voneinander unterscheiden. Trifft dies zu, so werden in den jeweiligen Klassen Teilkollektive der Betroffenen mit und ohne bestimmten Vorsorge-/Notmaßnahmen bzw. mit unterschiedlichen Reaktions-/Vorwarnzeiten usw. gebildet. Eine genaue Auflistung der Variablen, die für die Bildung der Untergruppen herangezogen wurden, ist im Anhang (Tab. A-2) zu finden. Innerhalb der Teilkollektive wird letztlich die Wirksamkeit von Vorsorge und Frühwarnung quantifiziert und abschließend nochmals auf Signifikanz überprüft. Im folgenden Abschnitt werden aber nur die signifikanten Ergebnisse der Analysen beschrieben und diskutiert. Alle weiteren Resultate können auf der beiliegenden CD eingesehen werden.

Thematisch sind die Module so gegliedert, dass nach einer Einführung durch die Modulklassenunterschiede der Einfluss der Frühwarnung bzw. der unterschiedlichen Vorwarnzeiten auf den Hochwasserschaden aufgezeigt wird. Daran schließt sich die Beschreibung verschiedener Reaktionszeiten an, ehe die Wirkung einzelner Notmaßnahmen angesprochen wird. Im letzten Teil des Moduls wird der Effekt von unterschiedlichen Vorsorgeniveaus, gefolgt von dem Nutzen einzelner langfristiger Maßnahmen abgehandelt. Hinter den Untersuchungsergebnissen (relative Schadenswerte) werden die absoluten Schadensbeträge als monetärer Anhaltspunkt in Klammern genannt.

3.3 Analyse der Frühwarnung und der privaten Eigenvorsorge in Abhängigkeit unterschiedlicher Einflussfaktoren

3.3.1 Modul Wasserstand

Ergebnisse

Wie aus den Diagrammen in Abb. 3-3 hervorgeht, steigen die Hochwasserschäden mit Zunahme des Wasserstandes höchstsignifikant an. So stellt der Median des Hausratschädigungsgrades in der höchsten Wasserstandsklasse („über 100 cm“) mit 25,6 % im Gegensatz zu den 0,3 % in der niedrigsten Klasse („unter -100 cm“) eine extrem hohe Schädigung dar. In absoluten Zahlen ausgedrückt, bedeutet dies eine Zunahme der Hausratschäden um 19.354 € zwischen diesen beiden Klassen. Beim Gebäudeschädigungsgrad differieren die Werte des Medians zwischen der obersten (16,2 %) und der untersten Klasse (0,6 %) zwar nicht ganz so stark wie beim Hausrat, doch der monetäre Unterschied bei den Gebäudeschäden beläuft sich zwischen diesen beiden Klassen auf immerhin 52.794 €.

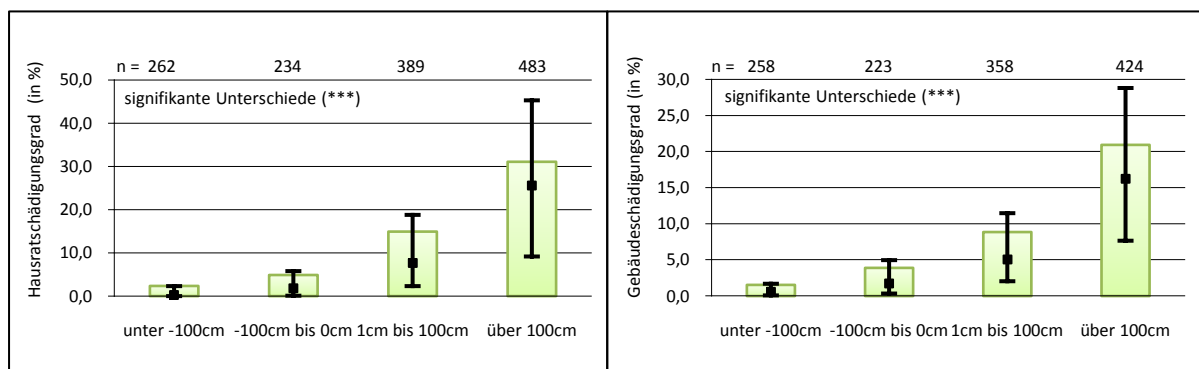


Abb. 3-3: Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrade (rechts) zwischen verschiedenen Wasserstandsklassen (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Frühwarnung

Nach Aufteilung des gesamten Datenbestandes kann, beginnend mit den unterschiedlichen Vorwarnzeiten, zunächst kein wirksamer Effekt der Frühwarnung in den einzelnen Wasserstandsklassen bestätigt werden. Ganz im Gegenteil: Sowohl der Hausrat- als auch der Gebäudeschaden erhöht sich bei Wasserständen über 1 cm GOK mit fortgeschrittener

Vorwarnzeit signifikant (Tab. 3-3). Getrennt nach der Art der Frühwarnung treten die höchsten Hausratschäden bei positiven Wasserständen (über 1 cm GOK) ausschließlich bei der Warnung durch die Behörden oder den Katastrophenschutz (Feuerwehr, Polizei) auf. Da diese Ergebnisse sehr überraschen, soll an dieser Stelle auf den Diskussionsteil verwiesen werden.

Tab. 3-3: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorwarnzeiten in den Klassen „1 cm bis 100 cm“ und „über 100 cm“.

		Hausratschädigungsgrad (in %)			Gebäudeschädigungsgrad (in %)		
1 cm bis 100 cm	Vorwarnzeit	bis 1h	2h bis 48h	über 48h	bis 1h	2h bis 48h	über 48h
	Gültige Fälle	32	143	34	32	153	34
	Mittelwert	11,2	13,5	25,3	12,5	7,2	13,2
	Median	6,4	8,7	17,9	9,9	3,7	11,8
	Signifikanz	0,002			0,000		
über 100 cm	Vorwarnzeit	bis 1h	2h bis 48h	über 48h	bis 1h	2h bis 48h	über 48h
	Gültige Fälle	39	180	109	40	158	99
	Mittelwert	28,7	29,5	40,6	18,7	19,5	25,6
	Median	22,0	23,6	34,6	13,0	15,3	22,9
	Signifikanz	0,000			0,000		

Darüber hinaus wurde untersucht, ob möglicherweise der Inhalt der Frühwarnung für die betroffenen Haushalte nicht ausreichend war. Jedoch führte mit Ausnahme der Klasse „1 cm bis 100 cm“ das Wissen der Personen, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Warnung schützen kann, zu keinen signifikant niedrigeren Schäden im Vergleich zu denjenigen, denen nicht klar war, wie sie sich aufgrund der Warnung zu verhalten haben (Daten auf CD).

Einfluss der Reaktionszeit

Im Hinblick auf die Reaktionszeit, die die Zeit widerspiegelt, die nach der Herausgabe der Frühwarnung verstrichen ist, ehe schadensmindernden Sofortmaßnahmen eingeleitet wurden, ist bei Wasserhöhen über 1 cm GOK ein klarer Anstieg der Hausratschäden zu erkennen (Abb. 3-4). Um etwas mehr als die Hälfte kann der Hausratschädigungsgrad bei „1 cm bis 100 cm“ minimiert werden (51 % bzw. 8.064 €) und um 28 % (6.048 €) bei „über 100 cm“, wenn man nicht erst später als zwölf Stunden nach Erhalt der Warnung,

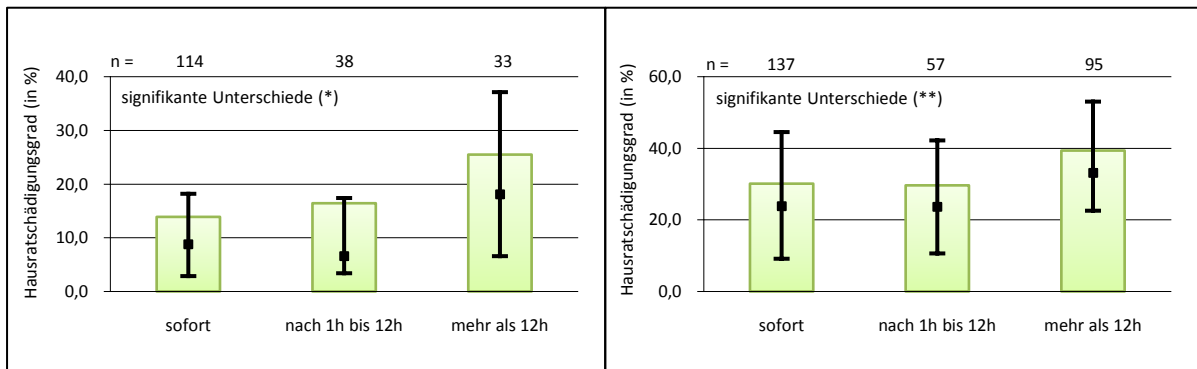


Abb. 3-4: Unterschiede zwischen den Hausratschädigungsgraden in der Klasse „1 cm bis 100 cm“ (links) und „über 100 cm“ (rechts) in Abhängigkeit unterschiedlicher Reaktionszeiten (Legende: s. Abb. 2-1).

sondern sofort mit den schadensmindernden Maßnahmen beginnt (Abb.3-4). Beim Gebäudeschädigungsgrad macht die Reduktion bei über 100 cm GOK etwa 25 % (11.114 €) aus.

Einfluss verschiedener Notmaßnahmen

Bei Betrachtung der einzelnen Notmaßnahmen fallen die Ergebnisse sehr unterschiedlich aus. So erhöhen sich z.B. in der untersten Klasse („unter -100 cm“) die Hausratschäden signifikant, wenn Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen gesichert wurden oder wenn das Gebäude gegen eindringendes Wasser durch Abdichten der Türen, Fenster, Abflüsse und andere Öffnungen geschützt wurde. Nur die Sofortmaßnahme „Abpumpen des Wassers“ kann die Hochwasserschäden deutlich verringern (Abb.3-5). Schon ab

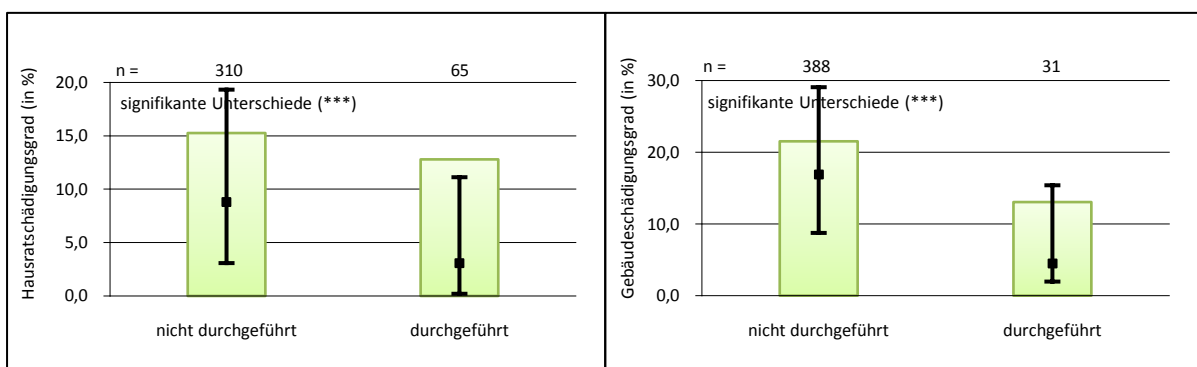


Abb. 3-5: Unterschiede zwischen dem Hausratschädigungsgrad in der Klasse „1 cm bis 100 cm“ (links) und dem Gebäudeschädigungsgrad in der Klasse „über 100 cm“ (rechts), wenn das Wasser während der Überschwemmung abgepumpt wurde (Legende: s. Abb. 2-1).

Wasserhöhen von „-100 cm bis 0 cm“ können beide Schadensgrade signifikant gemindert werden. Der wirksamste Effekt beim Hausrat tritt jedoch in der Klasse „1 cm bis 100 cm“ (-65 % bzw. um den Faktor 2,8) und beim Gebäude in der Klasse „über 100 cm“ (-73 % bzw. um den Faktor 3,8) auf (Abb. 3-5).

Einfluss der Vorsorge

Der Einfluss der privaten Vorsorge auf den Hochwasserschaden wird zunächst über den Vorsorgeindikator beschrieben. Dieser bringt deutlich zum Ausdruck, dass auch bei großen Wasserständen der Schaden durch ein sehr gutes Vorsorgeniveau drastisch reduziert werden kann. Bei einem Wasserstand von über 100 cm GOK (Abb. 3-6) kann dadurch der Schädigungsgrad am Hausrat um 79 % (14.112 €) und am Gebäude um ca. 59 % (22.986 €) gemindert werden. Dies entspricht einem Minderungsfaktor von 4,7 respektive 2,5.

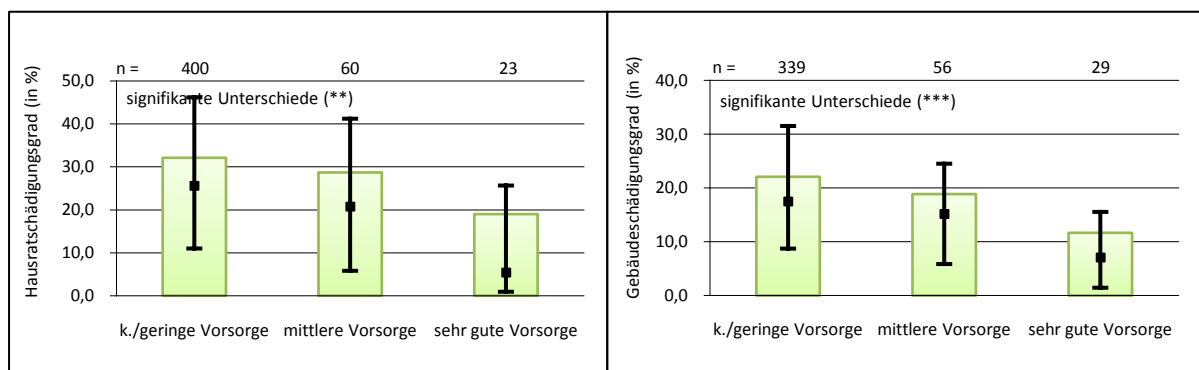


Abb. 3-6: Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrade (rechts) in Abhängigkeit verschiedener Vorsorgestufen bei einem Wasserstand von über 100 cm GOK (Legende: s. Abb. 2-1).

Bei der Untersuchung der einzelnen Vorsorgemaßnahmen treten vor allem diejenigen Maßnahmen hervor, die der Bauvorsorge zuzurechnen sind. Insbesondere die geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke erzielt eine signifikant hohe Wirksamkeit. Diese ist umso größer, je höher der Wasserstand ansteigt. In der Klasse „über 100 cm“ (Abb. 3-7) gehen durch diese Maßnahme die mittleren Schadensgrade von 25,6 % auf 5,5 % (Hausrat) zurück bzw. von 17,4 % auf 8,6 % (Gebäude). Somit verringern sich die absoluten Schäden in dieser Wasserstandsklasse um 14.112 € respektive 19.457 €, wenn die gefährdeten Stockwerke nicht hochwertig ausgebaut werden (z.B. als Souterrainwohnung oder Büro), sondern eher als Lager- und Abstellräume benutzt werden.

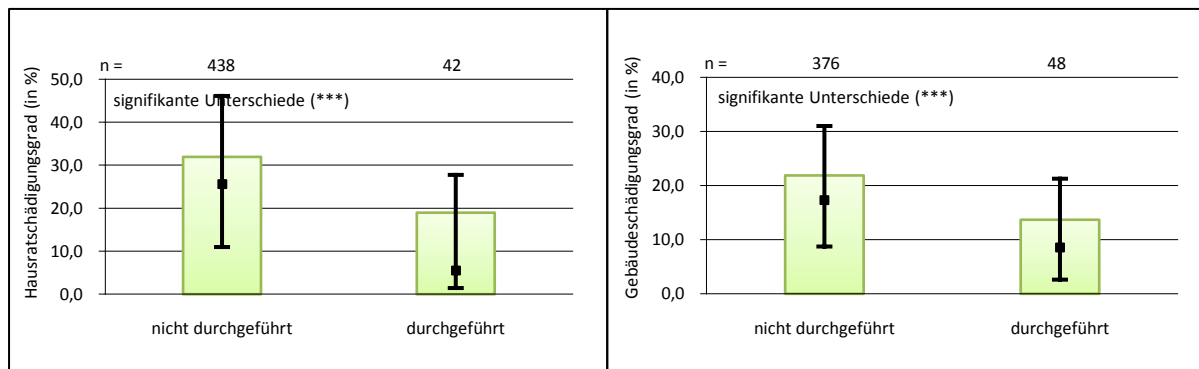


Abb. 3-7: Unterschiede zwischen den Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgraden (rechts) in der Klasse „über 100 cm“, wenn die Maßnahme „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“ vor dem Hochwasser durchgeführt wurde (Legende: s. Abb. 2-1).

Einen ebenso nützlichen Effekt kann der hochwasserangepassten Inneneinrichtung zugeschrieben werden. Damit ist das Verwenden von wasserwiderstandsfähigem oder leicht erneuerbarem Bau- und Ausbaumaterial gemeint, das auch bei einer Wassertiefe von über 100 cm GOK seine größte Wirkung erreicht (Tab. 3-4). Knapp 84 % (15.115 €) der relativen Hausratschäden und fast 57 % (22.229 €) der relativen Gebäudeschäden lassen sich in dieser Klasse dadurch vermeiden.

Tab.3-4: Unterschiede zwischen den Schädigungsgraden in der Klasse „über 100 cm“ bei hochwasserangepasster Inneneinrichtung.

Maßnahme	Hausratschädigungsgrad (in %)		Gebäudeschädigungsgrad (in %)	
	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
Gültige Fälle	447	27	384	34
Mittelwert	32,2	13,3	21,8	12,2
Median	25,6	4,1	17,4	7,5
Signifikanz	0,000		0,000	

Die Maßnahmen „Verlegen der Heizungsanlage und/oder der elektrischen Versorgungseinrichtung in höhere Stockwerke“ sowie der „Wechsel der Heizungsanlage oder Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz“ führen nur in der obersten Wasserstandsklasse („über 100 cm“) zu einer signifikanten Reduktion der Gebäudeschäden, wenn diese vor dem Hochwasser umgesetzt wurden (Abb. 3-8). Bei ersterer ist eine

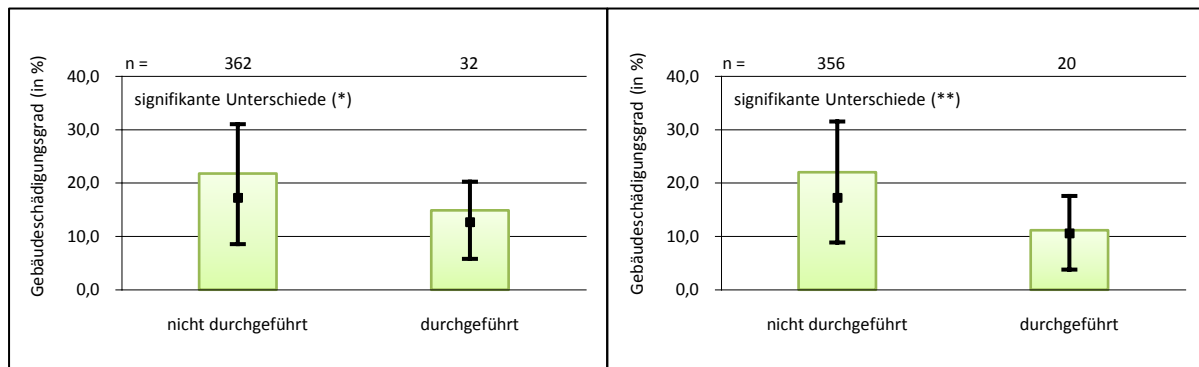


Abb. 3-8: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden in der Klasse „über 100 cm“, wenn die Maßnahmen „Verlegen der Heizungsanlage und/oder der elektrischen Versorgungseinrichtung in höhere Stockwerke“ (links) und „Wechsel der Heizungsanlage oder Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz“ (rechts) vor dem Hochwasser durchgeführt wurden (Legende: s. Abb. 2-1).

Minderung des Gebäudeschädigungsgrades um ca. 26 % (16.672 €), bei letzterer um 38 % (22.229 €) möglich. In der Klasse „1 cm bis 100 cm“ sind die Unterschiede bei den relativen Gebäudeschäden zwar nicht signifikant, dennoch zeigt sich bei beiden Maßnahmen eine schadensmindernde Tendenz.

Eine signifikante Abnahme der Gebäudeschäden durch die Maßnahmen „Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten der Kellerräume oder der Verbesserung der Standsicherheit des Gebäudes“ und „Anschaffung stationärer und mobiler Wassersperren“ lässt sich nur in der Wasserstandsklasse „1 cm bis 100 cm“ nachweisen. Die relativen Gebäudeschäden reduzieren sich hierdurch um ca. 39 % (11.505 €) bzw. rd. 35 % (9.447 €), wenn diese Maßnahmen vor dem Hochwasser ergriffen werden (Daten auf CD).

Bei der Frage, wie denn die Wirksamkeit der privaten Vorsorgemaßnahmen von den Betroffenen eingeschätzt wird, stellt sich heraus, dass die Schäden bei positiven Wasserständen (über 1 cm GOK) umso höher ausfallen, je schlechter deren Wirksamkeit eingestuft wird. Beispielsweise sind die Schäden am Hausrat und am Gebäude in der obersten Wasserstandsklasse („über 100 cm“) bei den Personen, die private Vorsorge für wirkungslos halten, durchschnittlich 1,5 mal höher als bei denen, die sie als wirksam bewerten (Daten auf CD).

Diskussion

Unter allen Einflussfaktoren bestimmt der Wasserstand das Ausmaß der Hochwasserschäden in Privathaushalten am stärksten. Daher wird dieser international auch als Standardannahme für die Abschätzung der direkten monetären Schäden an Wohngebäuden verwendet („Wasserstands-Schadensfunktionen“). Dabei wird der relative oder absolute Schaden an Gebäude und Hausrat auf die Höhe des Wasserstandes bezogen (SMITH 1994; WIND et al. 1999; MURL 2000; DUTTA et al. 2003; PENNING-ROUSELL et al. 2005).

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, steigt der Hochwasserschaden mit der Überschwemmungstiefe deutlich an. Vor allem bei Wasserhöhen über der GOK fallen die Schäden merklich höher aus, da die betroffenen Werte in den Wohnräumen, die sich in aller Regel über dem Geländeniveau befinden, im Allgemeinen höher sind als in den Untergeschossen bzw. im Keller (MÜNCHENER RÜCK 1997; PENNING-ROUSELL & GREEN 2000). Dennoch sind die Schäden nicht zu vernachlässigen, wenn der maximale Wasserstand unter der GOK liegt. Heutzutage enthalten nämlich die Kellerräume und Untergeschosse oft die komplette Haustechnik oder werden teuer als Wohn- und Nutzräume ausgebaut, deren Schädigung durch Überschwemmung hohe Reparatur- und Wiederbeschaffungskosten verursachen kann (MÜLLER & KREIBICH 2005; MÜLLER & THIEKEN 2005).

