



## Abschlussbericht

# Studie zu physikalischen Naturgefahrenmodellen



Projektlaufzeit: 01.09.20-30.09.21

Berichtszeitraum: 01.09.20-  
01.04.21

## Impressum

Studie zu physikalischen Naturgefahrenmodellen

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)

Internet: [www.lfu.bayern.de/](http://www.lfu.bayern.de/)

### Angaben zum Auftragnehmer

Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Hydromechanik und Wasserbau, Lehrstuhlinhaber: Prof. A. Malcherek, Werner-Heisenberg Weg 39, 85577 Neubiberg, Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Ivo Baselt

Die Studie wurde von der Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen durch Dr.-Ing. Ivo Baselt durchgeführt und erstellt. Der Bau des Naturgefahrenmodells erfolgte im Labor für Hydromechanik und Wasserbau der Universität der Bundeswehr München. Das Bayerische Landesamt für Umwelt, Referat 61 war im Rahmen der Supervision und der Fachredaktion aktiv eingebunden.

### Bildnachweis:

Siehe Anhang

### Stand:

August 21

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1 Problemstellung, Hintergrund und Motivation	7
1.2 Einordnung der Studie im Risiko Governance-Ansatz	9
1.3 Naturgefahren im alpinen Raum	10
1.4 Risikowahrnehmung und Sensibilisierung	12
1.5 Naturgefahrenmodelle als Demonstrationsmodelle	14
<b>2 Vorgehensweise und Analyse der Studie</b>	<b>16</b>
2.1 Recherche der bereits existierenden Modelle	16
2.2 Analyse und Bewertung	16
2.2.1 Lokalisierung, Organisationszugehörigkeit und Modellart	17
2.2.2 Kategorisierung nach Handhabbarkeit und Interaktivität	18
2.2.3 Einteilung nach Ziele, Zielgruppe und Einsatzorte	19
2.2.4 Auswertung der betrachteten Prozesse und der Prozesselemente	20
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>23</b>
3.1 Präsentationsmodelle	23
3.1.1 Sturzflutmodell (Deutschland, UniBw München)	23
3.1.2 Biber Berti – Wildbachmodell (Österreich, Wien)	25
3.1.3 Wildbachmodell mit Sperrbauwerken (Österreich, Wien)	27
3.1.4 Steinschlagmodell mit Schutzbauwerken (Italien, Südtirol)	28
3.1.5 Hochwassermodell (Deutschland, WWA Traunstein)	30
3.1.6 Check Dam Model (Türkei, Flood Museum Trabzon)	31
3.1.7 Modelle im Laboratorium3D (Schweiz, Tessin)	33
3.1.8 Modell für Deichrückverlegung, Staustufen-Vorabsenkung und Flutpolder bei einer Hochwasserwelle (Deutschland, Bayern)	34
3.1.9 Participatory 3D Risk Mapping (Frankreich, PARN)	36
3.2 Haptische und interaktive Modelle	37
3.2.1 Interaktive Modelle für alpine Naturgefahren (Slowenien, Ljubljana)	37
3.2.2 Hochwasserschutz Wildbäche in Bayrischzell (Deutschland, UniBw)	39
3.2.3 Steinschlag-Modell (Österreich)	41

3.2.4	Interaktives Modell eines Schöpfwerkes (Deutschland, WWA Deggendorf)	42
3.2.5	Auftrieb von Häusern (Österreich, Oberösterreich)	44
3.2.6	Tiroler Hochwassermodell (Österreich, Tirol)	45
3.2.7	Ward's Stormwater Floodplain Simulation System (USA, Rochester)	47
3.2.8	Wetropolis Extreme Rainfall and Flood Demonstrator (Großbritannien, Leeds)	49
3.2.9	Emriver Em2 (Italien, Universität Bozen)	51
3.2.10	Interaktives Modell zur Visualisierung des hydrostatischen Drucks (Deutschland, WWA Ansbach)	53
3.3	Pädagogische Spiele, Digitale Modelle, Virtual Reality	55
3.3.1	Legespiele für Naturgefahren: Memory und Puzzle (Italien, Südtirol)	55
3.3.2	MurGame (Schweiz)	56
3.3.3	Stop Disasters! (Vereinte Nationen)	59
3.3.4	Flood Action Virtual Reality (USA, Iowa City)	60
3.3.5	Virtual Reality für Gefahrenzonen (Italien, Südtirol)	61
3.3.6	Projektionsmodell zum 1818 Giétro Gletscherseeausbruch (Schweiz, Wallis)	62
3.3.7	Augmented Reality Sandbox – (USA, Davis)	64
3.3.8	Kindgerechtes interaktives Lernen durch Bau eines eigenen Modells (Italien, Südtirol)	65
<b>4</b>	<b>Ableitung von Empfehlungen</b>	<b>66</b>
4.1	Bewertung der Modelle	66
4.2	Extraktion der bewährten Eigenschaften (Best-Practice)	66
<b>5</b>	<b>Der Prototyp für ein neues Naturgefahrenmodell</b>	<b>68</b>
5.1	Folgerungen und Empfehlungen aus der Studie	68
5.2	Szenarien und Kernbotschaften	69
5.2.1	Szenario 1: Staatliche Schutzmaßnahmen bis zum Bemessungshochwasser	69
5.2.2	Szenario 2: Staatliche Schutzmaßnahmen und Eigenvorsorge bei extremem Hochwasser	70
5.2.3	Szenario 3: Wildbachgefahren	72
5.2.4	Szenario 4: Gefahren durch Starkregen und wild abfließendes Wasser	73
5.3.1	Allgemeiner konstruktiver Aufbau	74
5.3.2	Abgebildete Modelllandschaft, Infrastruktur und Installationen	75
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>77</b>

---

<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>78</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>81</b>
8.1	Fragebogen zur Erfassung von bestehenden Naturgefahrenmodellen in den Alpenländern	81
8.2	Dokumente zum Modell	83
8.3	Bildnachweis	84

## Kurzfassung

Extremereignisse und Naturgefahren gehören schon immer zur Lebenswirklichkeit der Menschen im alpinen Raum. In den vergangenen Jahren haben besonders Hochwasserereignisse und zunehmende Starkniederschläge negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder Sachwerte ausgeübt. Auch wenn die staatlichen Maßnahmen im Rahmen des Risikomanagements die Ereignisse bis zum Bemessungsfall verhindern und darüber hinausgehende Extremereignisse zumindest in ihrer Wirkung abmildern sollen, ist die Einbindung der Bevölkerung im Rahmen der Eigenvorsorge von essentieller Bedeutung. Eine erfolgreiche Umsetzung sowohl von individuellen präventiven Schutzmaßnahmen als auch das wirkungsvolle Handeln während des eigentlichen Extremereignisses erfordert zukünftig jedoch eine stärkere Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung für das Thema der Naturgefahren.

Als ein wesentliches Schulungs- und Kommunikationsmittel zur Bewusstseinsbildung werden interaktive physikalische Naturgefahrenmodelle angesehen, wie sie bereits teilweise in den Alpenländern in Schulen oder bei Öffentlichkeitsveranstaltungen zur Anwendung kommen. Die vorliegende Studie liefert eine Bestandsaufnahme bestehender Modelle hauptsächlich aus dem Alpenraum. Auf Basis der Auswertung von Fragebögen konnten 26 Naturgefahrenmodelle evaluiert werden. Zu etwa gleichen Anteilen handelt es sich dabei um reine Präsentationsmodelle, haptisch-interaktive Modelle oder Modelle aus dem Themenbereich pädagogische Spiele, digitale Modelle und Virtual Reality. Der Großteil der verwendeten Modelle beabsichtigt einen hohen Grad an Interaktivität zur unmittelbaren Einbindung von Kindern und Jugendlichen aber auch von Erwachsenen. Vielfältige Einsatzmöglichkeiten an Schulen, Aktionstagen oder auf Messen erforderten eine starke mobile Konstruktion. Im Schwerpunkt werden fluviale Naturereignisse (Hochwasser, Wildbäche, Sturzfluten) thematisch behandelt. Die technischen Schutzmaßnahmen konzentrieren sich dabei jedoch eher auf staatliche Maßnahmen und beinhalten nur selten Themen der Eigenvorsorge.

Die Auswertung der recherchierten Modelle erlaubte die Extraktion von bewährten Konstruktionen, Praktiken und methodischen Umsetzungen. In Kombination mit den Vorgaben des Projektes, konnten daraus entscheidende Schlussfolgerungen für die Erstellung eines neuen Modell-Prototypen gezogen werden. Als übergeordnete Szenarien wurden sowohl ein häufiges Hochwasser, ein Bemessungshochwasser und ein extremes Hochwasser, als auch ein Wildbach- und ein Starkregenereignis festgelegt. Dazugehörige Kernbotschaften untermauern die beabsichtigten zu kommunizierenden Themenkomplexe. Zur Umsetzung wurde ein interaktives physikalisches Naturgefahrenmodell konzipiert. Im Modell abgebildet ist eine fiktive voralpine Landschaft, durch die ein alpiner Fluss fließt. Innerhalb einer Ortschaft mündet in diesen Fluss ein Wildbach ein, welcher aus einer Bergregion zufließt. Durch einen möglichst hohen Freiheitsgrad und Beweglichkeit der Elemente kann der Nutzer des Modells die im didaktischen Konzept ausformulierten Aufgaben zur Abmilderung der Ereignisse interaktiv-haptisch im Rahmen einer Kleingruppe ausführen. Dabei können technische Schutzkonzepte wie Deiche, Hochwasserschutzmauern, Sperren oder Wildholzrechen individuell errichtet und hinsichtlich ihrer Wirkung evaluiert werden. Durch verschiedene Ausführungen von Häusern und weiterer Infrastruktur lassen sich dortige Schäden und sich daraus ergebende Gefahren durch eindringendes Wasser abbilden. Die Themen der Eigenvorsorge können dadurch auf der Ebene des Einzelhauses oder der Ortschaft behandelt werden.

Die Erstellung des Modell-Prototyps wurde detailliert dokumentiert. Dem Modell liegen ein Bauplan, eine Materialliste und Fotodokumentation bei. Dies ermöglicht die Vervielfältigung und Modifikation dieses Prototyps zur erfolgreichen Anwendung im Alpenraum und darüber hinaus.

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung, Hintergrund und Motivation

In den vergangenen Jahren wurde immer wieder über die Auswirkungen von Extremereignissen durch alpine Naturgefahren in der regionalen und nationalen Presse berichtet. Einige bekannte Beispiele waren

- die Murgänge im Sommer 2015 in Bayern (Oberstdorf) und Tirol (Sellrain und Paznaun),
- die Starkniederschläge mit extremen Hochwasserabflüssen in kleinen Einzugsgebieten in Niederbayern (z. B. Simbach am Inn) und Baden-Württemberg (Braunsbach 2016),
- die periodisch auftretenden Murgänge des Illgrabens in der Schweiz,
- das Kaskadenereignis durch Felssturz am Piz Cengalo im August 2017 mit anschließender Mobilisierung von Eis- und Sedimentflächen im Gletschergebiet und folgender Initiierung eines Murgangs mit Ablagerung im Talort Bondo oder
- die extremen Niederschläge und Hochwässer in Norditalien im Herbst 2018.

Auch wenn im Alpenraum durch die jeweiligen Länder großflächig Schutzmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Naturgefahren implementiert wurden, besteht in den betroffenen Regionen stets ein verbleibendes Risiko für Personen- und Sachschäden aufgrund von Extremereignissen. Zudem unterliegt der Alpenraum regional zunehmendem Siedlungsdruck sowie erhöhter Wirtschaftstätigkeit (Schneiderbauer et al., 2018b) und steigendem Tourismus. Damit einher geht ein wachsender Flächenbedarf und auch eine verstärkte Besiedelung exponierter Regionen. Der menschliche Nutzungsdruck und die Ausweitung der Infrastruktur erhöhen zunehmend das Schadenspotenzial in den Alpen.

Dass Menschen und deren Güter in den Bergregionen einem Risiko gegenüber geologischen, hydrologischen und meteorologischen Naturgefahren, insbesondere Flusshochwasser, Wildbachgefahren, Felsstürze, Lawinen und Rutschungen ausgesetzt sind, ist keine neue Erkenntnis. Allerdings verdichten sich die Erkenntnisse hinsichtlich der kausalen Zusammenhänge zwischen klimatischen und anthropogenen Einflüssen in der Bergwelt, den vermehrt auftretenden Extremereignissen und den negativen Auswirkungen in Form von Sachschäden, Verlust von Gesundheit der Menschen, Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt und anderen Funktionen des Ökosystems (u. a. Schutzwälder, Retention der Auen).

Schneiderbauer et al. (2018b) beschreiben, dass der Umgang mit Naturgefahren eine weit zurückreichende Tradition in den Alpenländern besitzt. Im Detail bedeutet dies, dass diejenigen, die in von Naturgefahren betroffenen Gebieten aufgewachsen oder zumindest lange dort sesshaft sind, sich in der Regel sowohl der Entstehungsmechanismen als auch der Auswirkung von Naturgefahren bewusst sind. Noch bevor angefangen wurde Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren zu errichten, mied man häufig die von Naturereignissen betroffenen Flächen und betrieb in einzelnen Fällen einen gewissen Objektschutz. Nur aus der Kenntnis heraus, wo, warum und in welcher Ausprägung Naturgefahren entstehen, konnten später effektive Strategien zum Schutz der Bevölkerung und der Infrastrukturen vor den Auswirkungen dieser Gefahren konzipiert werden. Zunächst handelte es sich bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts dabei vorwiegend um bauliche und ingenieurtechnische Maßnahmen wie Dämme, Betonbauten, Holzbarrieren oder Schutznetze (Schneiderbauer et al., 2018b). Da diese baulichen Maßnahmen jedoch auf eine bestimmte Ereignisgröße (Bemessungsereignis) und auf eine Jährlichkeit hin konzipiert worden sind, konnten darüberhinausgehende Überlastfälle nur bedingt abgemildert oder verhindert werden. Ende des 20. Jahrhunderts erkannte man, dass im Rahmen eines integralen Risikomanagements präventive, nicht-bauliche und organisatorische Maßnahmen gewisse

Vorteile bieten. So wurde eine hohe Aufmerksamkeit auf die Raum- und Flächennutzungsplanung, die Notfallplanung sowie auf Schulung und Kommunikation gelegt. Zunehmend erkannte man, dass effektive Schutzmaßnahmen Hand in Hand mit ökologisch verträglichen, nachhaltigen Maßnahmen gehen können. Allerdings wurde ebenfalls klarer, dass trotz aller Maßnahmen, ein verbleibendes Risiko stets bestehen bleiben wird und man die möglichen Überlastfälle akzeptieren und kommunizieren muss. Ein wesentliches Ziel kann nur darin bestehen, das Risiko auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

Im Weiteren sollen dazu folgende Definitionen verwendet werden:

**Verbleibendes Risiko:** *Das nach Umsetzung aller Schutzmaßnahmen (des Grundschutzes) noch bestehende Risiko.*

**Überlastfall:** *Hochwasserereignis, welches das Bemessungshochwasser der Hochwasserschutzanlagen überschreitet und somit zu deren Überlastung führt. Bei Deichen kann das bedeuten, dass sie überströmt werden und im schlimmsten Fall womöglich brechen können. Da der Ort der Überströmung und ggf. des Bauwerksversagens nicht vorherzusehen ist, können große Schäden entstehen.*

Wie die Erfahrungen in anderen Alpenländern zeigen, können interaktive physikalische Naturgefahrenmodelle einen Beitrag zur Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung leisten. Besonders für Hochwasserereignisse, die hohe Schäden für Beteiligte und die betroffene Infrastruktur verursachen können, ist ein erfolgreicher Hochwasserschutz durch das effektive Zusammenwirken staatlicher Maßnahmen und dem Handeln von betroffenen Akteuren, wie Kommunen und BürgerInnen, gefragt. Die Öffentlichkeit muss daher gegenüber Hochwasserrisiken aber zunächst sensibilisiert werden. Durch die Einbindung von interaktiven physikalischen Naturgefahrenmodellen in das Hochwasserrisikomanagement kann das Risikobewusstsein gestärkt und die aktive Beteiligung und Eigenvorsorge gefördert werden.

Um sowohl den Nutzen und die Wirkung von Naturgefahrenmodellen zur Stärkung des Risikobewusstseins zu erörtern, als auch über die Erfahrungen der Risikokommunikation zu diskutieren, fand am 25. April 2019 in Heimschuh (Österreich) eine Ausstellung über Naturgefahrenmodelle und Risiko-Kommunikations-Tools im Rahmen eines Workshops zwischen der EUSALP Action Group 8<sup>1</sup> und der Alpine Convention Working Group PLANALP<sup>2</sup> statt. Hierbei präsentierten verschiedene Regionen des Alpenraums die bereits vorhandenen physikalischen Naturgefahrenmodelle sowie Begleitmaterialien zur Risikokommunikation. Im Fokus standen besonders die zielgruppenorientierte Risikokommunikation und der Wissenstransfer über gelungene Beispiele bei der Reduzierung des Naturgefahrenrisikos und der Anpassung an den Klimawandel auf lokaler Ebene. Um einen detaillierteren Überblick über die bereits existierenden Modelle zu erhalten, beschloss die EUSALP Action Group 8 im Nachgang des Workshops eine Studie über existierende Modelle anfertigen zu lassen. Im Anschluss daran sollte ein Prototyp für ein physikalisches interaktives Naturgefahrenmodell konzipiert und im Rahmen des AlpGov2 Projekts zu Erstellung in Auftrag gegeben werden.

Dies bildet den Anknüpfungspunkt zu diesem Projekt, für welches im Verfahren 2020WLE000007 - *Physikalische Naturgefahrenmodelle* auf Basis eines Angebotes des Auftragnehmers vom 20.08.2020 die Zuschlagserteilung am 04.09.2020 durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz erfolgte.

---

<sup>1</sup> <https://www.alpine-region.eu/action-group-8>

<sup>2</sup> <https://www.alpconv.org/de/startseite/organisation/thematische-arbeitsgremien/>

In einem ersten Schritt wird nachfolgend die im Rahmen der Studie durchgeführte Bestandsaufnahme bestehender Naturgefahrenmodelle präsentiert und diese Modelle hinsichtlich ihrer pädagogischen Eignung bewertet. Anschließend werden die bestehenden Modelle hinsichtlich ihrer Eignung und Übertragbarkeit auf die vorliegende Fragestellung evaluiert und daraus Empfehlungen für ein neues Modell abgeleitet. Im zweiten Schritt wird, basierend auf Schritt 1, ein Prototyp für ein Naturgefahrenmodell erstellt. Dafür wird sowohl der Bauplan präsentiert als auch die didaktischen Inhalte erläutert. Ein wesentlicher Punkt der Recherche war die Analyse der Zielgruppen, die mit den existierenden Modellen angesprochen werden sollen. Ebenfalls wichtig waren die Erfahrungen mit den bestehenden Modellen hinsichtlich der Mobilität und des Aufwandes für Aufbau und Installation vor Ort (z. B. Stromanschluss, Wasserbedarf). Aus den Ergebnissen der Studie mussten besonders die erforderlichen Elemente für das neue Modell und dessen Anwendung resultieren. Dies betrifft sowohl die modell-eigene Technik (Aufbau, Pumpe, Leitungen) aber auch die prozesstechnischen Elemente der abgebildeten Problemstellung (Fluss, Deich, Rückhalteräume, Häuser, Straße, ...) und den pädagogischen Ablauf des Modells.

Sowohl die Studie, als auch die Planung und der Bau des Prototypen sowie das Erarbeiten des zugehörigen pädagogischen Konzepts wurden durch die Europäische Union im Rahmen des Projekts AlpGov 2 kofinanziert.

## 1.2 Einordnung der Studie im Risiko Governance-Ansatz

Das Konzept des Risiko Governance-Ansatzes beinhaltet die erfolgreiche Einbindung aller Beteiligten und Entscheidungsträger, um gemeinsam bestimmte Naturgefahren bewältigen zu können. Die Kernidee besteht darin, dass auch durch verschiedene Möglichkeiten und Umsetzungen der Gefahrenabwehr durch betroffene Akteure eine gemeinsame Risikoagenda erreicht werden kann. Im Rahmen des Risiko Governance-Ansatzes gilt als wesentliche Stütze der erfolgreichen Schadensminderung bei Extremereignissen die präventive, aktive und nachhaltige Öffentlichkeitsarbeit. Vorrangig soll besonders die Stärkung des Bewusstseins der betroffenen Bürger kommuniziert werden. Dies muss aber innerhalb der Kommune durch eine, den örtlichen Gegebenheiten angepasste, Informationskonkretisierung mit Aufklärung über angepasste Verhaltens- und Baumaßnahmen erfolgen. Dazu werden unter anderem Informationsmedien, z. B. Hochwasserinformationsblätter, ausgegeben (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2018).

Zur Verbesserung der Risiko Governance ist laut EUSALP (Schindelegger, 2019) die Berücksichtigung der folgenden Punkte unerlässlich:

1. Es existiert kein standardisiertes und allgemein gültiges Schema zur Integration der Risiko Governance-Mechanismen im Umgang der Gesellschaft mit Naturgefahren. Die Risikokulturen und institutionelle Rahmenbedingungen unterscheiden sich nicht nur national, sondern auch regional und lokal. Der Grad des akzeptablen Risikos ist unterschiedlich.  
Folgerung: Ein physikalisches interaktives Modell kann daher auch lediglich einen Teilaspekt der Wirklichkeit abbilden. Die Darstellung im Modell wird daher so gewählt, dass sie insbesondere für die Gegebenheiten in Bayern repräsentativ ist und auf andere Alpenregionen übertragen werden kann, wenn dort ähnliche Verhältnisse vorliegen.
2. Der Risiko Governance-Ansatz kann dann seine größte Wirkung erzielen, wenn es gelingt, die Akteure aus der Planung, dem Katastrophenschutz und aus dem Naturgefahrenmanagement über Plattformen, gemeinsame Beratungen und Rahmenbedingungen zu verbinden.  
Folgerung: Im Modell sollte die Arbeit verschiedener Akteure abgebildet werden.

3. Die Entwicklung und Umsetzung von effektiven Präventionsmaßnahmen ist oft nur dann möglich, wenn Zusammenhänge und Wechselwirkungen auf lokaler und regionaler Ebene berücksichtigt werden.

Folgerung: Sofern umsetzbar, sollte ein Modell sowohl die Einflussgrößen als auch die Gegenmaßnahmen auf regionaler und lokaler Ebene darstellen.

4. Die Entwicklung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr setzt voraus, dass sich die Bevölkerung aktiv an deren Umsetzung im Rahmen der Eigenvorsorge beteiligt. Eine Sensibilisierung und Schulung der Risikowahrnehmung für dieses Thema muss daher vorangeschaltet werden. Modelle und Workshops bieten dafür sehr gute Voraussetzungen (Sermet et al., 2018b, Bogdan et al., 2021).

Folgerung: Das Modell sollte stark interaktiv ausgelegt sein, damit eine hohe Lernwirkung erzielt wird.

5. Der Risiko Governance-Ansatz kann nicht allein durch wissenschaftliche Diskussionen weiterentwickelt werden. Konkrete Lösungen müssen in der betroffenen Region vor Ort entwickelt und optimiert werden. Dies kann allerdings nur gelingen, wenn über geförderte Initiativen die betroffenen Menschen eingebunden werden.

Folgerung: Die Modellbetrachter sollten ihre Lebenswirklichkeit im Modell wiederfinden. Sie können sich idealerweise mit der fiktiv dargestellten Ortschaft, Landschaft, Natur identifizieren.

### 1.3 Naturgefahren im alpinen Raum

Diese Studie und das daraus resultierende interaktive physikalische Modell folgen den Empfehlungen, wie Risiko Governance im Zusammenhang mit Naturgefahren bezüglich verbleibendes Risiko und Überlastfall verbessert werden kann (Schneiderbauer et al., 2018b). Herauszuheben ist dabei die Motivation zur Schaffung einer Risikokultur, bei der sich eine Gesellschaft dem verbleibenden Risiko bewusst ist. Dies beinhaltet eine gezielte, Zielgruppen-abgestimmte und sorgfältige Risikokommunikation. Wichtige Aspekte können dazu sein,

- bereits Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene unter Einbeziehung von Schulen, Aktionstagen und Weiterbildungen frühzeitig über Naturgefahren, ihre Schadenswirkung und die zugehörigen Risiken aufzuklären,
- Information und Aufklärung der Öffentlichkeit hinsichtlich der Restrisiken bei Naturgefahren, ohne dabei eine Atmosphäre der Angst zu schaffen,
- multimodale Risikokommunikation anwenden, sodass die bereitgestellten Informationen über verschiedene Kanäle aufgenommen werden können,
- Kommunikationstechniken wie Storytelling gezielt einsetzen, um aus Erfahrungen der Gesellschaft heraus den Umgang mit Naturgefahren aufzuzeigen.

Eine effektive Risikokommunikation für den Alpenraum wird dadurch erschwert, dass im Allgemeinen eine Vielzahl von Naturgefahren, teilweise auch gleichzeitig oder in Wechselwirkung, auftreten und dazu noch regional unterschiedlich ausgeprägt sein können. Dazu zählen:

- Flusshochwasser als Übertritt des fließenden Wassers aus dem Gewässerbett, bei dem der Wasserstand deutlich über dem Pegelstand des Mittelwassers liegt, ausgelöst durch langanhaltende großflächige Regenfälle (Dauerregen) oder lokal begrenzte Niederschlagsereignisse mit hohen Niederschlagssummen in wenigen Minuten beziehungsweise Stunden (Starkregen)
- Hochwasser an Wildbächen mit relativ steiler Sohneigung, mit stark wechselnder Wasserführung und raschem Erreichen der Abfluss-Spitze unter zeitweise hoher Geschiebeführung und

teilweise hohem Wildholzanfall, ausgelöst durch meist heftige Niederschläge bei Sommergewittern in siedlungsnahen relativ kleinen Einzugsgebieten

- Murgänge in steilen Wildbächen als niedergehendes Gemisch aus Wasser, grobem und feinem Schutt oder Schlamm sowie Wildholz mit einem Feststoffanteil in der Regel von mindestens 30 %
- Schuttströme als Hangbewegung, bei der die Schuttmassen breiartig in einer sehr langgestreckten, schmalen Form meist sehr langsam (kriechend) talwärts fließen
- Erdbeben durch langsames bis schnelles Abrutschen des Erdreiches oder Gesteins
- Felssturz und Steinschlag als plötzlichen und ohne Vorwarnung auftretenden Abbruch oder Abgleiten von Felswänden, ausgelöst durch Aushöhlung, Verwitterung, Rückgang von Permafrostböden und häufig verstärkt durch fehlenden Schutzwald, bei gleichzeitiger Entwicklung einer hohen Geschwindigkeit der Sturzmasse mit resultierender großer einwirkender Energie am Einschlagsort.
- Lawinen als rasche Schneebewegungen über eine Länge von mehr als 50 Meter, ausgelöst durch Abrutschen von großen Mengen an Schnee an Berghängen
- sonstige relevante Gefahren wie beispielsweise Waldbrände, Ausbrüche von Gletscherseen, Hagel, Blitzschlag oder Sturm

Da man in einem physikalisch interaktiven Modell nicht alle Naturgefahren gleichermaßen abbilden kann, liegt der Fokus in diesem Projekt auf den Themen Hochwasser, Wildbach, Starkregen und Murgang, und weniger auf anderen gravitativen Massenbewegungen, wie Rutschungen oder Schneelawinen. Trotzdem werden in der Recherche zu bereits bestehenden Modellen alle Naturgefahrenmodelle betrachtet, um bewährte Vorgehensweisen (Best-Practice) herauszuarbeiten.