Hinsichtlich der Frühwarnung konnte in keiner Wasserstandsklasse ein nützlicher Effekt nachgewiesen werden, wenn die Warnung nicht erst kurz vor dem Hochwasserereignis herausgegeben wurde, sondern schon viele Stunden oder gar Tage vorher, ganz gleich, ob diese von den Behörden oder dem Katastrophenschutz stammt. Offenbar reicht die alleinige Warnung nicht aus, sondern es bedarf vielmehr eines funktionierenden Zusammenspiels des gesamten Systems, von der rechtzeitigen Verbreitung der Warnung bis zur effektiven Umsetzung von schadensmindernden Sofortmaßnahmen (DKKV 2004; PARKER et al. 2007; THIEKEN et al. 2007). Es hat sich nämlich gezeigt, dass den Betroffenen, die eine Warnung erhalten haben, oft gar nicht klar ist, wie sie sich und ihren Haushalt vor dem Hochwasser schützen sollen. Dementsprechend hoch fiel dann deren Schaden aufgrund mangelnden Wissens aus. Beim Augusthochwasser 2002 betrug z.B. nach Angaben des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge (DKKV) der Anteil der Menschen, dem trotz Erhalt der

Warnung unklar war, wie man sich vor der Überschwemmung schützen kann, 40-50 % (DKKV 2004). THIEKEN et al. (2007) stellten außerdem fest, dass sich der Informationsgehalt der (behördlichen) Warnungen regional sehr stark unterscheidet. Dies unterstreicht, dass eine längere Vorwarnzeit nicht zwangsläufig zu einer Schadensreduktion führen muss. PENNING-ROUSELL et al. (2000) kamen zu dem Ergebnis, dass die Wirksamkeit der Frühwarnung von dem Verhältnis aus der Verlässlichkeit des Vorhersagesystems (ausreichende Vorwarnzeit), dem Anteil der Bevölkerung, den die Warnung erreicht, sowie dem Teil der Haushalte, die fähig sind auf die Warnung zu reagieren, und dem Teil der Haushalte, die auf die Warnung effektiv reagieren, bestimmt wird. Der wirtschaftliche Nutzen bzw. der schadensmindernde Effekt eines Frühwarnsystems wird also von vielen weiteren Faktoren beeinflusst, die auch PARKER et al. (2007) als Hauptgrund für die begrenzte Wirkung einer Frühwarnung ansehen.

Betrachtet man nun aber den Teil der Haushalte, den nicht nur die Warnung erreicht hat, sondern der auch darauf reagiert hat, indem entsprechende Notmaßnahmen eingeleitet wurden, so macht sich ein schadensreduzierender Effekt bei Wasserständen über der GOK bemerkbar, wenn sofort nach dem Erhalt der Hochwasserwarnung Notmaßnahmen durchgeführt werden. Überraschenderweise fällt die Wirksamkeit der einzelnen Sofortmaßnahmen sehr unterschiedlich aus. Während einige Notmaßnahmen keine schadensmindernde Wirkung gezeigt haben oder sogar das Gegenteil der Fall war (z.B. Anstieg der Schäden bei Sicherung der Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen), hat sich beim Abpumpen des Wassers im Gebäude ein klarer schadensreduzierender Effekt, auch bei sehr großen Überschwemmungstiefen, erwiesen. Als mögliche Ursache für das uneinheitliche Bild des temporären Widerstands könnte die ineffektive Umsetzung mancher Notmaßnahmen angeführt werden. Denn die Fähigkeit, Notmaßnahmen effektiv durchzuführen, hängt wiederum vom Altersprofil, dem Gesundheitsstatus und dem Wissen der Betroffenen über schadensmindernde Maßnahmen ab (MERZ 2006).

Bei den langfristigen Maßnahmen hat sich gezeigt, dass ein sehr gutes Vorsorgeniveau ein enormes Schadensreduktionspotenzial haben kann, auch bei einer starken Überschwemmung. Den größten Teil zur Schadensminderung tragen vor allem die

Maßnahmen der Bauvorsorge bei. Schon KREIBICH et al. (2005) beobachteten, dass Gebäudevorsorgemaßnahmen selbst beim Extremhochwasser 2002 den Schaden signifikant reduzieren konnten.

Insbesondere die geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke und die hochwasserangepasste Inneneinrichtung treten in diesem Modul am stärksten hervor. Die erstgenannte Maßnahme bedeutet, dass die potenziell gefährdeten Stockwerke (v.a. der Keller) nicht als Wohneinheit in Anspruch genommen werden und dass sich in diesen Etagen keine teuren EDV- oder Elektrogeräte (Waschmaschine, Trockner, Kühltruhe), Sauna etc. befinden. Eine angemessene Inneneinrichtung wird durch die Verwendung von wasserabweisendem bzw. wasserbeständigem Bau- und Ausbaumaterial (z.B. Fliesen), mobiler Innendekoration und Kleinmöbel erreicht. Welche Materialien sich im Einzelnen dafür besonders eignen, ist beispielsweise in der „Hochwasserfibel“ des MURL (1999) oder auch in der „Hochwasserschutzfibel“ des BMVBS (2008) aufgeführt.

Als ebenso nützlich stellt sich in den Untersuchungen auch bei sehr hohen Wasserständen das Verlegen elektrischer Anschlüsse und der Heizungsanlage in höhere Stockwerke sowie der Wechsel der Heizungsanlage oder die Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz heraus. Die Elektrik sollte folglich oberhalb des Wassergefahrenbereichs installiert werden oder zumindest mit Fehlerstrom-Schutzschaltern ausgeführt werden, sofern diese in den gefährdeten Stockwerken benötigt wird (FEMA 1999; IDING 2001; DIETERLE 2008). Die Installation des Heizsystems in den oberen Etagen oder der Wechsel des Heizsystems auf Heizanlagen, die kein Öl benötigen (z.B. Fernwärme, Elektro/Nachtspeicher, Holz- oder Pelletheizung u.a.) bzw. die hochwassersichere Ausführung des Öltanks ermöglichen eine deutliche Schadensreduktion, da dadurch ein Aufschwimmen bzw. eine Zerstörung des Öltanks mit weitreichenden Kontaminationsfolgen vermieden wird.

Die Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes (durch Abdichten des Kellers etc.) und die Verwendung von mobilen oder stationären Wasserbarrieren (z.B. Sandsäcke, Dammbalken, Spundwände) ist den Berechnungen zufolge nur sinnvoll, wenn die Wasserhöhe nicht über 1 m GOK beträgt. Dies steht im Einklang mit den Empfehlungen des

BMVBS (2008) und der IKS (2002). Denn Wasserbarrieren sind nur effektiv, wenn sie nicht überströmt werden, was bspw. beim Extremhochwasser 2002 häufig der Fall war (KREIBICH et al. 2005), oder durch Grundwasseranstieg oder einem Rückstau aus dem Kanalnetz unterströmt werden (BMVBS 2008). Die Verbesserung der Gebäudesicherheit durch das Abdichten des Kellers, dem Zumauern von Fenster- und Türöffnungen usw. ist aus statischen Gründen nur bis zu einer bestimmten Höhe durchführbar, da bei großen Wassertiefen der Auftrieb und der Wasserdruck die konstruktiven Sicherheiten überschreitet, so dass es im schlimmsten Fall zum Aufschwimmen oder zu einer Schiefstellung des Gebäudes kommen kann (DIETERLE 2003).

Bei den Maßnahmen der Verhaltensvorsorge hat sich kein schadensreduzierender Effekt gezeigt. Zwar stimuliert die Kenntnis über die Hochwassergefährdung des Gebäudes die Haushalte sich über Vorsorgemaßnahmen zu informieren, jedoch muss diese mit dem Wissen über die Wirksamkeit und die Umsetzung der Maßnahmen kombiniert werden (THIEKEN et al. 2007).

Die Überzeugung von der Wirksamkeit privater Vorsorgemaßnahmen scheint entscheidend dafür zu sein, selbst Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Denn bei all denjenigen, die die Wirksamkeit als sehr schlecht bewertet haben, waren die Schäden deutlich höher, vor allem bei großen Überschwemmungstiefen. Zu gleichem Ergebnis kamen auch REUSSWIG & GROTHMANN (2004), die mittels Kausalanalysen herausfanden, dass Haushalte mehr Schadensvorsorge zeigen, wenn sie u.a. die Wirksamkeit der Selbstschutzmaßnahmen hinsichtlich der Schadensverringering als sehr hoch einschätzen.

3.3.2 Modul Hochwassertyp

Ergebnisse

Wird der gesamte Datenbestand nach verschiedenen Hochwassertypen aufgeteilt (Abb. 3-9), sind bei der Überschwemmung in Folge eines Deichbruchs mit Abstand die höchsten Schäden an Hausrat (29,6 % bzw. 24.529 €) und Gebäude (18,6 % bzw. 55.573 €) zu konstatieren. Beim Grundhochwasser hingegen sind die niedrigsten Schäden an Hausrat (0,9 % bzw. 1.512 €) und Gebäude (1,2 % bzw. 5.496 €) zu verzeichnen. Die Schadensbeträge zwischen Flussüberschwemmungen und Sturzfluten unterscheiden sich nur geringfügig. Dabei wird das Inventar etwas stärker bei Flussüberschwemmungen geschädigt (5,4 % bzw. 5.040 €), Wohngebäude etwas mehr bei Sturzflutereignissen (4,5 % bzw. 16.672 €).

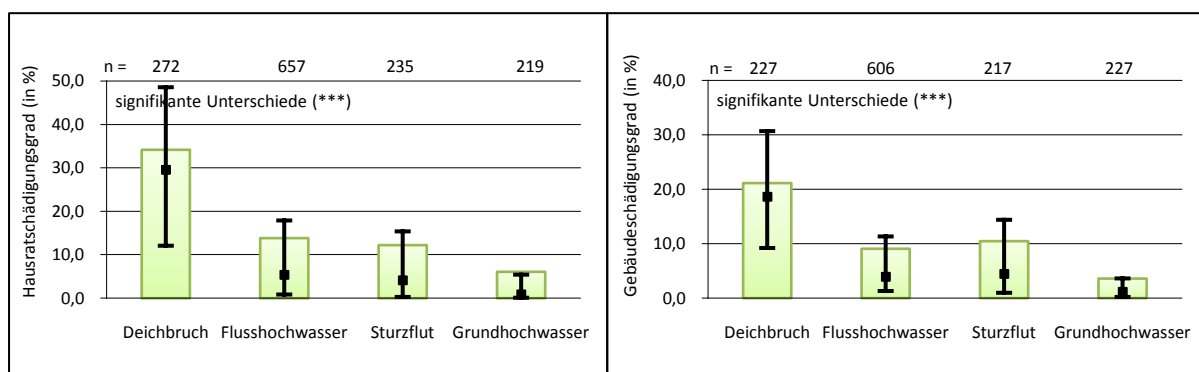


Abb. 3-9: Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrade (rechts) zwischen verschiedenen Hochwassertypen (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Frühwarnung

Mit Ausnahme der Überschwemmung durch Deichbruch sind zwischen den unterschiedlichen Frühwarnzeiten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Schäden festzustellen. Bei Deichbrüchen steigen die relativen Hausratschäden jedoch um das dreifache an, wenn die Betroffenen über 48 Stunden im Voraus schon gewarnt wurden, im Vergleich zu denjenigen, die nur eine Stunde zuvor die Warnung erhalten haben. Bei den relativen Gebäudeschäden beträgt dieser Faktor etwa 1,4 (Daten auf CD).

Wenn es unklar ist, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Warnung schützen kann, erhöht sich der Schaden generell bei allen Hochwassertypen, bei Flussüberschwemmungen sogar signifikant (Abb. 3-10). Hier fällt der Schädigungsgrad am Inventar und am Gebäude

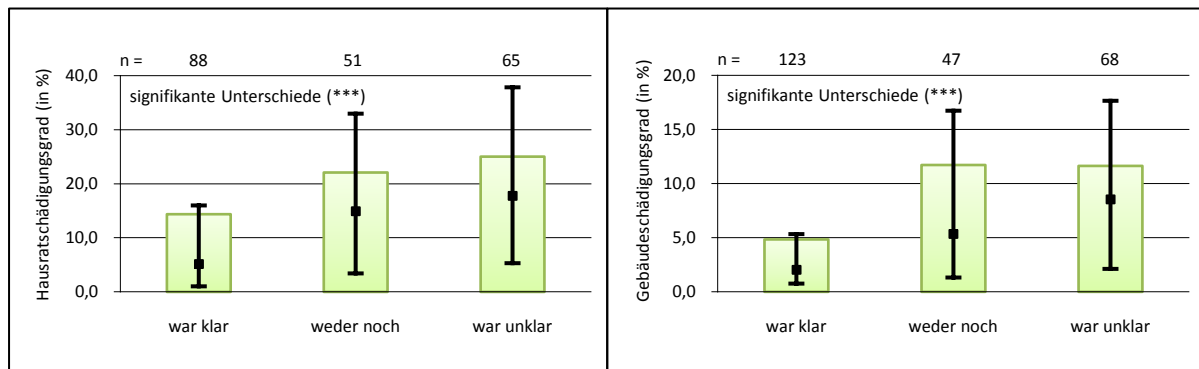


Abb. 3-10: Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrade (rechts) bei Flussüberschwemmungen in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann (Legende: s. Abb. 2-1).

bei denjenigen Personen, die nicht wissen, was im Ereignisfall trotz Warnung zu tun ist, ca. 3,5-mal (5.874 €) bzw. 4,1-mal (13.533 €) höher aus, im Gegensatz zu den Personen, die sich darüber im Klaren sind, wie sie sich zu verhalten haben.

Einfluss der Reaktionszeit

Die Schäden nahezu aller Hochwassertypen fallen bei längeren Reaktionszeiten tendenziell höher aus, bei Deichbrüchen und bei Flussüberschwemmungen teils signifikant. Im Falle eines Deichbruchs können knapp 29 % des relativen Hausratschadens (6.552 €) vermieden werden, wenn sofort schadensmindernde Maßnahmen eingeleitet werden. Bei Flussüberschwemmungen lässt sich der Gebäudeschädigungsgrad durch eine schnelle Reaktion um etwa 15 % (3.890 €) reduzieren (Daten auf CD).

Einfluss verschiedener Notmaßnahmen

Bei den Notmaßnahmen kann, wie auch im vorherigen Modul, nur das Abpumpen von Wasser im Ereignisfall einen Beitrag zur Schadensminderung leisten. Dies trifft grundsätzlich bei jeder Hochwasserart zu (Tab. 3-5), am stärksten jedoch bei Deichversagen. Der Hausrat wird dadurch um ca. 98 % (23.184 €), das Gebäude um 95 % (46.926 €) weniger geschädigt. Bei der Sturzflut belaufen sich die Werte auf 97 % bzw. 82 %, gefolgt vom Grundhochwasser (86 % bzw. 57 %) und der Flussüberschwemmung (83 % bzw. 57 %).

Tab. 3-5: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschadigungsgraden bei verschiedenen Hochwassertypen, wenn das Wasser im Ereignisfall abgepumpt wird.

		Hausratschadigungsgrad (in %)		Gebäudeschadigungsgrad (in %)	
Maßnahme		n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
Deichbruch	n	244	24	213	12
	Mittelwert	36,3	9,2	22,0	4,7
	Median	32,3	0,6	19,4	0,9
	Signifikanz	0,000		0,000	
Flusshochw.	Maßnahme	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
	n	491	148	463	129
	Mittelwert	15,4	9,7	9,8	6,9
	Median	7,7	1,3	4,6	2,0
Signifikanz	0,000		0,000		
Sturzflut	Maßnahme	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
	N	160	64	161	49
	Mittelwert	15,4	3,8	12,6	3,4
	Median	6,7	0,2	5,6	1,0
Signifikanz	0,000		0,000		
Grundhochw.	Maßnahme	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
	N	167	45	178	44
	Mittelwert	7,1	3,3	4,1	2,2
	Median	1,4	0,2	1,4	0,6
Signifikanz	0,003		0,047		

Einfluss der Vorsorge

Zwischen den einzelnen Vorsorgestufen ergeben sich bei jedem Hochwassertyp signifikante Unterschiede hinsichtlich beider Schadenstypen (Tab. 3-6). Am besten macht sich eine sehr gute Vorsorge bei Überschwemmungen in Folge eines Deichbruchs bezahlt. Hier kann der relative Schaden am Inventar um 94 % (20.664 €) und um ca. 93 % (39.268 €) am Gebäude minimiert werden. Bei den anderen Hochwassertypen profitieren betroffene Haushalte ähnlich stark, wenn sie gut vorgesorgt haben. So lassen sich bspw. auch bei rasch auftretenden Sturzfluten die relativen Schäden um rd. 86 % bzw. 3.276 € (Inventar) und um ca. 79 % bzw. 22.229 € (Gebäude) mindern.

Tab. 3-6: Hausrat- und Gebäudeschadigungsgrade bei verschiedenen Hochwassertypen in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus.

		Hausratschadigungsgrad (in %)			Gebäudeschadigungsgrad (in %)		
Vorsorge		k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
Deichbruch	n	227	29	16	190	24	13
	Mittelwert	35,2	37,5	12,7	22,3	19,8	6,6
	Median	31,8	33,0	1,8	19,6	18,1	1,4
	Signifikanz	0,001			0,000		
Flusshochw.	Vorsorge	k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
	N	438	118	101	375	109	122
	Mittelwert	15,8	11,2	8,5	10,7	9,2	4,0
	Median	7,9	4,7	2,1	5,1	3,9	1,7
Signifikanz	0,000			0,000			
Sturzflut	Vorsorge	k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
	N	151	40	44	139	35	43
	Mittelwert	15,3	8,5	5,1	13,4	5,4	5,3
	Median	7,2	2,8	1,0	6,7	1,9	1,4
Signifikanz	0,000			0,000			
Grundhochw.	Vorsorge	k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
	N	132	41	46	147	37	43
	Mittelwert	6,9	6,8	3,0	4,4	2,8	1,6
	Median	1,6	1,9	0,3	1,6	1,1	0,3
Signifikanz	0,002			0,004			

Die effektivsten Vorsorgemaßnahmen bei Hochwasser, ganz gleich welcher Art, sind die Bauvorsorgemaßnahmen „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“ und die „hochwasserangepasste Inneneinrichtung“. Vor allem bei Überschwemmungen durch Deichversagen kann durch beide Maßnahmen der Schaden beträchtlich gesenkt werden (Abb. 3-11). Bei der erstgenannten Maßnahme sind dies 88 % (20.150 €) des Hausrat- und rd. 87 % (41.679 €) des Gebäudeschadigungsgrades, bei der zweitgenannten Maßnahme ca. 94 % (20.664 €) bzw. knapp 87 % (39.456 €). Auch bei den anderen Hochwassertypen kann ein Großteil des Gebäude- und Hausratschadens durch diese beiden Maßnahmen vermieden werden.

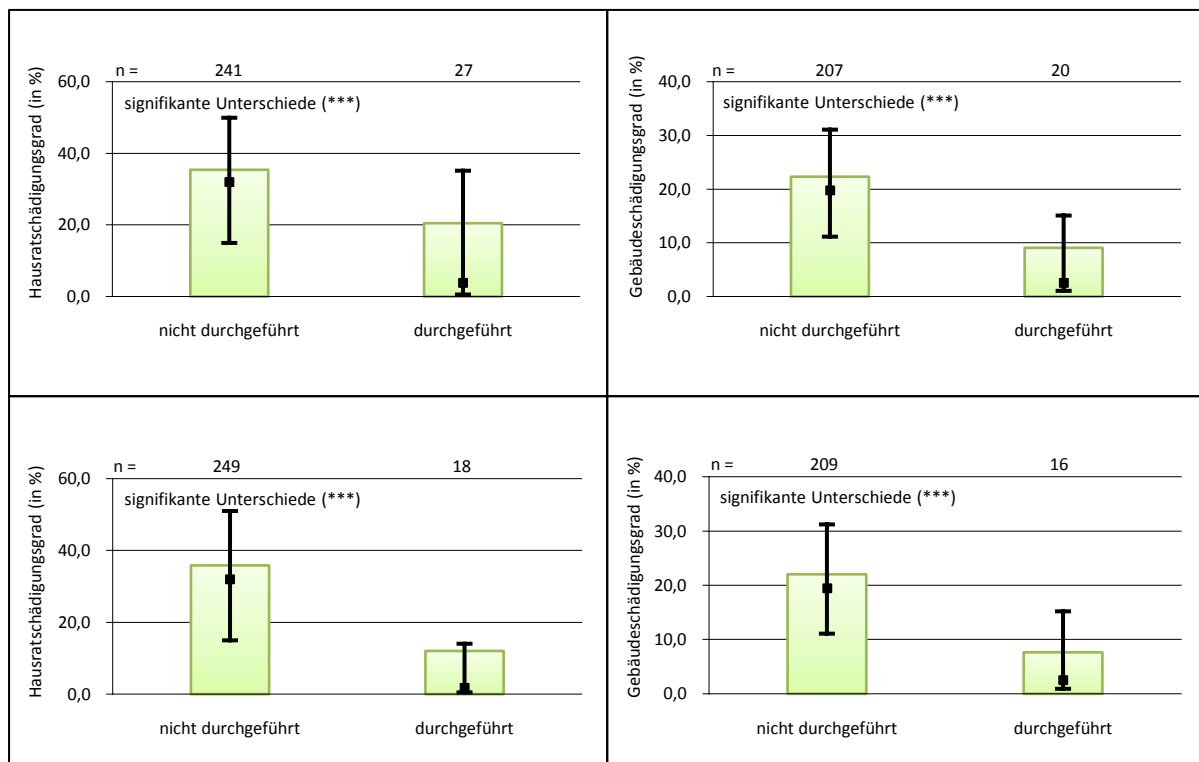


Abb. 3-11: Unterschiede zwischen den Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgraden (rechts) im Falle eines Deichversagens, wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt (oben) und eine wertvolle, festinstallierte Inneneinrichtung vermieden wird (unten) (Legende: s. Abb. 2-1).

Ebenso positiv wirkt sich bei Hochwasser durch ausuferndes Gewässer und Deichbruch der Wechsel der Heizungsanlage bzw. die Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz auf den Gebäudeschädigungsgrad aus. Um knapp 94 % (40.159 €) kann dadurch der relative Gebäudeschaden bei Deichversagen und um ca. 48 % (9.249 €) bei Flussüberschwemmungen reduziert werden (Daten auf CD).

Wird die Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten der Kellerräume verbessert, bewirkt dies allgemein eine Schadensabnahme am Gebäude. Die gleiche Tendenz zeigt sich auch bei der Anschaffung stationärer oder mobiler Wassersperren. Allerdings ist bei beiden Maßnahmen der schadensmindernde Effekt nur bei der Flussüberschwemmung statistisch abgesichert. Bei diesem Hochwassertyp kann der Gebäudeschadensgrad durch beide Maßnahmen um 60 % (10.837 €) respektive 47 % (10.625 €) gesenkt werden (Abb. 3-12).

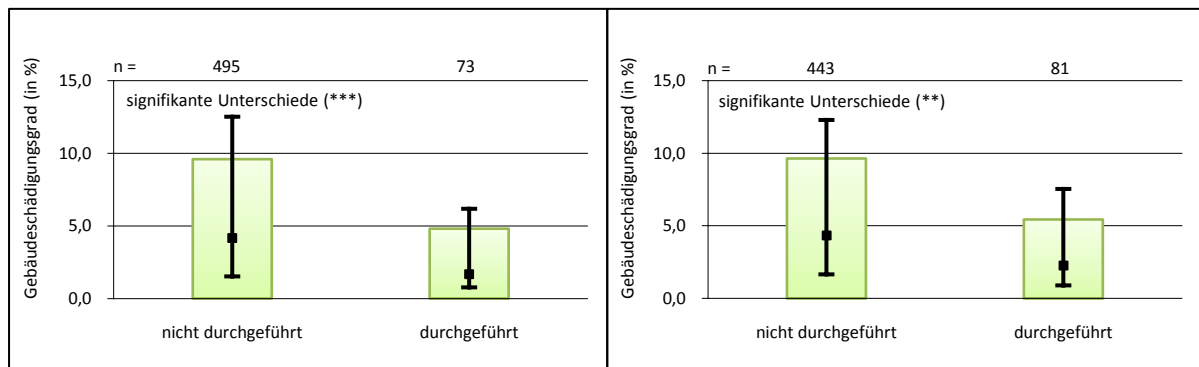


Abb. 3-12: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bei Flussüberschwemmung, wenn die Hochwassersicherheit des Gebäudes verbessert (links) oder Wassersperren angeschafft wurden (rechts) (Legende: s. Abb. 2-1).

Mit Ausnahme des Grundhochwassers fallen bei allen Hochwassertypen die Schäden immer dann signifikant hoch aus, wenn die Betroffenen die Wirksamkeit von privaten Vorsorgemaßnahmen als sehr schlecht einschätzen (Daten auf CD).

Diskussion

In diesem Modul konnte zunächst gezeigt werden, dass der höchste Schaden unter allen hier aufgeführten Hochwassertypen bei Deichversagen auftritt. Dies ist plausibel, da bei diesem Typ die Überflutung sehr rasch eintritt und sehr hohe Wasserstände erreicht werden, so dass die betroffene Bevölkerung hinter den Deichen meistens keine Zeit mehr zum Ergreifen von Notmaßnahmen hat. Die deutlich niedrigeren Schäden bei Flussüberschwemmungen und Sturzfluten unterscheiden sich voneinander nur geringfügig. Der erstgenannte Typ ist vor allem durch hohe Wasserstände und einer langen Überschwemmungsdauer charakterisiert, der letztgenannte Typ durch ein sehr plötzliches, kurzes Auftreten mit hohen Fließgeschwindigkeiten infolge von Starkregenereignissen in eher kleinräumigen Einzugsgebieten (MÜLLER 2003; KRON 2005a). Die Schäden, die durch Grundhochwasser verursacht werden, sind vergleichsweise gering, da sich die Einwirkungsparameter (z.B. sehr niedrige Wasserstände) signifikant von den anderen Hochwassertypen unterscheiden (KREIBICH & THIEKEN 2008b).

Eine verlängerte Vorwarnzeit führte bei keinem der Hochwassertypen zu einer Abnahme der Schäden. Bei der Sturzflut konnte dies gar nicht erst untersucht werden, da eine Warnung, wenn überhaupt, nur sehr kurz vor dem meist lokal auftretenden Ereignis herausgegeben

werden kann, so dass die Klasse „über 48 h“ gar nicht besetzt war. Vor Flussüberschwemmungen kann die Bevölkerung jedoch oft schon einige Tage vorher gewarnt werden, da die Frühwarnsysteme inzwischen immer genauere Hochwasserprognosen liefern. Allerdings konnte hier kein schadensmindernder Effekt mit der Länge der Vorwarnzeit festgestellt werden. Deichbrüche können zwar nicht punktuell vorhergesagt werden, da mögliche Schwachstellen der Deichbauwerke (noch) nicht flächenhaft identifiziert werden können, dennoch ist bei extremen Hochwasserereignissen potenziell mit einer Überschreitung der Bemessungswasserstände zu rechnen, so dass Deichüberströmungen auftreten können (GFZ 2007). Aber auch hier bewirkt eine frühzeitig herausgegebene Hochwasserwarnung keine Schadensminderung. Die Hausratschäden steigen sogar mit der Länge der Vorwarnzeit signifikant an. Möglicherweise nehmen die Bewohner hinter den Deichen die Warnung nicht ernst genug, da sie sich hinter der technischen Schutzvorrichtung nach wie vor in Sicherheit wägen (MÜNCHENER RÜCK 1997; DKKV 2004). Zudem besteht bei fast allen Hochwassertypen die Tendenz, dass die Schäden trotz Warnung zunehmen, wenn den Betroffenen nicht klar ist, was sie tun müssen, um sich und ihren Haushalt zu schützen. Dies zeigt wiederum, dass der Informationsgehalt der behördlichen Warnungen offenbar nicht ausreicht, um die Privathaushalte trotz einer längeren Vorwarnzeit vor größeren Schäden zu bewahren.

Die Analyse derjenigen, die auf die Frühwarnung durch Notmaßnahmen reagiert haben, bringt jedoch zum Ausdruck, dass sowohl bei Deichversagen, als auch bei Flussüberschwemmungen ein Schadensreduktionspotenzial besteht, wenn sofort nach Herausgabe der Warnung Notmaßnahmen durchgeführt werden. Bei Sturzfluten ist dies in aller Regel nicht realisierbar, da für schadensmindernde Maßnahmen die Zeit meist zu kurz ist, nachdem eine Warnung herausgegeben wurde. Grundhochwassergefährdete Haushalte nehmen die Gefahr aus dem Untergrund kaum wahr und führen daher selten schadensmindernde Maßnahmen durch, auch wenn ein Grundwasserspiegelanstieg erwartet wird (KREIBICH et al. 2009a). Die Untersuchung der einzelnen Sofortmaßnahmen offenbart, dass nur durch das Abpumpen des Wassers im Ereignisfall ein schadensreduzierender Effekt erzielt werden kann. Sowohl bei Deichversagen als auch bei Sturzfluten, Grundhochwasser und Flussüberschwemmungen ist das Schadensreduktions-

potenzial durch diese Maßnahme enorm. Denn die Höhe des Wasserstandes im Wohngebäude, die durch diese Maßnahme verringert wird, ist nach wie vor für den größten Teil der Schäden verantwortlich.

Ein hohes Vorsorgeniveau kann generell bei jedem Hochwassertyp den Schaden drastisch senken. Selbst bei Deichversagen, wo große Überschwemmungstiefen auftreten und das Wasser meist erst nach einigen Tagen abläuft, ist eine gute Vorsorge äußerst sinnvoll. Ebenso empfiehlt sich bei allen anderen Typen eine langfristige Vorsorge sehr. Auch HRISTOVA (2007) stellte bereits fest, dass ein hohes Vorsorgeniveau den Schaden bei unterschiedlichen Hochwassertypen entscheidend minimieren kann.

Vor allem die Bauvorsorgemaßnahmen tragen maßgeblich zur Schadensreduktion bei. Durch den Verzicht, den Keller als Wohneinheit oder Büro zu nutzen (geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke), und den Ausbau der gefährdeten Stockwerke mit wasserabweisendem/-beständigem Baumaterial (hochwasserangepasste Inneneinrichtung) kann auch bei Deichversagen ein Großteil der potenziellen Schäden vermieden werden, da kein hochwertiges Inventar zerstört wird und infolgedessen die Reparaturkosten deutlich geringer ausfallen. Der Wechsel der Heizungsanlage oder die Ausstattung des Heizöltanks mit Hochwasserschutz ist v.a. bei den Hochwassertypen nützlich, bei denen hohe Wasserstände und lange Überschwemmungsdauern charakteristisch sind (Deichbruch, Flussüberschwemmung). Denn der Auftrieb des Öltanks ist bei größeren Wassertiefen gewaltig, so dass die Saugleitungen und Einfüllstutzen beschädigt werden würden (mit weitreichenden Kontaminationsfolgen), wenn dieser nicht entsprechend gesichert wird (DIETERLE 2003).

Das Abdichten des Gebäudes durch die druckwasserdichte Ausführung von Rohrdurchführungen, dem dichten Verschluss von Kellerfenstern etc. und der Einsatz mobiler (z.B. Dammbalken) oder stationärer (z.B. Mauern oder Spundwände) Barrieren führt lediglich bei Flussüberschwemmungen zu einer Reduktion der Schäden. Dies ist vermutlich dadurch zu begründen, da z.B. bei Deichbrüchen die hydrologische Einwirkung derart intensiv ist, dass diese Schutzmaßnahmen versagen. Ebenso geht die Wirkung von

Wasserbarrieren verloren, wenn diese durch Grundwasseranstieg unterströmt werden (BMVBS 2008). Bei der Gefahr durch Grundhochwasser muss zudem darauf geachtet werden, dass bei einer Abdichtung des Gebäudes das Eigengewicht groß genug ist, um dem Auftrieb entgegenwirken zu können. Ansonsten wird dadurch mehr Schaden verursacht als verhindert, da es zu Rissen im Kellerboden und Wänden oder Verschiebungen des Gebäudes kommen kann (DIETERLE 2003).

Die Überzeugung von der Wirksamkeit privater Vorsorgemaßnahmen scheint auch bei verschiedenen Hochwassertypen ausschlaggebend dafür zu sein, selbst Vorsorge zu betreiben, da bei all denjenigen die Schäden merklich höher ausfallen, die den Nutzen von privater Eigenvorsorge als sehr schlecht einschätzen, im Vergleich zu denen, die gegenteiliger Meinung sind.

3.3.3 Modul Kontaminationsart

Ergebnisse

Die Art der Kontamination wurde in dem zusammengeführten Datensatz in vier Klassen unterschieden. Zwischen diesen Kontaminationsarten differieren beide Schadenstypen höchstsignifikant (Abb. 3-13). Einen fast siebenfach höheren Schaden am Hausrat und Gebäude verursacht die Kontamination des Wassers durch Heizöl/Benzin im Vergleich zu den Schäden in Privathaushalten, die von keiner Kontamination betroffen sind. Um etwa 44 % weniger als bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin fallen die relativen Hausratschäden beim Austritt von Chemikalien aus (77 % bei den Gebäudeschäden). Die geringsten Schäden werden bei der Kontamination durch Abwasser herbeigeführt, die ca. 1,4-fach (Hausrat) bzw. 2,4-fach (Gebäude) höher sind, als bei den Fällen, wo keine Kontamination aufgetreten ist. Da die Stichprobengröße beim Kontaminationstyp „Chemikalien“ für die statistischen Untersuchungen in den Teilkollektiven leider nicht ausreicht, wird dieser bei den folgenden Ergebnissen nicht aufgeführt.

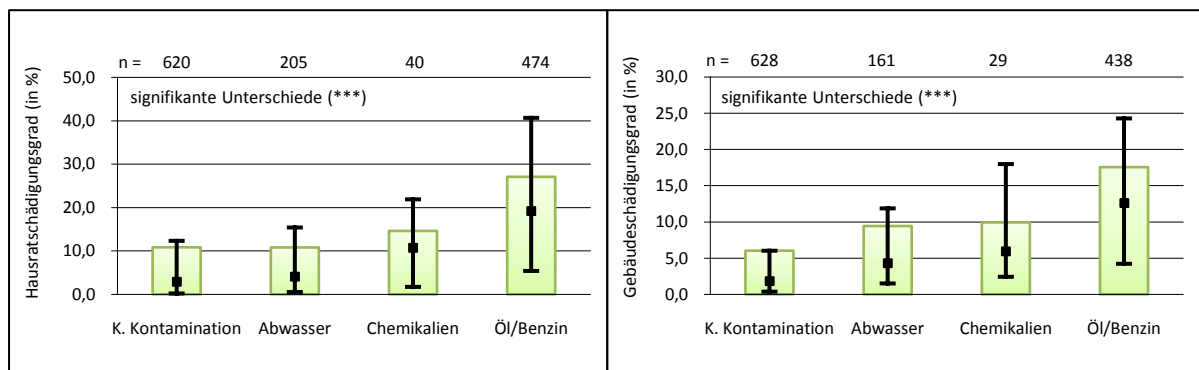


Abb. 3-13: Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrade (rechts) zwischen verschiedenen Kontaminationsarten (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Frühwarnung

Längere Vorwarnzeiten können bei keinem Kontaminationstyp zu einer Schadensreduktion beitragen. Ganz im Gegenteil: Bei allen Typen steigt der Hochwasserschaden signifikant mit der Länge der Vorwarnzeit an. Außerdem sind die Schadensgrade immer dann am höchsten, wenn die Behörden die Frühwarnung herausgeben (Daten auf CD).

Tab. 3-7: Unterschiede zwischen den Hausrat- und Gebäudeschädigungsgraden in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann, wenn keine Kontamination auftritt.

Wissen	Hausratschädigungsgrad (in %)			Gebäudeschädigungsgrad (in %)		
	war klar	weder noch	war unklar	war klar	weder noch	war unklar
n	86	50	55	124	51	53
Mittelwert	10,5	19,6	20,2	3,5	6,8	11,1
Median	2,8	7,3	12,3	1,8	2,0	5,5
Signifikanz	0,001			0,001		

Tritt keine Kontamination auf, erhöhen sich die Schäden signifikant, wenn trotz Erhalt der Warnung unklar ist, wie man sich und seinen Haushalt vor dem Hochwasser schützen kann (Tab. 3-7). Der Schädigungsgrad steigt dann um den Faktor 4,4 beim Inventar (4.528 €) und um den Faktor 3 beim Gebäude (14.813 €) an.

Einfluss der Reaktionszeit

Eine schnelle Reaktionszeit kann bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin den Schaden an Hausrat und Gebäude sichtbar minimieren (Abb. 3-14). Um ca. 43 % (6.048 €) bzw. um 33 % (25.563 €) lässt sich dieser reduzieren, wenn sofort mit den schadensmindernden Maßnahmen begonnen wird und nicht erst nach mehr als zwölf Stunden nach Herausgabe der Warnung. Der schadensmindernde Effekt ist auch bei denjenigen Privathaushalten festzustellen, die von jeglicher Kontamination verschont blieben, allerdings ist dieser nur bei

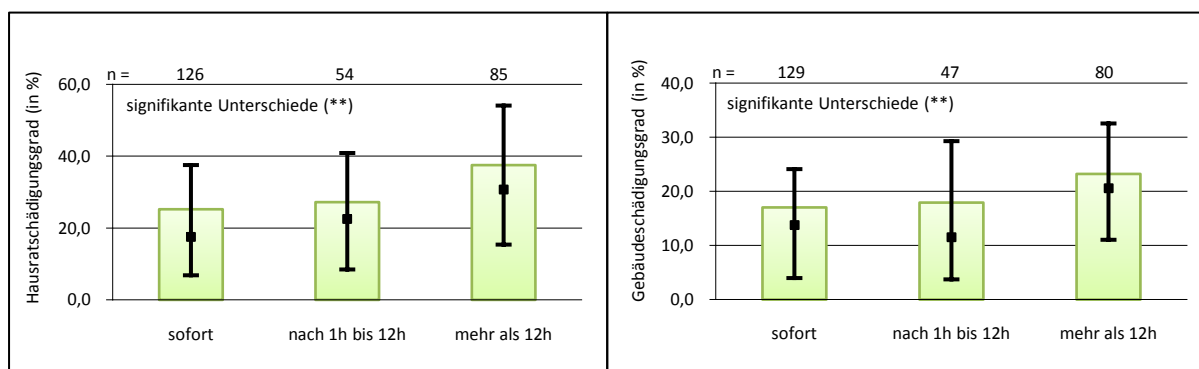


Abb. 3-14: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrad (rechts) bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin in Abhängigkeit unterschiedlicher Reaktionszeiten (Legende: s. Abb. 2-1).

den Hausratschäden statistisch abgesichert (rd. 68 % bzw. 5.536 €). Bei der Kontamination durch Abwasser sind die Unterschiede zwar nicht signifikant, dennoch besteht eine zunehmende Tendenz der Schäden bei verlängerter Reaktionszeit.

Einfluss verschiedener Notmaßnahmen

Bei den Ergebnissen der Notmaßnahmen ergibt sich ein sehr differenziertes Bild. In den meisten Fällen steigt trotz der Durchführung bestimmter Sofortmaßnahmen der Schaden signifikant an (z.B. „Gebäude gegen eindringendes Wasser durch Abdichten von Türen etc. schützen“ usw.). Nur durch das Abpumpen von Wasser kann der Schaden beträchtlich minimiert werden. Die größte Wirkung am Hausrat zeigt sich durch diese Maßnahme bei der Kontamination durch Abwasser. Hier können 97 % (4.284 €) der relativen Hausratschäden vermieden werden. Auch bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin kann eine starke Wirkung durch diese Maßnahme erzielt werden (Abb.3-15). Hier lässt sich der Hausratschädigungsgrad um 87 % (11.088 €) und der Gebäudeschädigungsgrad um 75 % (24.941 €) mindern. Tritt keine Kontamination auf, belaufen sich die Werte auf 86 % (2.216 €) bzw. 59 % (4.647 €).

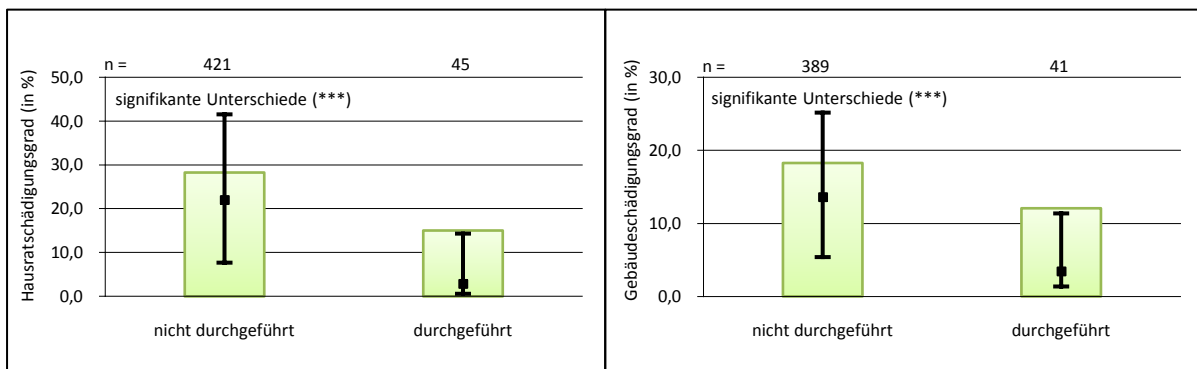


Abb. 3-15: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und dem Gebäudeschädigungsgrad (rechts) bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin, wenn das Wasser während der Überschwemmung abgepumpt wurde (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Vorsorge

Durch ein sehr gutes Vorsorgenniveau kann der Schaden bei allen Kontaminationstypen sehr gering gehalten werden (Tab. 3-8), teilweise um das fast achtfache beim Inventar (bei keiner Kontamination) und um das vierfache beim Gebäude (bei Kontamination durch Abwasser).

Im Falle einer Kontamination durch Heizöl/Benzin kann der Schaden am Hausrat durch eine sehr gute Vorsorge um 78 % (13.094 €) bzw. um 71 % (35.011 €) am Gebäude gemindert werden. Bei der Verschmutzung durch Abwasser betragen die Werte 84 % (3.024 €) bzw. 75 % (16.794 €). Ist der Haushalt von keiner Kontamination betroffen, belaufen sich die Werte auf 87 % (2.828 €) bzw. auf 67 % (7.225 €).

Tab.3-8: Hausrat- und Gebäudeschädigungsgrade bei verschiedenen Kontaminationsarten in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus.

		Hausratschädigungsgrad (in %)			Gebäudeschädigungsgrad (in %)		
Vorsorge		k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
Keine Kontam.	n	407	102	111	398	99	131
	Mittelwert	13,2	7,6	5,1	7,7	4,5	2,0
	Median	4,6	1,7	0,6	2,7	1,6	0,9
	Signifikanz	0,000			0,000		
Abwasser	Vorsorge	k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
	N	130	37	38	102	28	31
	Mittelwert	13,9	7,3	3,6	11,3	6,3	6,2
	Median	7,3	4,5	1,2	6,7	3,6	1,7
Signifikanz	0,001			0,002			
Öl/Benzin	Vorsorge	k./gering	mittel	sehr gut	k./gering	mittel	sehr gut
	N	360	73	41	321	67	50
	Mittelwert	29,0	23,8	15,9	19,5	16,1	7,1
	Median	23,1	11,5	5,0	14,6	12,1	4,3
Signifikanz	0,000			0,000			

Nach Aufteilung des Datenbestandes in die einzelnen Vorsorgemaßnahmen ist wiederum bei der Bauvorsorge der schadensmindernde Effekt am deutlichsten zu erkennen. Durch die „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“ können 95 % (3.526 €) der relativen Hausrat- und 68 % (6.603 €) der relativen Gebäudeschäden vermieden werden, wenn es gar nicht erst zu einer Kontamination kommt (Abb. 3-16). Etwa 87 % (3.024 €) bzw. 74 % (16.794 €) weniger Schäden ergeben sich bei der Kontamination durch Abwasser und 83 % (12.091 €) bzw. 50 % (32.121 €) bei der Kontamination durch Öl/Benzin, wenn diese Maßnahme vor dem Hochwasser durchgeführt wird.

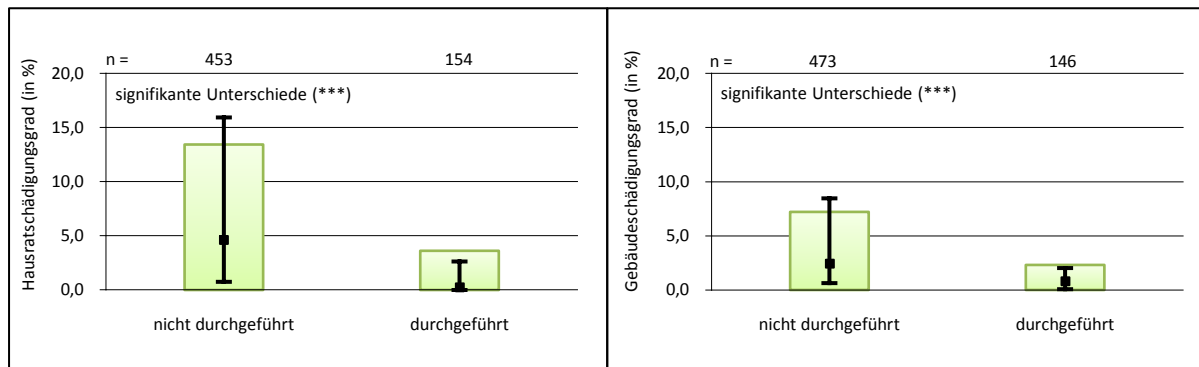


Abb. 3-16: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und dem Gebäudeschädigungsgrad (rechts) bei „geringwertiger Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“, wenn keine Kontamination auftritt (Legende: s. Abb. 2-1).