Im zu erstellenden Modell sollte zusätzlich der Begriff des Risikos als Kernbegriff im Risiko Governance und die damit zusammenhängenden Begriffe der Gefahr, der Vulnerabilität und der Exposition abgebildet und kommuniziert werden. Die Betrachter bzw. Nutzer des Modells sollen verstehen, dass sich ihr persönliches Risiko gegenüber einem Extremereignis aus dem Zusammenspiel der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadenpotenzials zusammensetzt. Die Botschaft soll dabei sein, dass man eine gewisse Vulnerabilität (Anfälligkeit) gegenüber einer Gefahr hat und die exponierten Personen, Sachgüter oder Systeme im Gefährdungsbereich Schaden nehmen können, wenn diese einem Gefahrenprozess ausgesetzt sind. Auch wenn die Betrachter aufgrund der seltenen Eintrittswahrscheinlichkeit insgesamt ein sehr geringes Risiko wahrnehmen, sollen sie realisieren, dass ein verbleibendes Risiko trotz Präventionsmaßnahmen weiterhin besteht.

## 1.4 Risikowahrnehmung und Sensibilisierung

Die Wahrnehmung des Risikos und der tatsächlichen Gefahr im Katastrophenfall sind wichtige Einflusskomponenten, wie eine einzelne betroffene Person sich während und nach dem Schadensereignis verhält. Die Risikowahrnehmung gründet sich zum einen auf einer stark subjektiven individuellen Einschätzung und Beurteilung der Wahrscheinlichkeit einer Gefahr und der damit verbundenen Konsequenzen. Zum anderen wird Risiko teilweise rein intuitiv wahrgenommen oder die damit einhergehenden Empfindungen von limitierten Informationsquellen bezogen (u. a. Hörensagen, mediale Berichterstattung, Social Media). Selten basiert die Wahrnehmung von Risiko in der Bevölkerung auf Wissen von objektiven Risikofaktoren (Shin et al., 2019). Im Rahmen des Risikomanagements ist es daher besonders wichtig geworden die öffentliche Wahrnehmung von Risiko zu evaluieren und schlussendlich in der Bevölkerung zu steigern (Ge et al., 2021).

Aktuelle Studien (Ruin et al., 2007, Miceli et al., 2008, MingChou et al., 2008, Wachinger et al., 2013, Choon et al., 2019, Ge et al., 2021) zeigen, dass die Wahrnehmung und das Empfinden von Risiko in starkem Zusammenhang (1) zur Risiko-Expositionen, (2) zu selbst erlebten/durchlebten Extremereignissen oder indirekten Berichten (Familie, Freunde, Medien) über die Ereignisse, (3) zum öffentlichen Vertrauen in die staatlichen Maßnahmen und (4) zur Initiierung von individuellen praktischen Gegenmaßnahmen stehen. Die Risikowahrnehmung beeinflusst wesentlich die Akzeptanz von präventiven Schutzmaßnahmen oder die Umsetzung eigener Maßnahmen zur Vorsorge (Eigenvorsorge). Das Verhalten eines Einzelnen an eine Bedrohung im Risikogebiet hängt von den vorhandenen Vorsorgemaßnahmen (staatlich, kommunal, privat), der allgemeinen (behördlichen) Risikokommunikation und -information, als auch den tatsächlich erfolgreich umgesetzten Gegenmaßnahmen im tatsächlichen Katastrophenfall (z. B. Evakuierung, Rettung, Gebäudeschutz) ab (Stancu et al., 2020).

Eine große Rolle spielt dabei das lokale Zugehörigkeitsgefühl. Forschungsergebnisse lassen vermuten, dass Personen, die sich mit einem Ort identifizieren oder sich an diesen gebunden fühlen, die potenzielle Verletzlichkeit dieses Ortes gegenüber einem Risiko tendenziell unterschätzen (Bonaiuto et al., 1996, Gifford et al., 2009). Eine gewisse Intensität an örtlicher Zugehörigkeit schwächt zudem das Verhältnis von Empfinden eines Risikos und dem vorbeugenden Verhalten zur Bewältigung von Hochwasserereignissen (Dominicis et al., 2015). Die Ergebnisse von Stancu et al. (2020) zeigen, dass Menschen mit einem starken Zugehörigkeitsgefühl zu einem Ort mit hohem Risiko gegenüber Naturgefahren (z. B. alpine Region) sich voraussichtlich eher geängstigt fühlen und weniger in der Lage sind effektive Bewältigungsstrategien zu entwickeln (Freeze-Reaktion), wenn das Risiko für ein Extremereignis subjektiv als hoch empfunden wird. Ist dieses Risiko tatsächlich auch objektiv hoch, so ist die Entwicklung von effektiven Bewältigungsstrategien bei diesen Menschen mit einer starken lokalen Verbundenheit wahrscheinlicher.

Ist das Risiko gegenüber Naturgefahren an einem Ort jedoch gering (z. B. nicht alpine Region), sind Menschen, die eine weniger starke Verbundenheit zu diesem Ort fühlen, jedoch eher dazu bereit Bewältigungsstrategien zu entwickeln, wenn die Menschen das Risiko gegenüber einem Extremfall subjektiv als hoch wahrnehmen (Fight-/Face-Reaktion). Ist hier das Risiko aber auch tatsächlich hoch, entwickeln diese Menschen weniger effektive Bewältigungsstrategien (Freeze-/Flight-Reaktion). Die Verbundenheit zu einem Ort oder einer Region kann also wesentlich dazu beitragen, wie Menschen sich bei dem Vorhandensein von Risiko verhalten, wie hoch die Akzeptanz gegenüber Schutzmaßnahmen ist und wie reflektiert mit Schäden nach einem Extremereignis umgegangen wird. Die Wirkungen könnten dann vermutlich besonders verstärkt werden, wenn es gelingt, das subjektive Risikoempfinden an das tatsächlich vorhandene objektive Risiko in der Region anzupassen. Dazu ist eine wirksame und wahrheitsgetreue Risikokommunikation und -information, als auch die Steigerung des Bewusstseins gegenüber Naturgefahren notwendig. Ein interaktives physikalisches Modell kann dazu einen wesentlichen Beitrag leisten.

Neben den staatlichen Schutzmaßnahmen ist es jedoch essenziell, dass die Bevölkerung eigene Maßnahmen zur Minderung des verbleibenden Risikos ergreift. Die Umsetzung und Installation solcher „privaten Schutzmaßnahmen“ im Rahmen der Eigenvorsorge ist aber häufig mit Kontroversen verbunden, nicht zuletzt, weil sie eigenfinanziert werden müssen, deren Wirkung angezweifelt wird oder die verschiedenen Arten der technischen Maßnahmen überhaupt nicht bekannt sind. Pagliacci et al. (2020) führten eine Studie in der von Starkregenniederschlägen gefährdeten italienischen Region Venetien durch. Das Ergebnis zeigen (Abb. 1), dass über zwei Drittel der Bevölkerung keine Gegenmaßnahmen installieren, weil sie sich nicht von einem Extremereignis bedroht fühlen, obwohl für die Region objektiv ein hohes Risiko für Überflutungen durch Starkregenniederschläge besteht. Sieben Prozent der Befragten geben eine mangelnde Kenntnis über die vorhandenen Schutzmaßnahmen und deren Nutzen an. Gerade dieser Gesichtspunkt stellt für Pagliacci et al. (2020) die größte Barriere für die erfolgreiche Abschwächung von Überflutungen durch Starkregenniederschläge auf privaten Grundstücken dar. Generell könnten aber beide Gesichtspunkte durch eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Aufklärung verändert werden. Dazu dienen unter anderem auch staatlich bereitgestellte Informationsbroschüren und Handreichungen, z. B. beim Thema Hochwasser (Land Oberösterreich, 2016, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2018). Jedoch kann auch hier ein interaktives physikalisches Modell unterstützen.

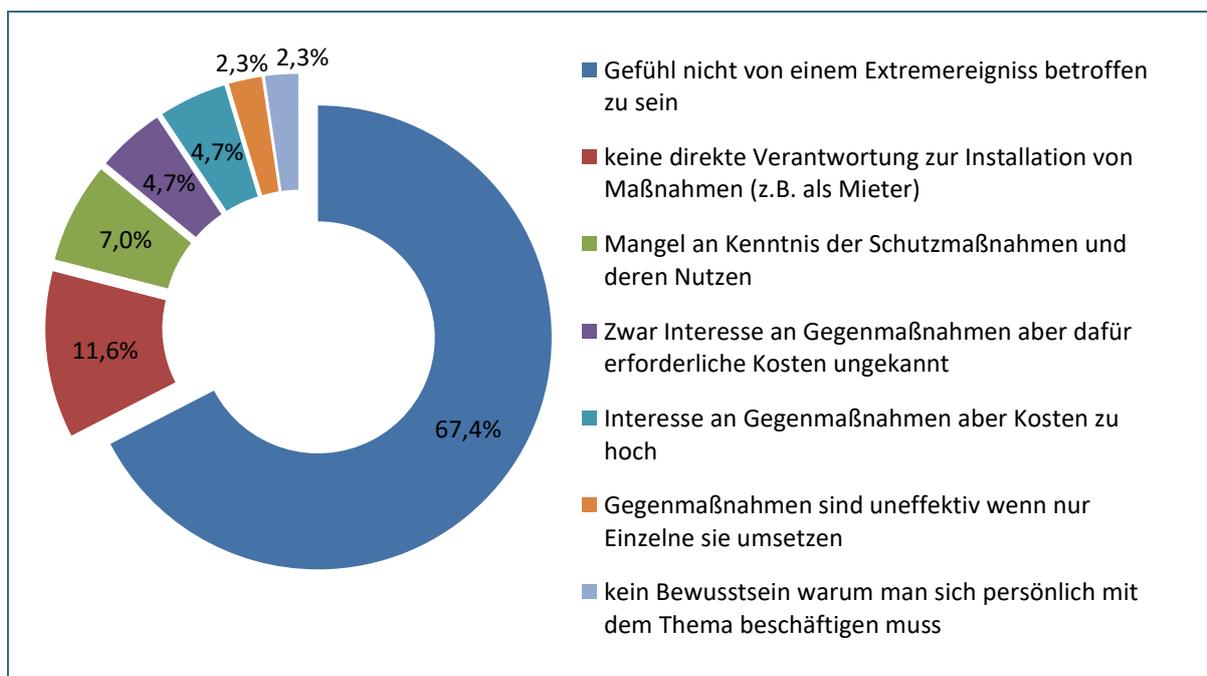


Abb. 1: Gründe für die Nichtbereitschaft entsprechende Maßnahmen gegen Überflutungen durch Starkregenerereignissen im eigenen Haushalt bzw. beim Eigenheim zu implementieren: Die Daten entstammen der Studie von Pagliacci et al. (2020) für die von Starkregenniederschlägen gefährdete italienische Region Venetien.

## 1.5 Naturgefahrenmodelle als Demonstrationsmodelle

An Demonstrationsmodellen (Demonstrationsversuche) wird plakativ eine Problematik beobachtet oder studiert, ohne dass das Modell zwingend scharfen physikalischen übertragbaren Gesetzmäßigkeiten folgt. Bestimmte Prozesse werden dabei stark vereinfacht dargestellt, andere Effekte können ggf. übertrieben präsentiert werden, um eine Aussagewirkung zu erzeugen. Im Vordergrund steht die Visualisierung der Problemstellung, die Kommunikation der Kernaussagen und die Verständlichkeit der Systemprozesse. Dabei sollen diese Modelle im besten Fall zur aktiven Interaktion einladen. Die Herausforderung bei deren Konzeptionierung ist die Auswahl der Modellinhalte und die Auswahl methodischer Verfahren. Das Modell muss auf der einen Seite übersichtlich bleiben und auch für den Laien möglichst intuitiv verständlich sein. Auf der anderen Seite müssen teilweise komplexe Systemprozesse verständlich dargelegt werden. Anders als Modelle im wasserbaulichen Versuchswesen, werden Demonstrationsmodelle jedoch nicht zwingend nach Ähnlichkeitsgesetzen erstellt, da in der Regel die geometrische Skalierung viel zu groß ist. Daraus resultiert, dass Abflüsse, Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Kräfte nicht maßstäblich in die Wirklichkeit übertragbar sind. In der Regel werden auch keinerlei Messinstrumente benötigt, solange sie nicht zur Steuerung des Modells erforderlich oder Teil des didaktischen Verfahrens sind. Ein Demonstrationsmodell sollte dennoch die wesentlichen Wirkungen der natürlichen Prozesse visualisieren können. Die Betrachter finden im Idealfall ihre Lebenswirklichkeit im Modell repräsentiert.

Im Folgenden werden drei Arten von Demonstrationsmodellen unterschieden, nach denen die Modelle in dieser Studie klassifiziert wurden.

<b>Präsentationsmodelle</b>	<p>Präsentationsmodelle dienen der reinen visuellen oder akustischen Darstellung von Prozessen. Die Modellbetrachter können kein oder nur wenig haptisches Feedback erfahren. Eine Interaktion mit dem Modell oder den stattfindenden Prozessen findet in der Regel nicht statt. Die Abläufe im Modell werden vom Demonstrator initiiert, verändert und gestoppt. Die beobachteten Prozesse können jedoch im Lehrgespräch und in Diskussionen aufgearbeitet, besprochen und weiter vertieft werden, was durch den Demonstrator moderiert werden muss. Meist kommen solche Modelle zum Einsatz, wenn die Modellkonstruktion sehr fragil ist, empfindlich reagiert oder bei unsachgemäßer Bedienung gewisse Schäden nehmen kann. Dies kann besonders bei jungen Modellbetrachtern (Kinder, Jugendliche) auftreten. Auch beim Einsatz mit großen Betrachtergruppen (Messen, Ausstellungen, Schulklassen) kann eine reine Präsentation des Modells sinnvoll sein, wenn die Gruppe für eine gleichzeitige Interaktion zu groß ist.</p>
-----------------------------	---

<p><b>Haptisch - interaktive Modelle</b></p>	<p>Bei diesen Modellen können die Modellbetrachter neben den visuellen und akustischen Erfahrungen, die Prozesse im Modell sowohl taktil über den Tastsinn (passive Wahrnehmung) erfahren oder über das aktive ertasten haptisch wahrnehmen (aktive Wahrnehmung). Das mögliche Spektrum an Haptik ist dabei recht groß. Im geringsten Fall können die Betrachter Oberflächen oder Stoffe lediglich spüren oder anfassen, die im Modell verbaut sind oder beispielsweise Wasser, was im Modell fließt. Ein hoher Grad wird erreicht, wenn das Modell interaktiv ausgelegt ist. Den Modellbetrachtern wird dabei ein möglichst hohes Maß an Gestaltungsfreiraum ermöglicht. Nach Bereitstellung des Modells, der Einweisung in die Modellbedienung und ggf. Erklärung einer Aufgabe, sollen die Betrachter sich die Prozesse selbst erarbeiten. In der Regel können solche Modelle die topografische Umgestaltung der Modelllandschaft (morphodynamische Modelle), das Setzen, Verschieben und Entfernen von Modellbestandteilen (Häuser, Autos, Personen) oder das Steuern und Regeln von natürlichen und technischen Prozessen (z. B. Durchfluss, Niederschlag, Deich bauen) ermöglichen. Dieses pädagogische Vorgehen bringt im Bereich der Naturgefahrenmodelle viele Vorteile und verstärkt den Lerneffekt. Die Modellbetrachter können beispielsweise ein eigenes Schutzkonzept für eine Ortschaft erstellen, anschließend das Ereignis auslösen, die Konsequenzen der eigenen Maßnahmen beobachten und ggf. ihre Maßnahmen korrigieren. Haptische und interaktive Modelle können allerdings nur von einer kleinen Gruppe von Betrachtern gleichzeitig verwendet werden, da sonst sich mehrere Akteure behindern. Es bietet aber die Chance bestimmte Aufgaben innerhalb einer zusammen operierenden Gruppe zu koordinieren. So können interaktive Gruppenarbeiten gestaltet werden.</p>
--	--

<p><b>pädagogische Spiele, digitale Modelle, Virtual Reality</b></p>	<p>Pädagogische Spiele bieten eine effektive Methode, besonders bei Kindern und Schülern das spielerische Erlernen zu fördern. Das pädagogische Spielen nutzt den natürlichen Spieltrieb von Kindern, um Wissen für bestimmte Themenbereiche zu vermitteln. Je intensiver dabei die erlebten Emotionen bei einem Spiel sind, desto mehr davon verbleibt im Gedächtnis, was als Grundlage für das weitere Lernen dient. Die pädagogische Ausrichtung wird dann gestärkt, wenn besonders der Spaß beim Spielen im Vordergrund steht und die didaktischen Inhalte versteckt bleiben. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit der heutigen Computertechnik können pädagogische Spiele auch zunehmend digital realisiert werden. Dies spricht besonders eine Computerspiel-affine junge Generation (Kinder, Jugendliche) an. Durch den Einsatz von virtueller Realität (VR) können die zu kommunizierenden Inhalte noch erlebbarer gemacht werden.</p>
--	--

## 2 Vorgehensweise und Analyse der Studie

### 2.1 Recherche der bereits existierenden Modelle

Die Recherche zu den bereits existierenden Naturgefahrenmodellen wurde im Schwerpunkt mit einem Fragebogen vollzogen (Anh. 7.1). Dieser wurde über den EUSALP AG8-Emailverteiler an die Mitglieder der Alpenländer versendet und außerdem browserbasiert als elektronisches Formular bereitgestellt. Das Format dieses Fragebogens war bewusst relativ offen gehalten, um die Möglichkeit zu geben, die Fragen zu den doch sehr unterschiedlichen Modellen recht frei zu beantworten. Dies wurde vor dem Hintergrund der heterogenen Modelle als sinnvoll erachtet. Die Beantwortung des Fragebogens nahm in etwa 10 Minuten in Anspruch.

Zunächst wurden in einem allgemeinen Fragenteil das Land, die Region und die Organisationsart (national, regionale, kommunale, internationale, Forschungseinrichtung, privates Unternehmen, andere) erfragt, um das jeweilige Modell zu lokalisieren. Es folgten Fragen zur Art des Modells (physikalisches interaktives Modell, physikalisches Modell zur Vorführung / Demonstration, digitales Modell, interaktives Spiel), der Mobilität des Modells (ortsfest oder mobil) und der im Modell abgebildeten Prozesse. Anschließend sollte aufgeführt werden, warum das Modell erstellt worden ist, welche Ziele man damit erreichen und welche Ziel-/Altersgruppe man ansprechen wollte. Desweiteren konnte angekreuzt werden, bei welchen Gelegenheiten das Modell bereits eingesetzt wurde (Schulen, Messen, Erlebniszentren, Öffentlichkeitsarbeit) und wer zum Betreiben des Modells erforderlich ist (Personenanzahl, Qualifikation). Es folgten Abfragen zum allgemeinen Aufbau und der Konstruktion des Modells, der Raumskala (geometrischer Maßstab), der Visualisierung der Prozesselemente und zum methodischen Ablauf. In einem weiteren Abschnitt konnten die Beantwortenden des Fragebogens das jeweilige Modell kritisch evaluieren. Dies war besonders in Hinblick auf das Herausarbeiten bewährter Vorgehensweisen (Best-Practice) erforderlich. Zunächst wurde erfragt, ob die Beantwortenden die Komplexität der dargestellten Prozesse als sehr hoch, mittel oder niedrig beurteilten. Weiterhin sollte eingeschätzt werden, welche Details sich in der Umsetzung des Modells und dessen Verwendung in der Öffentlichkeitsarbeit bewährt hatten.

Die Recherche sollte sich primär auf den Alpenraum beschränken. Nichtsdestotrotz wurde darüber hinaus eine Literaturrecherche initiiert, die weitere Naturgefahrenmodelle auch außerhalb des Alpenraums identifizierte. Somit konnten zusätzliche Informationen zu bewährten Vorgehensweisen herausgefiltert werden, die einen deutlichen Mehrwert für die Studie lieferten. Es sei noch angeführt, dass die Informationengewinnung zu weiteren Modellen teilweise auf Empfehlungen von externen Partnern zurückzuführen ist.

### 2.2 Analyse und Bewertung

Nach Beendigung der Recherche lagen 31 Modelle aus Fragebögen, Literaturstellen oder sonstigen Recherchen vor. Davon sind 26 Modelle in die Studie eingeflossen. Zwei Modelle aus der Schweiz wurden nicht in die Studie aufgenommen, da sie reine wissenschaftliche wasserbauliche Versuchsmodelle sind. Ein Modell existiert lediglich in der Planung (*Climate Change Adaptation Model Region "KLAR! Zukunftsregion Ennstal", Steiermark, Österreich*) und für ein weiteres Modell aus dem Heimschuh Workshop (*Models of different types of barriers for torrent and avalanche control - (Austria)*) gab es keine Rückmeldung. Ein digitales Modell der österreichischen BFW (*Flow-py*) wurde ebenfalls nicht in die Studie aufgenommen, da es sich um ein rein wissenschaftliches Simulations-Tool handelt, ohne Anwendung in der Öffentlichkeitsarbeit.

### 2.2.1 Lokalisierung, Organisationszugehörigkeit und Modellart

Abb. 2 zeigt eine Karte des Alpenraumes, in welche die berücksichtigten Rückmeldungen auf den Fragebogen markiert worden. Die Mehrzahl der vorliegenden Modelle entstammt dem deutschsprachigen Raum: Deutschland (6), Österreich (5), Schweiz (3). Aus Italien wurden 4 Modelle gemeldet, wobei sich dies regional auf Südtirol konzentriert. Jeweils eine Rückmeldung gab es aus Frankreich und Slowenien. Nicht in Abb. 2 markiert sind die Beispiele aus den Literaturrecherchen. Diese stammen aus Großbritannien (1), Türkei (1), den USA (3), sowie von den Vereinten Nationen (1).



Abb. 2: Karte der berücksichtigten Rückmeldungen auf den Fragebögen für den alpinen Raum. Vertreten sind die Länder Deutschland (6), Österreich (5), Schweiz (3), Italien (4), Slowenien (1) und Frankreich (1).

Eine Auswertung der organisatorischen Zugehörigkeit (Abb. 3) zeigt, dass etwa ein Drittel der Modelle regional stationiert ist und die dortigen Gegebenheiten repräsentieren. Dies trifft besonders für die Regionen wie Südtirol oder Bayern zu. Etwa ein Viertel der Modelle ist auf nationaler Ebene positioniert, so z. B. in Österreich, wo die Modelle von der Hauptstadt Wien aus initiiert und bereitgestellt werden. An Forschungseinrichtungen werden ebenfalls Naturgefahrenmodelle vorgehalten (19 %), die sich teilweise aus abgeschlossenen wasserbaulichen Versuchen ergeben oder zu Lehrzwecken eingesetzt werden. Private Unternehmen (15 %) vertreiben kommerzielle Naturgefahrenmodelle, was sich allerdings eher auf das Gebiet außerhalb des Alpenraumes bezieht. Deutlich untergeordnet ist die Zugehörigkeit von Modellen zu kommunalen Einrichtungen (4 %) oder internationalen Organisationen (4 %).

Wertet man die Modelle nach der Modellart aus (Abb. 4), so zeigt sich eine relativ gleiche Aufteilung von Präsentationsmodellen (35 %), haptisch-interaktiven Modellen (38 %) und pädagogischen Spielen, digitalen Modellen und Virtual Reality (27 %). Die Auswertung der Fragebögen und der Literaturrecherche lassen darauf schließen, dass besonders die digitalen Modelle und der Einsatz von Virtual Reality besonders in den letzten vier Jahren zugenommen haben. Es kann vermutet werden, dass

dieser Trend weiter anhält und der Anteil an Naturgefahrenmodellen sich durch die immer effektiveren Methoden der Computer- und IT-Technologie steigert.

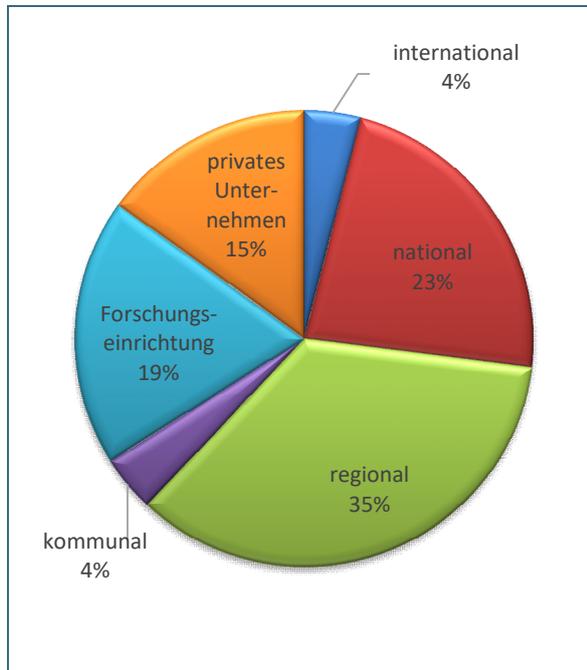


Abb. 3: Prozentuale Aufteilung, auf welcher Organisationsebene das jeweilige Modell zugehörig ist.

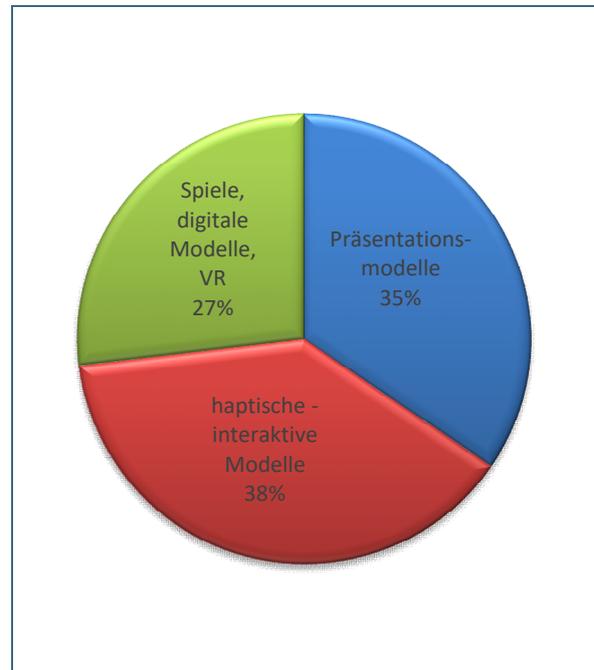


Abb. 4: Einteilung nach der Modellart

### 2.2.2 Kategorisierung nach Handhabbarkeit und Interaktivität

Im Fragebogen wurde ebenfalls die Handhabbarkeit (Abb. 5) erfragt und darum gebeten, den Grad der Interaktivität einzuschätzen (Abb. 6). Ein Großteil der Modelle kann mobil eingesetzt werden. Diese Modelle sind in der Regel nur so groß, dass sie in einem PKW oder einem Kleintransporter transportiert werden können. Etwa ein Viertel der Modelle ist ortgebunden und kann nicht transportiert werden. Dies betrifft im Wesentlichen die sehr großen, umfangreichen Modelle, die teilweise aus wasserbaulichen Versuchen hervorgegangen sind. Reine digitale Modelle (browserbasiert Spiele, Virtual Reality) machen 19 % der Modelle aus.

Die Hälfte der Beantwortenden des Fragebogens schätzten ihr Modell als hoch interaktiv ein (Abb. 6). Diese Modelle sind in der Regel haptisch-interaktive Modelle oder pädagogische Spiele, digitale Modelle bzw. Virtual Reality. Die andere Hälfte verteilt sich fast gleichmäßig auf einen mittleren oder niedrigen Grad an Interaktivität und umfasst eher die Präsentationsmodelle.

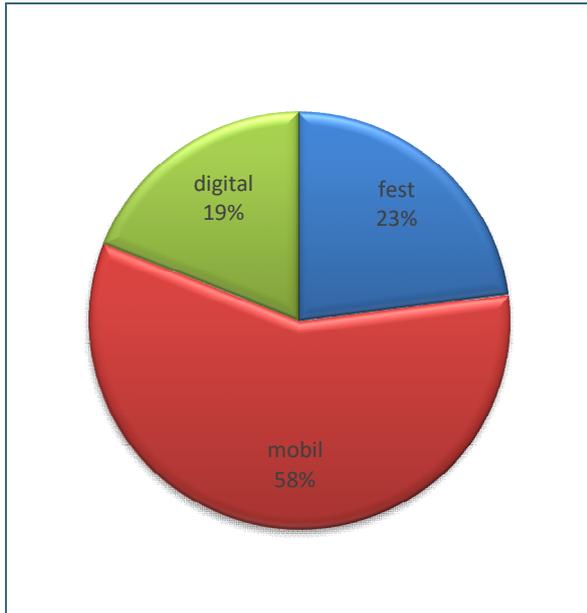


Abb. 5: Handhabbarkeit des Modells

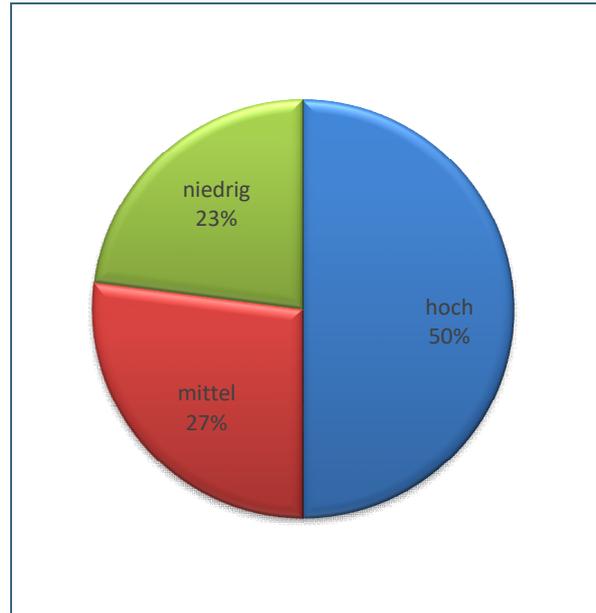


Abb. 6: Wie schätzen die Modellbesitzer den Grad an Interaktivität ihrer Modelle ein.

### 2.2.3 Einteilung nach Ziele, Zielgruppe und Einsatzorte

Die Auswertung der Zielgruppe ergab, dass die deutliche Mehrzahl der Modelle ursprünglich vorrangig für Kinder, Jugendliche und Schüler konzipiert worden ist (Abb. 7). Allerdings gaben viele Beantwortende auch an, dass das Modell gleichermaßen für erwachsene Laien angewendet wurde, indem das gezeigte Szenario im Modell weniger spielerisch umgesetzt und das sprachliche Niveau angepasst wurde. Ein relativ geringer Prozentsatz der Modelle war für ein themenspezifisches Publikum bzw. für Fachleute ausgelegt.

Der Großteil der Modelle war bereits in der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit im Einsatz (Abb. 8). Aber auch an Schulen und bei Aktionstagen verwendete man die Modelle zur Vermittlung der Naturgefahren, hierbei besonders mit der Zielgruppe von Schülern, Kindern und Jugendlichen. Eine geringe Anzahl von Modellen wird in Ausstellungen oder Museen vorgeführt.

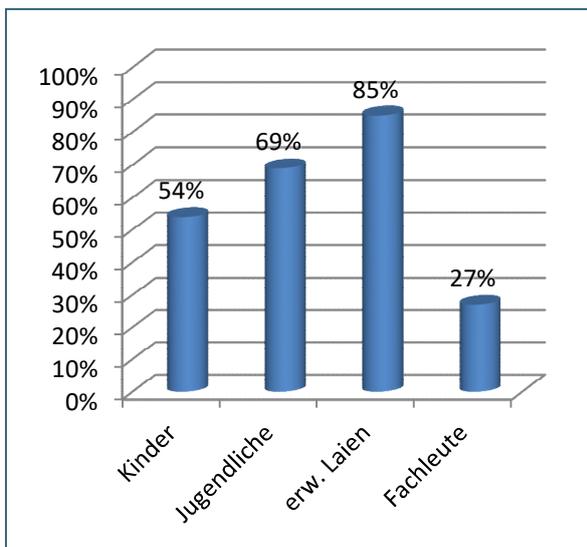


Abb. 7: Durch das Modell anzusprechende Zielgruppe (Mehrfachnennung möglich)

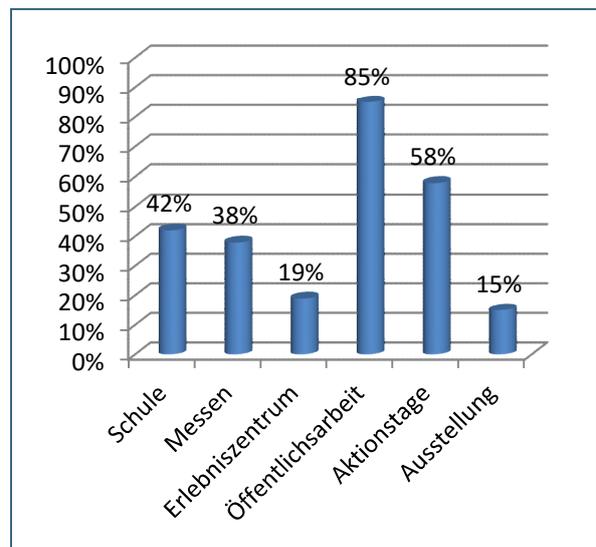


Abb. 8: Einsatzorte des Modells (Mehrfachnennung möglich)

Mit der Erstellung, dem Transport und dem Betreiben des Modells ist stets ein gewisser Aufwand verbunden, der allerdings – so wird angenommen – als sehr subjektiv empfunden wird (Abb. 9). Dieser wurde insgesamt jeweils von ca. einem Drittel der Beantwortenden als hoch oder niedrig eingeschätzt. Einen mittleren Aufwand meldete man für 42 % der Modelle. In der Regel ist der Aufwand für die haptisch-interaktiven Modelle sehr hoch, da man die Interaktion anleiten, moderieren und anschließend auswerten und diskutieren muss. In der Erstellung sind besonders die digitalen Modelle und Simulation mit virtueller Realität aufwendig. Wenn diese aber distribuiert sind, verringert sich der Aufwand deutlich.

Für das Betreiben der Modelle benötigten 54 % der Modelle eine Zuführung von Wasser oder einen Wasseranschluss; 46 % benötigten darüber hinaus einen Stromanschluss (Abb. 10). Vollkommen autark waren 27 % der Modelle, was hauptsächlich die pädagogischen Spiele und die Browser-basierten digitalen Modelle betrifft.

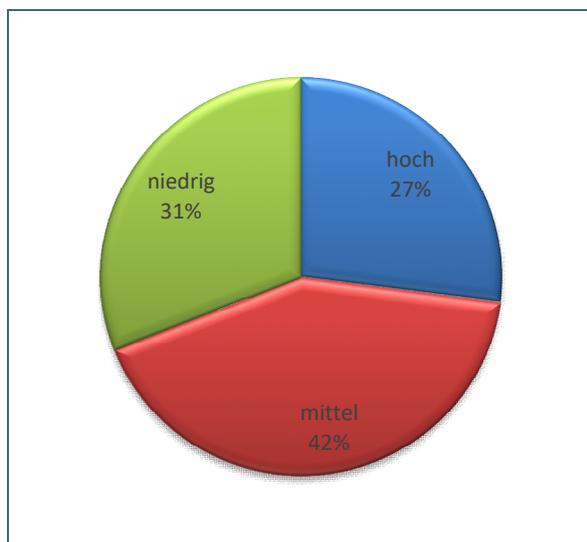


Abb. 9: Eingeschätzter Aufwand zur Erstellung und zum Betreiben des Modells.

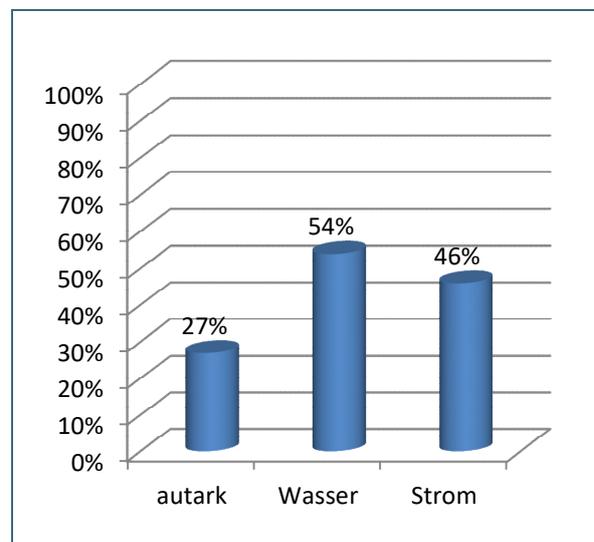


Abb. 10: Rückmeldung hinsichtlich der erforderlichen Infrastruktur zum Betreiben des Modells (Mehrfachnennung möglich)

#### 2.2.4 Auswertung der betrachteten Prozesse und der Prozesselemente

Eine wichtige Information der Studie war die Abfrage der in den existierenden Modellen bereits betrachteten Prozesse. Dies sollte darüber Aufschluss geben, welche Prozesse in den Modellen bisher verstärkt abgedeckt wurden und welche eher eine untergeordnete Rolle spielen (Abb. 11). Die absolute Mehrheit der Modelle beinhaltet das Thema Hochwasser, in Verbindung mit den Vorgängen in Wildbächen und darin eingeschlossen den Transport von Geschiebe und Wildholz. In den letzten Jahren sind zudem vermehrt die Themen von wild abfließendem Wasser und plötzlichen Überschwemmungen nach Starkregenereignissen (Sturzflut) in den Fokus der Modelle gerückt. Etwa 23 % der Modelle beinhalten außerdem Themen bezüglich der Schäden an Eigenheimen, beziehungsweise betrachten die Thematiken um die Eigenvorsorge. Relativ wenige Modelle beschäftigen sich mit Schneelawinen, Steinschlägen oder Erdbeben. Es kann vermutet werden, dass die letzten drei Kategorien in Bezug auf das Schadenspotenzial eine untergeordnete Rolle spielen, die Bevölkerung insgesamt weniger damit in Berührung kommt bzw. hinsichtlich von Schäden weniger betroffen ist. Weiterhin spielt das Thema der Eigenvorsorge insbesondere bei dem Thema Hochwasser, Wildbachgefahren, wild abfließendem Wasser, Sturzflut und Starkregen eine entscheidende Rolle, da die gefährdeten Personen gerade in diesem Themenbereich effektive Gegenmaßnahmen im Überlastfall einleiten können.

Die Auswertung der betrachteten Prozesse verdeutlicht, dass in den zukünftigen Modell-Prototypen sowohl die Themen wild abfließendes Wasser, Sturzflut, als auch Starkregen und besonders Eigenvorsorge einen besonderen Platz einnehmen sollten. Damit könnte diesen Themen ein höheres Gewicht in der Kommunikation von Naturgefahren eingeräumt werden. Ein im Prototyp nicht abzubildender Prozess wird die Schneelawine sein. Die Wechselwirkung zwischen einem Hochwasser in einem Gewässer und einem einmündenden Wildbach innerhalb einer Ortschaft wäre aber ein durchaus wertvolles Szenario. Damit könnte weiterhin das Thema des Geschiebetransports und die Gefahren aus dem Wildholzanfall abgedeckt werden.

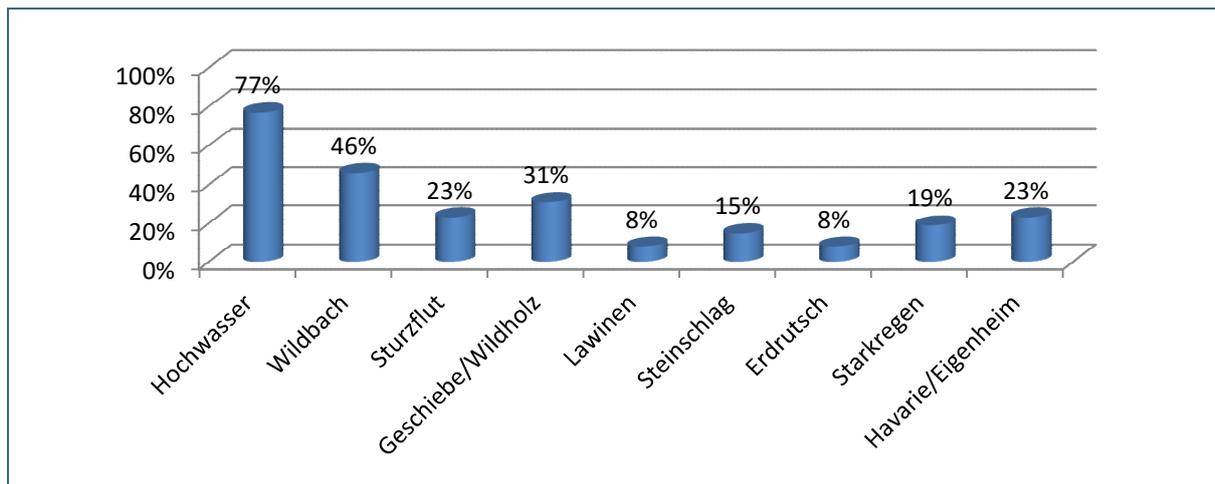


Abb. 11: Welche Prozesse werden in bereits existierenden Modellen behandelt (Mehrfachnennung möglich)

In den recherchierten Modellen war besonders der Fluss ein wesentliches Prozesselement (Abb. 12). Mit 81 % bildet der Fluss in der Regel das Hauptmerkmal im Modell. Dies hat zur Folge, dass auch die zum Fließgewässer dazugehörigen Schutzmaßnahmen (z. B. Deich als Prinzip des Durchleitens) und die vom Hochwasser betroffene Infrastruktur (Häuser, Straße) häufig in den bereits existierenden Modellen abgebildet worden sind. Keines der recherchierten Modelle beinhaltet allerdings das Prinzip des Umleitens (z. B. Flutmulde, Flutgraben) und nur zwei Modelle behandeln das Prinzip des Zurückhaltens (Deichrückverlegung, Rückhalteraum, Rückhaltebecken), um die staatlichen Maßnahmen für den Hochwasserschutz zu kommunizieren.

Bei den Modellen mit stark alpinem Bezug ist weiterhin eine bergige Region beziehungsweise ein Hang ein zentrales Element. Hierbei werden besonders die Themen des Wildbaches, des Steinschlags, des Erdbebens oder der Lawine abgebildet. Als Prozesselement wird das Privateigentum jedoch recht wenig abgebildet (19 %). Dies beeinflusst damit auch die Kommunikationswirkung zum Thema Eigenvorsorge und der individuellen Gegenmaßnahmen im Überlastfall.

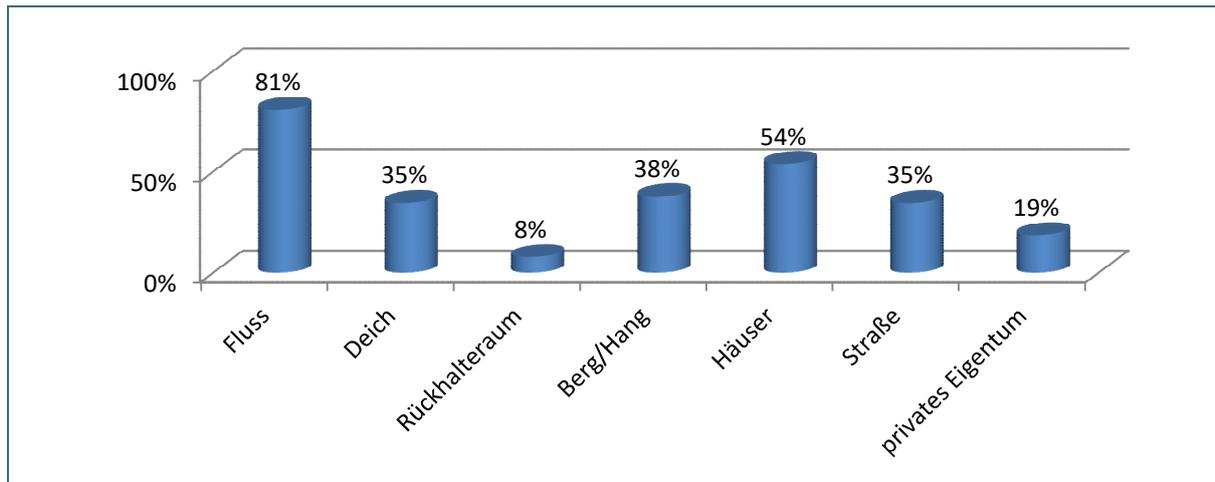


Abb. 12: Welche Prozesselemente werden in existierenden Modellen behandelt (Mehrfachnennung möglich)

Insgesamt ist festzustellen, dass in 85 % der Modelle bestimmte staatliche Schutzmaßnahmen behandelt werden (Abb. 13). Bei 42 % der Modelle werden kommunale Schutzmaßnahmen aufgezeigt, wie zum Beispiel forstwirtschaftliche Maßnahmen, Frühwarnsysteme oder organisatorische Maßnahmen auf Gemeindeebene. Mit ca. 19 % sind die Schutzmaßnahmen, die die Eigenvorsorge betreffen, deutlich untergeordnet. Gerade im letzten Bereich kann das neue physikalische Modell einen Mehrwert erzielen.

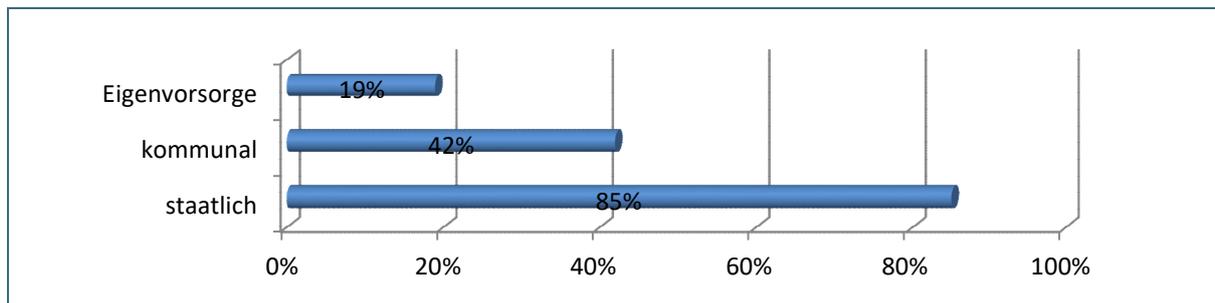


Abb. 13: Auf welcher Ebene sind die Schutzmaßnahmen, die in existierenden Modellen behandelt werden (Mehrfachnennung möglich)

## 3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die einzelnen bestehenden Modelle im Detail vorgestellt, wobei zwischen Präsentationsmodellen, haptisch-interaktiven Modellen und den pädagogischen Spielen, digitalen Modellen und Virtual Reality unterschieden wird. Zunächst wird sowohl das Modell ganz allgemein in seinem Aufbau beschrieben, als auch die Zielgruppe und der allgemeine Einsatzzweck genannt. Es folgen Erläuterungen der behandelten Prozesse sowie die Beschreibung der wesentlichen Punkte zum konstruktiven Aufbau und zur Funktionsweise, solange sie für die Auswertung und Eignung des jeweiligen Modells und der Ableitung von Handlungsempfehlungen für den Prototypen dienlich ist. Es schließt sich eine Bewertung des jeweiligen Modells an, bevor die besonders gelungenen Eigenschaften aufgelistet werden, welche im folgenden als *Best-Practice* bezeichnet werden. Diese werden am Ende dieses Kapitels zusammengetragen und deren Übertragbarkeit auf das neue physikalisch interaktive Modell (Prototyp) evaluiert. Am Ende eines jeweiligen Abschnittes werden ausgewählte Fotos und Abbildungen des jeweiligen Modells präsentiert.

### 3.1 Präsentationsmodelle

#### 3.1.1 Sturzflutmodell (Deutschland, UniBw München)

Das Sturzflutmodell der Universität der Bundeswehr München (Institut für Wasserwesen) wurde ursprünglich im Auftrag des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe für die Öffentlichkeitsarbeit auf der BAU Messe 2013 konzipiert und erstellt. Es handelt sich um ein Präsentationsmodell, an welchem die Auswirkungen des Hochwassers und der Sturzflut in Hinsicht auf die Schäden in einer Wohnsiedlung sichtbar werden sollen. Die ursprüngliche Zielgruppe war ein breites erwachsenes Publikum ohne zwingenden fachlichen Hintergrund. Nach der Vorführung auf Messen, wird das Modell immer noch an der UniBw München für Lehrzwecke und in der Öffentlichkeitsarbeit (Schulklasse, GirlsDay, Tag der offenen Tür) eingesetzt. Es dient auch der Sensibilisierung von Besuchergruppen und Schulklassen, womit sich die Zielgruppe auf ein jüngeres Publikum erweitert hat.

Im Modell wird ein Sturzflut-Szenario in einer fiktiven Wohnsiedlung dargestellt. Das Modellgebiet ist 2m lang und 67cm breit und wurde mit einem ungefähren geometrischen Maßstab von 1:50 konzipiert. Das Wasser wird aus einem 160 Liter Vorratstank über eine Pumpe ins Modell eingespeist. Das Modell kann so zerlegt werden, dass der Wassertank inklusive Technik separat vom Modellgebiet transportiert werden kann. Das Modell ist daher als mobil anzusehen. Abgebildet werden im Modell zwei Häuser mit sichtbarem Keller und Garage. Ein Haus weist keine Kellerabdichtung auf, weshalb die Hauselektrik bei Kellerflutung versagt. Visualisiert wird dies durch den Ausfall der Beleuchtung im Haus. Außerdem befindet sich in diesem Haus ein aufschwimmender Öltank. Das zweite Haus ist u. a. durch eine schwarze Wanne und erhöhte Lichtschächte vor direkten Wasserschäden geschützt. Allerdings erfährt das Haus bei ansteigendem benachbartem Grundwasser eine Auftriebswirkung. Als mögliche Folgen werden konstruktive Schäden angesprochen. Die Möglichkeit des Betrachters zur Interaktion besteht darin, Fahrzeuge, Personen, Mülltonnen, Geräteschuppen und Brennholzstapel, aber auch Sandsäcke an beliebiger Stelle im Modell zu platzieren. Die Gegenstände in der Ortschaft werden von der Flutwelle erfasst, verschoben oder gänzlich weggetragen. Über die dargestellte Straße führt eine Brücke, für die der Straßenverlauf abgesenkt wurde. Diese Unterführung läuft bei der Flutung voll, so dass auch dort geparkte Autos volllaufen und/oder aufschwimmen. Teile des Straßenzugs sind gegenüber dem angrenzenden Gelände abgesenkt, so dass die Bordsteinhöhe dort eine gewisse Schutzwirkung gegen das der Straßenführung folgende Wasser ausübt. Den gleichen Schutzeffekt können entsprechend platzierte Sandsäcke bewirken. Zur Verdeutlichung dieser Schutzwirkung werden auch Teile der Straße ohne oder mit abgesenkten Bordsteinen gefasst.

Auch wenn das Modell viele Details in einer Wohnsiedlung zeigt, ist das Modell von einem hohen Abstraktionsgrad gekennzeichnet. Das Hauptziel der Erstellung waren Themen der Eigenvorsorge und weniger staatlicher Schutzmaßnahmen. Daher sind die dargestellten physikalischen Vorgänge der Sturzflut bzw. des Hochwassers stark idealisiert.

**Best-Practice:**

- ✓ Das Modell lässt sich relativ leicht in zwei transportable Bereiche aufteilen.
- ✓ Im Modell werden Auswirkungen der Sturzflut sehr detailreich dargestellt (Tieflaufen von Garagen, Kellerflutung, etc.). Der Betrachter findet seine Lebenswirklichkeit wieder und kann seine Ortschaft, sein Haus, seinen Straßenzug vergleichen.
- ✓ Themen der Eigenvorsorge werden behandelt (Aufschwimmen des Öltanks, erhöhte Lichtschächte, Duplex-Stellplätze).

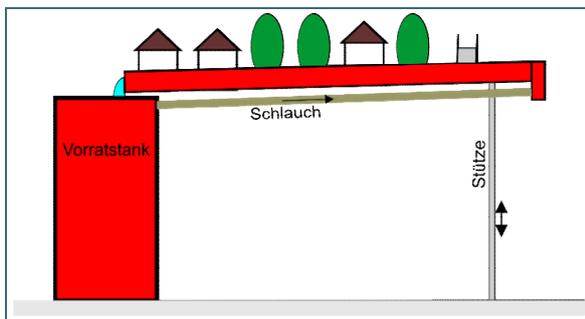


Abb. 14: Seitenansicht des Sturzflutmodells als Prinzipskizze

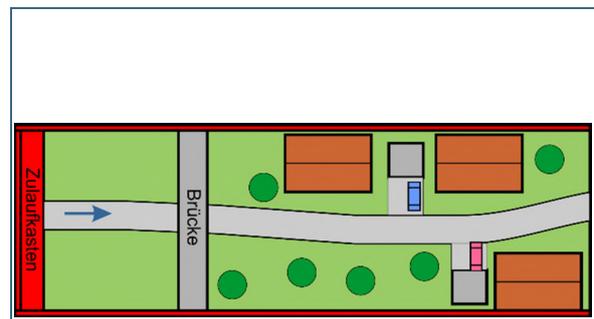


Abb. 15: Grundriss des Sturzflutmodells als Prinzipskizze



Abb. 16: Beginn der Sturzflut mit Erfassung der Autos und Personen (Fließrichtung von unten nach oben im Bild).



Abb. 17: Die Sturzflut setzt die Siedlung unter Wasser und reißt Personen und Fahrzeuge mit.

### 3.1.2 Biber Berti – Wildbachmodell (Österreich, Wien)

Das Projekt „Biber Berti - Leben mit Naturgefahren“, wird sehr erfolgreich durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung der Republik Österreich (WLV) eingesetzt. Das pädagogische Konzept ist unmittelbar auf die Zielgruppe von Kindern und Jugendlichen ausgerichtet. Biber Berti und seine Freunde erklären dabei altersgerecht auf verschiedenen Kommunikationswegen die Entstehung von Naturgefahren und wie man sich davor schützen kann. Neben Informationen und Spielen im Internet<sup>3</sup> oder Aktionstagen in der Natur, werden anhand eines physikalischen Modells die hydrologischen Prozesse in einem Wildbach vorgeführt.

Abgebildet wird im Biber Berti – Wildbachmodell eine systematische Prozesskette aus (1) Niederschlag und Starkregen, (2) Abfluss im Wildbach und Geschiebe, (3) technische Maßnahmen zur Vermeidung von Überschwemmungen und (4) verbleibendes Risiko. Im Modell wurde dazu ein steiler Hang erstellt, der beregnet werden kann. Im Hang können ein Rückhaltebecken und Steinschlagnetze (Maßstab ca. 1:100 – 1:1000, verzerrt) eingesetzt werden. Der Niederschlag sammelt sich am Fuße des Hanges und speist einen Wildbach, welcher dann durch eine kleine Ortschaft fließt.