Die „hochwasserangepasste Inneneinrichtung“ ist gleichermaßen effektiv. Diese Vorsorgemaßnahme kann den Hausratschädigungsgrad bis um das 7,5-fache (bei keiner Kontamination) und den Gebäudeschädigungsgrad bis um das dreifache (bei der Kontamination durch Öl) mindern. Etwa 87 % (2.518 €) des Hausratschädigungsgrades bzw. 63 % (6.980 €) des Gebäudeschädigungsgrades lassen sich dadurch vermeiden, wenn keine Kontamination auftritt. Ca. 71 % (3.024 €) bzw. 48 % (11.114 €) weniger Schäden können bei der Kontamination durch Abwasser und 83 % (13.099 €) bzw. 67 % (33.344 €) bei der Kontamination durch Heizöl/Benzin mit dieser Maßnahme verhindert werden (Daten auf CD).

Wird die Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichtungsmaßnahmen des Kellers verbessert, führt dies generell zu einer Schadensabnahme am Gebäude. Bei denjenigen Privathaushalten, die von keiner Kontamination betroffen waren, beträgt der Schädigungsgrad am Gebäude nur die Hälfte (3.668 €) im Vergleich zu denen, die diese Maßnahme vor dem Hochwasser nicht umgesetzt hatten. Im Falle einer Heizöl- oder Benzinkontamination ist der relative Gebäudeschaden 1,7-mal höher (16.128 €), wenn auf diese Maßnahme verzichtet wird (Daten auf CD).

Die Anschaffung mobiler oder stationärer Wassersperren kann den Schaden am Inventar um rd. 55 % (1.005 €) und am Gebäude um ca. 39 % (4.546 €) reduzieren, wenn keine Kontamination auftritt und um 66 % (19.228 €) am Hausrat bei der Verschmutzung durch Abwasser (Daten auf CD).

Die Hochwasserschäden fallen bei fast allen Kontaminationstypen immer dann signifikant hoch aus, wenn die Wirksamkeit der privaten Vorsorgemaßnahmen als sehr schlecht eingeschätzt wird.

Diskussion

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der Hochwasserschäden an Wohngebäuden hat die Kontamination des (Fluss-)Wassers. In zahlreichen Studien wurde bereits darauf hingewiesen, dass vor allem ausgetretenes Heizöl den Schaden sowohl am Gebäude als auch am Hausrat erheblich in die Höhe treiben kann (DEUTSCHE RÜCK 1999; EGLI 2002; IKS 2002; KREIBICH et al. 2005; MÜLLER & THIEKEN 2005; THIEKEN et al. 2005; HRISTOVA 2007; KREIBICH et al. 2009b). Denn eine Ölkontamination hat nicht nur zur Folge, dass der ölgetränkte Putz, der Estrich und das Mauerwerk erneuert werden müssen, sondern Öl besitzt ebenso die Eigenschaft, sich auch in wasserunempfindlichen Gebäudeteilen (z.B. Fliesen) festzusetzen, was enorme Reparaturkosten nach sich zieht (EGLI 2002; DIETERLE 2008; KREIBICH et al. 2009b). Außerdem ist bei diesem Kontaminationstyp das Risiko eines Fremdschadens (d.h. auch angrenzenden Wohngebäude sind davon betroffen) besonders problematisch. Beim Hochwasser 2002 wurden beispielsweise drei bis vier Gebäude aufgrund eines defekten Öltanks kontaminiert (DKKV 2004).

Der in dieser Arbeit ermittelte siebenfach höhere Schädigungsfaktor bei der Kontamination durch Öl bzw. Benzin fällt zwar etwas höher aus als in den Untersuchungen von DEUTSCHE RÜCK (1999), EGLI (2002), IKS (2002) (Verdopplung oder Verdreifachung der Schäden) und THIEKEN et al. 2005 (Verfünffachung des Gebäudeschädigungsgrades). Dennoch ist bekannt, dass eine Ölkontamination bis hin zum Totalschaden am Gebäude führen kann (DEUTSCHE RÜCK 1999; EGLI 2002). Im Falle eines Austritts von Chemikalien (Lacke, Lösemittel etc.), die nicht außerhalb des Gefahrenbereichs gelagert wurden, sind die Schäden merklich geringer als bei Heizöl. Trotzdem besteht auch hier die Gefahr, dass nicht nur der Naturhaushalt massiv geschädigt wird, sondern auch die Wohngebäude in der näheren Umgebung. Verunreinigungen des Wassers durch Abwasser kommen immer dann zustande, wenn die Kanalisation überlastet ist und durch Rückstau Fäkalien ins Gebäudeinnere eindringen oder wenn private Abwasseraufbereitungsanlagen nicht

entsprechend gegen Hochwasser gesichert wurden. Den sichtbar geringsten Schaden haben die Privathaushalte zu verzeichnen, die von keiner Kontamination betroffen sind, sondern nur durch den alleinigen Wasserschaden. Dies zeigt, dass eine Vermeidung jeglicher Kontamination den Schaden erheblich reduzieren kann.

Eine verlängerte Vorwarnzeit hat sich weder in den Haushalten, die eine Kontamination aufwiesen, noch in den Haushalten, die von jeglicher Kontamination verschont blieben, positiv bemerkbar gemacht. Zurückzuführen ist dies auf die mangelnde Kenntnis, wie man sich im Falle eines bevorstehenden Hochwassers schützen kann. Gerade bei den Betroffenen ohne Kontaminationsschaden könnte ein Großteil der Schäden verhindert werden, wenn den Haushalten mit der Warnung Informationen mitgegeben werden, welche (einfachen) Sofortmaßnahmen ergriffen werden können (z.B. Möbel hochstellen, Wasser abpumpen etc.). Bei den Haushalten, die zusätzlich von einer Kontamination betroffen sind, gestaltet sich dies weitaus schwieriger, da z.B. ein Öltank ausreichend gegen Auftrieb gesichert werden muss (durch Auftriebsschutz) oder zumindest bei einer drohenden Überflutung mit Wasser gefüllt werden sollte, um dem Auftrieb und Wasserdruck entgegenzuwirken. Eine spätere Entsorgung des Öl-Wasser-Gemisches ist nämlich immer noch billiger als ein Ölschaden im Wohngebäude (DIETERLE 2003; BVMBS 2008).

Eine schnelle Reaktionszeit zahlt sich dennoch bei allen Kontaminationstypen aus. Auch bei einem Ölschaden kann immer noch durch sofort eingeleitete Maßnahmen ein nennenswerter Teil des Schadens verhindert werden. Unter den Sofortmaßnahmen entpuppt sich das Abpumpen des Wassers als besonders hilfreich, ganz gleich welcher Kontaminationstyp auftritt. Dies ist damit zu begründen, dass durch diese Maßnahme ein geringerer Wasserstand im Wohngebäude erreicht wird, so dass das (kontaminierte) Wasser deutlich kürzer auf die Gebäudestruktur (Böden, Wände, Decken) und das Inventar einwirken kann. Jedoch ist darauf zu achten, dass kontaminiertes Wasser entsprechend entsorgt wird, um nicht noch zusätzlich den Naturhaushalt zu schädigen.

Langfristige Vorsorge erweist sich grundsätzlich bei allen Kontaminationstypen als äußerst wirksam. Denn durch eine geringwertige Nutzung der Stockwerke fällt das

Schadenspotenzial wesentlich kleiner aus (auch im Falle einer Kontamination) als bei einem teuren Ausbau des Kellers (z.B. Souterrainwohnung, Büro etc.). Ebenso kann durch eine angemessene Inneneinrichtung ein Großteil des Schadens reduziert werden, indem wasserabweisendes Ausbaumaterial (Fliesen usw.) und eine bewegliche Innendekoration verwendet werden. Das größte Minderungspotenzial durch diese Maßnahmen erzielen die Haushalte, die von keiner Kontamination betroffen sind, da die alleinige Wassereinwirkung auf das Inventar und Gebäude deutlich geringere Sanierungs- bzw. Reinigungskosten nach sich zieht.

Die Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch das Abdichten von Kellerwänden, Rohrdurchführungen, Gebäudeöffnungen usw. bewirkt zwar generell eine beachtliche Minderung der Gebäudeschäden (EGLI 2002; IKS 2002), jedoch birgt diese Maßnahme bei sehr hohen Wasserständen ein Versagensrisiko in sich (MURL 1999). Daher kann es trotzdem zu einer Überschwemmung und auch (Fremd-)Kontamination im Gebäude kommen. Dennoch scheint die hydrologische Einwirkung durch diese Maßnahme verringert zu werden, so dass auch bei einer Kontamination durch Öl eine Schadensminderung am Gebäude zu verzeichnen ist.

Bei der Verwendung von Wasserbarrieren kann es bei hohen Wasserständen zu einer Überströmung oder durch Grundhochwasser zu einer Unterströmung der mobilen oder stationären Schutzvorrichtungen kommen. Ebenso kann trotz dieser Maßnahme eine Verschmutzung durch Abwasser auftreten, wenn das hauseigene Kanalsystem nicht durch eine Rückstauklappe oder Hebelanlage gesichert wurde (MURL 1999; BVMBS 2008).

Eine hohe Einschätzung der Wirksamkeit privater Vorsorge scheint unabhängig von der Kontamination richtungsweisend dafür zu sein, Vorsorge zu betreiben, da die Personen auffällig geringere Schäden haben als die Haushalte, die Vorsorge für wirkungslos halten.

3.3.4 Modul Hochwassererfahrung

Ergebnisse

Die Hochwassererfahrung beschreibt die Anzahl der Hochwasser, die die betroffenen Privathaushalte bereits vor den hier betrachteten Hochwasserereignissen in der Vergangenheit erlebt haben. Dabei ist festzustellen, dass nur bei den relativen Gebäudeschäden eine signifikante Abnahme mit der Zahl der bisherigen Hochwassererfahrungen nachzuweisen ist (Abb. 3-17). Wenn die Betroffenen bisher noch keine Hochwassererfahrung gesammelt haben, fällt der Gebäudeschadigungsgrad 1,7-mal höher (12.782 €) aus als bei denjenigen, die schon einmal zuvor durch ein Hochwasser geschädigt wurden. Beträgt die Hochwassererfahrung zweimal oder mehr, sind die relativen Gebäudeschäden 65 % (15.756 €) geringer im Vergleich zu den bisher unerfahrenen Privathaushalten und 39 % (2.974 €) geringer als bei denjenigen, die bisher erst einmal von einem Hochwasser betroffen waren. Da zwischen den Hausratschadigungsgraden keine signifikanten Unterschiede bestehen, werden diese bei der Beschreibung der Ergebnisse aus den Teilkollektiven nicht berücksichtigt.

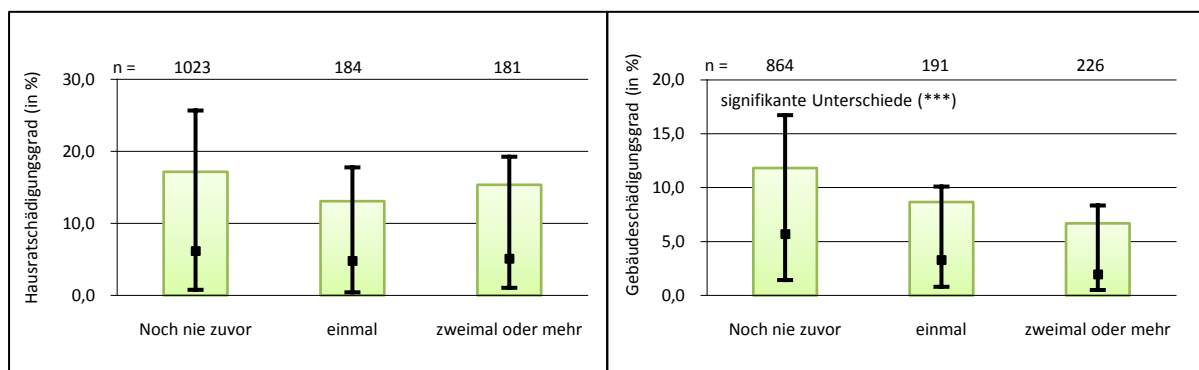


Abb. 3-17: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und Gebäudeschadigungsgrad (rechts) in Abhängigkeit unterschiedlicher Hochwassererfahrung (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Frühwarnung

Beim Vergleich der relativen Gebäudeschäden zwischen unterschiedlichen Frühwarnzeiten, ist bei allen Erfahrungsklassen eine signifikante Abnahme zu erkennen (Tab. 3-9), wenn die Vorwarnzeit „2 h bis 48 h“ beträgt, im Gegensatz zu den Fällen, wo die Warnung nur „bis 1 h“ vor dem Hochwasserereignis herausgegeben wurde. Der Rückgang des

Gebäudeschädigungsgrades beträgt zwischen diesen beiden Klassen 13 % (5.252 €), wenn die Betroffenen zuvor noch keine Hochwassererfahrung gemacht haben bzw. 47 % (21.495 €) bei einer einmaligen Erfahrung und 26 % (3.203 €) bei zweimal oder mehr Hochwasserereignissen in der Vergangenheit. Allerdings steigt der Gebäudeschädigungsgrad wieder sprunghaft in allen Erfahrungsklassen an, wenn die Vorwarnzeit „mehr als 48 h“ beträgt. Um das dreifache erhöht sich dann im Vergleich zur Vorwarnzeit „bis 1 h“ (bei keiner Erfahrung) bzw. um das 1,7-fache bei einmaliger Erfahrung und um das fast fünffache bei „zweimal oder mehr“ der Gebäudeschädigungsgrad.

Tab. 3-9: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bzw. absoluten Gebäudeschäden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorwarnzeiten bei verschiedenen Hochwassererfahrungen.

		Gebäudeschädigungsgrad (in %)			Absolute Gebäudeschäden (in €)		
Vorwarnzeit		bis 1h	2h bis 48h	über 48h	bis 1h	2h bis 48h	über 48h
noch nie zuvor	Gültige Fälle	66	298	118	78	345	133
	Mittelwert	11,9	12,2	20,2	50.911	46.623	63.375
	Median	6,2	5,4	16,6	27.481	22.229	55.573
	Signifikanz	0,000			0,000		
einmal	Gültige Fälle	19	94	18	25	115	23
	Mittelwert	13,6	6,2	15,9	45.620	24.946	64.671
	Median	4,5	2,4	7,6	32.610	11.115	43.480
	Signifikanz	0,022			0,009		
≥ zweimal	Gültige Fälle	27	96	30	30	111	33
	Mittelwert	5,8	5,1	15,0	21.798	22.489	45.895
	Median	2,3	1,7	11,3	10.670	7.467	33.344
	Signifikanz	0,001			0,019		

Bis auf die Fälle, die erst einmal von einem Hochwasser betroffen waren (trotz zunehmender Tendenz beim Gebäudeschadensgrad), nehmen die relativen Gebäudeschäden immer signifikant zu, wenn unklar ist, wie bei Herausgabe einer Hochwasserwarnung reagiert werden sollte, um die Schäden gering zu halten (Abb. 3-18). Etwa 2,7-mal höhere Gebäudeschadensgrade (23.029 €) ergeben sich dann bei den bisher unerfahrenen Personen und

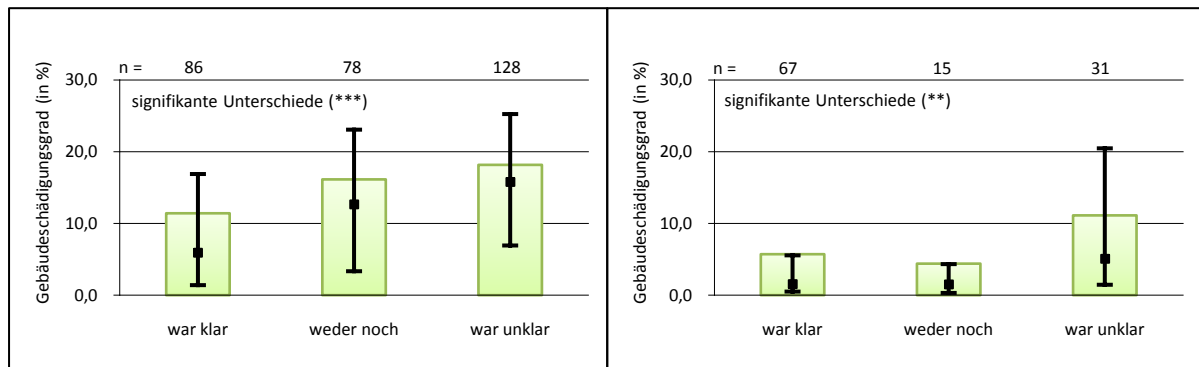


Abb. 3-18: Gebäudeschädigungsgrade bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung (links) und bei zwei oder mehr Erfahrungen in der Vergangenheit (rechts), in Abhängigkeit des Wissens, wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Frühwarnung schützen kann (Legende: s. Abb. 2-1).

3,2-mal höhere Gebäudeschadensgrade (10.591 €) bei den Haushalten mit zwei oder mehr Hochwassererfahrungen in der Vergangenheit.

Einfluss der Reaktionszeit

Im Hinblick auf die Reaktionszeit können nur bei den Betroffenen ohne Hochwassererfahrung signifikante Unterschiede festgestellt werden. Hier ist der Gebäudeschädigungsgrad 1,8-mal höher, wenn nicht sofort Notmaßnahmen eingeleitet werden, sondern erst nach zwölf Stunden oder später nach Erhalt der Warnung. In den anderen Klassen, in denen die Stichproben sehr klein ausfallen, sind die Unterschiede zwar nicht statistisch abgesichert, dennoch besteht auch hier eine zunehmende Tendenz der Schäden mit der Länge der Reaktionszeit (Daten auf CD).

Einfluss verschiedener Notmaßnahmen

Bei den Notmaßnahmen zeigt sich, dass nur das „Abpumpen von Wasser“ den Schaden auf einem geringen Niveau halten kann. Alle anderen Sofortmaßnahmen können durch ihre Wirkung auf den Schaden nicht überzeugen. Durch das Abpumpen des Wassers kann der Schaden am Gebäude jedoch in allen Erfahrungsklassen deutlich gemindert werden. 4,1-mal höher (18.003 €) fallen die Schäden bei keiner vorherigen Erfahrung aus bzw. 3,3-mal höher (5.897 €) bei zwei oder mehr Hochwassererfahrungen und zweimal höher (6.005 €) bei einmaliger Erfahrung, wenn diese Maßnahme im Ereignisfall nicht durchgeführt wird (Daten auf CD).

Einfluss der Vorsorge

Eine sehr gute Vorsorge führt mit Ausnahme der Hochwassererfahrungsklasse „zweimal oder mehr“ zu einer signifikanten Abnahme des Gebäudeschädigungsgrades (Abb. 3-19). Dieser kann um 85 % (24.452 €) gemindert werden, wenn noch gar keine Hochwassererfahrung vorhanden ist und um 77 % (16.733 €), wenn bereits einmal der Privathaushalt betroffen wurde. Bei einer häufigeren Betroffenheit in der Vergangenheit, werden die Schäden zwar auch mit einer verbesserten Vorsorge geringer, jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant.

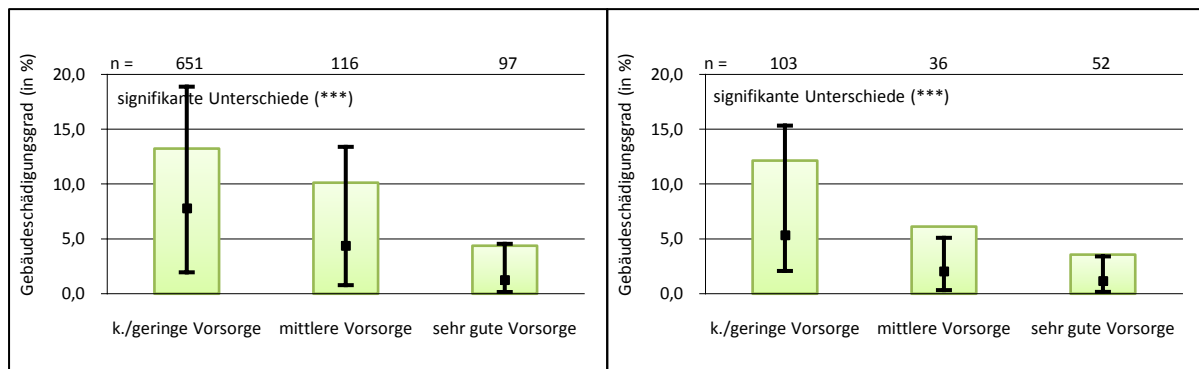


Abb. 3-19: Gebäudeschädigungsgrade bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung (links) und bei einmaliger Erfahrungen in der Vergangenheit (rechts), in Abhängigkeit des Vorsorgeneiveaus (Legende: s. Abb. 2-1).

Die Untersuchung der einzelnen Vorsorgemaßnahmen zeigt, dass sich vor allem die Maßnahmen der Bauvorsorge besonders effektiv auf die Schadensminderung auswirken. Hervorzuheben sind hier die „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“, die „hochwassergepasste Inneneinrichtung“ und der „Wechsel der Heizungsanlage oder die Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz“, die bei keiner vorherigen oder einer einmaligen Hochwassererfahrung zu einer signifikanten Schadensabnahme führen (Abb. 3-20). In der Klasse „zweimal oder mehr“ besteht ebenso eine abnehmende Tendenz der relativen Gebäudeschäden, wenn auch nicht signifikant. Die erstgenannte Maßnahme zeigt die größte Wirksamkeit bei den bisher unerfahrenen Haushalten, bei denen der Schaden dadurch um 82 % (22.785 €) am Gebäude zurückgeht. In der Erfahrungsklasse „einmal“ macht die Schadensminderung durch diese Maßnahme 71 % (11.115 €) aus. Das Verwenden von wasserwiderstandsfähigem oder leicht erneuerbarem

Bau- und Ausbaumaterial kann den Gebäudeschädigungsgrad um 83 % (22.229 €) in der Klasse „noch nie zuvor“ und um 71 % (15.839 €) in der Klasse „einmal“ reduzieren. Die letztgenannte Maßnahme hat in diesen beiden Erfahrungsklassen einen Minderungseffekt von 62 % (15.283 €) bzw. 75 % (11.514 €).