In der Vorführung wird zunächst lediglich Wasser in den Bach geleitet, ohne dass ein Regenereignis auftritt. Auch mit einem leichten Regen nimmt der Bach die Wassermengen auf und kann sie schadlos ableiten. Anschließend wird die Regenintensität erhöht (starker Regen). Einzelne Bereiche der Ortschaft werden überflutet. Eingebrachte Holzstückchen zeigen die Wirkung von Schwemmholz im Wildbach. Um die Schäden in der Ortschaft zu reduzieren, wird im oberen Bereich des Hanges eine Sperre aus Plexiglas eingebracht, sodass ein Rückhaltebecken entsteht. Dieses füllt sich mit Wasser und Geschiebe, womit die Retentions- und Schutzwirkung dieser staatlichen Schutzmaßnahme verdeutlicht wird. Zusätzlich können Steinschläge initiiert werden. Um die Häuser in der Ortschaft zu schützen, können Steinschlagnetze in den Hang gesetzt werden.

Das Modell ist auf einem Anhänger montiert und ist damit mobil bei Vorführungen an Schulveranstaltungen, bei der Öffentlichkeitsarbeit für Kinder, auf Messen und Aktionstage einsetzbar. Als Zielgruppe wurden Kinder und Jugendliche im Alter von 6-20 Jahren gewählt. Zum Betreiben des Modells und zur pädagogischen Betreuung ist eine Person ausreichend.

Insgesamt wird die Komplexität der abgebildeten Prozesse als mittel eingestuft. Nichtsdestotrotz werden die Notwendigkeit und die Wirkungsweise von staatlichen Schutzbauten (Rückhaltebecken, Steinschlagnetze) den Kindern und Jugendlichen in einem sehr anschaulichen und leicht verständlichen Modell vorgeführt. Nach Aussage der Wildbach- und Lawinerverbauung könnte das Modell durch weitere Elemente aus dem Katalog der Schutzbauwerke erweitert werden. Ein längerer Flussverlauf und ein größeres Rückhaltebecken, sowie die Abbildung eines Waldgebietes würden noch zum besseren Verständnis der natürlichen Prozesse beitragen.

#### Best-Practice:

- ✓ **Das Modell ist transportabel in einen Anhänger verbaut.**
- ✓ **Die Häuser der Ortschaft können innerhalb des Tals versetzt, als auch in die Bergregion platziert werden.**
- ✓ **Das pädagogische Konzept „Biber Berti“ um das Modell herum ergänzt hervorragend die Wirksamkeit.**

---

<sup>3</sup> <http://www.biberberti.com/DE/index.php>

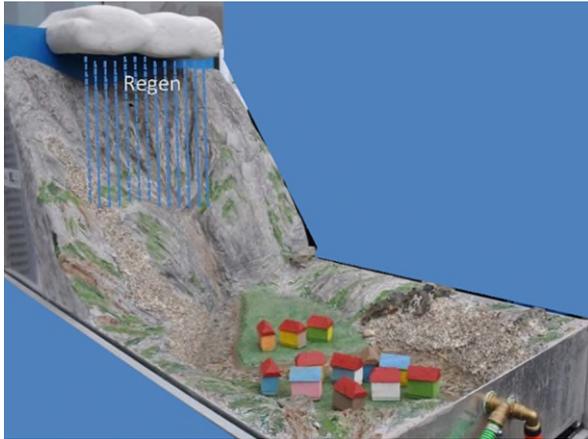


Abb. 18: Das Modell bildet eine Hangregion und eine Siedlung im Bereich des Schwemmkegels ab.



Abb. 19: Biber Berti im Einsatz beim Workshop in Heimschuh 2019



Abb. 20: Im Modell kann die Lage der Häuser im Tal variiert werden.



Abb. 21: Montiert ist das Modell in einem Anhänger, was den mobilen Einsatz ermöglicht.

### 3.1.3 Wildbachmodell mit Sperrbauwerken (Österreich, Wien)

Beim Wildbach-Modell mit Sperrbauwerken wird sich auf den fluviatilen Prozess eines Wildbaches und den Geschiebe- und Wildholzeintrag als auch die Wirkung der Sperrbauwerke konzentriert. Es ist bei der Wildbach- und Lawinenverbauung in Wien im Einsatz. Das Modell ist 3 m lang und 1 m breit und beinhaltet den Verlauf eines Wildbaches, die dortigen Sperrbauwerke und eine angedeutete Landschaft beidseitig der Wildbachufer. Mittig im Gewässerverlauf ist eine Dosiersperre verbaut. Diese soll das Geröll und das Schwemmholz zurückhalten, was das Wasser von oberstrom mitbringt. Die Strömung im Modell wird initiiert, wenn mittels einer Gießkanne Wasser am oberen Gewässerrand zugegeben wird. Der Besucher kann nun die Wirkung der Dosiersperre beobachten. Im Modell wird lediglich die Wirkung der staatlichen Schutzmaßnahmen vorgeführt. Eine Interaktion findet nicht statt.

Das ganze Modell ist auf vier Rollen montiert, was das Rangieren am Einsatzort vereinfacht. Transportiert wird das Modell mit einem Kleintransporter oder auf einem Anhänger. Es sind ein Stromanschluss und einige Eimer Wasser notwendig, um das Modell in Betrieb zu nehmen.

#### Best-Practice:

- ✓ **Der Aufbau und die Wirkung der Dosiersperre werden sehr gut verdeutlicht.**
- ✓ **Die Landschaft wurde naturnah nachgebaut.**
- ✓ **Das Modell ist in einer Holzverkleidung eingerahmt, was dem Modell einen naturnahen Charakter gibt.**



Abb. 22: Das Wildbach-Modell wird mit Wasser gefüllt. Im Gewässer ist eine Geschiebesperre installiert.



Abb. 23: Das auf Rollen montierte Modell bei einem Aktionstag.



Abb. 24: Wildbach-Modell in der Frontansicht.



Abb. 25: Der Rückhalt von Geröll und Wildholz kann durch den Besucher beobachtet werden.

### 3.1.4 Steinschlagmodell mit Schutzbauwerken (Italien, Südtirol)

Das Amt für Geologie und Baustoffprüfung der autonomen Provinz Bozen-Südtirol verwendet ein mobiles Modell zur Demonstration von Gefahren durch Steinschlag und den erforderlichen passiven Schutzbauwerken. Neben bereitgestellten Hintergrundinformationen sollen sowohl dem Laien (Kinder, Jugendliche, aber auch Erwachsene) als auch Technikern der Prozess des Steinschlages und den daraus resultierenden Gefahren für eine Ortschaft veranschaulicht werden. Darüber hinaus wird dem Besucher die Möglichkeit geschaffen selber Schutzbauten zu positionieren und dessen Nutzen zu testen. Die Kernziele beinhalten also das Prozessverständnis über Steinschlag, das Verständnis natürlicher Prozesse und die Sensibilisierung für Schutzmaßnahmen.

Das Modell hat eine Größe von ca. 2 x 3 m und besteht aus einer Holz-Stahl-Konstruktion. Zwei Drittel des Modells werden von einer nachgebauten geneigten Hangfläche mit Felswänden, Sturzbahn (Graben/Tal, Einschnitt) und Wald eingenommen. Die Steine werden im steilen Hang losgelassen und rollen, fallen und/oder springen ins Tal, wo eine angedeutete Ortschaft mit Gebäuden, Straßen und Fahrzeugen geschädigt wird. Sowohl die Infrastruktur der Ortschaft als auch die Schutzbauten gegen Steinschlag (Steinschlagbarrieren, Steinschlagschutzdämme) können beliebig im Modell positioniert werden, um so verschiedene Szenarien zu testen. Methodisch erfolgt die Demonstration des Modells in fünf Schritten

- Schritt 1: Infrastruktur der Ortschaft positionieren
- Schritt 2: Steinblock auswählen
- Schritt 3: Steinblock fallen bzw. kippen lassen
- Schritt 4: Bewertung eventueller Schäden in der Ortschaft
- Schritt 5: Gegenmaßnahmen ins Modell setzten (Schutzbauten anbringen, Häuser/Straßen verlegen)
- Schritt 5: die Schritte 2, 3 und 4 wiederholen

Nach einer Einführung können die Besucher alle Schritte selbst entscheiden. Eventuell werden im Dialog Zwischenfragen gestellt, Erläuterungen gegeben oder Fragen beantwortet. Der Betreiber gibt an, dass sich die Umsetzung von verschiedenen Rauigkeiten der Hangoberfläche bzw. verschiedener Härtegrade der Hangoberfläche als nützlich erwiesen hätten.

Das Modell wurde bereits in der Öffentlichkeitsarbeit und auf Messen eingesetzt. Als mobiles Modell benötigt es allerdings einen Lieferwagen zum Transport und drei Personen, um das Modell aufzustellen.

#### Best-Practice:

- ✓ **Die Topografie wurde sehr detailreich ausgearbeitet.**
- ✓ **Das Modell erklärt in einer einfachen und anschaulichen Weise die ablaufenden Prozesse und Maßnahmen in einem klar abgesteckten Szenario.**



Abb. 26: Steinschlagmodell des Amtes für Geologie und Baustoffprüfung der autonomen Provinz Bozen-Südtirol auf einer Ausstellung

### 3.1.5 Hochwassermodell (Deutschland, WWA Traunstein)

Im Rahmen eines Schulprojektes wurde ein Hochwassermodell von Schülern für Schüler erstellt. Auf Initiative des Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz wurde es vom Wasserwirtschaftsamt Traunstein angekauft und befindet sich dort in der Flussmeisterstelle. Es wurde u. a. bereits an Schulen eingesetzt und soll auf der Landesgartenschau 2021 in Ingolstadt ebenfalls präsentiert werden. Das mobile Modell mit den Abmessungen von ca. 2 m x 1,5 m besteht aus zwei Teilmodellen.

Anhand zweier Flussverläufe soll anschaulich die unterschiedliche Abflussverzögerung, Wellenabflachung, und Retention bei einem getreckten Flusslauf ohne Bewuchs und, im anderen Teilmodell, durch einen mäandrierenden Flusslauf mit Uferbewuchs dargestellt werden. Dazu wird zeitgleich der gleiche Durchfluss in beide Teilmodelle gegeben und verglichen, wann wie viel Wasser bei welchem Flusslauf das unterstromige Ende verlässt. Der Aufwand zum Betreiben des Modells wird als gering eingestuft. Die Interaktion im Modell beschränkt sich allerdings auf die Initiierung der Strömung.

#### Best-Practice:

- ✓ **Durch den Vergleich der beiden Flussverläufe werden die positive Wirkung von Renaturierungsverfahren und die Rückkehr zum naturnahen Gewässerverlauf auf Basis staatlicher Vorgaben visualisiert.**



Abb. 27:  
Im Hochwassermodell des Wasserwirtschaftsamtes Traunstein wird die Wirkung der Gewässermorphologie auf die Abflussverzögerung durch zwei Teilmodelle visualisiert. Im Foto ist links der getreckte Flusslauf ohne Bewuchs aufgebaut, rechts befindet sich das Teilmodell mit mäandrierendem Flusslauf und Uferbewuchs

### 3.1.6 Check Dam Model (Türkei, Flood Museum Trabzon)

Die staatliche Wasserbehörde der Türkei unterhält beim 22. Regionaldirektorat im Distrikt Trabzon ein interaktives Hochwasser-Museum<sup>4</sup>. Ziel dieser Einrichtung ist die Erhöhung des Bewusstseins der Bevölkerung gegenüber Überflutungsszenarien und der Sensibilisierung, um Schäden und Verluste zu reduzieren. Dazu werden ebenfalls verschiedene Schutzvorkehrungen für den Haushalt präsentiert und Verhaltensmaßnahmen bei Hochwasser geschult.

Die Themenpalette im Museum ist sehr groß gehalten und soll ein großes Spektrum von Altersgruppen vom Grundschul- bis zum Seniorenalter abdecken. Es gibt verschiedene Modelle, die u. a. die Entstehung von Hochwasserereignissen (Bergregion, Starkregenmodelle im urbanen Gebiet, Hangrutschmodelle, urban flooding model, Effect of mud flow on residantals model, human interventions on river cause flooding model, model of deforesty triggering landslides, floods model) abdecken, Fluteignisse (Hochwasser, Wildbachgefahren, Sturzflut) aber auch die Wirkung unterschiedlichster Bauwerke zum Hochwasser- und Sedimentrückhalt präsentieren.

Herzstück der Ausstellung ist das interaktive **Open Check Dam Hydraulic Model**<sup>5</sup>. Das ortsfeste Modell ist von der Konstruktion her ähnlich einem wasserbaulichen Versuchsmodell erstellt und bildet auf einem Modellgebiet von 14m Länge und 80cm Gewässerbreite einen geometrischen Maßstab von 1 : 25 ab. Durch die relativ robuste und massive Konstruktion zeichnet sich dieses Modell durch eine hohe Dauerhaftigkeit aus. Das Modell wurde in den letzten Jahren hauptsächlich zum Test von geplanten oder neu entwickelten Geröll- bzw. Geschiebesperren hinsichtlich deren Rückhalte- und Schutzwirkung verwendet. Auch wenn das Modell damit zunächst primär der Beantwortung von ingenieur-fachlichen Fragestellungen diene, besteht durch die jetzige Einbettung in das Flood Museum auch die Möglichkeit in der Öffentlichkeitsarbeit den generellen Nutzen solcher Bachwerksstrukturen aufzuzeigen. Der Bevölkerung soll so demonstriert werden, wie ein Rückhalt von Feststoffen und die Verminderung der Fließgeschwindigkeit der Verminderung potenzieller Hochwasserschäden dient. Neben der Darstellung eines Klarwasserabflusses werden auch Geschiebe und Wildholz dem nachgestellten Gebirgsbach zugegeben. Durch die bloße Zugabe ist auch eine Interaktion des Besuchers möglich, wenn auch nur in geringem Umfang. Eine Modifikation des Bauwerkes kann durch den Besucher nicht erfolgen. Zum Betreiben des Modells wird ein Ingenieur oder die Angestellten des Museums benötigt. In einem ersten Schritt wird dazu ein Klarwasserabfluss initiiert. In einem zweiten Schritt wird Geschiebe und Wildholz zugegeben, um ein wildbachtypisches Ereignis zu generieren. An einer ersten Geschiebesperre (Murbrecher) werden die größten Steine und Baumstämme zurückgehalten. Weitere im Unterstrom angeordnete Sperren (Dosiersperre, aufgelöste Sperren) filtern nach und nach auch die feineren Bestandteile heraus und lassen lediglich das getrübte Wasser weiterlaufen.

Der Betreiber würde als Optimierung des Modells die Sedimentzugabe durch ein Förderband erfolgen lassen. Als zusätzliche Szenarien könnten Erdbeben initiiert werden und die Wirkung von Düchern erklärt werden.

Insgesamt zeichnet sich das Open Check Dam Hydraulic Model durch eine hohe Übertragbarkeit der beobachteten Systemprozesse aus. Um die Wirkung der Typen von Geröllsperren und deren konstruktiven Abstufungen aber vollends zu verstehen, bedarf es eines gewissen Fachwissens. Eine Interaktion durch den Besucher des Museums ist auf die Zugabe von Sediment bzw. Wildholz beschränkt.

---

<sup>4</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Sckx4e4Yzag&feature=youtu.be>

<sup>5</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=xHcGqRb4-ss&feature=youtu.be>

**Best-Practice:**

- ✓ **Naturgetreue Nachbildung des Flussverlaufes und dessen Fließdynamik.**
- ✓ **Aufbau und Wirkungsweise von staatlich erstellten Wildbauverbauungen gegen Geschiebe und Wildholz wird anschaulich und detailgetreu vorgestellt.**



Abb. 28: Check Dam Modell im türkischen Flood Museum nach der Erstellung



Abb. 29: Verschiedene Bauformen von Geröllsperren wurden bisher im Modell getestet und vorgeführt.

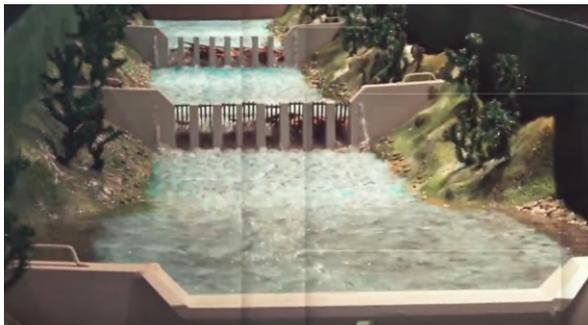


Abb. 30: Einsatz des Check Dam Modells im Flood Museum zur Vorführung

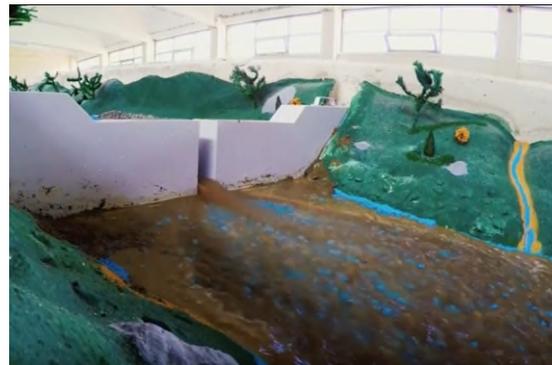


Abb. 31: Wirkung einer geschlitzten Sperre im Modell



Abb. 32: Wirkung einer Dosiersperre im Modell mit Wildholz



Abb. 33: Wirkung einer weiteren Variante der Dosiersperre im Modell mit Wildholz

### 3.1.7 Modelle im Laboratorium3D (Schweiz, Tessin)

Das Laboratorium3D ist ein privates Unternehmen zur wasserbaulichen Untersuchung von Hochwasser, Wildbachgefahren, Starkregen, der Flussmorphologie und wasserbaulichen Schutzbauten. Vom Aufbau und dem Aufgabenspektrum entspricht es einer privaten Variante einer universitären wasserbaulichen Versuchsanstalt. Derzeit verfügt das Labor über eine 12 m und 6 m lange Versuchsrinne, in der maximale Gefälle zwischen 10 % und 25 % eingestellt werden können. Neben der Untersuchung von Fluss- und Wildbachprozessen als Grundlage für die Entwicklung und Optimierung von Schutzbaumaßnahmen, möchte das im Tessin ansässige Labor die Infrastruktur für Schulung- und Sensibilisierungszwecke nutzen.

Für Kinder und Jugendliche wird im Moment ein didaktisches Programm in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen erarbeitet, um das Interesse für Natur und Technik, das Verständnis natürlicher Prozesse und die Sensibilisierung für Schutzmaßnahmen und Naturgefahren zu wecken. Darüber hinaus stehen die Labormodelle auch Fachpersonen in der öffentlichen Verwaltung und in Ingenieurbüros offen. Durch die Tätigkeiten des Labors kann das Thema der Naturgefahren nicht an einem Modell erfolgen, das explizit zu Demonstrationszwecken erstellt wurde, sondern die präsentierten Themen orientieren sich an den jeweils aktuellen Projektversuchen. Dabei ermöglicht es die physikalische Modellierung im Labor, die Wirksamkeit eines Projekts auf konkrete Weise zu demonstrieren und gleichzeitig die Auswirkungen der flussbaulichen Maßnahme auf die Umwelt und Landschaft deutlich zu machen.

Die Visualisierung der hydraulischen Prozesse im physikalischen Modell tragen damit wesentlich zu einem effektiveren und produktiveren Dialog zwischen den verschiedenen Akteuren bei, welche an der Planung, Gestaltung und Ausführung der Maßnahmen beteiligt sind. Dies steht in Übereinstimmung mit den Grundsätzen des Risiko Governance-Ansatzes.

#### Best-Practice:

- ✓ **Trotz der komplexen morphodynamischen Fragestellungen können mit den vorhandenen Versuchsaufbauten die Wirkung der Schutzbauten erläutert werden.**



Abb. 34: Modell für die Flussbaumaßnahmen an der Maira im Laboratorium3D



Abb. 35: Untersuchung der Sohlenstabilisierung der Maira bei Promontogno durch ein Stufen-Becken System

### 3.1.8 Modell für Deichrückverlegung, Staustufen-Vorabsenkung und Flutpolder bei einer Hochwasserwelle (Deutschland, Bayern)

Im Rahmen des Hochwasserdialogs zu den Flutpoldern an der Donau wurde ein Modell an der TU Wien erstellt, welches die Wirkung einer Deichrückverlegung, einer Staustufen-Vorabsenkung und eines Flutpolders auf den Ablauf einer beispielhaften Hochwasserwelle hat. Im Wesentlichen sollte Filmmaterial erstellt werden, auf dem die Auswirkungen der verschiedenen Hochwasserschutzmaßnahmen plakativ und allgemein verständlich dargestellt wird. Die Zielgruppe war eine allgemeine Öffentlichkeit, im Speziellen die Teilnehmenden des Hochwasserdialogs (u. a. Kommunen, Stakeholder, Verbände, Interessengemeinschaften).

Das Flussmodell wurde im Jahre 2016 in einem Strömungskanal an der TU Wien erstellt. Es besteht aus einem ca. 12 m langen Oberwasserbereich, in welchem die technischen Maßnahmen installiert werden, und einem Unterwasserbereich, in dem die Auswirkung der Maßnahmen auf eine Siedlung (Häuser mit Kirche) beobachtet wird. Abhängig von der Schutzwirkung der untersuchten Hochwasserschutzmaßnahme tritt das Flusswasser mehr oder weniger stark über die Ufer der Siedlung und breitet sich im urbanen Gebiet aus. Das Gelände hinter den Deichen steigt im Modell linear an. Das Ausmaß der Überschwemmung wird durch ein aufgeklebtes Maßband, welche als Pegellatte dient, in Form der Überflutungsbreite in Zentimeter angegeben.

Um die Auswirkungen der technischen Hochwasserschutzmaßnahmen auf die Siedlung bei einer ablaufenden Hochwasserwelle zu demonstrieren, wurden drei verschiedenen Maßnahmen berücksichtigt:

**Maßnahme 1 – Deichrückverlegung:** Zunächst wurde als Referenz die Schutzwirkung eines eingedeichten Flusslaufes untersucht. Im Gewässer treten hohe Fließgeschwindigkeiten auf. Durch den geradlinigen und verbauten Flusslauf wird eine Abflusssteigerung erzielt. Bei Hochwasser tritt jedoch das Wasser ungehindert über die Ufer und überschwemmt die Siedlung. Zum Vergleich wird anschließend bei gleichem Durchfluss der Flussverlauf im Oberstrom der Siedlung aufgeweitet. Die somit abgebildete Deichrückverlegung schafft einen gewissen Rückhalteraum. Die Beobachter erkennen, dass im Hochwasserfall dieser geschaffene Retentionsraum zunächst einmal gefüllt wird. Ist dieser jedoch vollgefüllt, erfolgt dennoch die Überflutung der Siedlung, die allerdings zeitverzögert und etwas abgeschwächt auftritt. Hierbei wird kommuniziert, dass kleine Hochwässer durch Deichrückverlegungen und die Neuschaffung von Auengebieten aufgefangen werden können. Bei größeren Hochwassern wird der freie Retentionsraum bei Rückverlegung bereits vor dem Erreichen der Hochwasserspitze gefüllt und steht dann damit nicht mehr zur Retention zur Verfügung. Zusätzlich soll mit dieser Maßnahme den Beobachtern vermittelt werden, dass die Deichrückverlegung und die Schaffung von Auenlandschaften dem Fluss mehr Raum zur natürlichen Entwicklung geben. Dies dient nicht nur dem Hochwasserschutz durch die Abflussverzögerung, sondern bedeutet auch die Bildung von ökologisch wertvollen Lebensräumen.

**Maßnahme 2 – Staustufen-Vorabsenkung:** Zunächst erfahren die Beobachter, dass die größeren Flüsse stark durch Staustufen und infolge deren Aneinanderreihung durch Staustufen-Ketten reguliert werden. Nun erläutert man, wie durch bewusstes Absenken des Pegels vor Erwarten einer Hochwasserwelle, der Stauraum als Retentionsraum zur Verfügung steht. Dabei wird besonders betont, dass beim Ablassen des Stauraumes auf die Unterlieger geachtet werden muss. Im Modell wird jedoch gezeigt, dass die tatsächliche Wirkung der Staustufen-Vorabsenkung nur einen minimalen Effekt auf die Hochwasserwelle hat und lediglich als Zusatzmaßnahme, besonders bei kleinen Hochwässern, angewendet werden kann.

**Maßnahme 3 – Flutpolder:** Als wirkungsvolle Maßnahme zur Reduzierung der Hochwasserspitze wird die Wirkung eines Flutpolders dargestellt. Nach Erklärung der dazugehörigen Bauwerke, wird die

Funktionsweise des Polders den Beobachtern nähergebracht. Diese sollen erkennen, dass die bewusste Flutung von unbebauten Flächen z. B. der Landwirtschaft oder Forstgebiete in Kauf genommen wird, um bebautes Gebiet und dessen Bewohner vor den Schäden des Hochwassers zu schützen. Im Modell wird dazu (in stark vereinfachter Weise) das von Oberstrom kommende Wasser seitlich vor der Siedlung in einen Retentionsraum ausgeleitet. Dadurch wird im Modell die Siedlung vor dem Hochwasser geschützt.

Insgesamt entspricht die Modellkonstruktion einem skalierten Modell aus dem wasserbaulichen Versuchswesen. Die drei staatlich initiierten Hochwasserschutzmaßnahmen können durch die Video-Clips dem Beobachter nachvollziehbar und angemessen kommuniziert werden, auch wenn die Auswirkungen des Hochwassers im Modell stark vereinfacht werden.

#### Best-Practice:

- ✓ **Das aufgeklebte Maßband in der Funktion einer Pegellatte bietet dem Beobachter ein optisches Hilfsmittel zum Vergleich der Wasserstände und somit der Wirksamkeit der Hochwasserschutzmaßnahmen.**
- ✓ **Es wird verdeutlicht, dass bei Bedarf gewisse Maßnahmen, insbesondere Staustufen-Vorabsenkung, erforderlich sind, die noch vor Eintreffen der eigentlichen Hochwasserwelle zu Überflutungen und Schäden beim Unterliegen führen können.**

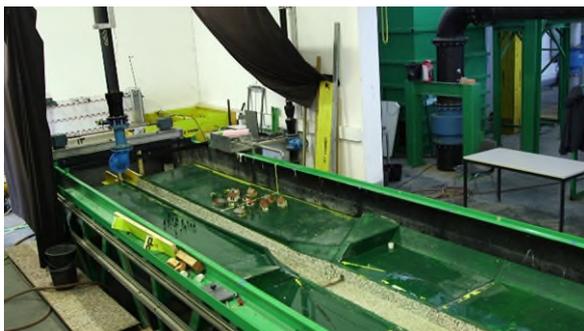


Abb. 36: Das Flussmodell im Wasserbaulabor der TU Wien, mit Blick auf die Siedlung im Unterstrom



Abb. 37: Bei Hochwasser tritt der Fluss aus seinem verbauten Verlauf über die Ufer und flutet die Siedlung



Abb. 38: Die Überschwemmung im Siedlungsgebiet wird anschaulich abgebildet.

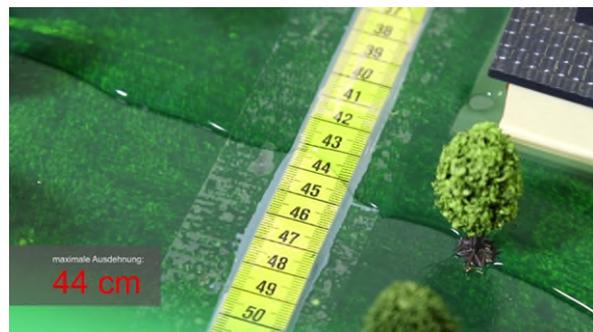


Abb. 39: Ein Maßband in der Funktion einer Pegellatte ermöglicht die Wirkung der Hochwasserschutzmaßnahmen zu beurteilen.

### 3.1.9 Participatory 3D Risk Mapping (Frankreich, PARN)

Im Rahmen des Integrated Natural Risk Management territories (INRM - the French 'TAGIRN' network), werden für die französischen Alpenregionen neue Ansätze für die Risikokommunikation erprobt. Eine davon ist die Erstellung von dreidimensionalen topografischen Risikokarten unter Beteiligung der jeweiligen Bevölkerung. Für ein bestimmtes Gebiet wird die Landschaft aus Korkmaterialien grob nachgebildet und darauf die tatsächlichen Flächennutzungen des Gebietes (Wohngebiet, Häuser, Straßen, ...) und die natürlichen Prozesse (Flussverlauf etc.) abgebildet. Zusätzlich werden die Gefahrenzonen im Modell markiert. So können die Bewohner der Region ihre Gefährdung im Modell wiederfinden, was eine Diskussion über die Gefährdung ermöglicht.

#### Best-Practice for Take Away:

- ✓ **Die gemeinsame Erstellung des Modells mit den Bewohnern der Region schafft Akzeptanz des Modells und leitet die Diskussionsbereitschaft ein.**



Abb. 40: Das Modell in der Erstellungsphase



Abb. 41: Die Landschaft wird modelliert.



Abb. 42: Das fertige Modell mit roten Markierungen der Risikogebiete



Abb. 43: Einsatz des Modells mit Kindern

## 3.2 Haptische und interaktive Modelle

### 3.2.1 Interaktive Modelle für alpine Naturgefahren (Slowenien, Ljubljana)

Die Firma Hidrotehnik Water Management ist ein privater Dienstleister für die öffentliche Wasserwirtschaft in Slowenien. Sie überwachen Einzugsgebiete, führen Planungen, Bemessungen und Instandhaltungen durch. Zusätzlich sind sie in der Öffentlichkeitsarbeit tätig und vermitteln die Gefahren und die Gegenmaßnahmen bei Naturgefahren wie Hochwasser, Wildbach, Sturzflut, Steinschlag, Erdbeben, Starkregen und behandeln Themen der Eigenvorsorge. Unter anderem wurden dabei interaktive Modelle für Kinder und Jugendliche entwickelt, um spielerisch aufzuzeigen, welche Gefahren von Naturgefahren, aber auch von Hochwasserschutzbauten beim Eintreten des Überlastfalls ausgehen und wie sie sich in einem Extremfall zu verhalten haben. Dies soll besonders das Bewusstsein für das richtige Verhalten bei Naturgefahrenereignissen (kurz: Ereignissen) steigern. Dabei soll zusätzlich die Leistungsfähigkeit natürlicher Strukturen (z. B. Schutzwald) zur Abschwächung von Ereignissen kommuniziert werden. Der Nutzen der Modelle wird direkt mit dem kontinuierlichen Risiko Governance-Ansatz verbunden, was den Eigenschutz und die Eigenverantwortung vor, während und nach einem Hochwasser fördert und schult.

Das Modell besteht aus vier Teilmodellen, wobei jedes in einer Plastikbox realisiert ist.

**Teilmodell Schutzwald:** In diesem Teilmodell soll die Wirkung des Waldes hinsichtlich der Niederschlagsretention und Erosionsminderung vorgestellt werden. Auf zwei Flächen mit gleichen Geländeneigungen werden zuerst ein Waldgebiet und anschließend zum Vergleich eine unbewachsene Fläche mit der gleichen Menge Wasser berechnet. Beide Male werden die Charakteristika des Oberflächenabflusses beobachtet. Das Wasser fließt langsamer aus dem Wald und dem Waldboden heraus. Im Gegensatz dazu bewirkt das Wasser auf der freien Fläche ein schnelles Abfließen, was zusätzlich zur Erosion des Bodens führt. In einer gemeinsamen Diskussion wird mit den Kindern und Jugendlichen erarbeitet, warum sowohl gesunde und ausgedehnte Waldflächen als auch ganzjährige bewirtschaftete bzw. mit Vegetation bedeckte Äcker wichtig für den Hochwasserschutz sind.

**Teilmodell Wildbäche und dazugehörige Gefahren:** Dieses Teilmodell behandelt die plötzlich entstehenden Gefahren nach extremen Niederschlägen im alpinen Gelände und damit verbundene Sekundärgefahren, z. B. Abflüsse in Wildbächen, Erdbeben auf Straßen, Erosion der Ufer, Steinschläge. Dazu wird Wasser auf ein mit Erde bedecktes geneigtes Gelände gesprüht und beobachtet, welche Wirkung die Erosion hat. Manche Effekte, wie z. B. Erdbeben, entstehen auch nach dem Durchgang der Hochwasserspitze. Hiermit soll vermittelt werden, dass Sekundärgefahren auch nach Ereignissen entstehen können. Die Kinder und Jugendlichen sollen lernen, sich von Gefahrenstellen solange fernhalten, bis das Gebiet wieder freigegeben wird.

**Teilmodell Rückhaltebecken:** Mit diesem Teilmodell soll die Funktionsweise eines Rückhaltebeckens, aber auch das unweigerlich verbleibende Risiko erklärt werden. Zunächst sollen die Kinder und Jugendliche verstehen, wie ein Rückhaltebecken prinzipiell aufgebaut ist und wie dieses im Rahmen des Hochwasserschutzes eingesetzt wird. Wird wenig Wasser in das Teilmodell gegeben, so verbleibt das Wasser im Gewässer. Bei einem kritischen Abfluss muss das Rückhaltebecken aktiviert werden und es kann beobachtet werden, wie sich dadurch die Hochwassersituation in einer Siedlung entspannt. Wenn der Abfluss jedoch einen kritischen Wert überschreitet, kann auch das Rückhaltebecken keinen vollständigen Schutz bieten. Die Siedlung wird trotz Schutzbauwerk vom Hochwasser geschädigt. Für solche Extremfälle sollen die Kinder und Jugendliche verstehen, dass dies eine ernste und bedrohliche Situation ist und man besser den Anweisungen der Eltern, Lehrer oder Rettungskräften Folge leistet und sich an einen sicheren Ort begibt.

**Teilmodell Deichschäden:** In diesem Teilmodell wird die Funktionsweise des Hochwasserdeiches, insbesondere seine limitierte Leistungsfähigkeit in einem Extremereignis und die daraus entstehenden Gefahrenmuster behandelt. Dazu wird der Fluss mit Wasser gefüllt und beobachtet, wie sich dies auf der anderen (Luft-)Seite des Deiches auswirkt. Die Kinder und Jugendlichen können beobachten, wie die Grasnarbe oder ganze Erdbereiche Risse bekommen und aufwölben, oder Sickerwasser aus dem Deich austritt. Im schlimmsten Fall kommt es zu Böschungsrutschen, hydraulischer Hebung und schlussendlich zum Versagen des Deiches. Auch hier soll verstanden werden, dass der Deich ein technisches Schutzbauwerk und kein Spielplatz ist. Insbesondere darf er im Hochwasserfall nicht betreten werden, beispielsweise, um von dort aus das Hochwasser zu beobachten.

**Best-Practice:**

- ✓ ein guter Kompromiss aus Einfachheit des Modells, monetärer Aufwand und Komplexität der betrachteten Prozesse
- ✓ relativ einfacher Aufbau, leicht zu transportieren und mit gut erstelltem didaktischem Inhalt und methodischem Ablauf
- ✓ Das diskussionsmotivierte Konzept soll zum Nachdenken und zur weiteren Diskussion in Schule und Elternhaus anregen.



Abb. 44: Teilmodell Schutzwald beim Aufbau

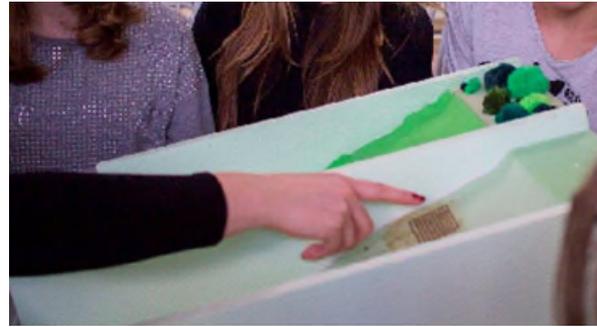


Abb. 45: Das Ergebnis auf der Fläche ohne Schutzwald wird erklärt



Abb. 46: Teilmodell Wildbach und Erosion beim Aufsprühen des Wassers



Abb. 47: Teilmodell Wildbach und Erosion mit Beobachtung des Erosionsvorganges



Abb. 48: Teilmodell Rückhaltebecken beim Befüllen



Abb. 49: Teilmodell Deichschäden und Deichversagen

### 3.2.2 Hochwasserschutz Wildbäche in Bayrischzell (Deutschland, UniBw)

Im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim wurde im Zuge der Planungen des Hochwasserschutzausbaus der Gemeinde Bayrischzell ein physischer Modellversuch für den innerörtlichen Zusammenfluss zweier Wildbäche erforderlich. Es handelt sich dabei um die Einmündungssituation des Larchbachs in den Wendelsteinbach. Der Larchbach wurde nach dem aktuellen Planungszustand vor der Einmündung in einem überdeckten Rechteckgerinne mit zwei gegenläufigen Kurven geführt. Hierbei wurde angenommen, dass die entstehenden dreidimensionalen Strömungsverhältnisse sehr ausgeprägt sind und die Abflussleistung beeinträchtigen. Zusätzlich stellt eine Brücke im Ortskern eine weitere Schlüsselstelle in Hinblick auf den erforderlichen Freibord und die Verklausungsgefahr dar. An der Universität der Bundeswehr wurde im Jahre 2019/2020 sowohl die Abflussleistung der beiden Wildbäche als auch der Sediment- und Wildholztransport in einem wasserbaulichen Versuchsmodell (Maßstab 1:10) für die Lastfälle HQ5, HQ10, HQ50 und HQ100 untersucht.

Seit der Beendigung des Projektes steht das physische Modell für universitäre Lehrzwecke aber auch für die Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung. Bei Veranstaltungen wie „Tag der offenen Tür“ werden die Gefahren durch Hochwasser, Sedimenttransport und Verklausung mit Wildholz einem breiten Publikum vorgeführt. Eine bestimmte Zielgruppe ist nicht definiert. Die Besucher können dabei die Durchflüsse der beiden Wildbäche regulieren, als auch individuell die Menge an Sediment und Wildholz in die Gewässer zugeben. Des Weiteren konnten Vorführungen für die Gemeinderäte von Bayrischzell als auch für Schüler der Techniker Schule München durchgeführt werden.

#### Best-Practice:

- ✓ **Die Wechselwirkungen zwischen Abfluss, Sediment und Wildholz können im Modell durch direkte Rückkopplung erfahrbar werden.**
- ✓ **Das Modell wurde durch Bäume, Personen und Fahrzeuge anschaulich dargestellt, so dass der Beobachter einen Größenvergleich der auftretenden Prozesse hat.**
- ✓ **Die Funktion verschiedener Schutzmaßnahmen, wie Ufersicherung, Hochwasserschutzwand, Wildholzrechen oder Kiesfang werden besprochen.**



Abb. 50: Zusammenfluss der beiden Wildbäche im Ortsgebiet Bayrischzell im Modell. Der Wendelsteinbach fließt von oben nach unten und der Larchbach mündet von rechts ein.



Abb. 51: Im Falle des HQ<sub>100</sub> im Wendelsteinbach wird die Ortschaft durch eine Wand aus Wasserbausteinen und eine Hochwasserschutzwand geschützt.



Abb. 52: Beim starken Eintrag von Schwemmholtz verklaut der überdeckelte Kanal des Larchbachs.



Abb. 53: Wildholzansammlungen können auch zu Verklausungen an den innerörtlichen Brücken führen, was zu Aufstau im Oberstrom führen kann.

### 3.2.3 Steinschlag-Modell (Österreich)

Die Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Wien/Burgenland verwendet ein Steinschlag-Modell, um die Notwendigkeit und Wirkung des Schutzwaldes gegenüber Steinschlaggefahren zu vermitteln. Als Prozesselemente werden das Gebirge, der Wald, die Infrastruktur und der Lebensraum angesprochen.

Das Modell besteht aus einem Holzrahmen (schräge Fläche 1 x 0,7 m), der auf Füßen aus Eisenrohren geneigt aufgestellt wird. Im unteren Bereich des Modells ist eine Ortschaft durch einzelne Häuser angedeutet. Über dieser befindet sich im Hangbereich ein Waldgebiet. Dabei ist die eine Hälfte des Hanges mit sehr wenigen Bäumen bedeckt. Auf der anderen Seite ist ein dichter Schutzwald errichtet. Über eine Klappe am oberen Rand der Holzkonstruktion können Steine den Hang hinuntergeworfen werden, die entweder durch die Bäume, den dichten Wald oder durch Schutznetze daran gehindert werden sollen, die Häuser der Ortschaft zu treffen.

Die Aufgabe der Betrachter ist es, einen wirksamen Schutzwald zu errichten, diesen mit einem Steinschlag-Ereignis zu testen und anschließend die eigene Planungsleistung zu bewerten. Der Hang des Modells ist dabei mit Löchern versehen, sodass die Betrachter die Bäume einzeln einstecken und den Schutzwald dadurch selber „pflanzen“ können. Zusätzlich können Steinschlagschutznetze (Maßstab ca. 1:100) als technische Maßnahme installiert werden. Das Ziel des Modells ist das Erkennen der Wirkung des Schutzwaldes hinsichtlich der Steinschlaggefahren auf Basis der eigenen installierten Maßnahmen.

Das Steinschlag-Modell kann zerlegt werden und passt in den Kofferraum eines PKWs. Somit kann es als mobiles Modell an Schulen, auf Aktionstagen oder Messen vorgeführt werden. Sogar eine Indoor-Anwendung im Klassenraum ist möglich. Zur Betreuung des Modells ist lediglich eine Person erforderlich.

Insgesamt bildet das Modell einen einzelnen isolierten Prozess, nämlich den Steinschlag und die Wirkung des Schutzwaldes bzw. der technischen Maßnahmen, ab. Dies wird sehr verständlich, intuitiv und interaktiv vermittelt. Die Komplexität des Modells ist als mittel einzustufen. Die Ursache des Steinschlags und welche Schäden dadurch tatsächlich in der Ortschaft entstehen, kann nicht evaluiert werden.

#### Best-Practice:

- ✓ **Bäume und technische Maßnahmen können quasi frei im Modell platziert werden.**
- ✓ **relativ einfacher Aufbau und leicht zu transportieren**
- ✓ **Botschaft des Modells: „Viel Bäume - viel Schutz“ sehr eindeutig.**
- ✓ **Das Herunterrollen der Steine macht deutlichen „Lärm“, was die Besucher aufmerksam werden lässt. Diese akustische Wirkung unterstreicht die Gefahr des Ereignisses.**



Abb. 54: Das Steinschlagmodell mit links der freien Waldfläche und rechts dem Schutzwald. Unten die betroffene Ortschaft. Am oberen Rand sind die Steine zu erkennen.



Abb. 55: Das Steinschlagmodell auf dem Workshop in Heimschuh 2019.



Abb. 56: Zur Verbesserung der Schutzwirkung werden Bäume und Schutzwände gesetzt was die interaktive Auseinandersetzung mit den Schutzmaßnahmen ermöglicht.



Abb. 57: Test der installierten Schutzmaßnahmen mit Steinen durch Anhebung der Klappe.

### 3.2.4 Interaktives Modell eines Schöpfwerkes (Deutschland, WWA Deggendorf)

Im Informationszentrum des Schiffmeisterhauses am Wasserwirtschaftsamt Deggendorf existiert ein interaktives Modell eines Schöpfwerkes. Als fester Bestandteil der Ausstellung „Lebensader Donau“ erklärt es im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit dem Besucher den Aufbau und die Funktion eines Schöpfwerkes, als eine der staatlich erstellten Schutzbauten. Im Zusammenhang mit der Schutzwirkung des Deiches soll vermittelt werden, dass eine Binnenentwässerung der eingedeichten Gebiete in die Donau sowohl bei Normalabfluss als auch bei Hochwasser in der Donau gewährleistet sein muss.

Das Modell hat eine kubische Form mit 70 cm Kantenlänge und ist für eine Zielgruppe ab der Grundschule zweckdienlich. Durch die bereitgestellten Informationen und die intuitive Bedienung kann die Funktionsweise eines Schöpfwerkes autodidaktisch oder unter Anleitung erarbeitet werden. Dabei sind Interaktionen mit dem Modell durch die Besucher des Informationszentrums möglich. Über drei Steuerräder kann am Modell von außen ein Absperrschieber des Schöpfwerkes, die Leistung der Schöpfwerkspumpe und der Abfluss in der Donau gesteuert werden. Damit kann zunächst gezeigt werden, dass bei normalen oder leicht erhöhten Abflüssen in der Donau die Gewässer aus dem Hinterland ohne Zuhilfenahme des Schöpfwerkes in die Donau abgeleitet werden können. Das Schöpfwerk kommt in dieser Situation noch nicht zum Einsatz. Die fließenden Gewässer aus dem Hinterland werden lediglich durch das Schöpfwerk in die Donau geleitet. Bei einer Hochwassersituation kann darauf aufbauend verdeutlicht werden, welche Überflutungssituation eintreten würde, wenn ein Deich ohne

Schöpfwerk erstellt worden wäre. Dazu wird der Donauabfluss erhöht, der Absperrschieber offen und die Pumpe deaktiviert gelassen. Der Wasserstand in der Donau steigt an, durchströmt das Schöpfwerk und überflutet das Hinterland. Zur Abmilderung der Schäden schließen die Besucher nun den Absperrschieber und verwehren so dem Donauhochwasser den Zugang zum Hinterland. Doch damit wird ablaufendes Wasser aus dem Hinterland vor dem Deich gestaut und würde selbiges fluten, wenn nicht die Pumpenleistung des Schöpfwerkes an die zu fördernde Wassermenge vom Hinterland in die Donau angepasst wird.

Insgesamt verdeutlicht das interaktive Modell des Schöpfwerkes sehr intuitiv die Wirkungsweise dieser Schutzmaßnahme und trägt damit zur Akzeptanz des staatlich gelenkten Hochwasserschutzes bei. Die Handhabung ist einfach und für jeden verständlich. In der Regel wird das Modell im Rahmen einer Führung verwendet, kann aber auch eigenständig bedient werden. Die Folgen der Überflutung im Hinterland können durch das Modell nicht abgebildet werden.

#### Best-Practice:

- ✓ **Das Modell ist sehr gewissenhaft und in hoher Qualität erstellt worden.**
- ✓ **Die Steuerung der komplexen Vorgänge zum Betreiben des Schöpfwerkes werden auf intuitive Art von außen über lediglich drei Steuerräder möglich.**



Abb. 58: Modell des Schöpfwerkes ohne Abfluss in der Donau



Abb. 59: Modell des Schöpfwerkes bei einer Hochwassersituation in der Donau

### 3.2.5 Auftrieb von Häusern (Österreich, Oberösterreich)

Die Abteilung Wasserwirtschaft des Landes Oberösterreich behandelt die Prozesse Hochwasser, Sturzflut, Starkregen und daraus resultierende Empfehlungen zur Eigenvorsorge u. a. an einem Modell zum Auftrieb von Häusern. Die Zielgruppe ist zweigeteilt. Zum einen sollen Eigenheimbesitzern die Gefahren bei Hochwasser und ansteigendem Grundwasser in Hinblick auf das Aufschwimmen ihrer Häuser verdeutlicht werden. Zum anderen wird das Modell bei der Schulung der Feuerwehr eingesetzt, um auf die Gefahren in betroffenen Häusern hinzuweisen, wenn die Rettungskräfte in eine solche Infrastruktur zur Rettung kommen oder überflutete Keller leerpumpen wollen. Daher wird das Modell hauptsächlich in der Öffentlichkeitsarbeit und bei Feuerwehrs Schulungen, aber auch an Schulen eingesetzt.

Das mobile Modell hat eine Größe von 80 x 40 x 40 cm und bildet im geometrischen Maßstab 1:50 die Prozesselemente Eigenheim und umgebenden Untergrund ab. Zum Einsatz kommen Häuser aus Plexiglas, Glaskugeln als Simulation des körnigen beweglichen Bodens, Verschlussstopfen, eine Pumpe zum Leerpumpen eines Plexiglashauses und ein Eimer zum Befüllen des Modells.

Vor Beginn der Modellvorführung werden zusammen mit den Besuchern die wesentlichen Hintergrundinformationen erarbeitet. Dazu werden zunächst ein Hohlkörper und ein vollgefüllter Stein angehoben, um die physikalische Größe der Dichte zu erfassen. Danach werden beide in einen wassergefüllten Eimer getaucht, um den Auftriebseffekt zu spüren. Anschließend wird zusammen das Volumen eines üblichen Kellers erarbeitet und dafür der Auftrieb berechnet. Zusätzlich schätzen die Besucher das Gegengewicht des Hauses ab. Für die anschließende Modelldurchführung stellt man in ein Aquarium das Modell eines Hauses hinein. Der verbleibende Raum im Aquarium wird mit Glasperlen aufgefüllt, welche den Boden darstellen. Mittels eines Eimers füllt man Wasser ins Aquarium und ins Haus hinein. Die Beobachter sehen nun, wie der Grundwasserspiegel um das Haus ansteigt. Solange der Wasserspiegel im Haus auf einem bestimmten Niveau bleibt, wird das Haus in seiner Lage stabil bleiben. Sobald das außerhalb des Hauses befindliche Wasser über das Geländeniveau angestiegen ist (über das Schüttniveau der Glasperlen), wird mittels einer kleinen Handpumpe Wasser aus dem Modellhaus gepumpt. Aufmerksame Beobachter vernehmen ein Rasseln, da Glasperlen unter das langsam sich hebende, kippende Modell rutschen. Das Haus hebt sich auf Grund der hydrostatischen Auftriebskraft. Gegen Versuchsende steht das Haus schief.

Das Modell zeigt, dass bei einer flüssigkeitsdichten Bauausführung (weiße Wanne) das Haus bei anstehendem Grundwasser aufschwimmen kann, wenn die Auftriebskraft größer als die Summe aller Gebäudelasten ist. Dabei macht es keinen Unterschied, ob es sich um Grundwasser, Hangwasser oder Hochwasser handelt. Im schlimmsten Fall können Gebäude schwere bauliche Schäden nehmen oder gar zerbrechen. Anschlussleitungen können undicht werden oder abreißen. Mit den Besuchern kann somit anschließend besprochen werden, wie die entstehenden Gebäudeschäden vermieden werden können. Dazu zählt u. a. das Eindringen von Hochwasser durch Flutungsöffnungen zu ermöglichen. Noch besser ist es in diesem Fall, das Objekt durch das zeitgerechte Fluten des Kellers mit Reinwasser vor Auftrieb zu schützen. Für die Feuerwehr ist wichtig, am Modell zu verstehen, dass vor dem Leerpumpen eines Kellers zu prüfen ist, ob der umgebende Grundwasserspiegel schon gesunken ist oder ob das Gebäude auftriebssicher ausgeführt ist.

Auch wenn im Modell ein einzelner isolierter Vorgang betrachtet wird, überzeugt das Modell durch seine Wirksamkeit zur Bewusstseinsbildung. Die Eigenheimbesitzer können sich direkt mit der vorliegenden Problematik identifizieren und Maßnahmen zur Eigenvorsorge am eigenen Haus umsetzen.

**Best-Practice:**

- ✓ Für Kinder hat sich die Verwendung von Glasperlen geeignet. Diese kennen Sie bereits als Spielzeug und sind daher sehr sensitiv für die Geräusche der Glasperlen, wenn diese bei der Hausanhebung sich bewegen und unter das Haus laufen.
- ✓ Thema der Eigenvorsorge wird angesprochen, hoher Wert für Hausbesitzer.



Abb. 60:  
Das Auftriebsmodell für Häuser der  
Abteilung Wasserwirtschaft des Lan-  
des Oberösterreich, hier beim Work-  
shop in Heimschuh 2019

### 3.2.6 Tiroler Hochwassermodell (Österreich, Tirol)

Am Amt der Tiroler Landesregierung existiert bei der Abteilung Wasserwirtschaft ein Hochwassermodell zur Vorführung bei öffentlichen Veranstaltungen (z. B. Tag der offenen Tür). Eine exakte Zielgruppe wurde für das Modell nicht definiert. Das mobile Modell (zum Versetzen braucht es mehrere Personen) hat eine Größe von ca. 2,5 m x 1,5 m und soll zum Verständnis der natürlichen Prozesse beitragen und die Funktionsweise von Hochwasserschutzmaßnahmen (Linear- und Rückhaltemaßnahmen) erläutern. Dazu wurde auf eine Unterkonstruktion aus Holz ein schematischer Flusslauf aus Kunststoff erstellt, welcher eine schematisch angedeutete Ortschaft mit Holzgebäuden und anschließend eine unbebaute Fläche passiert. Aus einem Wassertank fördert eine Pumpe das Wasser in den Oberlauf des Flusses. Als wesentliche Schutzmaßnahme ist ein geradliniger Deichverlauf montiert, der jedoch durch entsprechende Verschraubungen entfernt werden kann. Durch die Variation des Uferschutzes (mit Deich oder ohne Deich) werden drei Szenarien vorgeführt. Zunächst werden keine Deiche installiert. Es kommt ohne die Schutzmaßnahmen zu Überflutungen sowohl des bebauten, als auch des unbebauten Gebietes. Im zweiten Szenario wird die Ortschaft durch einen Deich umschlossen und so vor der Überflutung geschützt. Allerdings werden die nicht bebauten Flächen (Retentionsraum) überflutet, was zu keiner oder nur geringen Verschärfung der Hochwassersituation flussabwärts führt. Im dritten Szenario wird der Deichverlauf entlang der Ortschaft und der nicht bebauten Fläche gezogen. Damit wird keine der beiden Flächen überflutet. Jedoch steht damit auch keine Retentionsfläche zur Verfügung, die eine Hochwasserwelle abpuffern könnte. Dadurch kann es zu einer Verschärfung der Hochwassersituation flussabwärts kommen.

Auch wenn das relativ detaillose Modell die komplexen natürlichen Prozesse stark idealisiert und die Szenarien sehr schematisch bleiben, kann der Modellaufbau die grundsätzliche Wirkung der Deiche und Retentionsräume doch anschaulich darstellen. Die Interaktion beschränkt sich allerdings lediglich auf die Positionierung der Häuser und auf die Montage der Deiche. Für Letzteres gibt es aber nur eine einzige Einbauvariante. Der Betreiber nennt als mögliche Optimierung des Modells die einfachere und schnellere Möglichkeit zur Auswechslung der Hochwasserschutzmaßnahmen.

**Best-Practice:**

- ✓ **Verschraubbare Schutzmaßnahmen erlauben das Demonstrieren der Wirkung der Schutzmaßnahmen.**



Abb. 61: Blick auf das Hochwassermodell beim Amt der Tiroler Landesregierung von Oberstrom

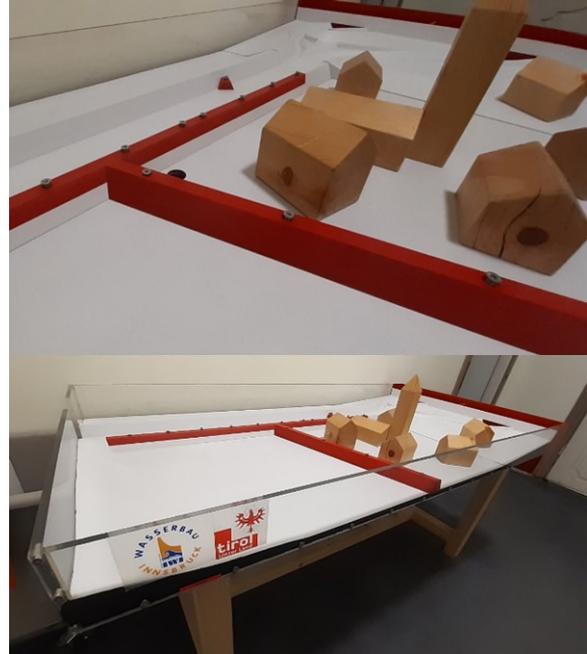


Abb. 62: Die roten Deichelemente im Modell können mittels der Verschraubungen entfernt werden.