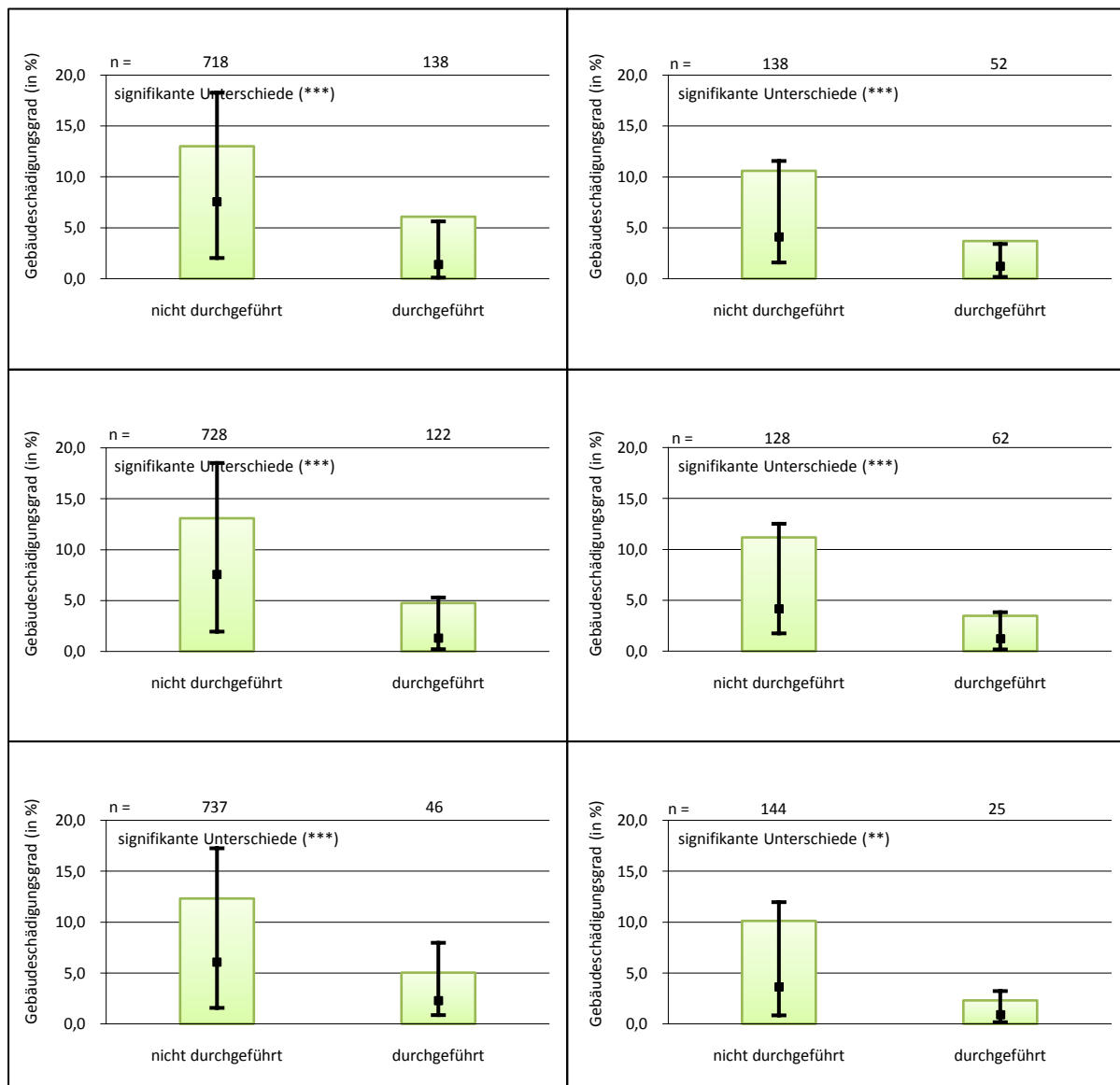


Abb. 3-20: Unterschiede zwischen den Gebäudeschädigungsgraden bei keiner vorherigen Hochwassererfahrung (links) und bei einmaligen Erfahrungen in der Vergangenheit (rechts), wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt werden (oben), eine wertvolle, festinstallierte Inneneinrichtung vermieden wird (Mitte) und wenn die Heizungsanlage gewechselt wird oder der Öltank mit einem Hochwasserschutz versehen wird (unten) (Legende: s. Abb. 2-1).

Durch die „Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten der Kellerräume etc.“ und der „Anschaffung stationärer und mobiler Wassersperren“ kann nur bei den Betroffenen ein Rückgang der Schäden um 45 % (12.348 € bzw. 14.595 €) bestätigt werden, die zuvor noch keine Hochwassererfahrung gesammelt haben (Daten auf CD).

In dieser Erfahrungsklasse sind die Schäden immer dann signifikant hoch, wenn die Wirksamkeit der privaten Vorsorgemaßnahmen generell als sehr schlecht von den Betroffenen eingeschätzt wird.

Diskussion

Es gibt Untersuchungen, die zeigen, dass die Hochwassererfahrung von betroffenen Privathaushalten entscheidend den Schaden an Gebäude und Inventar beeinflusst (SMITH 1981, 1994; WIND et al. 1999; IKS 2002; KREIBICH et al. 2007). In diesem Modul konnte jedoch nur bei den Gebäudeschäden ein signifikanter Rückgang der Schäden mit Zunahme der Hochwassererfahrung detektiert werden. Dabei fällt auf, dass die Schäden bei denjenigen Personen, die noch nie mit einem Hochwasser konfrontiert wurden, besonders hoch sind. Daraus kann man schlussfolgern, dass erfahrene Haushalte möglicherweise auf Frühwarnungen effektiver reagieren und eher langfristige Vorsorge betreiben. Gleiche Vermutungen wurden auch schon von KREIBICH et al. (2005) und GROTHMANN & REUSSWIG (2006) aufgestellt.

Eine Aufteilung der unterschiedlich erfahrenen Haushalte nach den Vorwarnzeiten führt allerdings zu sehr widersprüchlichen Ergebnissen. So verringern sich die Schäden zunächst bei allen Erfahrungsklassen, wenn die Warnung länger als eine Stunde vor dem Hochwasser herausgegeben wurde, steigen aber dann sprunghaft an, wenn die Warnung schon vier Tage vorher verbreitet wurde. Diese Ergebnisse, die den Vermutungen und auch bisherigen Erkenntnissen anderer Studien (SMITH 1981; WIND et al. 1999) widersprechen, müssen dadurch erklärt werden, dass zum einen die Stichproben in der letzten Warnzeitklasse sehr klein und damit leicht durch Ausreißer beeinflussbar sind. Zum anderen muss dies darauf zurückgeführt werden, dass auch Haushalte, die bereits in der Vergangenheit schon ein- oder mehrmals von einer Überschwemmung betroffen wurden, nicht wussten, wie sie sich

trotz der Warnung zu verhalten haben, um die Schäden gering zu halten. Denn diejenigen Haushalte hatten signifikant höhere Schäden im Vergleich zu den Haushalten, die auf die Warnung zu reagieren wussten.

Die kleinen Stichprobengrößen bei den erfahrenen Haushalten haben auch zur Folge, dass im Hinblick auf die Reaktionszeit, nur eine tendenzielle Abnahme der Schäden zu erkennen ist, wenn sofort schadensmindernde Maßnahmen ergriffen werden, im Gegensatz zu den gänzlich unerfahrenen Haushalten, wo der Nutzen einer sofortigen Reaktion signifikant zur Schadensreduktion beiträgt. Bei den einzelnen Sofortmaßnahmen konnte nur beim „Abpumpen des Wassers“ ein signifikanter Rückgang festgestellt werden. Dieser ist ebenso aufgrund der Stichprobengröße bei den unerfahrenen Haushalten etwas höher als bei denjenigen, die zuvor schon ein- bzw. mehrmals von einem Hochwasser betroffen waren. Dennoch zeigen diese Ergebnisse, dass unabhängig von der bisherigen Hochwassererfahrung der Schaden im Ereignisfall immer noch deutlich reduziert werden kann, wenn bspw. das Wasser abgepumpt wird. Voraussetzung ist jedoch eine schnelle Reaktion im Notfall.

Langfristige Vorsorge sollte grundsätzlich in allen hochwassergefährdeten Haushalten betrieben werden. Die Wirtschaftlichkeit der (baulichen) Maßnahmen, die über das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) errechnet wird, macht sich besonders bei Haushalten bezahlt, die häufiger von einem Hochwasser betroffen werden. KREIBICH et al. (2009) analysierten z.B. die Wirtschaftlichkeit einiger Baumaßnahmen im Hinblick auf unterschiedliche Hochwasserwahrscheinlichkeiten und stellten fest, dass bis auf die sehr kostenintensiven Baumaßnahmen (wie die Abdichtung des Kellers durch eine „Schwarze Wanne“ oder „Weiße Wanne“) Bauvorsorge auch bei selteneren Hochwasserereignissen aus wirtschaftlicher Sicht rentabel ist.

Demzufolge müsste man erwarten, dass gerade die Haushalte mit der häufigsten Erfahrung am meisten motiviert sind, (bauliche) Maßnahmen durchzuführen und daher auch den größten Schadensminderungseffekt durch eine gute Vorsorge aufweisen. Die Untersuchungen konnten diese Vermutung aber nicht bestätigen. Auch hier tritt der größte Minderungseffekt bei den gänzlich unerfahrenen Haushalten auf. Fraglich bleibt, ob dies

wiederum auf die Größe der Stichprobe zurückzuführen ist, oder ob es damit zusammenhängt, dass erfahrenere Haushalte, die keine oder nur geringe Vorsorge betreiben, immerhin durch (effektive) Sofortmaßnahmen versuchen, den Schaden gering zu halten, so dass hier der Unterschied zwischen den beiden Klassen (sehr gute Vorsorge und keine/geringe Vorsorge) nicht so ausgeprägt ist wie bei den unerfahrenen Haushalten.

Diese Gründe dürften auch bei der Betrachtung der einzelnen Bauvorsorgemaßnahmen (geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke, hochwasserangepasste Inneneinrichtung und Wechsel der Heizungsanlage oder Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz) ausschlaggebend dafür sein, dass bei den unerfahrenen Haushalten die größte Wirksamkeit der (baulichen) Maßnahmen erreicht wird.

Bei den Haushalten ohne jegliche Hochwassererfahrung in der Vergangenheit scheint die positive Einschätzung der Wirksamkeit von privater Eigenvorsorge die Motivation, selbst (bauliche) Maßnahmen durchzuführen, entscheidend zu stimulieren. Denn all diejenigen hatten signifikant geringere Schäden zu verzeichnen als die Personen, die den Nutzen von Eigenvorsorge als gering einschätzen.

3.3.5 Modul Letztes Hochwasser

Ergebnisse

In engem Zusammenhang mit dem vorhergehenden Modul steht der Zeitraum zwischen den hier betrachteten Hochwasserereignissen und dem letzten Hochwasser zuvor, von dem die Haushalte bereits betroffen wurden. Dieses Modul stellt also ein Teilkollektiv des zuvor Beschriebenen („Hochwassererfahrung“) dar, da nur diejenigen Privathaushalte betrachtet werden, die mindestens einmal in der Vergangenheit mit einem Hochwasser konfrontiert wurden. Dabei wurde der Zeitraum seit dem letzten Hochwasserereignis in drei Klassen eingeteilt, zwischen denen sowohl beim Hausrat- als auch beim Gebäudeschädigungsgrad signifikante Unterschiede bestehen (Abb. 3-21). Der Gebäudeschädigungsgrad steigt höchstsignifikant an, wenn das letzte Ereignis länger als sechs Jahre zurückliegt. Zwischen den ersten beiden Klassen differiert der Gebäudeschädigungsgrad zunächst nur gering (Anstieg um den Faktor 1,3 bzw. 5.110 €), in der letzten Klasse „länger als sechs Jahre“ erhöht sich dieser jedoch um das 2,8-fache (11.115 €) im Vergleich zu den Fällen, die erst kürzlich Hochwassererfahrung (weniger als zwei Jahre) gesammelt haben. Zwischen den Hausratschädigungsgraden fällt ebenso der markante Anstieg zur letzten Klasse hin auf (um den Faktor 2,2 bzw. um 1.512 € im Gegensatz zu „weniger als zwei Jahre“). Die ersten beiden Klassen unterscheiden sich jedoch kaum voneinander. Die geringsten Hausratschädigungsgrade sind sogar bei „zwei bis sechs Jahren“ (Median: 5,1 %) zu verzeichnen und nicht bei „weniger als zwei Jahren“ (Median: 5,4 %).

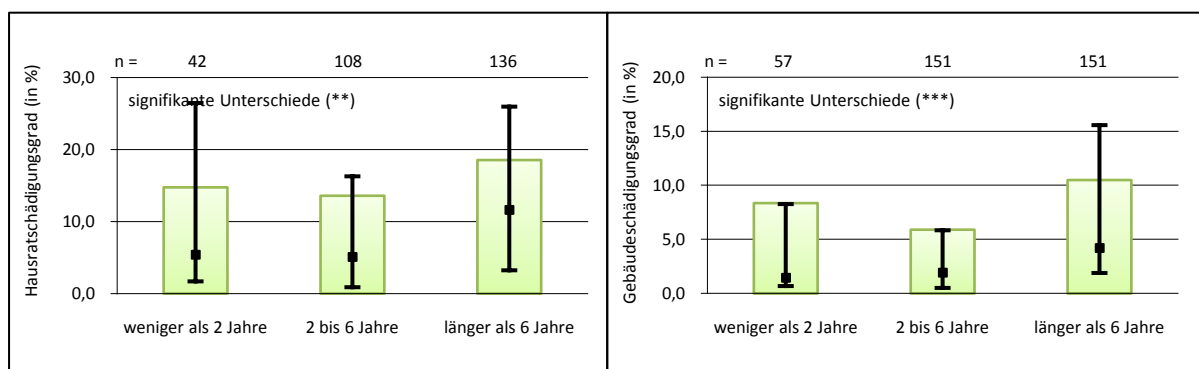


Abb. 3-21: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrad (rechts) in Abhängigkeit des Zeitraums seit dem letzten Hochwasserereignis (Legende: s. Abb. 2-1).

Einfluss der Frühwarnung

Die Auswirkung unterschiedlicher Frühwarnzeiten lässt sich leider bei den Betroffenen mit jüngster Hochwassererfahrung (weniger als zwei Jahre) nicht ausreichend untersuchen, da die Stichproben hier zu klein ausfallen. Liegt das letzte Ereignis mehrere Jahre zurück, kann nur bei der Klasse „länger als sechs Jahre“ ein signifikanter Unterschied zwischen den Schadensgraden festgestellt werden. Jedoch erhöhen sich hier beide Schadenstypen mit der Länge der Vorwarnzeit. In dieser Klasse (länger als sechs Jahre) sind immer dann die höchsten Gebäudeschäden zu verzeichnen, wenn die Warnung von den Behörden ausging oder wenn die Betroffenen überhaupt keine Warnung erhalten haben. Ebenso treten nur bei den Betroffenen dieser Klasse signifikant hohe Gebäudeschäden auf, wenn diese nicht wissen, wie sie sich und ihren Haushalt nach Erhalt einer Frühwarnung schützen sollen (Daten auf CD).

Einfluss der Reaktionszeit

Der Einfluss der Reaktionszeit konnte in diesem Modul nicht untersucht werden, da die Klassen in den Teilkollektiven nicht ausreichend besetzt waren.

Einfluss verschiedener Notmaßnahmen

Bei den Notmaßnahmen kann nur das „Abpumpen des Wassers“ den Schaden erheblich begrenzen. Signifikant ist die Abnahme aber nur beim Gebäudeschadigungsgrad (80 % bzw. 16.794 €) in der Klasse „länger als sechs Jahre“. In den anderen Klassen verringert sich der Schaden ebenfalls mit der Durchführung dieser Maßnahme, jedoch nicht signifikant (Daten auf CD).

Einfluss der Vorsorge

Die schadensmindernde Wirkung einer sehr guten Vorsorge tritt vor allem bei den Privathaushalten deutlich hervor, bei denen das letzte Hochwasserereignis am weitesten zurückliegt (länger als sechs Jahre). Hier geht der Hausratschadigungsgrad um 70 % (7.056 €) und der Gebäudeschadigungsgrad um 74 % (22.229 €) zurück (Abb. 3-22), wenn vor dem betrachteten Hochwasserereignis entsprechende Vorsorgemaßnahmen durchgeführt wurden. Auch bei einem zurückliegenden Zeitraum von zwei bis sechs Jahren verringert sich

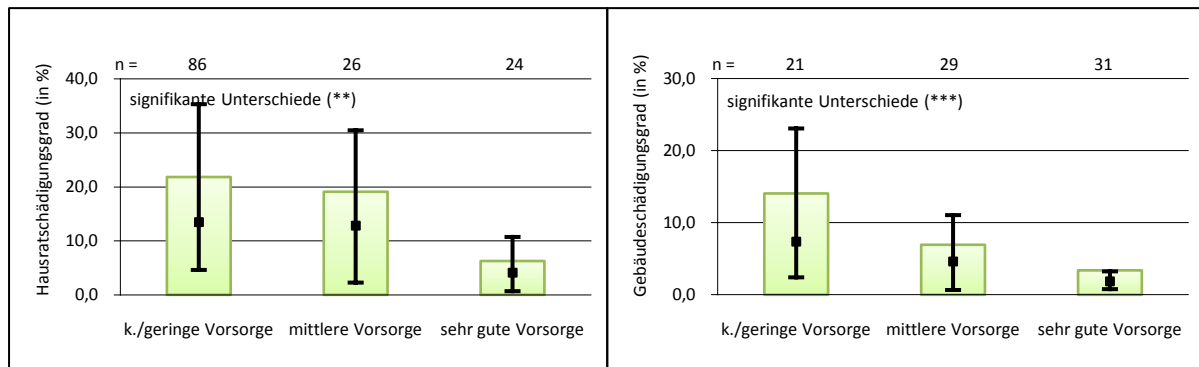


Abb. 3-22: Unterschiede zwischen dem Hausrat- (links) und Gebäudeschädigungsgrad (rechts) in Abhängigkeit des Vorsorgeniveaus, wenn das letzte Hochwasserereignis länger als sechs Jahre zurückliegt (Legende: s. Abb. 2-1).

der relative Hausratschaden durch eine sehr gute Vorsorge enorm (82 % bzw. 5.050 €). In der ersten Klasse (weniger als zwei Jahre) tendieren die Schadensgrade mit der Vorsorge nach unten, allerdings sind bei den kleinen Stichproben die Unterschiede nicht signifikant.

Die Analyse der einzelnen Vorsorgemaßnahmen zeigt, dass insbesondere die „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“ und die „hochwasserangepasste Inneneinrichtung“ sehr nützlich bei der Minderung der relativen Hausratschäden sind, ganz gleich, wie lange das letzte Hochwasserereignis zurückliegt (Tab. 3-10). Die erstgenannte Maßnahme kann den Hausratschädigungsgrad um bis zu 82 % (4.794 €) senken, wenn der Zeitraum zwischen den beiden Hochwasserereignisse zwei bis sechs Jahre beträgt und um 65 % (7.056 €) bei „weniger als zwei Jahre“ bzw. 63 % (7.056 €) bei „länger als sechs Jahre“. Nur bei der letzten Klasse kann auch der Gebäudeschädigungsgrad signifikant verringert werden (64 % bzw. 18.895 €). Die Verwendung von wasserwiderstandsfähigem oder leicht erneuerbarem Bau- und Ausbaumaterial (hochwasserangepasste Inneneinrichtung) kann ebenso nur in der Klasse „länger als sechs Jahre“ beide Schadenstypen signifikant verkleinern. Beim Hausratschädigungsgrad macht in dieser Klasse die Reduktion 76 % (9.021 €) aus, beim Gebäudeschädigungsgrad 71 % (22.229 €). In den beiden anderen Klassen belaufen sich die Minderungswerte beim Hausratschädigungsgrad auf 59 % bzw. 7.560 € (weniger als zwei Jahre) und auf 54 % bzw. 4.029 € (zwei bis sechs Jahre).

Tab. 3-10: Unterschiede zwischen den Hausratschädigungsgraden bei verschiedenen Zeiträumen seit dem letzten Hochwasserereignis, wenn die hochwassergefährdeten Stockwerke geringwertig genutzt werden und die Inneneinrichtung hochwasserangepasst ist.

		Hausratschädigungsgrad (in %) „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“		Hausratschädigungsgrad (in %) „hochwasserangepasste Inneneinrichtung“	
Maßnahme		n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
< 2 Jahre	n	28	14	28	14
	Mittelwert	16,8	10,5	16,9	10,4
	Median	10,7	3,8	10,7	4,4
	Signifikanz	0,035		0,020	
2-6 Jahre	Maßnahme	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
	n	76	28	72	33
	Mittelwert	15,7	7,1	16,6	7,8
	Median	5,4	1,0	5,9	2,7
Signifikanz	0,009		0,044		
> 6 Jahre	Maßnahme	n. durchgeführt	durchgeführt	n. durchgeführt	durchgeführt
	N	104	29	102	30
	Mittelwert	20,4	11,2	22,2	5,3
	Median	12,8	4,8	14,7	3,6
Signifikanz	0,010		0,000		

Des Weiteren ist bei den langfristigen Maßnahmen die „Verlegung der Heizungsanlage und Elektrik in höhere Stockwerke“ zu nennen sowie die „Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten der Kellerräume etc.“. Allerdings ist die Schadensminderung der erstgenannten Maßnahme nur in der Klasse „länger als sechs Jahre“ signifikant (64 % bzw. 10.584 € beim Hausrat und 28 % bzw. 15.560 € beim Gebäude) und bei letztgenannten Maßnahme nur in der der Klasse „weniger als zwei Jahre“ (59 % bzw. 6.221 € beim Gebäude).

Die subjektive Einschätzung der Wirksamkeit privater Vorsorgemaßnahmen zeigt, dass bei all denjenigen, die der Vorsorge eine geringe Wirkung beimessen, auch die höchsten Schäden zu verzeichnen haben. Wird die Wirksamkeit hoch eingestuft, sind deutlich niedrigere Hochwasserschäden zu verzeichnen.

Diskussion

In einigen Studien wird darauf hingewiesen, dass sich die alleinige Hochwassererfahrung nicht zwangsläufig bei den Hochwasserschäden bemerkbar machen muss, sondern vielmehr mit davon abhängt, wie lange das letzte Hochwasserereignis zurückliegt, von dem der Haushalt betroffen wurde (WIND et al. 1999; IKS 2002; KREIBICH & THIEKEN 2008a). Der IKS (2002) zufolge sinkt beispielsweise das Gefahrenbewusstsein und damit auch die Bereitschaft, sich gegenüber einem künftigen Hochwasser zu schützen, bereits nach sieben Jahren wieder auf ein minimales Niveau ab, wenn Überschwemmungen ausbleiben. KREIBICH et al. (2005) und THIEKEN et al. (2007) berichten, dass die Bewohner entlang der Elbe vor dem Hochwasser 2002 nur ein geringes Gefahrenbewusstsein bzw. Hochwassererfahrung hatten, da jahrzehntelang kein signifikantes Hochwasserereignis in diesen Regionen aufgetreten ist. Folglich wurden die Bewohner nahezu unvorbereitet getroffen. Denn die Bereitschaft, private Vorsorge zu betreiben, ist eng mit der Hochwassererfahrung verknüpft (KREIBICH et al. 2005). Haushalte, die erst kürzlich von einer Überschwemmung betroffen waren, sind sich nämlich des Hochwasserrisikos stärker bewusst und mehr an Vorsorgemaßnahmen interessiert bzw. dazu bereit, in diese zu investieren (BRILLY & POLIC 2005; GROTHMANN & REUSSWIG 2006).