### 3.2.7 Ward's Stormwater Floodplain Simulation System (USA, Rochester)

Das Stormwater Floodplain Simulation System ist ein kommerzielles Produkt der US-Firma Ward's Science<sup>6</sup>. In Zusammenarbeit mit der Michigan Stormwater-Floodplain Association wurde das Modell für die Ausbildung von Schülern erstellt. Diese können das Modell nutzen, um zu untersuchen, wie verschiedene Faktoren in einem Einzugsgebiet sich auf den Ablauf einer Flutwelle auswirken. Dabei soll die kritische Rolle der Überflutungsflächen und der anthropogene Einfluss auf die Umwelt, insbesondere die Flächenversiegelung, demonstriert werden. Die Schüler entdecken zusätzlich den Nutzen von Retentionsräumen und Auenlandschaften für die Abflussverzögerung. Dabei können eigene Deiche erstellt und diese in einem Hochwasserfall getestet werden. Konzeptionell ist das Modell zur Teamarbeit angelegt, sodass eine kleine Gruppe von Schülern für ein bestimmtes Szenario die bestmögliche Lösung erarbeitet.

Das Modell besteht aus einem Acrylglas-Tank (1,17 m lang, 0,46 m breit, 0,24 m hoch), in welchem eine Flusslandschaft mit geschwungenem Flussverlauf modelliert wurde. Am Einstromrand ermöglicht eine Beregnungsanlage die Simulation zweier unterschiedlicher Niederschlagsintensitäten. Der Ausfluss erfolgt durch einen Schlauch am Ausstromrand.

Als methodischer Einstieg wird als erstes Szenario eine versiegelte Parkplatzfläche berechnet. Das flächige Aufbringen des Niederschlags erfolgt, indem Wasser aus einem Eimer in eine perforierte Acrylglaswanne geschüttet wird und aus dieser dann auf die Parkplatzfläche regnet. Die Schüler beobachten, dass kein Wasser in den Boden eindringen kann, sondern über die versiegelte Fläche es direkt zum Abfluss in den Fluss gelangt. Dadurch erreicht die Hochwasserwelle schnell eine Siedlung in der Nähe des Flussverlaufes und überschwemmt diese. Ein seitlich angebrachtes Maßband ermöglicht das Ablesen und Erstellen des zeitlichen Wasserstandsverlaufs. Danach erarbeiten die Schüler selbstständig mögliche Optimierungen, um die Überschwemmung zu vermeiden. Dazu kann beispielsweise mit Knetmasse ein Deich um die Siedlung modelliert und bei gleichem Durchfluss die Wirkung der Schutzmaßnahme getestet werden. Allerdings lässt sich auch evaluieren, wie sich der Deichbau auf den Wasserstandsverlauf für die Unterlieger auswirkt.

In einem zweiten Schritt wird unter dem versiegelten Parkplatz ein kleines Rückhaltebecken installiert. Der Niederschlag fällt damit zunächst auf die versiegelte Fläche, läuft dann in das Rückhaltebecken und gelangt erst nach dessen Füllung in den Flussverlauf. Damit wird eine teildurchlässige Fläche modelliert, wie sie z. B. Rasengittersteine auf der Parkplatzfläche ermöglichen. Insgesamt erkennen die Schüler, dass die erzielte Retentionswirkung den Ablauf der Hochwasserwelle im Gewässer verzögert und abmildert.

Als dritte Möglichkeit installieren die Schüler anstelle des Rückhaltebeckens und des Parkplatzes eine Fläche mit saugfähigen Schwämmen, welche die Wirkung eines Auengebietes bzw. Waldgebiet simulieren. Die Schüler berechnen das Schwammgebiet mit gleicher Niederschlagsintensität wie zuvor und vergleichen den zeitlichen Wasserstandsverlauf im Fluss. Die Abflussverzögerung und die Reduzierung der Hochwasserspitze werden dadurch deutlich sichtbar.

Auch wenn es sich nur um ein Modell von der Grundfläche eines kleinen Tisches handelt, können variable Szenarien untersucht werden. Die didaktische Grundidee ist nachvollziehbar und klar abgesteckt. Das methodische Vorgehen ist sehr gut durchdacht und ermöglicht den Schülern die intuitive und selbstständige Interaktion mit dem Modell.

---

<sup>6</sup> [https://www.wardsci.com/store/catalog/product.jsp?product\\_id=8889092](https://www.wardsci.com/store/catalog/product.jsp?product_id=8889092)

**Best-Practice:**

- ✓ **Das Thema der Flächenversiegelung wird behandelt.**
- ✓ **Mit Hilfe des Maßbandes werden die zeitlichen Verläufe des Wasserstandes aufgezeichnet, womit die Retentionswirkung der beregneten Flächen beurteilen werden kann.**



Abb. 63: Stormwater Floodplain Modell mit Fließrichtung von rechts nach links



Abb. 64: Das Modell kann am Einstromrand erhöht werden, um höhere Fließgeschwindigkeiten zu erzeugen.

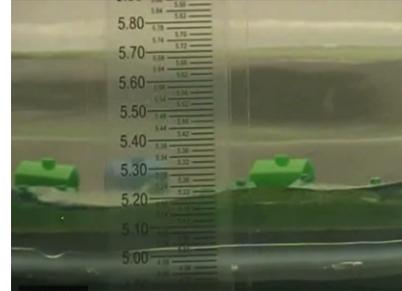


Abb. 65: Die Modellnutzer erfassen durch eine Skale den Wasserstandsverlauf über der Zeit.



Abb. 66: Durch Zugabe von Wasser wird die Beregnung einer versiegelten Parkplatzfläche simuliert.



Abb. 67: Eine Siedlung nahe der Ortschaft wird überflutet.



Abb. 68: Die Nutzer können durch die Installation eines einfachen Deiches die Ortschaft schützen.



Abb. 69: Im Einlauf wird ein Rückhaltebecken zur Retention angelegt.



Abb. 70: Über dem Rückhalteraum wird der Parkplatz montiert.



Abb. 71: Das Einsetzen von Schwämmen simuliert die Retentionswirkung von Auen- und Forstgebieten.

### 3.2.8 Wetropolis Extreme Rainfall and Flood Demonstrator (Großbritannien, Leeds)

Das Wetropolis Modell wurde an der Universität von Leeds im Wesentlichen durch Onne Bokhove und Wout Zweers entwickelt (Bokhove et al., 2020). Hochwasserexperten des Vereinigten Königreiches traten an die Forscher heran und erbaten ein Modell zur öffentlichkeitswirksamen Kommunikation der Themen Hochwasser und Starkregen, aber insbesondere um den Begriff der Wiederkehrdauer (Jährlichkeit) zu erläutern. Man hatte erkannt, dass zur Erklärung von baulichen Schutzkonzepten stets die statistischen Einflussgrößen kommuniziert werden müssen, die Bevölkerung die Statistik hinter den Extremereignissen jedoch nur sehr unzureichend versteht. Dazu sollte zukünftig ein physikalisches interaktives Modell unterstützen, in dessen Fokus ein zufällig generiertes Hochwasserereignis steht. Zusätzlich sollte vermittelt werden, wie Abschwächungen der Hochwasserwellen aussehen können (Oberflächenrauheit, Speicherwirkung poröser Böden). Eine bestimmte Zielgruppe für das Modell wurde vorher nicht definiert.

Wetropolis ist ein konzeptionelles physikalisches Modell mit geschwungenem Flussverlauf, Überflutungsflächen, Speicherprozessen, porösen Oberflächen (Moor) und urbanem Gebiet, welches durch ein zufälliges generiertes Regenereignis betroffen wird. Vom angesprochenen Szenario und des bathymetrischen Verlaufs ist Wetropolis an das Boxing Day Hochwasser aus dem Jahre 2015 im Fluss Aire in und oberhalb von Leeds angelehnt. Das eigentliche Modell hat die Abmessungen von 1,2 m x 1,2 m x 1 m. Hinzu kommt ein Tischaufbau mit den Steuerungseinheiten (u. a. Arduino-Controller, Pumpen, Ventile). Die Modelloberfläche wurde aus Polystyrol erstellt und der Flussverlauf als auch die Überflutungsflächen wurden anschließend durch das Aufbringen von feinem Sand hydraulisch aufgeraut. Drei Aquariumpumpen mit einem maximalen Förderdurchfluss von 0,375 l/s fördern das Wasser aus einem ca. 26 Liter großen Tank zum Einstromrand des Gewässers. Der Niederschlag in die Moor-Region wird durch eine perforierte Kupferleitung ermöglicht. Das Moor selbst wird durch eine Acrylglas-Box dargestellt, die mit Blähtonkugeln gefüllt ist und an einer Seite zum Abfluss ins Gewässer offen ist. Gazematerial verhindert das Ausschwemmen der Blähtonkugeln aus dem Moorreservoir. Das Moor spiegelt einen porösen Bodenaufbau wider, in den Niederschlagswasser einsickern kann und von dort zeitverzögert ins Gewässer abgegeben wird. Zur Interaktion sind die Auslässe aus dem Reservoir mit Ventilen versehen, sodass die Modellbetrachter das Niederschlagswasser auch manuell speichern oder ins Gewässer ablassen können. Daher kann die Überflutung der Stadt über eine haptische Rückkopplung erfahren werden.

Die Wiederkehrzeit eines Extremereignisses wird durch ein Galton-Brett realisiert, wodurch eine statistische Verteilungsfunktion in Echtzeit ins Modell eingesteuert wird. Somit treten im Modell sowohl Normal- als auch Extremereignisse auf, womit die Niederschlagsintensität und -dauer im Modell bestimmt wird. Mit einem zweiten Galton-Brett wird zufällig bestimmt, ob der generierte Niederschlag (i) ins Reservoir mit unmittelbarer Abflussbildung ins Gewässer, (ii) in das Reservoir und das Moor, (iii) auf das Moor mit anschließender Grundwasserneubildung und verzögerter nicht-linearer Abflusswirksamkeit im Gewässer oder (iv) gar kein Niederschlag im Einzugsgebiet fällt. Für den allgemeinen Ablauf des Modells wird im Modellgewässer ein üblicher (unkritischer) Abfluss initiiert. Innerhalb eines Wetropolis Modelltages wird alle 10 Sekunden ein zufälliges Regenereignis generiert. In Abhängigkeit wie die Kugeln im Galton Brett fallen, erfolgt das Regenereignis in eines der vier Modellbereiche in vier unterschiedlichen Regenintensitäten. Zwei der Kombinationsmöglichkeiten führen zu geringer oder sehr hohen Hochwassersituationen. Allerdings ist in der Demonstration des Modells nicht bekannt, wann das Extremereignis auftritt (ca. dreimal in 100 Wetropolis Tagen, entspricht ca. 1000s). Dem Modellbetrachter wird so nähergebracht, was ein seltenes Ereignis ist.

Die Stärke des Wetropolis-Modells ist die Vermittlung der Wahrscheinlichkeit eines Extremereignisses und dessen Wiederkehrzeit. Besonders wird der statistisch wahrscheinliche Charakter eines Extremereignisses vermittelt. Dabei kann das Extremereignis vom Niederschlagsereignis über das Ansteigen des Grundwasserspiegels bzw. den Abfluss im Gewässer bis hin zur Überflutung der betroffenen Gebiete beobachtet werden. Insgesamt handelt es sich um ein konzeptionelles Modell mittlerer Komplexität. Das Modell konzentriert sich auf die Vermittlung von Entstehungsprozessen und geht nur geringfügig auf staatlich initiierte Gegenmaßnahmen ein. Themen der Eigenvorsorge werden gar nicht abgebildet. Der Aufwand zur Erstellung und zum Betreiben wird als hoch bewertet. Das Modell ist insgesamt als mobil anzusehen. Es wurde so erstellt, dass es mit einem größeren PKW mit umgeklappten Rücksitzen transportiert werden kann. Das Wetropolis Modell wurde bereits bei unterschiedlichsten Ausstellungen, Messen und bei Veranstaltungen der Öffentlichkeitsarbeit aber besonders gewinnbringend auf Workshops mit Hochwassergeschädigten eingesetzt.

Die Ersteller weisen darauf hin, dass die Überflutung des urbanen Gebietes in einem verbesserten Modell noch hervorgehoben werden könnte. So könnten Lichter in der Stadt ausgehen, wenn bei der Überflutung Kurzschlüsse entstehen. Zusätzlich sollten weitere Rauheiten des Gewässers durch herausnehmbare Segmente verdeutlicht werden. Außerdem können weitere poröse Gebiete ermöglicht werden und kleinere Gewässer mit weiteren Pufferfunktionen und variable, durch die Benutzer steuerbare, Speicher installiert werden.

#### Best-Practice:

- ✓ **Abbildung von Wahrscheinlichkeiten im Modell**
- ✓ **poröses Material simuliert die Wirkung von Versickerung zur zeitverzögerten Abflussbildung**

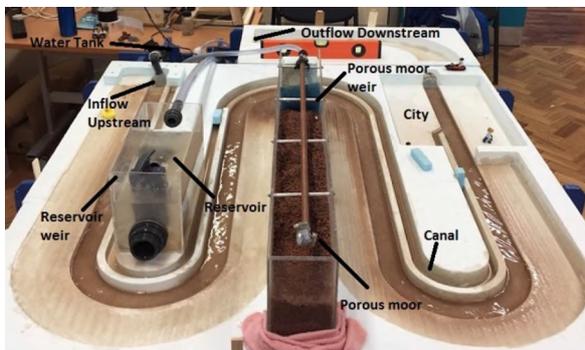


Abb. 72: Foto zum Grundaufbau des Wetropolis Modells im Betrieb



Abb. 73: Foto des Wetropolis Modells mit Blick auf das Moor-Reservoir



Abb. 74: Galton-Bretter zur Einsteuerung der Niederschlagsdauer und -intensität als auch des Niederschlagsortes

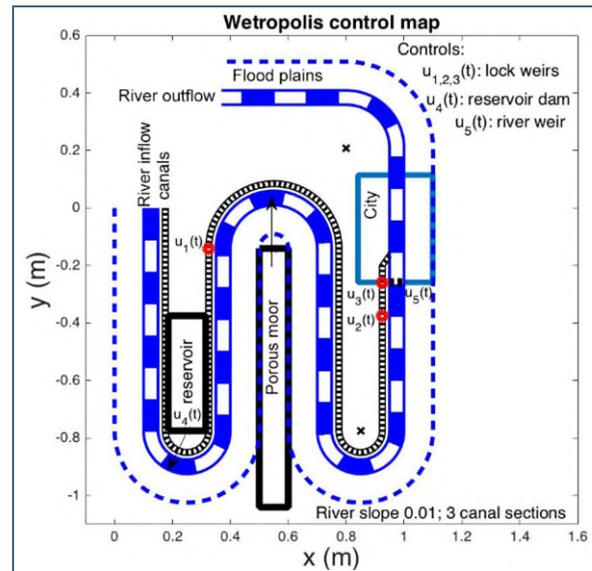


Abb. 75: Schematische Abbildung des Wetropolis Modells mit den Modellabmessungen

### 3.2.9 Emriver Em2 (Italien, Universität Bozen)

Das Emriver Em2 Modell ist ein kommerzielles Produkt von Little River Research & Design aus Illinois, USA. Es deckt die Thematiken des Flusshochwassers in Verbindung mit der Morphodynamik ab. Durch zusätzliche Einbauten wie Deiche, Dämme oder Brücken, lassen sich die Wechselwirkungen (z. B. Kolkbildung) vermitteln. Das Modell lädt leicht zur Interaktion ein und die Modellnutzer werden unmittelbar motiviert experimentell aktiv zu werden, um fundamentale morphodynamische Prozesse zu erlernen. An der Universität Bozen wird dieses Modell u. a. zur Unterrichtung von Hochwassergefahren eingesetzt und unterstützt bei der Vermittlung der fluvialen Strömungskräfte. Außerdem wurde das Modell an Schulen sowohl auf Messen als auch Ausstellungen einem schulischen und erwachsenen Publikum präsentiert.

Das Modell bildet den komplexen und dynamischen Vorgang der Fluidströmung und die Stadien des Sedimenttransportes vom Bewegungsbeginn, Erosion und Sedimentaufnahme über den Transport bis hin zur Ablagerung ab. Folgende Szenarien können behandelt werden:

fluviale Morphodynamik	Messung des Längsprofils und Topografie
aquatische Ökologie	Wechselwirkung zwischen Habitatelementen und morphodynamischen Prozessen, Rolle der Ufervegetation bzgl. Fließquerschnitt und Sedimenthaushalt
Forstwirtschaft, Management der Uferzonen	Rolle des Uferbewuchses und des Gewässerrandstreifens hinsichtlich Ufererosion und fortschreitende Mäandrierung, Schutzwirkung des Waldes und Auen hinsichtlich Rückhalt und Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit im Überlastfall, hydraulisches Zusammenspiel zwischen Gerinne und Überflutungsflächen.
Fragestellungen der Ingenieur- und Umweltwissenschaften	Flussprofil, Mäandrierung, Erosion, Akkumulation, Instream-River-Training, Hochwasserschutz, Rauheiten, natürlich stabiler Gerinnequerschnitt

Der gesamte Aufbau (1,9 m x 0,8 m) kann zerlegt mit einem größeren Fahrzeug transportiert werden. Eine verstärkte Aluminiumkiste bildet die Unterlage für das Modell und wird auf zwei faltbare Aluminiumböcke gestellt. Aus einem eimerförmigen Reservoir mit 102 Liter Fassungsvermögen und oben modularem Sedimentfilter wird durch eine Tauchpumpe (12V-Versorgung) ein Durchfluss von 1892 Liter pro Stunde in das Modell gespeist. Am Einstrombereich sorgt eine Energy Dissipater Unit für ein sanftes Einströmen des Wassers und verhindert initiale Erosionen zu Beginn des Modells. Durch die Zugabe von blauen und grünen Färbemitteln kann die Strömung visualisiert werden. Herzstück des Modells ist der dazugehörige 68 kg schwere Plastiksand, der auf der Modelloberfläche verteilt wird. Das Sediment besteht aus unterschiedlichen Korngrößen, die jeweils mit einer anderen Farbe codiert sind. So lassen sich Korngrößen-spezifische Transportphänomene visuell unterscheiden.

Zum Aufbau und Betreiben des Modells werden 2-3 Personen benötigt. Nach Initialisierung einer Strömung kann das Modell durch den Nutzer relativ selbstständig und intuitiv benutzt werden. Der spielerische Umgang ermöglicht eine leichte Interaktion auch für Laien. Der Betreuungsaufwand steigt, wenn viele Personen, gleichzeitig am Modell agieren und sich ggf. hinsichtlich der hydraulischen und morphodynamischen Zustände behindern.

Im Modell wird allerdings ein relativ flacher Gewässerverlauf thematisiert. In Bezug auf die Interaktion mit anderen alpinen Naturgefahren könnte das Modell um hügligere Regionen erweitert werden, um dortige Wildbachprozesse und die resultierenden Ereignisse beim Einströmen in das Hauptgewässer abzubilden.

Als Ergänzung sei erwähnt, dass der Hersteller Little River Research & Design mit dem Em3 und Em4 noch zwei größere Varianten des Modells anbietet. Diese sind im Alpenraum jedoch bisher noch nicht im Einsatz.

**Best-Practice:**

- ✓ **hoher Grad an Interaktion, der unmittelbar beim Nutzer motiviert wird.**
- ✓ **nach Korngrößen farblich codiertes Sediment erlaubt einfache visuelle Unterscheidung bei morphologischen Vorgängen**
- ✓ **robustes Modell**
- ✓ **viele unterschiedliche Szenarien möglich**
- ✓ **Rolle des Uferbewuchses und des Gewässerrandstreifens hinsichtlich Ufererosion, Schutzwirkung des Waldes und Auen hinsichtlich Rückhalt und Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit im Überlastfall**



Abb. 76: Einsatz des Emriver Em2 Modells in Italien



Abb. 77: Emriver Em2 Modell in Benutzung mit Kindern



Abb. 78: Mit farbig codierten Sedimenten können Korngrößen-spezifische Transportphänomene visuell unterschieden werden.



Abb. 79: Das Emriver Em2 Modell lädt zur starken Interaktion ein.

### 3.2.10 Interaktives Modell zur Visualisierung des hydrostatischen Drucks (Deutschland, WWA Ansbach)

Mit diesem Modell wird die Wirkung des hydrostatischen Drucks und die resultierende Kraft auf einen Flussdeich sowohl visualisiert als auch haptisch erfahrbar gemacht. Das Modell ist für eine breite Bevölkerungsschicht und alle Altersgruppen geeignet und befindet sich in der Dauerausstellung zum Thema Hochwasserschutz. Das Modell besteht im Wesentlichen aus zwei Scheiben, zwischen denen ein mit ca. 10 Litern Wasser gefüllter durchsichtiger Kunststoffbeutel hängt. Eine der beiden Scheiben ist im Boden verankert. Die andere Scheibe ist über ein Drehgelenk am oberen Rand beweglich gehalten. Die Nutzer des Modells können nun die bewegliche Scheibe entweder über verschiedene Griffe drücken oder von der anderen Seite ziehen und bewirken dadurch ein Zusammenpressen des Wasserbeutels. Dadurch steigt das Wasser nach oben auf, es erhöht sich die wirkende hydrostatische Druckkraft und erfordert von den Modellnutzern eine immer stärkere Druck- bzw. Zugkraft. Das Modell lässt sich noch durch ein Kraftmesser oder Flaschenzug erweitern. Das Modell ist mobil und erfordert zum Transport einen Kleintransporter. Das Modell kann auf unterschiedlichen Untergründen durch zwei Personen aufgestellt werden.

Dieses Modell gibt lediglich die physikalische Wirkung des hydrostatischen Drucks wieder, kann durch seine niedrige Komplexität die natürlichen Prozesse am Deich im Hochwasserfall aber nicht abbilden.

**Best-Practice:**

- ✓ Die Wirkung des hydrostatischen Drucks wird direkt körperlich erfahrbar.



Abb. 80: Ausgestelltes hydrostatisches Modell (Seitenansicht)



Abb. 81: Ausgestelltes hydrostatisches Modell (Frontansicht)

### 3.3 Pädagogische Spiele, Digitale Modelle, Virtual Reality

#### 3.3.1 Legespiele für Naturgefahren: Memory und Puzzle (Italien, Südtirol)

Das Landeswarnzentrum im Bozen / Südtirol setzt für das spielerische Erlernen der Themen Hochwasser, Wildbach und Lawinen die interaktiven Gruppenspiele Memory und Puzzle ein. Kinder im Volksschulalter sollen die Naturgefahren, den Umgang damit und die möglichen Gegenmaßnahmen als auch die Schutzstrategien kennenlernen.

Das Spieleset Memory umfasst 20 - 30 Kartenpaare, die jeweils eine Abmessung von 25x25cm haben. Bestehend aus Hartplastik, wurden auf eine Seite der Karten die Naturphänomene, Naturgefahren und Schutzmaßnahmen aufgedruckt. Zu Beginn des Spiels werden die Memorykarten umgedreht auf den Boden im Klassenzimmer oder am Boden im Freien oder auf größeren Tischen ausgelegt. Die Kinder stehen im Kreis um die Karten herum und drehen der Reihe nach die Karten um. Man sucht das jeweils gleiche Kartenpaar und erhält dieses, wenn man beide gefunden hat. Während des Umdrehens wird spielerisch und einfach das Bild auf der Karte besprochen und so der Inhalt vermittelt. Durch das wiederholte Aufdecken der Karten, prägen sich die abgebildeten Naturphänomene im Kopf der Kinder ein. Sieger des Spiels ist, wer am Ende am meisten Kartenpaare aufdeckt und in seinem Besitz hat. Die Kinder identifizieren sich mit dem Bild auf den gewonnenen Karten: „Ich habe die Schneelawine, den Wildholzrechen und die Bergziege.“

Das Puzzle dient der gemeinsamen Erstellung eines Gesamtbildes durch richtiges Zusammenlegen der Puzzleteile. Zunächst werden die relativ großen Bildausschnitte verstreut auf den Boden gelegt. Die Kinder sollen nun das Gesamtbild zusammensetzen. Danach kann über das gelegte Bild diskutiert werden.

Durch die leichte Handhabung der Karten, sind beide Spiele in Klassenzimmern und auf Aktionstagen einsetzbar. Die Bildpalette kann erweitert oder ausgetauscht werden und beinhaltet u. a. die Prozesselemente

- Naturgefahren,
- Schutzmaßnahmen wie Wildbachsperrern, Lawinennetze, Dämme
- Schäden an Häusern, Autos, Überflutungen und
- Flusslandschaften, Gewässeraufweitungen, Revitalisierungen

aus dem Bereich der staatlichen Schutzbauten, kommunalen Maßnahmen und der Themen der Eigenvorsorge.

#### Best-Practice:

- ✓ **Die Wiederholungseffekte tragen zur Verinnerlichung der Naturphänomene ein.**
- ✓ **Das Spiel ist leicht und unkompliziert zu transportieren und aufzubauen.**
- ✓ **Ein Memory Spiel könnte die Wirkung eines interaktiven physischen Modells unterstützen.**
- ✓ **Durch die Größe des Puzzle-Bildes werden die Kinder körperlich aktiv, um die Bilder an die richtige Stelle zu positionieren. Das dient auch der geistigen Aktivierung.**



Abb. 82: Beispiele für MemoryKarten: große und aussagekräftige Bilder sind sehr ansprechend bei Kindern z. B. große Bagger oder große Verwüstung.



Abb. 83: Memory Spiel mit Bildern u. a. zu Naturgefahren, Schutzmaßnahmen und Flusslandschaften.



Abb. 84: Ausgangssituation für das Puzzle in Gruppenarbeit



Abb. 85: Das Puzzle wurde erfolgreich zusammengesetzt und die Inhalte des Bildes kann besprochen werden.

### 3.3.2 MurGame (Schweiz)

Das MurGame<sup>7</sup> ist ein interaktives server-basiertes Web-Computerspiel, welches im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt entwickelt wurde. Die Entwicklungskosten betragen für die Basisversion 140.000 CHF. Die dahinterliegende Software dieses „Serious Games“ dient der professionellen Modellierung von Murgängen. Im MurGame wurde deren dreidimensionalen Visualisierung in eine Game Engine eingebettet. Das Ziel des interaktiven Spiels ist die Vermittlung der möglichen Maßnahmen zur Risikoreduktion in einer Ortschaft hinsichtlich der Gefahren von Murgängen. Das Spiel wurde hauptsächlich zur Sensibilisierung der interessierten Öffentlichkeit erstellt, und um einen innovativen und gleichzeitig wissenschaftlich untermauerten Beitrag für die Schulung von Fachleuten zu leisten. Die Zielgruppe ist breit gefächert. Das Spiel wird generell einer interessierten Öffentlichkeit vorgestellt, kann aber sowohl für Schüler (ab Gymnasium) und Studenten, als auch für die Schulung von Fachleuten wie Architekten, lokale Naturgefahrenberater u. a. eingesetzt werden.

<sup>7</sup> <https://murgame.ch>

Im Spiel werden der Prozess des Murganges und seine Zerstörungskraft visualisiert. Die Sensibilisierung für Naturgefahren allgemein und im Speziellen das Zusammenspiel von Schutzmaßnahmen und deren Kosten ist eines der Hauptziele. Spielerisch durchlaufen die Benutzer den gesamten Kreislauf des integralen Risikomanagements. Neben dem Thema der Gefährdung, werden die Aspekte Schadenpotenzial und Risiko sichtbar. Organisatorische, raumplanerische und bauliche Maßnahmen (sowohl Flächenschutz als auch Objektschutz) können ergriffen werden, um das Risiko zu reduzieren.

Dazu wird eine fiktive Landschaft mit einer Siedlung präsentiert. Durch die Siedlung fließt ein Wildbach, der in zwei Szenarien entweder einen kleinen oder großen Murgang erfährt. Der Wildbach mündet am Ende der Siedlung in ein weiteres Gewässer. Die Spieler haben die Aufgabe, unter Berücksichtigung gewisser Vorgaben, eine Siedlung mit verschiedenen Gebäuden (Wohnhaus, Kirche, Laden, Bauernhof) auf dem Schwemmkegel zu errichten und die Siedlung durch Maßnahmen (Dämme, Geschiebesammler, verstärkte Bauweise, Warnsirene) vor einem Schadensereignis zu schützen. Der Murenabgang und die überfluteten Flächen werden als Ergebnis einer Rapid Mass Movement Simulation visualisiert. Die Spieler erhalten unmittelbar eine Rückmeldung über den Erfolg ihrer Siedlungsplanung. Eine nachträgliche Auswertung durch einen generierten Schadensbericht unterstützt darin, sowohl die menschlichen Verluste und monetären Schäden als auch die Zufriedenheit der Bevölkerung mit der Leistung der Spieler zu quantifizieren. Nach Optimierung der Maßnahmen kann der Murgang erneut simuliert werden. Im Idealfall wird das Risiko mit verhältnismäßigen Maßnahmen soweit reduziert, dass ein optimales Kosten-Nutzen-Ergebnis bei gleichzeitiger Zufriedenheit der Bevölkerung erzielt wird.

Das MurGame-Spiel wurde bereits erfolgreich an Schulen, auf Messen und in der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit (Fachschulungen, Weiterbildungskurse, Lehre, Einbindung in Webauftritte) eingesetzt. Für den Einsatz auf Messen hat sich ein moderierter Einsatz als ideal erwiesen, um die Spieler je nach Ziel auf bestimmte Aspekte aufmerksam zu machen. Dies ermöglicht ebenfalls, Anknüpfungspunkte für weiterführende Diskussionen zu identifizieren.

Das MurGame kann für einen relativ breiten Einsatz verwendet werden. Bei einem angeleiteten Einsatz bietet sich für den Moderator die Möglichkeit, die Diskussionen je nach Interesse auf unterschiedliche Aspekte zu lenken (Objektschutz, Raumplanung/Gefahrenkarten, ...). Auch wenn die 3D-Modellierung der Murgänge rein visuell nicht an die Standards der heute bekannten Onlinespiele größerer Gamekonzerne heranreicht, können sich die Spieler interaktiv und recht detailreich mit der Thematik auseinandersetzen. Die abgebildeten Prozesse sind durchaus komplex, das Spiel bleibt aber intuitiv bedienbar. Es ist als Lern- und nicht als Vergnügungsspiel anzusehen. Derzeit befindet sich die Software in der Weiterentwicklung. Unter anderem soll die Maßnahmenpalette erweitert als auch eine Optimierung der Bedienung und der verschiedenen Spielelemente erfolgen.

#### **Best-Practice:**

- ✓ **vorbildhafte Topografie für das zukünftige physikalische Modell: Hauptgewässer in das ein Wildbach einmündet.**
- ✓ **Es werden sowohl Themen der staatlichen Schutzbauten (z. B. Deiche), der kommunalen Maßnahmen (z. B. Warndienste, Forstwirtschaft) als auch Themen der Eigenvorsorge der Bevölkerung (Öltanks, erhöhte Lichtschächte) behandelt.**
- ✓ **Die Software ist ein Eyecatcher auf Messen und spricht besonders eine junge spieleaffine Zielgruppe an.**



Abb. 86:  
Die Ausgangsbasis des Spiels bildet eine Ortschaft, welche auf einem Schwemmkegel errichtet wurde und die durch einen Wildbach durchflossen wird. Dieser mündet dann in ein anderes Fließgewässer.



Abb. 87: Im MurGame Spiel wurde eine Siedlung und entsprechende Schutzmaßnahmen erstellt, sodass die geforderte Aufgabenstellung erfüllt ist.



Abb. 88: Im berechneten Szenario wird die Ortschaft von einem Extremereignis getroffen, was die Wirkung der geplanten Schutzmaßnahmen offenbart.

### 3.3.3 Stop Disasters! (Vereinte Nationen)

Das UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) beauftragte die Firma playerthree, das Online Serious Game Stop Disasters!<sup>8</sup> zu entwickeln. In diesem werden insgesamt fünf Naturgefahren (Tsunami, Hurricane, Buschbrände, Erdbeben, Hochwasser) behandelt, welche in jeweils drei Schwierigkeitsstufen von den Spielern bespielt werden. Das oberste Ziel des Spiels ist Leben zu retten.

Für das Hochwasserszenario wird eine Stadt in der Mitte Europas abgebildet, in der eine gewisse Anzahl von Menschen lebt und durch landwirtschaftliche und industrielle Flächen geprägt ist. In der Nähe einer Bergregion gelegen, ist die Stadt immer wieder Überflutungen ausgesetzt. Der Spieler startet mit einer gewissen Bevölkerungsanzahl und soll in Vorbereitung auf ein kommendes Extremereignis so viele Menschen, Gebäude und Infrastruktur wie möglich schützen. Daneben müssen bei der Erweiterung der Siedlung noch diverse Pflichtaufgaben erfüllt werden, wie z. B. eine Schule oder ein Krankenhaus bauen. Die Schule muss dabei besonders geschützt sein, da diese im Katastrophenfall als Notunterkunft bereitstehen muss. Weiterhin müssen die Spieler auch Brunnen abdecken, damit die Trinkwasserquellen bei der Überflutung nicht kontaminiert werden. Es festes Budget und ein Zeitlimit, bis das Extremereignis eintritt, limitieren die Spieler und verlangen eine abgewogene Entscheidungsfindung. Das führt zur Erkenntnis, dass nicht alles geschützt werden kann und man mit einem verbleibenden Risiko leben muss.

#### Best-Practice:

- ✓ **Spieler erlernen spielerisch das Konzept des verbleibenden Risikos.**
- ✓ **Neben großflächigen Schutzmaßnahmen wie Deichen und Hochwasserwällen werden auch Maßnahmen auf lokaler Ebene und im Zuge der Eigenvorsorge behandelt (z. B. Brunnenschutz, Verstärkung von Häusern, Sekundärfunktion von Infrastruktur).**



Abb. 89: Spieloberfläche des Online-Spiels StopDisasters!, hier für das Hochwasserszenario

<sup>8</sup> [www.stopdisastersgame.org](http://www.stopdisastersgame.org)

### 3.3.4 Flood Action Virtual Reality (USA, Iowa City)

Sermet und Deminar (2018) präsentieren eine virtuelle Umgebung zur Bewusstseinsbildung gegenüber Katastrophen und als Ausbildungswerkzeug für Ersthelfer bei Hochwasser. Sie stellen heraus, dass eine realistische 3D Spieleumgebung in Echtzeit-Darstellung große Vorteile bietet. Ihr Konzept verbindet die Technologien der Virtual Reality, der künstlichen Intelligenz, als auch hohe Rechen- und Grafikleistung. Die Benutzer finden sich im Abbild der realen Welt wieder, die über Geodaten (DEM bis 1 m Gittergröße) digitalisiert wurde. Dadurch können das Terrain und die Höhenkoten realer Orte und Landschaften genau genug abgebildet werden, um Überflutungsflächen detailgetreu zu visualisieren. Über ArcGIS werden weitere Umgebungseigenschaften, wie Gebäude, Bäume, Straßen, Brücken oder Verkehrsanlagen eingebunden. Weitere Umwelteinflüsse und Wetterereignisse können eingeladen werden. Durch die exakte Vorgabe von Niederschlagsdauer, Intensität, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Temperatur und Sichtweite lassen sich auch historische Hochwasserereignisse hinsichtlich des Einzugsgebietes, der Überflutungsfläche, der Wassertiefen und der Wiederkehrzeit rekonstruieren.

Allgemein werden Indoor- und Outdoor-Szenarien unterschieden. Das Indoor-Szenario richtet sich besonders an die allgemeine Bevölkerung. Die Spieler wachen zu Spielbeginn in ihrem Bett auf und finden sich in einer Situation wieder, in der Wasser in das Haus eindringt und zunehmend aufsteigt. Die Aufgabe der Personen in der virtuellen Realität ist es sich die erforderlichen Maßnahmen zu überlegen, diese zu priorisieren und schlussendlich selbst durchzuführen. Dies könnte die Lokalisierung und Rettung anderer Mitbewohner sein (multi-player-modus), die Hauselektrik und die Gaszuführung abzusperren oder einen adäquaten Ausgang aus dem Gebäude zu den Rettungskräften zu suchen. Dieses Szenario soll das Bewusstsein der Bevölkerung hinsichtlich der Gefahren von Hochwasserereignissen und der erforderlichen Gegenmaßnahmen schärfen.

Das Outdoor-Szenario ist besonders für die Ausbildung, die Schulung und das Training von professionellen Rettungskräften geeignet. Die Spieler finden sich innerhalb einer Stadt wieder, wo verschiedene Missionsziele – teilweise mit Zeitvorgaben – abzuarbeiten und zu erfüllen sind. Dies kann allein (single-player-modus) oder mit anderen Spielern (multi-player-modus) erfolgen. Das kann die Flucht aus dem Überflutungsgebiet sein, die Unterstützung oder Rettung von Überlebenden oder die Versorgung der Bevölkerung mit Notfallmaterial. Innerhalb der Simulation können die Spieler miteinander voll kommunizieren. Eine integrierte Spracherkennung versetzt das System außerdem in die Lage aus der Stimmlage des Spielers das Stresslevel und den psychologischen Zustand der Rettungskraft auszuwerten.

Die Autoren bewerten den Nutzen ihrer virtuellen Umgebung besonders für eine jüngere Zielgruppe als sehr hoch. Jugendliche und junge Erwachsene sind durch die 3D-Spielerealität insbesondere affin gegenüber dieser Technologie eingestellt. Derzeit ist das Simulationsgebiet allerdings durch die limitierte Rechen- und Speicherleistung auf eine Kreisfläche mit 1 km Radius begrenzt. Außerdem müssten zukünftig weitere strukturelle Daten (Gebäude etc.) digitalisiert werden, damit die Simulationsumgebung auch für weitere Regionen realisierbar wird.

Sermet und Demir stellen neben der Flood Action Virtual Reality noch weitere Anwendungen der künstlichen Intelligenz vor, um das Bewusstsein der Bevölkerung hinsichtlich Überflutungsereignissen und der erforderlichen Maßnahmen weiter zu fördern. Da es sich aber nicht primär um Modelle im Sinne der Studie handelt, sollen sie hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt werden (Sermet und Deminar, 2018b, Sermet und Deminar, 2020, Sermet und Deminar, 2020b). Eine vollständige Darstellung und Erläuterung dieser Methoden kann in der Dissertation von Sermet (2020c) nachvollzogen werden.

**Best-Practice:**

- ✓ Es wird insbesondere versucht, eine junge Zielgruppe zu erreichen.
- ✓ Themen der Eigenvorsorge und des Selbstschutzes werden (im Singleplayer-Modus) vermittelt.



Abb. 90: Screenshot der Flood Action VR im Szenario zur Notfallversorgung

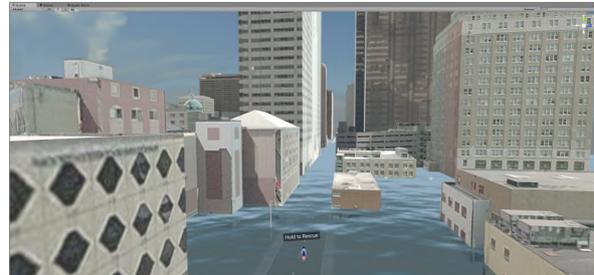


Abb. 91: Screenshot der Flood Action VR im Szenario zur Rettung der betroffenen Bevölkerung

**3.3.5 Virtual Reality für Gefahrenzonen (Italien, Südtirol)**

Im Rahmen des Interreg V-A Italien-Österreich Projektes RiKoST (Risikokommunikationsstrategien) wurde ein Virtual Reality – Tool entwickelt, um naturbedingte Risiken besser kommunizieren zu können. Die für das Landeswarnzentrum Bozen entwickelte und getestete Methode von 3D-Animationen mit VR Brillen wurde bereits in den Mittel- und Oberschulen, sowie auf öffentlichen Plätzen mit der Bevölkerung getestet. Das Ziel der Entwicklung und des Einsatzes für eine breite Zielgruppe ist das Prozessverständnis zu fördern, was Naturgefahren verursachen können und was man sich unter Gefahrenzonen vorstellen kann. Dazu werden technische Karten in 3D Animationen und 360° Bilder von Naturereignissen transformiert. Dies ermöglicht neben einer besseren räumlichen Vorstellung von Prozessen auch das allgemeine Kennenlernen von Naturgefahren und deren Auswirkungen.

Gestartet wird die Animation mit einer Auswahl des zu betrachteten Prozesses:

- Bei **Gefahrenzonen allgemein** erfolgt ein 3D-Rundflug über acht Gemeinden Südtirols, in denen die gelben, blauen und roten Gefahrenzonen eingefärbt sind. Gleichzeitig erklärt eine Stimme die Bedeutung der Farben und gibt allgemeine Infos zu Naturgefahren.
- Der Prozess **Lawine** wird am Beispiel des Lawinenereignis Langtaufertal aus dem Jahre 2018 veranschaulicht. Ein 360° Rundblick zeigt wie der Ort und dessen Gebäude nach der Zerstörung durch die Lawine ausgesehen hat und wie der Ort heute aussieht.
- Beim Prozess **Hochwasser** wird in der Stadt Brixen der Domplatz in der blauen Gefahrenzone mit und ohne Hochwasser visualisiert.
- Für das Dorf Prags zeigt der Prozess **Murgang** das Ereignis von 2017 mit der Darstellung des Dorfplatzes mit Kirche vor und nach dem Ereignis.
- Für den Prozess **Steinschlag** wird ein Hang am Stadtrand von Bozen visualisiert, wobei die Hälfte des Bildes ein Siedlungsteil mit Gebäuden mit und ohne Steinschlag zeigt.

Die gewählte 3D-Animation wird anschließend auf eine VR Brille gespeichert und kann dann mittels Befehls-Stick von Hand selbstständig gesteuert werden. Gleichzeitig braucht es eine Betreuung, damit begleitende Erklärungen gegeben werden können. Die Animation ist auch über Mobiltelefone unter einem QR-Code abrufbar und als 2D Animation anzusehen.

Insgesamt wird die VR-Brille für die Kommunikation von Gefahrenzonen eingesetzt und ermöglicht so die Aufklärung der kommunalen Gefahrenzonenplanung. Der Aufwand zum Betreiben dieses Tool ist

relativ gering. Eventuell müssen nach einer gewissen Zeit die gezeigten Bilder und 3D-Animationen aktualisiert werden. Der Einsatz der Technik hat sich besonders bei Jugendlichen bewährt, da diese bereits eine hohe Affinität zu digitalen Spielen haben.

**Best-Practice:**

- ✓ **VR Brillen können fast überall verwendet werden (Schulen, öffentliche Plätze, Aktionstagen in Hallen).**
- ✓ **Interaktion zwischen Betreuer und Betrachter ermöglicht zusätzliche Erklärungen oder Erläuterungen zu Gefahrenzonen oder Naturereignissen.**



Abb. 92: Der Einsatz einer VR-Brille ermöglicht die Ansicht von Gefahrenzonen in einer dreidimensionalen Umgebung.



Abb. 93: Die 360°-Visualisierungen können parallel an einem 2D-Bildschirm nachverfolgt werden, um zusätzliche Erläuterungen zu geben.

**3.3.6 Projektionsmodell zum 1818 Giétro Gletscherseeausbruch (Schweiz, Wallis)**

Dieses Modell zeigt die Entstehung, den Verlauf und die Auswirkungen (Hochwasser, Wildbach, Sturzflut) des Gletscherseeausbruchs in Giétro im Jahre 1818 (Ancey 2019). Dabei wird auf eine physische Modelloberfläche (ca. 2.5 m x 1.25 m) der dynamische Verlauf der Ereignisse in Form eines Videofilms projiziert. Das Modell und die dazugehörige Video-/Beamerinstallation wurde durch ein Gemeinschaftsprojekt aus lokalen, regionalen und nationalen Behörden als auch mit fachlicher Unterstützung durch Forschungsinstitute (Federal School of Technology (EPFL) and the Technical School HES-SO, Sion) realisiert.

Aufgestellt ist das Modell im lokalen Museum von Bagnes, wo den Folgen des Gletscherseeausbruchs gedacht wird. Es soll vorrangig der Demonstration der damaligen Vorgänge für eine breite Öffentlichkeit dienen. Aspekte der Risikobewertung können jedoch am Modell auch auf wissenschaftlicher Ebene abgebildet werden. Das Modell besteht aus acht zusammengesetzten Blöcken, aus denen direkt die Topografie des betroffenen Gebietes (Bagnes-Tal) im Maßstab von 1:25.000 mit einer CNC-Maschine gefräst wurde. Über der Landschaft wird ein Beamer installiert, der die Vorgänge als Video in die Landschaft projiziert. Dazu ist im Vorhinein eine aufwendige Kalibrierung des Beamerbildes mit dem physischen Grundmodell erforderlich.

Der Besucher kann im Modell ausgehend vom Versagen des Gletschers die Auswirkungen der resultierenden fluvialen Prozesse beobachten. Der entstehende Gletschersee und die Hochwasserwelle werden dabei in das Modell projiziert. Für detaillierte Beobachtungen können die Besucher folgende Sequenzen wählen:

- die Flut nach dem Ausbruch 1818
- die Landschaftsentwicklung im Forst und der Stadt in der topografischen Karte
- den Einfluss des Klimas auf den Gletscher seit der kleinen Eiszeit

Insgesamt bildet das Modell die komplexen Vorgänge zum Gletscherseeausbruch von Giétro 1818 sehr detailliert ab. Der Aufwand zur Erstellung und zum Betreiben des Modells wird als mittel eingestuft. Allein die Installation des Beamers und die Kalibrierung der Projektion auf das physische Grundmodell verlangen einen gewissen Aufwand.

**Best-Practice:**

- ✓ **Das digitale Modell zeigt das Extremereignis im Ganzen, vom Auslöser über die fluvialen Prozesse bis zu den Auswirkungen in den bewohnten Gebieten.**



Abb. 94:  
Das Modell zum 1818 Giétro Gletscherseeausbruch:  
Durch die Beleuchtung und die Farbgebung wird die  
Topografie deutlich sichtbar.

### 3.3.7 Augmented Reality Sandbox – (USA, Davis)

Die Augmented Reality Sandbox<sup>9</sup> kombiniert ein haptisches Sandmodell mit einer 3D Visualisierung. Die Entwicklung des dazugehörigen Konzeptes erfolgte im Rahmen eines US-National Science Foundation-geförderten Projektes “Informal science education for freshwater lake and watershed science” durch das UC Davis’ W.M. Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences (KeckCAVES) in Zusammenarbeit mit dem UC Davis Tahoe Environmental Research Center, Lawrence Hall of Science, als auch ECHO Lake Aquarium and Science Center.

Die Modellanwender können mit ihren Fingern und Händen eine Landschaft in einer vorhandenen mit Sand gefüllten Box modellieren. Über dem Modell sind jeweils eine Microsoft Kinect 3D Kamera und ein Video-Beamer installiert. Diese erfassen die aktuelle Topografie in der Sandbox und projizieren auf den Sand eine topografische Karte mit farblich abgestuften Höhen- und Konturlinien. Dadurch erhält man eine räumliche Vorstellung der erstellten Sandlandschaft. Zusätzlich kann durch Hochhalten der Hand Regen im Modell simuliert werden, der dann an den Hängen der projizierten Landschaft herunterläuft und ggf. sich in erstellten Reservoirs sammelt.

Durch die haptische Veränderbarkeit der Landschaft in der Sandbox und der unmittelbar darauf reagierenden Videoprojektion können Themen wie Einzugsgebiet, Reservoirs, Abflussverhalten und Dämme spielerisch erarbeitet werden. Das Modell ist primär auf eine junge Zielgruppe ausgerichtet. Es soll helfen die zu erwarteten natürlichen Prozesse auch in einem realen Gelände und beim Blick auf eine übliche 2D Karte abzuschätzen. Im alpinen Raum sind Augmented Reality Sandbox in Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien und Slowenien im Einsatz.

#### Best-Practice:

- ✓ **Kombination aus haptischen und digitalen Anteilen**
- ✓ **Unmittelbare Rückkopplung der haptischen Modellierung**



Abb. 95: In der Augmented Reality Sandbox kann haptisch der Sand in eine Landschaft gebracht werden, die als topografische Karte darauf projiziert wird, hier im Einsatz auf dem Workshop in Heimschuh 2019



Abb. 96: Nach Erstellung der Topografie kann Regen simuliert werden, der dann entsprechend auf der Landschaft fließt.

<sup>9</sup> <https://arsandbox.ucdavis.edu/>

### 3.3.8 Kindgerechtes interaktives Lernen durch Bau eines eigenen Modells (Italien, Südtirol)

In der Schule und auf Aktionstagen kann eine hohe pädagogische Wirkung bei Kindern durch den eigenständigen Bau eines Modells zu einer bestimmten Fragestellung erreicht werden. Dies ist besonders bei Kindern im Grund- und Mittelschulalter anwendbar, sodass während des Baues fächerübergreifend gelernt werden kann. Beliebter bei etwas größeren Schülern (nach Grundschule) sind allerdings Spiele mit virtuellen Brillen.



Abb. 97: von Kindern erstelltes Modell für einen Bach



Abb. 98: Kinder erbauten dieses Modell zum Thema Steinschlag und Murenabgang



Abb. 99:  
Dieses Modell wurde von Kindern erstellt und beinhaltet unterschiedlichste Naturgefahren

## 4 Ableitung von Empfehlungen

### 4.1 Bewertung der Modelle

Die Ergebnisse der Studie zeigen ein großes Spektrum an bereits vorhandenen Modellen. In den Alpenländern, aber auch darüber hinaus existieren zur Kommunikation von Naturgefahren unterschiedlichste Präsentationsmodelle, haptisch-interaktive Modelle, pädagogische Spiele, digital Modelle und Anwendungen der Virtual Reality. Die in den Modellen behandelten Themen spiegeln dabei oftmals diejenigen Naturgefahren wider, wie sie in den jeweils eingesetzten Regionen dominieren. In der Regel ist die anzusprechende Zielgruppe, beziehungsweise der geplante Einsatzort des jeweiligen Modells klar abgesteckt. Insgesamt ist festzustellen, dass der Aufwand zum Erstellen, zum Betreiben und zur Wartung der Modelle relativ groß ist.

Die meisten Modelle behandeln das Thema der Naturgefahren auch in Hinblick auf die Auswirkung auf die Infrastruktur und die Gesundheit der Menschen. Unterschiedlichste Gegenmaßnahmen, angefangen von natürlichen Schutzmaßnahmen über staatlich initiierte technische Schutzmaßnahmen, bis hin zur Eigenvorsorge werden von den Modellen angesprochen. Eine klare Aufgabentrennung zwischen staatlich initiierten Schutzmaßnahmen und der Eigenvorsorge wird aber nicht vollends dargestellt. Durch die Komplexität der Naturgefahren im alpinen Raum können die meisten Modelle lediglich ein oder wenige Ereignisse gleichzeitig abbilden, ohne dass das Modell die Betrachter überfrachtet. Nichtsdestotrotz tragen die meisten Modelle zur Stärkung des Risikobewusstseins in Bezug auf Naturgefahren bei. Das Thema des verbleibenden Risikos (Restrisiko) wird relativ wenig angesprochen. Im pädagogischen Konzept spielt der Grad an Interaktivität hingegen eine große Rolle. Generell wird durch die Betreiber ein hoher Grad an Interaktivität im Modell als pädagogisch wertvoll angesehen.

Nach Bewertung aller vorliegenden Modelle ist festzustellen, dass ein Demonstrationsmodell zum Thema Flusshochwasser und Wildbachgefahren im alpinen Raum mit starker interaktiver Ausrichtung und hoher gruppenspezifischer Wirkung den größten Nutzen bringen kann. Nachfolgend werden die bewährten Eigenschaften der Modelle in der Studie aufgeführt, bevor mit Unterstützung dieser die Konstruktion des Modell-Prototyps erläutert wird.

### 4.2 Extraktion der bewährten Eigenschaften (Best-Practice)

Da viele Modelle stark mobil eingesetzt werden, treten in der Regel hohe Belastungen beim Verladen, Transport, Aufbau und Betreiben in wechselnden Umgebungen auf. Insbesondere für die Langlebigkeit des Modells haben sich robuste Konstruktionen bewährt. Ebenso ist es zweckmäßig, solche Materialien, Bauteile und Geräte zu verwenden, die unkompliziert nachbeschafft werden können. Dies vereinfacht den kostengünstigen Austausch bei Wartung und Instandsetzung. Die Außenhaut des Modells kann in einer natürlichen Holz-Verkleidung gefertigt werden, was einen ökologischen Bezug herstellt und eine hohe Anziehungskraft für Besucher ausüben kann. Besonders solche Modelle sind bei jüngeren Zielgruppen gut angekommen, die zusätzlich zu der haptisch-interaktiven Ausrichtung auch digitale Anteile inkludieren.

Viele Betreiber der Modelle haben rückgemeldet, dass eine zweigleisige Ausrichtung des Modells hinsichtlich der Zielgruppe sinnvoll ist. Das Modell ist möglichst so auszugestalten, dass sowohl Kinder und Jugendliche damit geschult werden können als auch eine erwachsene Zielgruppe erreicht wird. Hierzu sollten lediglich das sprachliche Niveau und die behandelten Themen angepasst werden. Gerade im letzteren Fall können dann Themen der Eigenvorsorge angesprochen werden. Insgesamt hat sich aber besonders dann ein Modell bewährt, wenn die Betrachter ihre Lebenswirklichkeit im Modell wiederfinden und sie ihre Ortschaft, ihr Haus oder ihren Straßenzug mit den Abläufen im Modell vergleichen können. Daher war besonders dann eine Interaktivität im Modell erfolgreich, wenn Häuser,

Autos und Personen als versetzbare Elemente bereitgestellt wurden. Wurden zusätzlich qualitative Messeinrichtungen (z. B. Maßbänder) im Modell verwendet, konnten die Bediener auch ihre installierten Gegenmaßnahmen hinsichtlich deren Wirkung überprüfen. Um die Wirkung des natürlichen Rückhalts und die Funktion des Schutzwaldes aufzuzeigen, hat sich der Einsatz von porösen Materialien zur Abbildung des Infiltrations- und Speichervermögens bewährt. Dies zeigt, dass in den Modellen nicht nur technische Schutzmaßnahmen erfolgreich kommuniziert werden können, sondern auch die Abbildung von natürlichen Rückhaltesystemen essenziell ist.