Sowohl beim Hausratschaden als auch beim Gebäudeschaden konnte in diesem Modul nachgewiesen werden, dass die Schadenshöhe signifikant zunimmt, wenn das letzte Hochwasserereignis länger als sechs Jahre zurückliegt. Zwischen den Haushalten, die erst kürzlich von einem Hochwasser getroffen wurden und denen, die vor zwei bis sechs Jahren das letzte Mal durch eine Überschwemmung geschädigt wurden, ließen sich keine markanten Unterschiede nachweisen. Berücksichtigt man jedoch zwischen diesen beiden Klassen die Stichprobengrößen und die Streuung der Schadensfälle (durch die oberen und unteren Quartile), könnte dies erklärend dafür sein, dass die Personen mit der am kürzest zurückliegenden Erfahrung („weniger als zwei Jahre“) nicht deutlich niedrigere Schäden als die zweitgenannte Gruppe („zwei bis sechs Jahre“) zu verzeichnen haben.

Leider konnte aufgrund der kleinen Stichprobengröße gerade in der Gruppe mit der jüngsten Erfahrung nicht der Effekt von unterschiedlichen Frühwarnzeiten untersucht werden.

Beispiele aus Australien (SMITH 1981) und den Niederlanden (WIND et al. 1999) zeigen nämlich, dass bei längerer Vorwarnzeit die Schäden um ca. 52 % respektive 35 % geringer ausfallen, wenn erst vor kurzem in der gleichen Region ein Hochwasserereignis aufgetreten ist. Der signifikante Anstieg der Schäden, der sich bei der Gruppe „länger als sechs Jahre“ herausgestellt hat, lässt schlussfolgern, dass nach dieser Zeit das Bewusstsein und das Reaktionspotenzial drastisch abgenommen hat und somit eine längere Vorwarnzeit alleine nicht ausreicht, um den Schaden in Privathaushalten zu begrenzen. Denn in dieser Gruppe sind die Schäden immer dann signifikant hoch, wenn die Betroffenen trotz der (behördlichen) Warnung nicht wussten, wie sie sich und ihren Haushalt schützen können. Dieses Ergebnis bestätigt die Angaben der IKS (2002), nach der das Bewusstsein der Bevölkerung nach sieben Jahren nahezu vollständig verblasst ist.

Der Nutzen einer schnellen Reaktionszeit und der schadensmindernde Effekt der Sofortmaßnahmen (insbesondere beim Abpumpen des Wassers) konnte nicht erforscht werden, da die Fallzahlen in fast allen Klassen zu klein sind. Es besteht zwar in allen Klassen die Tendenz, dass der Schaden dadurch absinkt, jedoch ist dies nicht ausreichend, um den Grad der Schadensminderung von den Haushalten mit jüngster Hochwassererfahrung mit den Haushalten, bei denen das letzte Ereignis schon länger als sechs Jahre zurückliegt, zu vergleichen.

Ein hohes Vorsorgeniveau sollte nicht nur kurz nach einem Schadensereignis angestrebt werden, um gegen künftige Hochwasser gewappnet zu sein, sondern über viele Jahre hinweg, auch wenn eine Überschwemmung länger ausbleibt. Die Auswertungen belegen nämlich, dass der schadensmindernde Effekt der Vorsorge besonders groß ist, wenn nach einigen Jahren erneut ein Hochwasserereignis eintritt. Denn das Bewusstsein verblasst nach einer längeren Zeit ohne Hochwassererfahrung und das richtige Verhalten für den Ernstfall gerät damit ebenso in Vergessenheit.

Daher sollte eine kostenintensive Nutzung des Kellers als Wohnraum, Büro etc. auch nach mehreren Jahren ohne Überschwemmung vermieden werden. Gleichmaßen ist eine hochwasserangepasste Inneneinrichtung ratsam, denn nicht wasserabweisende Materialien

wie Holz-, Parkett- oder Teppichböden ziehen hohe Reparatur- bzw. Wiederherstellungskosten nach sich, da sie stark geschädigt oder vollständig zerstört werden können (Yeo 2002). Die Verlegung der Heizungsanlage und Elektrik in höhere Stockwerke sollte wie auch die Abdichtung der Kellerräume langfristig in überschwemmungsgefährdeten Gebieten in Erwägung gezogen werden, um bei einem künftigen Ereignis den Schaden am Gebäude und Inventar gering zu halten.

Die Überzeugung von der Wirksamkeit privater Vorsorgemaßnahmen scheint bei einem längeren Ausbleiben einer Überschwemmung ausschlaggebend dafür zu sein, selbst Vorsorge zu ergreifen, da diejenigen Haushalte signifikant geringere Schäden bei dem zuletzt aufgetretenen Ereignis haben, als die Haushalte die die Wirksamkeit bezweifeln.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, anhand von aktuellen Hochwasserschadensdaten aus Telefonbefragungen in Privathaushalten zu den Hochwasserereignissen der Jahre 2002, 2005 und 2006 in Deutschland und Österreich den schadensmindernden Effekt von Frühwarnung und privater Eigenvorsorge zu quantifizieren. Dabei wurden zunächst die Datensätze aus den vier zugrunde liegenden Befragungen zusammengeführt (Kapitel 2), ehe in Kapitel 3 der homogene Datensatz nach verschiedenen schadensbestimmenden Faktoren aufgeteilt wurde. Dadurch sollte herausgefunden werden, wie groß das Schadensminderungspotenzial von Frühwarnung und unterschiedlichen Vorsorge-/Notmaßnahmen in Abhängigkeit verschiedener Wasserstände, Hochwassertypen, Kontaminationsarten und Hochwassererfahrung ausfällt. Diese detaillierte Analyse geht über den bestehenden State-of-the-Art hinaus und die Ergebnisse sollen dann, sofern möglich, in künftigen Schadensmodellen berücksichtigt werden. Ferner sollen die Resultate die Wirksamkeit der Widerstandsparameter (kurzfristig und permanent) bei unterschiedlichen Wasserständen etc. aufzeigen. Dies bildet die Basis, um gefährdete Haushalte detaillierter über geeignete Maßnahmen der Eigenvorsorge zu informieren und zu motivieren bzw. um Verbesserungsvorschläge für ein effizienteres Hochwasserrisikomanagement geben zu können. Eine Gesamtübersicht der Schadensminderungspotenziale wichtiger Widerstandsparameter geben die Tabellen 4-1 (Hausrat) und 4-2 (Gebäude).

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die alleinige Frühwarnung den Schaden am Gebäude und Inventar nicht reduzieren kann. Selbst bei längeren Vorwarnzeiten oder auch bei der Herausgabe der Hochwasserwarnung durch Behörden ist keine Senkung der Schäden in den untersuchten Daten zu erkennen. Ganz im Gegenteil: Sowohl die Hausrat- als auch die Gebäudeschäden erhöhen sich mit Zunahme der Vorwarnzeit meist signifikant. Nur wenn den betroffenen Personen klar ist, wie sie sich und ihren Haushalt aufgrund der Warnung schützen können, kann der Schaden teils beträchtlich minimiert werden. Dies verdeutlicht, dass der Inhalt der Hochwasserwarnung oder das Wissen der Betroffenen ausschlaggebend dafür ist, ob die betroffenen Haushalte effektive Notmaßnahmen durchführen oder nicht. Diejenigen Haushalte, die sofort nach Erhalt der Warnung schadensmindernde Maßnahmen

eingeleitet haben, hatten erheblich niedrigere Schäden zu verzeichnen als die Haushalte, die erst wesentlich später auf die Hochwasserwarnung reagiert haben. Bei der Untersuchung der einzelnen Notmaßnahmen konnte nur beim Abpumpen des Wassers aus dem betroffenen Gebäude ein Schadensreduktionspotenzial nachgewiesen werden. Die Resultate der anderen Sofortmaßnahmen ergaben ein kontroverses Bild, da sie teilweise zu signifikant höheren Schäden führten. Hierbei ist anzumerken, dass andere Untersuchungen (z.B. MERZ 2006) gezeigt haben, dass die Wirkung sehr davon abhängt, ob die Maßnahmen (z.B. Sicherung des Öltanks im Ereignisfall) auch effektiv umgesetzt werden, was wiederum von mehreren Faktoren wie beispielsweise dem Altersprofil und dem Wissen der Betroffenen über schadensmindernde Maßnahmen beeinflusst wird.

Der Nutzen einer langfristigen Vorsorge, insbesondere von baulichen Maßnahmen, wurde in dieser Arbeit besonders deutlich. In allen Modulen konnte der Schaden an Gebäude und Hausrat durch ein sehr gutes Vorsorgeverhalten drastisch verringert werden. Dabei traten vor allem die Bauvorsorgemaßnahmen, wie die geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke und die hochwasserangepasste Inneneinrichtung hervor. Aber auch die Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten des Kellers, die Verwendung von mobilen oder stationären Wasserbarrieren sowie der Wechsel der Heizungsanlage oder das Verlegen der Versorgungseinrichtungen in höhere Stockwerke konnte zum Teil den Schaden sichtlich begrenzen. Nur bei den Maßnahmen der Verhaltensvorsorge, wie z.B. der Informierung über die Hochwassergefährdung des Gebäudes, konnte kein schadensmindernder Effekt identifiziert werden. Jedoch stimuliert wiederum die Kenntnis über die Gefährdung des Wohngebäudes, sich über (bauliche) Vorsorgemaßnahmen zu informieren. Darüber hinaus ist die Überzeugung von der Wirksamkeit privater Vorsorge entscheidend dafür, ob Haushalte selbst Vorsorgemaßnahmen ergreifen. Denn je höher die Wirksamkeit dieser eingeschätzt wird, desto geringere Schäden waren in den Privathaushalten festzustellen. Daher sollte der Nutzen von Eigenvorsorge in Form von Schadensminderung an Gebäude und Hausrat künftig deutlicher und detaillierter kommuniziert werden, um diese weiter und vor allem dauerhaft in den hochwassergefährdeten Gebieten voranzutreiben. Denn nur unter Einbezug der Bevölkerung

kann dem begrenzten technischen Schutz in Zukunft im Rahmen eines modernen Hochwasserrisikomanagements ausreichend begegnet werden.

Im Detail stellte sich in dieser Arbeit heraus, dass auch bei sehr hohen Wasserständen der Hochwasserschaden erheblich reduziert werden kann. Ist den Betroffenen beispielsweise klar, wie sie sich aufgrund der Hochwasserwarnung schützen können, kann durch eine sofortige Reaktion der Hausratschädigungsgrad bei einem Wasserstand von 1 cm bis 100 cm GOK immer noch um die Hälfte reduziert werden. Speziell durch das Abpumpen von Wasser im Ereignisfall ging der relative Hausratschaden um 65 % bzw. um den Faktor 2,8 in dieser Wasserstandsklasse zurück. Eine langfristige Vorsorge ist sogar bei Wasserständen von über 100 cm GOK äußerst nützlich, wie die Verringerung des Schädigungsgrades am Inventar um 79 % bzw. um 59 % am Gebäude eindrucksvoll beweist. Insbesondere die geringwertige Nutzung, die hochwasserangepasste Inneneinrichtung, das Verlegen der Heizungsanlage und/oder der elektrischen Versorgungseinrichtung in höhere Stockwerke und der Wechsel der Heizungsanlage oder der Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz sind auch bei diesen Wassertiefen zu empfehlen.

Bei der Untersuchung der unterschiedlichen Hochwassertypen wurde klar, dass auch hier Privathaushalte das Ausmaß der Hochwasserschäden entscheidend beeinflussen können. Gerade bei Überschwemmungen durch Deichversagen, die grundsätzlich zu den höchsten Schäden führen, ermöglicht eine sofortige Reaktion immer noch ein Minderungspotenzial des relativen Gebäudeschadens von 15 %. Hierbei kann das Abpumpen von Wasser aber nicht nur bei Deichversagen den Schaden immens verringern, sondern auch bei den rasch auftretenden Sturzfluten, dem länger anhaltenden Grundhochwasser und den meist mehreren Stunden/Tagen andauernden Flussüberschwemmungen. Ebenso macht sich auch ein sehr gutes Vorsorgeverhalten bei allen Hochwassertypen bezahlt. 94 % des Hausrat- und 93 % des Gebäudeschädigungsgrades können bei Deichbrüchen verhindert werden, wenn die Bewohner hinter den Deichen trotz des vermeintlichen Sicherheitsgefühls langfristig Vorsorge betreiben. Äußerst sinnvoll sind dabei die Bauvorsorgemaßnahmen „geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke“, die „hochwasserangepasste Innen-

einrichtung“ sowie der „Wechsel der Heizungsanlage bzw. die Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz“.

Die Analyse der Schadensdaten in Abhängigkeit der Kontamination brachte hervor, dass selbst bei der extrem schadensträchtigen Kontamination durch Heizöl oder Benzin (siebenfach höherer Hausrat- und Gebäudeschaden im Vergleich zu keiner Kontamination) durch eine rasche Umsetzung von Notmaßnahmen 43 % der relativen Hausrat- bzw. 33 % der relativen Gebäudeschäden reduziert werden können. Unabhängig von der Kontaminationsart gilt das Abpumpen des Wassers als besonders nützlich, da durch einen geringeren Wasserstand letztlich weniger kontaminiertes Wasser auf die Gebäudestruktur und das Inventar einwirken kann. Dennoch sollte ein sehr gutes Vorsorgeniveau im Vorfeld eines möglichen Hochwassers angestrebt werden. Hierdurch kann nämlich der Schaden am Inventar um das fast achtfache (bei keiner Kontamination) und am Gebäude um das vierfache (bei der Kontamination durch Abwasser) minimiert werden. Schließlich sinkt durch eine geringwertige Nutzung der gefährdeten Stockwerke und eine angepasste Inneneinrichtung das Schadenspotenzial im Falle einer Überschwemmung und zusätzlicher Kontamination enorm.

Im letzten Teil der Analyse wurde der Datensatz nach unterschiedlicher Hochwassererfahrung (Anzahl der bisherigen Hochwasserereignisse) bzw. unterschiedlich lang zurückliegenden Zeiträumen seit dem letzten Hochwasserereignis aufgeteilt. Dabei zeigte sich, dass der Schaden immer dann signifikant hoch ausfällt, wenn die Privathaushalte zuvor gar nicht oder nur einmal von einem Hochwasser betroffen waren oder wenn das letzte Ereignis länger als sechs Jahre zurücklag. Leider konnte gerade in diesen beiden Modulen aufgrund der kleinen Stichproben die Wirkung unterschiedlicher Vorwarnzeiten nicht untersucht werden. Andere Studien ergaben nämlich, dass in Regionen mit regelmäßiger Hochwassererfahrung und einer ausreichenden Vorwarnzeit der Schaden beachtlich reduziert werden konnte. Trotz der genannten Einschränkung konnte auch im vorliegenden Datensatz festgestellt werden, dass vor allem denjenigen Personen, die schon länger als sechs Jahre kein Hochwasser mehr erlebt haben, mit der Hochwasserwarnung auch wichtige Informationen mitgegeben werden müssen, wie sie sich und ihren Haushalt im Ereignisfall

schützen können. Denn das Reaktionspotenzial der Bevölkerung nimmt nach dieser Zeit wieder drastisch ab. Deshalb sollte auch bei länger ausbleibenden Überschwemmungen eine langfristige Eigenvorsorge propagiert werden. Tritt nach einer Zeit von mehr als sechs Jahren nämlich wieder ein Hochwasser auf, erweist sich eine permanente Vermeidung der kostenintensiven Nutzung des Kellers als Wohnraum o.ä. sowie die Verwendung von wasserabweisenden Materialien in den gefährdeten Stockwerken und die Verlegung der Heizungsanlage in höhere Etagen als äußerst nützlich, wie die Minderungswerte von 63 % bzw. 76 % und 64 % am Hausrat belegen.

Die gesamten Ergebnisse dieser Arbeit demonstrieren, dass der Hochwasserschaden in Privathaushalten maßgeblich durch Eigenvorsorge beeinflusst wird (s. Tab. 4-1 und Tab. 4-2). Besonders bei den Bauvorsorgemaßnahmen wie der geringwertigen Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke und hochwasserangepasster Inneneinrichtung stellte sich heraus, dass diese den Schaden erheblich reduzieren können. Ferner wurde deutlich, dass die alleinige Frühwarnung bzw. verlängerte Vorwarnzeiten den Schaden nicht minimieren konnte(n). Denn die schadensmindernde Wirkung der Frühwarnung hängt viel mehr davon ab, ob diese wichtige Informationen enthält, wie man sich gegen das Hochwasser schützen kann (s. Tab. 4-1 und Tab. 4-2). All diese Resultate erklären, wieso die bisherigen Wasserstand-Schadensfunktionen nur unzureichend den Schaden im Wohngebäudesektor abbilden können. Denn die Quantifizierung der untersuchten Parameter offenbart, wie stark beispielsweise der Schaden selbst bei großen Wassertiefen durch ein sehr gutes Vorsorgeverhalten determiniert werden kann. Die Integration dieser Faktoren in bisherige Schadensmodelle gestaltet sich allerdings als sehr schwierig. Denn einzelne Vorsorge- oder Notmaßnahmen können kaum in Modellen berücksichtigt werden, da diese nicht aus (z.B. amtlich) verfügbaren Daten abgeleitet werden können im Gegensatz zum Wohngebäudetyp etc. Das Vorsorgeniveau ließe sich eher einbauen, indem stichprobenartige Erhebungen in den entsprechenden Gebieten durchgeführt werden oder Expertenwissen mit einfließt. Leichter bestimmbar wäre der Zeitraum seit dem letzten Hochwasserereignis, da sich dieser aus historischen Daten einfach ermitteln ließe. Ebenso wäre es möglich, den Hochwassertyp oder die Qualität der Hochwasserwarnung mit zu erfassen.

Generell scheint die Integration der quantifizierten Variablen in Hochwasserschadensmodellen bis auf wenige Ausnahmen zwar nur schwer praktikabel, dennoch liefern die Ergebnisse wichtige Erkenntnisse in Bezug auf die potenzielle Schadensminderung in Privathaushalten. Denn im Rahmen eines modernen Hochwasserrisikomanagements, in dem man sich nicht mehr nur auf den begrenzten, technischen Schutz verlässt, ist die Kommunikation und Motivation zur Eigenvorsorge unabdingbar, um den Schaden bei künftigen Ereignissen möglichst gering zu halten. Gerade bei Überlegungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit baulicher Vorsorgemaßnahmen, die über das Kosten-Nutzen-Verhältnis errechnet wird, sind diese Resultate konkrete Anhaltspunkte dafür, ob sich bestimmte Bauvorsorgemaßnahmen „lohnen“, indem deren Kosten vermiedenen Schäden gegenüber gestellt werden können. Denn diese Analyseergebnisse sind detaillierter als bisherige Untersuchungen, da beispielsweise die Schadensminderung diverser baulicher Maßnahmen für verschiedene Wasserhöhen etc. berechnet wurde, womit sich ein verbessertes Kosten-Nutzen-Verhältnis ermitteln ließe. Des Weiteren zeigen die überraschenden Ergebnisse zur Frühwarnung, dass der alleinige technologische Fortschritt (z.B. verlängerte Vorwarnzeiten) nicht ausreicht, um den Schaden im Ereignisfall gering zu halten. Vielmehr muss die Risikokommunikation stärker beachtet werden, indem die Bevölkerung auf das Hochwasser entsprechend vorbereitet wird (Information über Notmaßnahmen etc.).

Letztlich bleibt zu erwähnen, dass ein Teil der Analysen nur mit sehr kleinen Stichproben durchgeführt werden konnte. In seltenen Ausnahmefällen musste auf die Analyse sogar gänzlich verzichtet werden, da die Stichproben zu klein ($n < 10$) waren. Deshalb sollten diese Ergebnisse vor einer Verwendung in Schadensmodellen nochmals unter Zuhilfenahme anderer Schadensdaten validiert werden. Da diese jedoch in Deutschland und Österreich sehr rar sind, bleibt zu wünschen, dass angesichts der hier aufgezeigten Einflussgrößen diverser Widerstandsparameter in Zukunft mehr Hochwasserschäden im Wohngebäudebereich, die vor allem diese Variablen beinhalten, gesammelt und öffentlich zugänglich gemacht werden, um für eine bessere Datengrundlage in diesem Forschungsbereich zu sorgen.

Tab. 4-1: Übersichtstabelle der Hausratschadensminderungspotenziale wichtiger Widerstandsparameter (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$).
 (Klassifikation der Minderungswerte: gering = 0 – 30 %; mittel = über 30 % – 60 %; stark = über 60 %)

Modul	Klasse	Klare Warnungs- information	Sofortige Reaktion	Wasser abpumpen	Sehr gute Vorsorge	Gering- wertige Nutzung	Angepasste Innen- einrichtung
Wasserstand	Unter - 100 cm			stark	stark	stark	
	- 100 cm bis 0 cm			stark	stark	stark	stark
	1 cm bis 100 cm		mittel	stark		stark	
Hochwassertyp	Über 100 cm		gering		stark	stark	stark
	Deichbruch		gering	stark	stark	stark	stark
	Flusshochwasser	stark		stark	stark	stark	stark
	Sturzflut			stark	stark	stark	stark
	Grundhochwasser			stark	stark	stark	stark
Kontaminationsart	Keine Kontamination	stark	stark	stark	stark	stark	stark
	K. durch Abwasser			stark	stark	stark	stark
	K. durch Chemikalien						
	K. durch Öl/Benzin		mittel	stark	stark	stark	stark
Hochwassererfahrung	Noch nie zuvor						
	Einmal						
	Zweimal oder mehr						
Letztes Hochwasser	Weniger als 2 Jahre					stark	mittel
	2 bis 6 Jahre				stark	stark	mittel
	Länger als 6 Jahre				stark	stark	stark

Tab. 4-2: Übersichtstabelle der Gebäudeschadensminderungspotenziale wichtiger Widerstandsparameter (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$).
 (Klassifikation der Minderungswerte: gering = 0 – 30 %; mittel = über 30 % – 60 %; stark = über 60 %)

Modul	Klasse	Klare Warnungs- information	Sofortige Reaktion	Wasser abpumpen	Sehr gute Vorsorge	Gering- wertige Nutzung	Angepasste Innen- einrichtung
Wasserstand	Unter - 100 cm			mittel		Mittel	
	- 100 cm bis 0 cm			mittel	mittel	mittel	mittel
	1 cm bis 100 cm	mittel			mittel	mittel	mittel
	Über 100 cm		gering	stark	mittel	mittel	mittel
Hochwassertyp	Deichbruch			stark	stark	stark	stark
	Flusshochwasser	stark	gering	mittel	stark	mittel	mittel
	Sturzflut			stark	stark	stark	stark
	Grundhochwasser			mittel	stark	stark	stark
Kontaminationsart	Keine Kontamination	stark		mittel	stark	stark	stark
	K. durch Abwasser				stark	stark	mittel
	K. durch Chemikalien						
	K. durch Öl/Benzin		mittel	stark	stark	mittel	stark
Hochwassererfahrung	Noch nie zuvor	stark	mittel	stark	stark	stark	stark
	Einmal			mittel	stark	stark	stark
	Zweimal oder mehr	stark		stark			
Letztes Hochwasser	Weniger als 2 Jahre						
	2 bis 6 Jahre						
	Länger als 6 Jahre	stark		stark	stark	stark	stark

Literaturverzeichnis

- APEL, H.; G. ARONICA; H. KREIBICH & A. THIEKEN (2009): Flood risk analyses – how detailed do we need to be? - *Natural Hazards*, 49: 79-98.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2008): Hochwasserschutzfibel. Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten. 2. Aufl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- BRILLY, M. & M. POLIC (2005): Public Perception of flood risk, flood forecasting and mitigation. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 345-355.
- BUCK, W. & U. MERKEL (1999): Auswertung der HOWAS-Schadendatenbank. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, HY98/15. Karlsruhe.
- BÜCHELE, B.; H. KREIBICH; A. KRON; A. THIEKEN; J. IHRINGER; P. OBERLE; B. MERZ & F. NESTMANN (2006): Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6: 485-503.
- DEUTSCHE RÜCK (Deutsche Rückversicherung AG) (1999): Das Pfingsthochwasser im Mai 1999. Deutsche Rückversicherung AG, Düsseldorf.
- DIETERLE, K. (2003): Problematik des Aufschwimmens bei Hochwasser, Überschwemmung und Grundwasseranstieg. - *Schadenprisma*, 2. <http://www.schadenprisma.de> (24.09.2009)
- DIETERLE, K. (2008): Überschwemmungsschutz. Schadenminderung im Wohngebäudebereich. - *Schadenprisma*, 4. <http://www.schadenprisma.de> (24.09.2009)
- DIETZ, H. (1999): Wohngebäudeversicherung Kommentar. 2. Aufl. VVW Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe.
- DKKV (Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge) (2004): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe Nr. 29. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, Bonn.
- DUTTA, D; S. HERATH & K. MUSIAKE (2003): A mathematical model for flood loss estimation. - *Journal of Hydrology*, 277: 24-49.
- EGLI, T. (2002): Hochwasserschutz durch nachhaltiges Schadensmanagement. In: *Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau - Internationales Symposium 2002, Zürich*.

- EUROSTAT (Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften) (2009): Kaufkraftparitäten (KKP), Preisniveauindizes und Realausgaben für die Aggregate des ESG95.
<http://nui.epp.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupModifyTableLayout.do>
(18.05.2009)
- FABER, R. (2006): Flood risk analysis. Residual risks and uncertainties in an Austrian context. Dissertation, Institute of Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna. Wien.
- FEMA (Federal Emergency Management Agency) (1999): Protecting building utilities from flood damage. Principles and practices for the design and construction of flood resistant building utility systems. FEMA publications, Washington D.C.
- FÜRSTENWERTH, F.; A. WEIß & R. SCHMIDT (2001): Versicherungs-Alphabet (VA). Begriffserläuterungen der Versicherung aus Theorie und Praxis. 10. Aufl. VVW Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe.
- GFZ (Geoforschungszentrum Potsdam) (2007): RIMAX - Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse. 2. Aufl. Potsdam.
- GFZ (Geoforschungszentrum Potsdam) (2009): RIMAX. Ergebnisse aus der Hochwasserforschung. Potsdam.
- GRIGG; N. & O. HELWIG (1975): State – of – the – art of estimating flood damage in urban areas. – Water Resources Bulletin, 11: 379-390.
- GROTHMANN, T. & F. REUSSWIG (2006): People at Risk of Flooding: Why Some Residents Take Precautionary Action While Others do not. - Natural Hazards, 38: 101-120.
- HRISTOVA, B. (2007): Analysis of the difference of flood damages caused by riverine flood, flash floods, levee breaches, and rising groundwater. Master Thesis, Faculty of Environmental Science and Process Engineering, Brandenburg Technical University. Cottbus.
- HUTTENLAU, M. & J. STÖTTER (2008): Ermittlung des monetären Wertinventars als Basis von Analysen naturgefahreninduzierter Risiken in Tirol (Österreich). - Geographica Helvetica, 63: 85-93.
- IDING, C. (2001): Praxis- und Planungshilfen für Hochwasser- und Überschwemmungsschutz. - Schadenprisma, 4.
<http://www.schadenprisma.de> (24.09.2009)
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2001): Rheinatlas - Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz.

- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2002): Hochwasservorsorge. Maßnahmen und ihre Wirksamkeit. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung. Intergovernmental Panel on Climate Change, Bern/Wien/Berlin.
- JANSSEN, J. & W. LAATZ (2007): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 6. Aufl. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- KELMAN, I. & R. SPENCE (2004): An overview of flood actions on buildings. - *Engineering Geology*, 73: 297-309.
- KLEIST, L.; A. THIEKEN; P. KÖHLER; M. MÜLLER; I. SEIFERT; D. BORST & U. WERNER (2006): Estimation of the regional stock of residential buildings as a basis for comparative risk assessment for Germany. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6: 541-552.
- KREIBICH, H.; B. MERZ & U. GRÜNEWALD (2007): Lessons learned from the Elbe river floods in August 2002 – with a special focus on flood warning. In: Vasiliev, O.; P. Gelder; E. Plate & M. Bolgov (Hrsg.): *Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security*, Springer.
- KREIBICH, H.; R. SCHWARZE & S. CHRISTENBERGER (2009b): Nutzen und Kosten privater Hochwasservorsorge. In: Thieken, A.; I. Seifert & B. Merz (Hrsg.): *Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung*, Oekom Verlag, München.
- KREIBICH, H. & A. THIEKEN (2008a): Coping with floods in the city of Dresden, Germany. - *Natural Hazards* (online first), doi 10.1007/s11069-007-9200-8.
- KREIBICH, H. & A. THIEKEN (2008b): Assessment of damage caused by high groundwater inundation. - *Water Resources Research* 44: W09409, doi: 10.1029/2007WR006621.
- KREIBICH, H.; A. THIEKEN; H. GRUNENBERG; K. ULLRICH & T. SOMMER (2009a): Extent, perception and mitigation of damage due to high groundwater levels in the city of Dresden, Germany. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 1247-1258.
- KREIBICH, H.; A. THIEKEN; T. PETROW; M. MÜLLER & B. MERZ (2005): Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures. Lessons learned from the Elbe floods in August 2002. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 117-126.

- KRON, W. (2004): Gefährdungszonierung und Schadenspotenziale bei Überschwemmungen. In: Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (Hrsg.): 5. Forum Katastrophenvorsorge. Naturgefahren im Focus der Wissenschaft - Strategien der Sensibilisierung und räumlichen Vorsorge. Schriftenreihe Nr.31. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, Bonn.
- KRON, W. (2005a): Hochwasser. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? pg Verlag, München.
- KRON, W. (2005b): Überschwemmung. Sturmfluten, Flussüberschwemmungen, Sturzfluten – Schäden und Vorsorgestrategien. In: Münchener Rück (Hrsg.): Schadenspiegel. Themenheft Risikofaktor Wasser, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.
- KRON, W. & T. ELLENRIEDER (2008): Zunehmende Wetterschäden: Was kostet das die Versicherungswirtschaft? Teil 1: Wetterkatastrophen – Ursachen und Schäden. - Korrespondenz Wasserwirtschaft, 1: 691-696.
- KRON, W. & T. ELLENRIEDER (2009): Zunehmende Wetterschäden: Was kostet das die Versicherungswirtschaft? Teil 2: Schadenaspekte und Versicherungs-lösungen. - Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2: 37-43.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Hochwasser – Ursachen und Konsequenzen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stuttgart.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2000): Wirksamkeit von Hochwasservorsorge- und Hochwasserschutzmaßnahmen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Schwerin.
- MERZ, B. (2006): Hochwasserrisiken. Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- MERZ, B.; A. THIEKEN & R. SCHMIDTKE (2004): Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. - Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 153-163.
- MESSNER, F. & V. MEYER (2005): Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research. UFZ-Diskussionspapiere, 13/2005. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig.
- MEYER, V. (2005): Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste. Dissertation, Fachbereich der Geowissenschaften und Geographie, Universität Hannover. Hannover.

- MURL (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen) (1999): Hochwasserfibel. Bauvorsorge in hochwassergefährdeten Gebieten. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- MURL (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen) (2000): Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- MÜLLER, M. (2003): Überschwemmungen in Deutschland – Ereignistypen und Schadenbilder. - Schadenprisma, 2.
<http://www.schadenprisma.de> (24.09.2009)
- MÜLLER, M & H. KREIBICH (2005): Private Vorsorgemaßnahmen können Hochwasserschäden reduzieren. Nutzung der Kellerräume beeinflusst die Schadenhöhe. - Schadenprisma, 1.
<http://www.schadenprisma.de> (24.09.2009)
- MÜLLER, M & A. THIEKEN (2005): Elementartarife könnten weiter differenziert werden. Keller und Öltanks erhöhen das Schadenspotenzial – Untersuchung des Sommerhochwassers 2002. - Versicherungswirtschaft, 2: 145-148.
- MÜNCHENER RÜCK (1997): Überschwemmung und Versicherung. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.
- MÜNCHENER RÜCK (2003): topics 2002. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002. 10. Jahrgang. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.
- MÜNCHENER RÜCK (2007): Zwischen Hoch und Tief. Wetterrisiken in Mitteleuropa. Edition Wissen. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.
- OLSCHESKI, A. (2007): Abschätzung von Hochwasserschäden in Privathaushalten – ein Modellvergleich. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin.
- PARKER, D.; S. TAPSELL & S. MCCARTHY (2007): Enhancing the human benefits of flood warnings. - Natural Hazards, 43: 397-414.
- PENNING-ROUSELL, E. & J. CHATTERTON (1977): The benefits of flood alleviation: A manual of assessment techniques. Gower Technical Press, Aldershot, England.
- PENNING-ROUSELL, E. & C. GREEN (2000): New insights into the appraisal of flood-alleviation benefits: (1) Flood damage and flood loss information. - Journal of the Institute of Water Environment Management, 14: 347-353.

- PENNING-ROUSELL, E.; C. JOHNSON; S. TUNSTALL; S. TAPSELL; J. MORRIS; J. CHATTERTON & C. GREEN (2005): *The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Manual of Assessment Techniques*. Middlesex University Press, London.
- PENNING-ROUSELL, E.; S. TUNSTALL; S. TAPSELL & D. PARKER (2000): The benefits of flood warnings: Real but Elusive, and politically significant. - *Journal of the Institute of Water Environment Management*, 14: 7-14.
- PETROW, T. & B. MERZ (2009): Trends in flood magnitude, frequency and seasonality in Germany in the period 1951-2002. – *Journal of Hydrology*, 371: 129-141.
- PETROW, T.; A. THIEKEN; H. KREIBICH; C. BAHLBURG & B. MERZ (2006): Improvements on Flood Alleviation in Germany: Lessons Learned from the Elbe Flood in August 2002. - *Environmental management*, 38: 717-732.
- POSPESCHILL, M. (2006): *SPSS Fortgeschrittene. Durchführung fortgeschrittener statistischer Analysen*. 6. Aufl. Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen, Hannover.
- RASCHKY, P.; R. SCHWARZE; M. SCHWINDT & H. WECK-HANNEMANN (2009): *Alternative Finanzierungs- und Versicherungslösungen. Vergleich unterschiedlicher Risikotransfersysteme dreier vom Augusthochwasser 2005 betroffener Länder: Deutschland, Österreich und Schweiz*. Präventionstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen, Bern.
- REESE, S. & H. MARKAU (2004): Mikroskalige Werteermittlung in sturmgefährdeten Küstenniederungen.
<http://www.sterr.geographie.uni-kiel.de/mare/htg.pdf> (07.09.2009)
- REUSSWIG, F. & T. GROTHMANN (2004): Präventiver Hochwasserselbstschutz von Privathaushalten und Unternehmen. In: Merz, B. & H. Apel (Hrsg.): *Risiken durch Naturgefahren in Deutschland. Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojekts Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen (DFNK)*, GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam.
- RIJKSWATERSTAAT (2005): *Flood risks and safety in the Netherlands (Floris)*. Report DWW-2006-014, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- SCHANZE, J. (2002): Nach der Elbeflut 2002: Die gesellschaftliche Risikovorsorge bedarf einer transdisziplinären Hochwasserforschung. - *GAIA*, 11: 247-254.
- SEIFERT, I. (2008): *Risikomanagement von Unternehmen bei Hochwasser*. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Fridericana zu Karlsruhe. Karlsruhe.
- SMITH, D. (1981): Actual and potential flood damage: a case study for urban Lismore, NSW, Australia. - *Applied Geography*, 1: 31-39.

- SMITH, D. (1994): Flood damage estimation – A review of urban stage-damage curves and loss functions. - *Water SA*, 20: 231-238.
- SMITH, K. & R. WARD (1998): *Floods: Physical Processes and Human Impact*. John Wiley & Sons, Chichester.
- STAPEL, S.; J. PASANEN, J. & S. REINECKE (2004): Kaufkraftparitäten und abgeleitete Wirtschaftsindikatoren für EU, Beitrittskandidaten und EFTA.
http://www.eds-destatis.de/de/downloads/sif/nj_04_37.pdf (18.05.2009)
- STATISTIK AUSTRIA (2009a): Baukostenindex Wohnhaus- und Siedlungsbau Basisjahr 2005.
http://www.statistik.at/web_de/static/baukostenindex_fuer_den_wohnhaus-_und_siedlungsbau_aktuelle_messzahlen_bas_023119.pdf (07.09.2009)
- STATISTIK AUSTRIA (2009b): COICOP-Hauptgruppen des VPI 2005, monatliche Werte und Inflationsraten bis 2008.
http://www.statistik.gv.at/web_de/static/coicop-hauptgruppen_des_vpi_2005_monatliche_werte_und_inflationsraten_bis__023345.pdf (06.06.2009)
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2009a): Preisindizes für die Bauwirtschaft. Fachserie 17, Reihe 4. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2009b): Verbraucherpreisindex für Deutschland.
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Zeitreihen/WirtschaftAktuell/Basisdaten/Content100/vpi102a.psml> (06.09.2009)
- SVENSSON, C.; J. HANNAFORD; Z. KUNDZEWICZ & T. MARSCH (2006): Trends in river floods: why is there no clear signal in observations? In: Tchiguirinskaia, I.; K. Thein & P. Hubert (Hrsg.): *Frontiers in Flood Research*. IAHS Publication 305. IAHS Press, Wallingford.
- THIEKEN, A. (2008): Neue Modelle zur Abschätzung von Hochwasserschäden. - *Ökologisches Wirtschaften*, 3: 30-34.
- THIEKEN, A. (2009): *Floods, flood losses and flood risk management in Germany*. Habilitationsschrift, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Potsdam. Potsdam.
- THIEKEN, A. & H. KREIBICH (2009): Monetäre Schäden in Privathaushalten – ein empirischer Ansatz. In: Thieken, A.; I. Seifert & B. Merz (Hrsg.): *Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung*, Oekom Verlag, München.
- THIEKEN, A. & B. MERZ (2009): Schadensabschätzung – eine Einführung. In: Thieken, A.; I. Seifert & B. Merz (Hrsg.): *Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung*, Oekom Verlag, München.

- THIEKEN, A.; H. KREIBICH; M. MÜLLER & B. MERZ (2007): Coping with floods: Preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. - *Hydrological Sciences Journal*, 52: 1016-1037.
- THIEKEN, A.; M. MÜLLER; H. KREIBICH & B. MERZ (2005): Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. - *Water Resources Research*, 41: W12430, doi: 10.1029/2005WR004177.
- THIEKEN, A.; A. OLSCHESKI; H. KREIBICH; S. KOBSCHE & B. MERZ (2008): Development and evaluation of FLEMOps – a new Flood Loss Estimation Model for the private sector. In: Proverbs, D.; C. Brebbia & E. Penning-Rowsell (Hrsg.): *Flood Recovery, Innovation and Response*. Proceedings of the international conference FRIAR. WIT Press, London.
- THIEKEN, A.; T. PETROW; H. KREIBICH & B. MERZ (2006): Insurability and Mitigation of Flood Losses in Private Households in Germany. – *Risk Analysis*, 26: 383-395.
- THIEKEN, A.; R. SCHWARZE; V. ACKERMANN & U. KUNERT (2009a): Erfassung von Hochwasserschäden – Einführung und Begriffsdefinitionen. In: Thieken, A.; I. Seifert & B. Merz (Hrsg.): *Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung*, Oekom Verlag, München.
- THIEKEN, A.; I. SEIFERT & B. MERZ (2009b): *Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung*, Oekom Verlag, München.
- TUNSTALL, S. (2006): Damage reducing effects of flood warnings. In: *FLOODsite* (Hrsg.): *Guidelines for Socio-economics flood damage evaluation*. Wallingford, UK.
- WIND, H.; T. NIEROP; C. DE BLOIS & J. DE KOK (1999): Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse flood. - *Water Resources Research*, 35: 3459-3465.
- WOUTERS, K. (2005): *Veiligheid Nederland in Kaart Globale Schadeberekening: Achtergronddocument*. Rijkswaterstaat, WDD, Delft.
- YEO, S. (2002): Flooding in Australia: A review of events in 1998. - *Natural Hazards*, 25: 177-191.
- ZHAI, G.; T. FUKUZONO & S. IKEDA (2005): Modeling flood damage: case of Tokai Flood 2000. - *Journal of the American Water Resources Association*, 41: 77-92.

Anhang

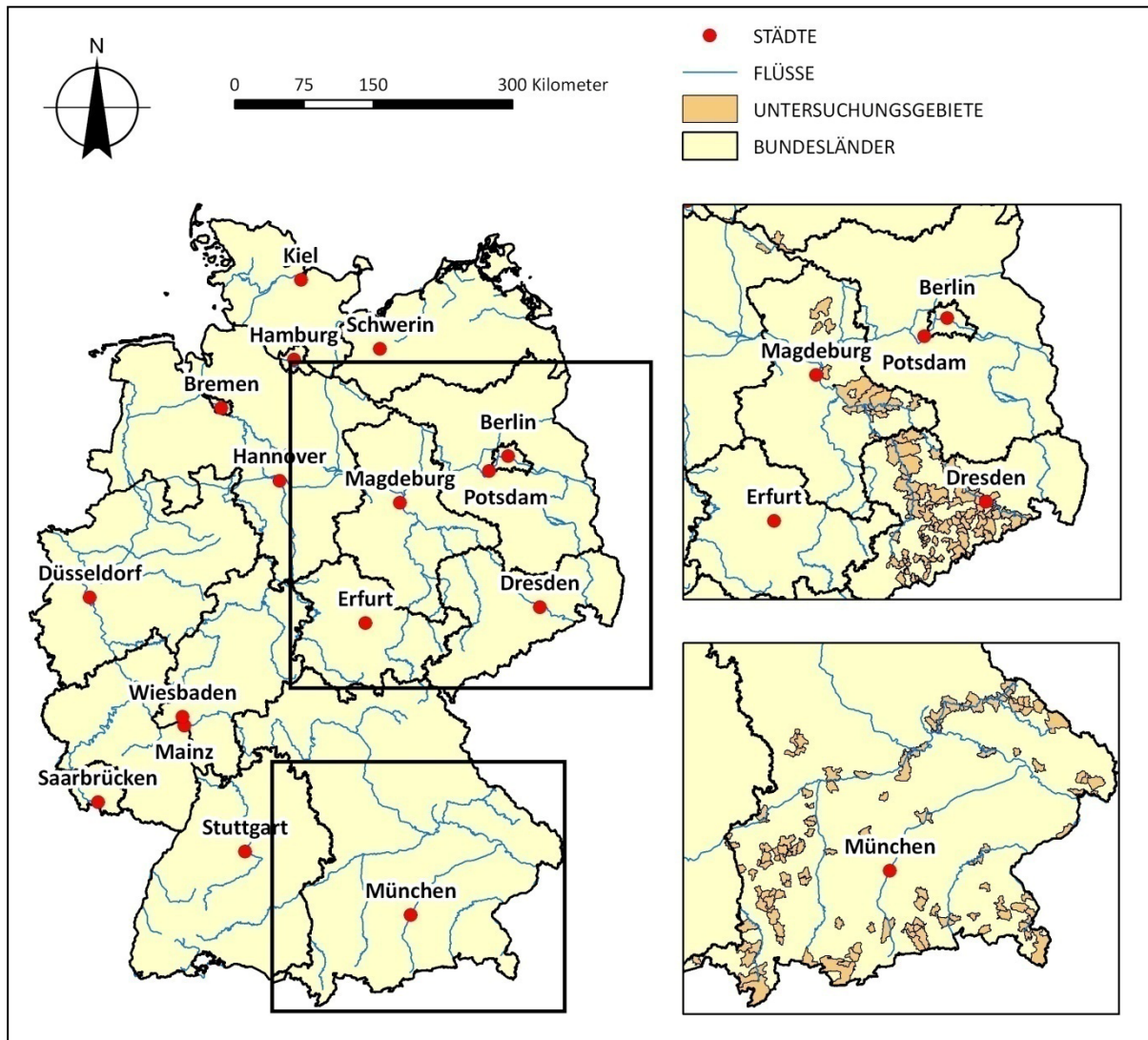


Abb. A-1: Geographische Verteilung der Untersuchungsgebiete in Deutschland. Oberer Ausschnitt: Untersuchte Postleitzahlengebiete in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Schleswig-Holstein; Unterer Ausschnitt: Untersuchte Postleitzahlengebiete in Bayern (Datenquelle: <http://www.diva-gis.org> (18.10.2009); Infas GEOdaten (2001); <http://www.mapcruzin.com> (18.10.2009)).

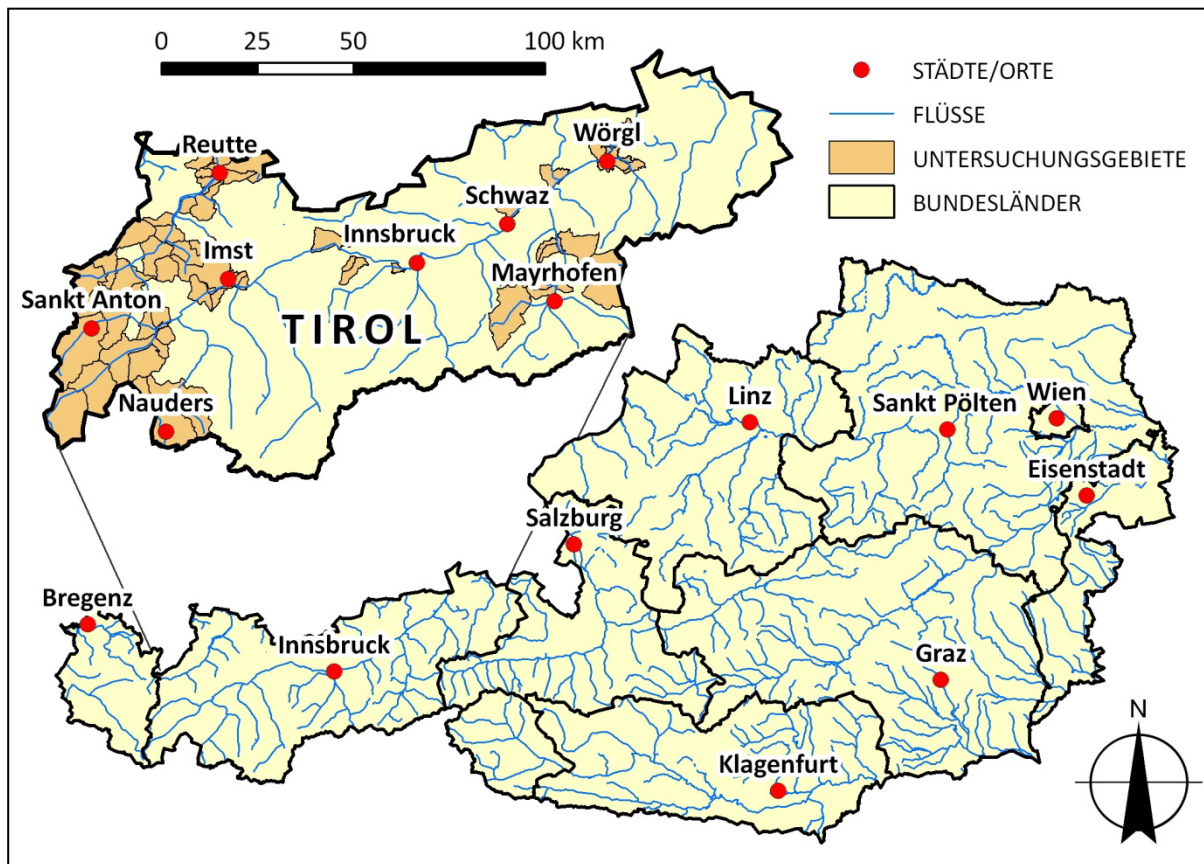


Abb. A-2: Geographische Verteilung der Untersuchungsgebiete in Österreich mit Ausschnitt der untersuchten Postleitzahlengebiete in Tirol. Befragtes Postleitzahlengebiet in Vorarlberg hier nicht dargestellt (Datenquelle: <http://www.diva-gis.org> (18.10.2009); Tiris (2009); <http://www.mapcruzin.com> (18.10.2009)).

Tab. A-1: Variablenliste des verwendeten Datensatzes mit Angabe, ob die Variable vor der Zusammenführung in den einzelnen Befragungen vorhanden war (X) oder nicht (O) (GFZ = Umfrage des GeoForschungsZentrums Potsdams im April/Mai 2003, MS = Umfrage des MULTISURE-Projektes im September 2007, TIR = Umfrage des alpS-Projektes, MED = Umfrage des MEDIS-Projektes im November/Dezember 2007).

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
ID	X	X	X	X	Neue ID aller Interviewten nach der Zusammenführung
befragung	X	X	X	X	Befragungskampagne
id_nr	X	X	X	X	Befragungsnummer (alt)
country	X	X	X	X	Befragungsland
bl	X	X	X	X	Bundesland
plz	X	X	X	X	Postleitzahl
ort	X	O	O	X	Ort
bezirk_at	O	O	X	O	Bezirk in Österreich (abgeleitet aus den Postleitzahlen)
geschlecht	X	X	X	X	Geschlecht der befragten Person
alter	X	X	X	X	Alter der befragten Person
einkommen	X	O	X	X	Nettomonatseinkommen des Haushalts (in EUR)
wohnstatus	X	X	X	X	Hauseigentümer, Mieter?
geb_nutzung	O	X	X	X	Gebäudenutzung
geb_typ	X	X	X	X	Gebäudetyp (EFH, RH/DH, MFH)
geb_erbaut	X	X	X	X	Gebäude wurde wann erbaut?
geb_alter_klass	X	X	X	X	Gebäudealter klassifiziert (5 Klassen)
unterkellert	X	X	X	X	Gebäudeunterkellerung
dachtyp	X	X	O	X	Dachtyp des Gebäudes
etagen	X	X	O	X	Anzahl der Etagen des Gebäudes
grundfläche	O	X	X	X	Grundfläche des Gebäudes in qm
nutzfläche	X	X	X	X	Nutzfläche des Gebäudes in qm (ohne Keller)
qual_geb	X	O	X	X	Bau-/Ausstattungsqualität des Geb. vor dem HW
qual_hr	X	O	X	X	Ausstattungsqualität Hausrat vor dem HW
großereignisse	X	X	X	X	Betrachtetes Großereignis (2002, 2005, 2006)
ereignis	X	X	X	X	Betrachtetes Ereignis (alle Angaben)
ereignis_datum	X	O	X	X	Betrachtetes Ereignis formatiert in Datumsvariable
ereig_schäden	O	O	X	X	Hat es bei Ihnen, also an oder in diesem Haus, Schäden durch dieses Ereignis gegeben?
schad_amGeb	X	O	X	X	Schaden am Gebäude
schad_amHausr	X	O	X	X	Schaden am Hausrat
schad_klass	X	O	X	X	Klassifikation der Schäden

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
hw_typ_deich	X	X	X	X	HW-Typ: Deichbruch (Überschwemmung infolge eines Deichschadens)
hw_typ_flusshw	X	X	X	X	HW-Typ: Flusshochwasser (Hochwasser durch ausuferndes Gewässer)
hw_typ_sturzflut	X	X	X	X	HW-Typ: Sturzflut (oberfl. wild abfließendes Wasser, eindringendes Wasser aus Kanalisation, Duschen etc.)
hw_typ_ghw	X	X	X	X	HW-Typ: Grundhochwasser (Eindringen von GW aus dem Untergrund in das Gebäude)
hw_typ_sonst	X	X	X	X	HW-Typ: Sonstige (nicht klassifiziert)
hw_typ_klass	X	X	X	X	HW-Typ klassifiziert (nach Priorität): Deichbruch -> Fluss-HW -> Sturzflut -> GHW
wasserstand	X	X	X	X	Wie hoch stand das Wasser über GOK (in cm)
wasserst_klass8	X	X	X	X	Wasserstand klassifiziert (8 Klassen)
wasserst_klass4	X	X	X	X	Wasserstand klassifiziert (4 Klassen)
stw_keller	X	X	X	X	In welchen Stockwerken stand das Wasser: Keller
stw_eg	X	X	X	X	In welchen Stockwerken stand das Wasser: EG
stw_1og	X	O	X	X	In welchen Stockwerken stand das Wasser: 1.Stock
stw_klass	X	X	X	X	Betroffene Stockwerke klassifiziert (6 Klassen)
wasserst_hstw	X	X	X	X	Wie hoch stand das Wasser ungefähr im höchsten Stockwerk (in cm)?
hw_dauer	X	X	O	X	Überschwemmungsdauer (in h)
hw_dauer_klass3	X	X	O	X	Überschwemmungsdauer klassifiziert (3 Klassen)
hw_dauer_klass4	X	X	O	X	Überschwemmungsdauer klassifiziert (4 Klassen)
fw_art1	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Unwetterwarnung (Radio, TV, Inet etc)
fw_art2	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Hochwasserwarnung (Behörden, Polizei etc)
fw_art3	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Warnung durch Nachbarn, Freunde etc
fw_art4	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Allg. Berichterstattung
fw_art5	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Eigene Beobachtung
fw_art6	O	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Sonstige
fw_art7	X	O	X	X	Art der Frühwarnung v. d. Ereignis: Nicht gewarnt worden
fw_art_klass	X	O	X	X	Art der Frühwarnung klassifiziert (Je höher der Wert, desto verlässlicher die Warnung)

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
fw_zeit	X	O	X	X	Erste Frühwarnung v. d. Überschwemmung (in h)
fw_zeit_klass3	X	O	X	X	Frühwarnzeit klassifiziert (3 Klassen)
fw_zeit_klass4	X	O	X	X	Frühwarnzeit klassifiziert (4 Klassen)
fw_wissen	X	O	O	X	Wussten Sie aufgrund der Warnung, wie Sie sich und ihren Haushalt vor dem Hochwasser schützen können?
fw_wissen_klass	X	O	O	X	fw_wissen weiter klassifiziert
nm1	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Dokumente und Wertsachen sichern
nm2	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Möbel und Gegenstände hochgestellt
nm3	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen gesichert
nm4	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Wasser abpumpen
nm5	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Gas/Strom abgestellt
nm6	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Gebäude gegen eindringendes Wasser schützen durch Abdichten v. Türen, Fenstern etc
nm7	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Sonstige Maßnahmen ergriffen
nm8	X	X	X	X	Notfallmaßnahme: Keine Maßnahmen getroffen
nm1_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Dokumente und Wertsachen sichern
nm2_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Möbel und Gegenstände hochgestellt
nm3_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen gesichert
nm4_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Wasser abpumpen
nm5_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Gas/Strom abgestellt
nm6_eff	X	O	X	X	Befragung Effektivität: Gebäude gegen eindringendes Wasser schützen durch Abdichten v. Türen, Fenstern etc
n1_sehr_effektiv	X	O	X	X	Dokumente und Wertsachen sichern (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)
n2_sehr_effektiv	X	O	X	X	Möbel und Gegenstände hochgestellt (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)
n3_sehr_effektiv	X	O	X	X	Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen gesichert (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)
n4_sehr_effektiv	X	O	X	X	Wasser abpumpen (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
n5_sehr_effektiv	X	O	X	X	Gas/Strom abgestellt (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)
n6_sehr_effektiv	X	O	X	X	Gebäude gegen eindringendes Wasser schützen durch Abdichten v. Türen, Fenstern etc (Vgl. sehr effektiv & nicht durchgeführt)
nm_zeit	X	O	X	X	Wie viele Stunden wurden auf Schadenmindernde Maßnahmen verwendet? Wenn nur Tage angegeben und keine Arbeitsstunden, wurde von 12 h pro Tag ausgegangen!
nm_zeit_klass	X	O	X	X	Klassifikation der Zeit, die für schadensmindernde Maßnahmen aufgewendet wurde
nm_zeit_fw	X	O	X	X	Wie viele Stunden nachdem Sie gewarnt wurden, haben Sie mit den schadensmindernden Maßnahmen begonnen? "SOFORT" = 0!
reaktionszeit_klass5	X	O	X	X	Klassifikation von nm_zeit_fw in 5 Klassen
reaktionszeit_klass3	X	O	X	X	Klassifikation von nm_zeit_fw in 3 Klassen
fw_früher	X	O	O	X	Hätten Sie (zusätzliche) schadensmindernde Maßnahmen ergreifen können, wenn Sie früher gewarnt worden wären?
nm_gr1	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich war nicht zuhause
nm_gr2	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Es war zu spät, keine Zeit mehr
nm_gr3	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich wusste nicht was zu tun war
nm_gr4	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich hielt die Schutzmaßnahmen für unwirksam
nm_gr5	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich war körperlich nicht in der Lage dazu
nm_gr6	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich hätte nicht gedacht, dass das Wasser so hoch steigen würde

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
nm_gr7	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Anderer Grund
nm_gr8	X	O	X	X	Aus welchen Gründen haben Sie keine Schutzmaßnahmen ergriffen bzw. konnten Sie keine ergreifen? -> Ich weiß nicht
v1	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Ich informiere mich über die HW-Gefährdung meines Hauses oder wie ich mein Haus gegen HW schützen kann
v2	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme: Ich schließe eine Versicherung gegen HW ab
v3	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme: Ich beteilige mich an Netzwerken
v4	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Ich nutze die hw-gefährdeten Stockwerke geringwertig
v5	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Vermeidung wertvoller festinstallierter Inneneinrichtung
v6	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Heizungsanlage und Elektrik in höhere Stockwerke
v7	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Wechsel der Heizungsanlage od. Öltank mit HW-Schutz
v8	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme: Verbesserung der HW-Sicherheit des Gebäudes durch Abdichten etc.
v9	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme: Einbau einer Rückstausicherung
v10	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme: Anschaffung stationärer oder mobiler Wassersperren
v11	X	O	O	X	Vorsorgemaßnahme: Wasserpumpe oder Notstromaggregat anschaffen
v12	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme: Umzug in hw-sichere Region
vm_wirkung	X	O	X	X	Für wie wirksam halten Sie private Vorsorgemaßnahmen?
vm_wirkung_klass	X	O	X	X	vm_wirkung klassifiziert (1=1od.2;2=3od.4;3=5od.6;4=7)
v1_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 1 VOR dem Hochwasser ergriffen
v2_vor	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme 2 VOR dem Hochwasser ergriffen
v3_vor	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme 3 VOR dem Hochwasser ergriffen
v4_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 4 VOR dem Hochwasser ergriffen

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
v5_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 5 VOR dem Hochwasser ergriffen
v6_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 6 VOR dem Hochwasser ergriffen
v7_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 7 VOR dem Hochwasser ergriffen
v8_vor	X	X	X	X	Vorsorgemaßnahme 8 VOR dem Hochwasser ergriffen
v9_vor	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme 9 VOR dem Hochwasser ergriffen
v10_vor	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme 10 VOR dem Hochwasser ergriffen
v11_vor	X	O	O	X	Vorsorgemaßnahme 11 VOR dem Hochwasser ergriffen
v12_vor	X	O	X	X	Vorsorgemaßnahme 12 VOR dem Hochwasser ergriffen
gesind_vorsorge	X	X	X	X	Gesamtindikator aller Vorsorgemaßnahmen VOR dem HW (v1-v3*1,v4-v5*10,v6-v11*5)
ind_vorsorge_klass	X	X	X	X	Gesamtvorsorgeindikator klassifiziert (0-6 Pkte; 7-18 Pkte; > 18 Pkte)
heizung1	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Kohle
heizung2	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Gas
heizung3	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Heizöl
heizung4	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Elektro (Nachtspeicher)
heizung5	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Fernwärme
heizung6	X	X	X	X	Heizungssystem des Gebäudes: Sonstiges (Nicht weiter beschrieben)
stw_heiz_kel	O	X	X	X	Stockwerk des Heizungssystems zum Zeitpkt des HW: Keller
stw_heiz_eg	O	X	X	X	Stockwerk des Heizungssystems zum Zeitpkt des HW: EG
stw_heiz_1og	O	X	X	X	Stockwerk des Heizungssystems zum Zeitpkt des HW: 1. Stock
stw_heiz_hoehler	O	X	O	X	Stockwerk des Heizungssystems zum Zeitpkt des HW: höheres Stockwerk
stw_heiz_sonst	O	X	X	X	Stockwerk des Heizungssystems zum Zeitpkt des HW: Sonstige (Nicht weiter beschrieben)
kont1	X	X	X	X	Kontamination: Chemikalien, Farben, Lacke etc.
kont2	X	X	X	X	Kontamination: Abwasser oder Fäkalien
kont3_u_4	X	X	X	X	Kontamination: Heizöl & Benzin
kont5	X	X	X	X	Kontamination: Keine Verschmutzung
kont_abwasser	X	X	X	X	Kontamination: Nur durch Abwasser

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
kont_chemie	X	X	X	X	Kontamination: Nur durch Chemikalien (+ Abwasser)
kont_öl	X	X	X	X	Kontamination: Nur durch Heizöl oder Benzin (+ Chemikalien; + Abwasser)
kont_ind	X	X	X	X	Kontaminationsindikator (4 Klassen)
kont_ja_nein	X	X	X	X	Kontamination klassifiziert: 0 = nein; 1 = ja
keller_nutz1	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Souterrainwohnung
keller_nutz2	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Abstellraum
keller_nutz3	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Lagerraum (z.B. für Kohle)
keller_nutz4	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Heizungsraum
keller_nutz5	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Sauna
keller_nutz6	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Werkraum, Hobbyraum
keller_nutz7	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Waschküche
keller_nutz8	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Trockenraum
keller_nutz9	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Wohnraum (z.B. Schlafzimmer)
keller_nutz10	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Büro
keller_nutz11	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Gewerberäume
keller_nutz12	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Fahrradkeller
keller_nutz13	X	X	X	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Sonstiges
keller_nutz14	O	X	O	X	Wie wurde der Keller vor dem HW genutzt: Keine Nutzung
hw_erfahrung	X	X	X	X	Wie oft waren Sie persönlich - vor diesem HW - schon mal durch HW geschädigt?
hw_erf_klass	X	X	X	X	hw_erfahrung weiter klassifiziert
hwgebiet_wissen	X	O	X	X	Wussten Sie, dass Sie in einem hochwassergefährdeten Gebiet wohnen?
letztes_hw_monat	X	O	X	X	Monat des letzten HW-Ereignisses vor diesem HW
letztes_hw_jahr	X	X	X	X	Jahr des letzten HW-Ereignisses vor diesem HW
letztes_hw_ereignis	X	O	X	X	Letztes HW-Ereignis VOR dem befragten Hochwasser als Datumvariable (wenn Monat und Jahr angegeben)

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
letztes_hw_in_monate	X	O	X	X	Zeitspanne (in Monaten) zwischen dem betrachteten Ereignis und dem letzten HW-Ereignis (= ereignis_datum - letztes_hw_ereignis)
letztes_hw_in_jahre	X	O	X	X	Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem betrachteten Ereignis und dem letzten HW-Ereignis
letztes_hw_klass	X	O	X	X	Klassifikation des letzten HW-Ereignisses (letztes_hw_in_jahre)
letztes_hw_3klass	X	O	X	X	Klassifikation des letzten HW-Ereignisses in 3 Klassen
hw_schaden1000eur	X	O	X	X	Hatten Sie vor diesem HW schon einmal ein HW-Schaden > 1000 EUR?
hw_monat_schadentr	X	O	X	X	Welches HW-Ereignis war das schadenträchtigeste?: Monat
hw_jahr_schadentr	X	O	X	X	Welches HW-Ereignis war das schadenträchtigeste?: Jahr
hw_wahrscheinlich	X	O	X	X	Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Sie nochmal von HW betroffen werden?
vers_abschl	O	O	X	X	Würden Sie grundsätzlich eine Versicherung gegen Naturgefahren abschließen?
vers_gedank	O	O	X	X	Haben Sie sich schon mal Gedanken über eine Versicherung gegen Naturgefahren gemacht?
vers_pflicht	O	O	X	X	Was halten Sie von der Einführung einer Pflichtversicherung gegen Naturgefahren?
geb_wert1914	X	X	O	X	Gebäudewert von 1914 in Mark für Wohngebäude
geb_wert_ereignis	X	X	O	X	Gebäudewert im HW-Ereignisjahr (= geb_wert1914 * gleitender Neuwertfaktor des Ereignisjahres)
geb_schaden	X	X	X	X	Gebäudeschaden in EUR
geb_schaden_at	O	O	X	O	Gebäudeschaden auf 2007 mithilfe des österreichischen Baukostenindex referenziert
hr_wert_650	X	X	O	X	Hausratswert nach aktuellem Versicherungsumrechnungswert (Nutzfläche * 650 €/m ²)
hr_wert_at	O	O	X	O	Hausratswert auf 2007 mithilfe des österreichischen Verbraucherpreisindex referenziert
hr_wert_950	O	O	X	O	Hausratswert nach aktuellem Versicherungsumrechnungswert (Nutzfläche * 950 €/m ²)
hr_schaden	X	X	X	X	Hausratsschaden in EUR
hr_schaden_at	O	O	X	O	Hausratsschaden auf 2007 mithilfe des österreichischen Verbraucherindex referenziert

Variablenname	GFZ	MS	TIR	MED	Beschreibung der Variable
geb_wert_ref	X	X	O	X	Gebäudewert (geb_wert_ereignis) auf das Referenzjahr 2007 mithilfe des Baupreisindex berechnet
geb_schad_ref	X	X	X	X	Gebäudeschaden (geb_schaden) auf das Referenzjahr 2007 mithilfe des Baupreisindex berechnet
geb_schad_ratio	X	X	O	X	Gebäudeschadensgrad in % ($\text{geb_schad_ref} / \text{geb_wert_ref} * 100$)
hr_wert_ref	X	X	X	X	Hausratswert auf das Referenzjahr 2007 referenziert ($\text{hr_wert_650} / \text{Verbraucherindex (Gr.5) des Ereignisjahres} * \text{Verbraucherindex (Gr.5) 2007}$)
hr_schad_ref	X	X	X	X	Hausratsschaden (hr_schaden) auf das Referenzjahr 2007 mithilfe des Verbraucherpreisindex (Gruppe 5 = Einrichtung) berechnet
hr_schad_ratio	X	X	X	X	Hausratsschadengrad in % ($\text{hr_schad_ref} / \text{hr_wert_ref} * 100$)

Tab. A-2: Variablen, die für die Bildung der Teilkollektive in den einzelnen Modulen verwendet wurden.

Variablenname	Beschreibung der Variable
fw_zeit_klass3	Frühwarnzeit klassifiziert
fw_art_klass	Art der Frühwarnung
fw_wissen_klass	Wissen wie man sich und seinen Haushalt aufgrund der Warnung schützen kann
reaktionszeit_klass3	Zahl der Stunden die verstrichen ist, ehe mit den schadenmindernden Maßnahmen begonnen wurde
nm1	Sichern von Dokumenten und Wertsachen
nm2	Hochstellen von Möbeln und Gegenständen
nm3	Sicherung der Öltanks oder Behälter mit gefährlichen Stoffen
nm4	Abpumpen des Wassers
nm5	Abstellen von Gas/Strom
nm6	Schützen des Gebäudes von eindringendem Wasser durch Abdichten der Türen, Fenstern etc.
nm7	Sonstige Notfallmaßnahmen
nm8	Keine Notmaßnahme ergriffen
ind_vorsorge_klass	Vorsorgeindikator
v1_vor	Information über die Hochwassergefährdung des Hauses und wie man sein Haus dagegen schützen kann
v2_vor	Abschluss einer Hochwasserversicherung
v3_vor	Beteiligung an Netzwerken (Nachbarschaftshilfe etc.)
v4_vor	Geringwertige Nutzung der hochwassergefährdeten Stockwerke
v5_vor	Vermeidung wertvoller festinstallierter Inneneinrichtung
v6_vor	Verlegung der Heizungsanlage und Elektrik in höhere Stockwerke
v7_vor	Wechsel der Heizungsanlage oder Ausstattung des Öltanks mit Hochwasserschutz
v8_vor	Verbesserung der Hochwassersicherheit des Gebäudes durch Abdichten etc.
v9_vor	Einbau einer Rückstausicherung
v10_vor	Anschaffung stationärer oder mobiler Wassersperren
vm_wirkung_klass	Einschätzung der Wirksamkeit privater Vorsorgemaßnahmen

Erklärung

Hiermit erkläre ich, Holger, Cammerer, geb. am 03.07.1982 in Lahr, diese Diplomarbeit selbstständig verfasst und unter Verwendung ausschließlich der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in keinem anderen Prüfungsverfahren eingereicht.

Würzburg, 21.12.2009