Ein Großteil der recherchierten Modelle konnte bereits auf großen Veranstaltungen (Messen, Aktionstagen, Schulen) eingesetzt werden. Viele Betreiber schätzten rückwirkend ein, dass für den reibungsfreien und koordinierten Betrieb des Modells die Größe der Gruppe eine Personenanzahl von fünf nicht übersteigen sollte. Diese Anzahl verringert sich auf 3-4 Personen, wenn eine hohe Interaktivität erreicht werden soll und die Gruppe zusammen eine Aufgabe am Modell bearbeiten soll.

## 5 Der Prototyp für ein neues Naturgefahrenmodell

### 5.1 Folgerungen und Empfehlungen aus der Studie

Sowohl aus den Vorgaben und Randbedingungen des Projektes, den Recherchen zu bestehenden Modellen, als auch aus der Extraktion der Best-Practice-Beispiele, ergeben sich diverse Folgerungen für den Prototyp des physikalisch interaktiven Naturgefahrenmodells. Auch wenn versucht werden sollte ein möglichst breites Spektrum an Lebenswirklichkeit im Modell abzubilden, wird der Prototyp lediglich die Wirklichkeit innerhalb eines Teilaspektes, sowohl räumlich, topographisch als auch ausgehend vom Szenario abbilden können. Da das Modell zunächst insbesondere die Gegebenheiten in Bayern abbilden aber darüber hinaus auch auf andere alpine Regionen übertragen werden soll, sind eine möglichst universelle Topografie und typische alpine Szenarien für Naturgefahren zu wählen. Es bietet sich dabei an, dass ein größeres Fließgewässer (vergleichbar Isar, Loisach, Iller) abgebildet wird, in welches ein Wildbach einmündet. Im Bereich des Zusammenflusses sollte eine Ortschaft liegen, welche sowohl durch diverse staatliche technische Hochwasserschutzmaßnahmen als auch durch bestimmte Planungen der (Eigen-)vorsorge geschützt wird. Dies ermöglicht sowohl die thematische Behandlung von Flusshochwasser als auch die Wildbachgefahren in Verbindung mit Geschiebe- und Wildholztransport. Außerdem kann in diesem Zusammenhang auch die Thematik der Starkniederschläge in Hanglagen sowie Einzelthemen im Bereich der kommunalen Planung (Forstwirtschaft, Schutzwald, Flächennutzung) behandelt werden. Dadurch sind im Modell auch verschiedene Akteure auf behördlicher, kommunaler, ehrenamtlicher und privater Ebene dargestellt.

Bereits die Aufgabenstellung zur Studie gibt die hohe Interaktivität des Prototyps vor. Den positiven Nutzen hinsichtlich der pädagogischen Wirkung hat die Studie untermauert. Das Modell soll daher einen hohen haptischen Freiheitsgrad erhalten. Dies bedeutet, dass die zu beobachtenden Prozesse stark von den Maßnahmen der Modellnutzer abhängen. Es sollte möglich sein, sowohl die hydrologischen und hydraulischen Intensitäten szenarienbasiert einzustellen als auch die Schutzmaßnahmen anzupassen. Das Prinzip von Jährlichkeit bzw. Wahrscheinlichkeit sollte eine gewisse Rolle im Modell spielen, was durch die Abbildung von unterschiedlichen Hochwasserzuständen ( $HQ_{\text{Häufig}}$ ,  $HQ_{100}$ ,  $HQ_{\text{Extrem}}$ ) möglich ist. Die Überflutung der Gebiete kann durch die Einbindung von Hochwassergefahrenkarten verglichen werden. Die Rolle von besonderen (kritischen) Infrastrukturen sollten kommuniziert werden, zum Beispiel Schulen oder Turnhallen als Auffanglager oder Aufrechterhaltung wichtiger Infrastrukturen für Hilfs- und Rettungskräfte. Einzelne Elemente im Modell sollten teilweise möglichst freipositioniert werden können (Häuser, Garagen, Personen, Autos). Die Positionierung anderer Elemente, wie Wildholzrechen, Sperren, Schutzwald sollte auf vordefinierte Lokalisationen beschränkt bleiben. Besonders wichtig werden die variable Nutzung und die Steuerung von Schutzmaßnahmen sein. Folgendes wird dabei als sinnvoll erachtet:

- Deichverläufe mit Bausteinen (z. B. Lego) modellieren (Höhe, Länge, Position veränderbar)
- Hochwasserschutzwände können schrittweise mit Bausteinen aufgebaut werden
- Stäbe der Wildholzrechen in beliebige Form setzen
- Wildbachsperren einsetzen oder entfernen
- Schutzwald am Hang setzen
- Materialien der Eigenvorsorge (Sandsäcke, mobile Hochwasserschutzwand, ...) implementieren.

Insgesamt erscheint es allerdings zweckmäßig, die zu kommunizierenden Botschaften in Bezug auf Naturgefahren in einen übergeordneten Szenario-Rahmen einzubetten. Die Definition einer begrenz-

ten Auswahl an didaktisch abgesteckten und methodisch ausdefinierten Szenarien inklusive der Vorgabe eines Bearbeitungsziels für den Modellnutzer vermeidet ein zu freies spielerisches (nicht mehr pädagogisch wertvolles) Abtriften.

## 5.2 Szenarien und Kernbotschaften

Für einen übergeordneten Rahmen und zur klaren Definition der zu kommunizierenden Botschaften wurden vier Szenarien inklusive deren Kernbotschaften erarbeitet. Diese sind in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Projektes, beinhalten Anteile der Best-Practice-Beispiele aus der Studie und spiegeln realisierbare Möglichkeiten wider. Im Folgenden werden diese Szenarien, deren Kernbotschaften, der grobe didaktische Ablauf und die methodischen Elemente vorgestellt. Detaillierte Drehbücher zu den Szenarien liegen in Form von Handzetteln dem späteren Modell bei.

### 5.2.1 Szenario 1: Staatliche Schutzmaßnahmen bis zum Bemessungshochwasser

#### Kernbotschaften

1. Die technischen Möglichkeiten des Handelns bei Hochwasser folgen den Prinzipien: durchleiten, umleiten und zurückhalten.
2. Soweit möglich und vertretbar wird versucht den natürlichen Rückhalt des Fließgewässers zu fördern und hinsichtlich des Hochwasserrückhaltes zu nutzen. Die Wirkung einer Flussaufweitung bzw. einer Gewässerrenaturierung inkl. Auwaldaufforstung ist bei einem  $HQ_{\text{häufig}}$  noch gegeben. Bei größeren Hochwasserereignissen wird zwar eine lokal begrenzte Reduzierung des Wasserstands erreicht, welche aber weiter unterstrom keinen oder kaum einen Effekt auf den Abfluss hat.
3. Technische Maßnahmen (Deich, Hochwasserschutzwand, Flutmulde, Rückhalteraum) sind dafür ausgelegt, bis zum Bemessungsereignis (Bayern:  $HQ_{100}$  ggf. mit 15% Klimazuschlag) zu schützen. Jedes Bauwerk hat eine bestimmte Lebensdauer, in welche sich die Ereignisse ändern können. Daher sind Bemessungsgrößen von Ereignissen als dynamische Werte zu verstehen, die an die jeweilige Situation angepasst werden. Gegebenenfalls wird ein Klimazuschlag berücksichtigt (aktuell 15 % in Bayern).
4. Kleinere Ereignisse ( $HQ_{\text{häufig}}$ ) werden schadlos abgeführt. Das heißt aber nicht, dass die Wirkung des Gewässers bei diesen Ereignissen ungefährlich ist (kein Baden, Boot fahren etc., Überschwemmung landwirtschaftlicher Flächen).
5. Die Hochwassergefahrenkarten (HWGK) informieren darüber, welche Überflutungsbereiche bei  $HQ_{\text{häufig}}$  und  $HQ_{100}$  zu erwarten sind.

#### Methodik und Didaktik im Modell

1. Zu Beginn wird ein mittlerer Abfluss im Gewässer initiiert. Der Wildbach führt ebenfalls einen mittleren Abfluss ab.
2. Zunächst sind keine technischen Schutzmaßnahmen (Deich, Hochwasserschutzmauer) installiert. Die Aufgabe an die Gruppe wird es sein, die Ortschaft durch technische Schutzmaßnahmen vor einem Flusshochwasser zu schützen.
3. Mit Blick auf eine Hochwassergefahrenkarte wird zusammen mit den Modellbetrachtern herausgelesen, mit welcher räumlichen Ausdehnung des Hochwassers (Überflutungsgebiete) zu rechnen ist, wenn keine technischen Maßnahmen umgesetzt werden. Welche Bereiche im Modell werden betroffen sein und welche Motivation entsteht daraus?
4. Als Input werden die Prinzipien Durchleiten, Umleiten und Zurückhalten erläutert. Verfügbare Materialien werden vorgestellt.

5. Der Abfluss im Fluss wird auf  $HQ_{\text{häufig}}$  gesteigert. Nach einer Erklärung was „häufig“ bedeutet, werden Wasserstände von Pegellatten abgelesen und die Fließgeschwindigkeit qualitativ beurteilt. Verschiedene Meldestufen müssen in Abhängigkeit des Wasserstandes ausgelöst werden.
6. Bestimmte Bereiche der Ortschaft werden nun überflutet. Das Wasser läuft teilweise in die Häuser, Keller und Garagen, was zu Kurzschlüssen und aufschwimmenden Öltanks führt. Die Modellnutzer sollen nun unter Zuhilfenahme von Deichelementen und Hochwasserschutzmauern die Ortschaft vor den Überflutungen schützen. Dies kann in Form von Legosteinen in vorbereitete Positionen erfolgen.
7. Die Wirkung der Maßnahmen werden besprochen und die Anwendung des Prinzips „Durchleiten“ diskutiert.
8. Anschließend wird angesprochen, dass es eine staatliche Aufgabe ist, die Bürger bis zum Bemessungsereignis zu schützen. Erneut wird aus der Hochwassergefahrenkarte herausgelesen, welche Bereiche beim  $HQ_{100}$  überflutet sein werden. Es muss dabei erkannt werden, dass die Maßnahmen zum  $HQ_{\text{häufig}}$  dazu nicht ausreichen.
9. Es wird nun im Modell auf das Bemessungsereignis (Bayern:  $HQ_{100}$ ) gesteigert. Die entsprechenden Meldestufen sollen wieder ausgelöst werden. Diesmal werden weitere Akteure (Feuerwehr etc.) aktiviert und eine ausgelöste Warn-App warnt die Bewohner der Ortschaft. Die damit getätigten organisatorischen Maßnahmen werden hinsichtlich deren Wirkung im Rahmen des Risikomanagements besprochen.
10. Erneut soll der Modellnutzer die Ortschaft vor dem Flusshochwasser, diesmal für den Bemessungsfall, schützen. Dazu stehen erneut die Deichelemente und die Hochwasserschutzmauern bereit. Zusätzlich kann die vorher vorgestellten Methoden des Umleitens in Form einer Flutmulde verwendet werden. Aufgabe: Mit welchen Maßnahmen schafft man es, das Bemessungsereignis schadlos zu überstehen?
11. Die eingeleiteten Maßnahmen werden hinsichtlich ihrer Wirkung diskutiert. Wie würde sich nun die Hochwassergefahrenkarte verändern?

### 5.2.2 Szenario 2: Staatliche Schutzmaßnahmen und Eigenvorsorge bei extremem Hochwasser

#### Kernbotschaften

1. Staatliche technische Schutzmaßnahmen (Deich, Hochwasserschutzwand, Rückhalteraum) sind dafür ausgelegt, bis zum Bemessungsereignis (Bayern:  $HQ_{100}$  ggf. mit 15% Klimazuschlag) zu schützen.
2. Seltene (extreme) Ereignisse (Bayern:  $HQ_{\text{Extrem}}$ ) können durch staatliche Maßnahmen in der Wirkung im Allgemeinen abgemildert werden (bei resilienten Systemen), führen aber trotzdem zu einer Überlastung der Schutzbauwerke. Bei einem resilienten Schutzsystem führt dies jedoch nicht zu einem Bauwerksversagen.
3. Die Hochwassergefahrenkarten (HWGK) informieren darüber, welche Überflutungsbereiche bei extremem Hochwasser zu erwarten sind.
4. Um individuelle Schäden zu begrenzen, muss die Bevölkerung Eigenvorsorge betreiben. Dies beinhaltet sowohl verpflichtende präventive Maßnahmen wie das hochwassersichere Nachrüsten von Heizölverbraucheranlagen, als auch optional private Maßnahmen, wie Versicherungen, technischen Gebäudeschutz und das richtige Handeln während des Extremereignisses (Keller nicht betreten, nicht in die Strömung gehen...).

#### Methodik und Didaktik im Modell

1. Es wird an das Szenario 1 angeknüpft: Die Ortschaft ist durch die bereits erfolgten technischen Maßnahmen bis zum Bemessungsereignis (Bayern:  $HQ_{100}$  ggf. mit 15% Klimazuschlag) geschützt.

2. Das Extremereignis wird hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) und den zu erwartenden Auswirkungen besprochen.
3. Im Modell wird der Abfluss auf das Extremereignis  $HQ_{\text{Extrem}}$  gesteigert. Es wird beobachtet, wie die staatlichen Schutzmaßnahmen keinen vollständigen Schutz mehr bieten können. Die Deiche werden teilweise überspült, weshalb besprochen wird, welche Gefahren dadurch entstehen können (Durchsickerung, Deichversagen) und warum vorbereitete befestigte Überläufe notwendig sind. Die Hochwasserschutzmauern in der Ortschaft werden (leicht) überspült. Ist eine Flutmulde in Nutzung, so ist kein Freibord mehr vorhanden. Es treten erneut Schäden in der Ortschaft auf (Wasser in Häusern, Kellern und Garagen). Der Wildbach wird zurückgestaut und tritt ebenfalls über die Ufer.
4. Es sind nun erneut die erforderlichen Meldestufen auszulösen, Akteure (Feuerwehr etc.) zu aktivieren und Nachrichten an die Bevölkerung über die Warnapp zu senden.
5. Es können keine weiteren staatlichen technischen Maßnahmen mehr genutzt werden. Nun müssen innerhalb der Ortschaft bzw. an den einzelnen Häusern Maßnahmen der Eigenvorsorge initiiert werden. Dazu liegen u. a. Sandsäcke und mobile Hochwasserschutzwände bereit. Außerdem können Öltanks gesichert werden.
6. Weiterhin werden erweiterte Themen der Eigenvorsorge behandelt, dabei Dreiklang:
  - a. Ausweichen: nicht im Risikogebiet bauen, erhöht bauen, auf Keller verzichten
  - b. Widerstehen: Kellerabdichtung, wasserdichter Beton (weiße Wanne), Rückstausicherung, mobile Barriersysteme, Lichtschächte abdichten, Lichtschächte erhöhen
  - c. Anpassen: Heiztanks etc. gegen Auftrieb sichern, Versorgungstechnik nicht in Keller, ggf. Keller präventiv fluten, angepasste Nutzung (geringerwertige, räumbare Nutzung betroffener Geschosse)
7. Das Wasser steht nun nicht nur auf Wiesen und in der Ortschaft, sondern lässt u. a. auch Straßen unpassierbar werden. Mit den Nutzern wird diskutiert, was jeder Einzelne nun tun kann, wenn die Bewegungsfreiheit stark eingeschränkt ist, eine hohe Gefährdung durch Hochwasser vorliegt, z. B. zu Hause bleiben, Haus schützen, anderen helfen, Radio anmachen, Hilfskräfte nicht behindern, ggf. Personen in Schutzeinrichtungen bringen lassen (Schule, Turnhalle), Menschen in Sicherheit bringen, Sachwerte zweitrangig, keine eigenen Rettungsversuche starten, Gefahr vor Ertrinken / Stromschlag in Keller, Tiefgarage und Uferbereiche, Anweisungen von Einsatzkräften befolgen, an Notfallplan orientieren, Autos nicht starten
8. Zuletzt wird im Modell der Abfluss langsam auf einen mittleren Abfluss reduziert. Es wird dann besprochen, welche Gefahren bzgl. Leib und Leben als auch Sachgüter und hinsichtlich des Umweltschutzes (Heizöl im Keller, ...) auch nach dem Hochwasser noch vorhanden sind oder entstehen können.

### 5.2.3 Szenario 3: Wildbachgefahren

#### Kernbotschaften

1. Wildbachgefahren transportieren neben sehr schnell fließendem Wasser auch Sedimente und Wildholz und können dadurch eine starke Zerstörungskraft entwickeln.
2. Staatliche Maßnahmen (z. B. Erosionsschutz am Berg, Wildholzrechen, Sperren, Durchleitung durch Ortsbereich) sollen einen Schutz gegen Wildbachereignisse  $\leq HQ_{100}$  inkl. wildbachtypischer Eigenschaften wie Geschiebe- und Schwemmholzföhrung bieten.
3. Aufgrund kurzer Anlaufzeiten ist eine Frühwarnung i. d. R. nicht möglich. Allerdings kann durch technische und biologische Maßnahmen in die Bereitstellung und Verlagerung von Feststoffen sowie die Abflussbereitschaft eingegriffen werden und damit der Ereignisverlauf beeinflusst werden.
4. Eine gesunde Natur (u. a. Schutzwald, Wasseraufnahmefähige Böden, ganzjährige Vegetation auf Wiesen) trägt wesentlich zur Verminderung von Schäden bei. Zusätzlich sind oft technische Maßnahmen erforderlich, um den Siedlungsraum zu schützen. Durch vorausschauende Raumplanung und Stärkung der Eigenverantwortung des Einzelnen lässt sich das Risiko auch über das staatliche Ausbauziel hinaus verringern. Das individuelle Verhalten jedes Einzelnen spielt eine große Rolle (z. B. möglichst nicht auf Schwemmkegel bauen, Objektschutz).

#### Methodik und Didaktik im Modell

1. Das Hauptgewässer bleibt bei einem mittleren Abfluss.
2. Zunächst wird ein unkritisches Regenereignis im Einzugsgebiet (EZG) des Wildbachs / in Bergregion durch Sprinkler initiiert, was zusätzlich zum normalen Abfluss im Wildbach lediglich eine leichte (unkritische) Steigerung von Wasserstand und Fließgeschwindigkeit erzeugt. Sedimente oder Wildholz werden nicht bewegt.
3. Die Regenintensität im Einzugsgebiet des Wildbaches wird gesteigert. Der Niederschlag fließt über die Hänge ab und sammelt sich im Wildbach.
4. Ein Hang des EZG ist eine durch Abholzung freie, unbewaldete Fläche. Der Niederschlag fließt schnell ab, kann nicht infiltrieren, nimmt Sediment und Holz mit, was im Wildbach landet und in die Ortschaft getragen wird. Dadurch treten Verkläuerungen und Überschwemmungen auf.
5. Der Gegenhang im EZG ist in einem natürlichen Zustand. Durch die Wirkung des Schutzwaldes, wird die Fließgeschwindigkeit verringert, der Niederschlag versickert ganz oder zumindest teilweise im schwammartigen Bodenmaterial und kommt am Fuß des Hangs in den Wildbach. Nur wenig bis kein Sediment wird ausgewaschen oder Wildholz mitgetragen.
6. Das fließende Wasser im Wildbach transportiert Sediment und Wildholz. Das Wildholz verkläut Brücken und Engstellen, was den Abflussquerschnitt verengt und zum Übertritt des Wassers in die Ortschaft föhrt. Das Hochwasser im Wildbach und die eingebrachte Sedimentfracht föhrt zum Rückstau des Hauptgewässers, der zur Überlastung der Schutzanlagen föhren kann.
7. Zusammen mit den Modellnutzern werden effektive Gegenmaßnahmen besprochen. Um die starke Erosionswirkung im EZG zu verringern, können dort Bäume für einen Schutzwald gesetzt werden.
8. Weitere technische Gegenmaßnahmen können im Wildbach gesetzt und deren Wirkung ausprobiert. Dazu können Geschiebesperren aus Legosteinen erstellt werden, wobei auf das Vorhandensein eines Grundablasses geachtet werden soll. Einzelne Stabelemente können alternativ zu einem Wildholzrechen kombiniert werden, der das Wildholz zurückhält.
9. Ziel: Schützen der Ortschaft vor den Auswirkungen des Hochwassers im Wildbach. Welche Maßnahmen haben welche Wirkung? Anschließend muss noch angesprochen werden, dass die angeschwemmten Sedimente bzw. der Wildholzanfall nach dem Ereignis geräumt werden müssen.

## 5.2.4 Szenario 4: Gefahren durch Starkregen und wild abfließendes Wasser

### Kernbotschaften

1. Durch Starkregenereignisse und wild abfließendes Wasser können Regionen, Bewohner und Infrastrukturen mit Überflutungen konfrontiert werden, auch wenn diese außerhalb der eigentlichen Überschwemmungsgebiete der Gewässer liegen.
2. Starkregen sind Niederschlagsereignisse, die sehr lokal begrenzt auftreten und in kurzer Zeit große Niederschlagsmengen verursachen. Eine belastbare meteorologische Vorhersage von Ort und Intensität dieser Ereignisse ist allerdings nur kurz vor dem Auftreten möglich.
3. Kann der Niederschlag nicht vom Boden vollständig aufgenommen werden (durch starke Verdichtung oder Versiegelung), fließt dieser auf der Oberfläche ab (wild abfließendes Wasser).
4. Das wild abfließende Wasser kann bereits vor dem Erreichen eines Gewässers beträchtliche Ausmaße annehmen und damit erhebliche Schäden verursachen. Diese als Sturzfluten bezeichnete Ereignisse sind meist durch einen starken Oberflächenabfluss, schnell ansteigende Wasserstände und kräftige Abflusswellen geprägt.
5. Starkregen kann ebenfalls in Hügellagen fallen und über die Berghänge und Wiesen abfließen, sodass mit wild abfließendem Wasser und den damit verbundenen Schäden auch dort zu rechnen ist. Das Gefälle des Geländes beschleunigt häufig die Wassermassen, wodurch große Kräfte entwickelt werden können, die zu Bodenabtrag führen, Infrastruktur beschädigen, Personen gefährden und auch schwere Gegenstände (zum Beispiel Siloballen, gelagertes Holz, Autos) mitreißen können.
6. Durch vorausschauende Raumplanung und Stärkung der Eigenverantwortung des Einzelnen lässt sich das Risiko und die Gefahr verringern.

### Methodik und Didaktik im Modell

1. Das Hauptgewässer bleibt bei einem mittleren Abfluss.
2. Die Sprinkler in der Bergregion werden aus vom EZG des Wildbaches auf das benachbarte Tal und die dortigen Hänge gelegt. Im Wildbach verbleibt ein normaler Abfluss inkl. eines normalen Regenereignisses als Ausläufer des Starkregens.
3. Im benachbarten Tal wird die Sprinklerleistung stark erhöht. Der Niederschlag fließt über die Hänge ab, erreicht die Ortschaft von der Bergseite und fließt durch die Ortschaft Richtung Hauptgewässer.
4. Es werden nun auch Infrastrukturen von Überflutungen betroffen, die keine Gefahr von den Gewässern zu erwarten haben.
5. Zusätzlich unterspült das wild ablaufende Hangwasser einen flachen Bodenkörper in der Bergregion, der dadurch versagt und abgleitet. Ebenfalls lösen sich Felsbrocken, die als Steinschlag abgehen. Der Bodenkörper und die Steine bleiben auf einer Straße liegen und blockieren diese damit. Die Modellnutzer können dies durch den Einsatz von Bäumen und Schutznetzen abmildern oder verhindern.
6. Mit den Modellnutzern wird besprochen, wie auch in diesem Szenario mit Überflutungen und Betroffenheit (auch in geschützten Gebieten) gerechnet werden muss und allgemeine Vorsorgemaßnahmen (Ausrichtung der Gebäude, Kellereinläufe, Mauern) erforderlich und sinnvoll sind. Dies verknüpft die Themen der Eigenvorsorge, der Versicherung und des Prinzips des Widerstehens.

### 5.3 Bauplan des Modell-Prototypen

Das Naturgefahrenmodell soll zukünftig stark mobil eingesetzt werden. Die Vorführungen sollen sowohl in Schulen, auf Aktionstagen als auch auf Messen und allgemein in der Öffentlichkeitsarbeit erfolgen. Um den Transport zu den Einsatzorten zu erleichtern, wird das Modell in einen Kofferranhänger (Abb. 100) installiert. Der Anhänger hat die Innenmaße: Länge 2,6 m, Breite 1,6 m und kann an drei Seiten durch Klappen nach oben geöffnet werden (Abb. 101). Eine besonders niedrige Ladehöhe von 60cm und die innenstehenden Räder ermöglichen auch für kleine Kinder einen Zugang zum Modell. Der Anhänger kann direkt zu den Vorführungsorten gezogen werden. Dabei stellt der Anhänger die unmittelbare Plattform für das Modell bereit, welches dann nicht zwangsläufig herausgehoben werden muss. Außerhalb der Einsätze soll das Modell im Inn-Museum des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim stationiert werden. Auf der dortigen Ausstellungsfläche ist die Positionierung des Kofferranhängers allerdings nicht möglich. Daher wird das Modell so ausgelegt, dass es aus dem Kofferranhänger herausgehoben und auf Stützen mit Rollen separat transportiert und ausgestellt werden kann. Im Folgenden wird der allgemeine geplante Aufbau des Modells beschrieben. Eine detaillierte Aufstellung der erforderlichen Materialien und Geräte sowie ein Montageplan werden mit dem fertigen Modell-Prototypen übergeben.



Abb. 100: Kofferranhänger als Basisträger des Modells



Abb. 101: Der Anhänger kann an drei Seiten geöffnet werden und ermöglicht durch die niedrige Ladehöhe den Zugang für Kinder zum Modell.

#### 5.3.1 Allgemeiner konstruktiver Aufbau

Das Modell besteht aus drei Ebenen. In der untersten Ebene (unter dem Modell) werden alle Konstruktionen umgesetzt, die das Verladen und Verankern des Modells im Kofferranhänger erfordern. Zusätzlich werden dort die Aufnahmen für die Stützen mit den Rollen realisiert. In der mittleren Ebene (Zwischenebene) werden die Installationsleitungen, Elektrokabel und Wasserleitungen (Zu- und Abfluss) verlegt. Der Wasserkreislauf wird dabei so ausgelegt, dass alles Wasser im freien Gefälle in ein Reservoir zurückfließt. Zusätzlich dient die Zwischenebene als Revisionsraum, um relativ einfach Wartungsarbeiten durchzuführen, ohne dass das eigentliche Modell zerlegt werden muss. Der Wassertank (Reservoir) und die darin befindlichen Pumpen werden separat zum Modell in einer Deichselbox an der Rückwand des Modells mitgeführt. Ein Verbauen dieser Bestandteile im eigentlichen Modell erschwert die Revision und das Reinigen des Modells. Außerdem sollte der Wassertank unter dem Modell positioniert werden, damit ein freies Abfließen aus dem Modell in den Tank realisiert bleibt. Vor der Inbetriebnahme des Modells wird aus der Deichselbox die Wasserinstallationen (Tank, Pumpe, Schläuche) herausgenommen und über Anschlüsse und Kupplungen mit dem Modell verbunden. Die oberste Ebene des Modells umfasst das eigentliche Gelände zur Abbildung der Naturgefahr.

### 5.3.2 Abgebildete Modelllandschaft, Infrastruktur und Installationen

Die Topografie und Bathymetrie der Modelllandschaft wurden von der Landschaft des MurGames inspiriert und sind an die Gegebenheiten der oberbayerischen Ortschaft Eschenlohe angelehnt (Abb. 102). Im Folgenden sollen der generelle Aufbau und die beinhalteten Elemente vorgestellt werden. Eine detaillierte Beschreibung des Modells erfolgt in der Dokumentation zum fertigen Modell.

Im Fokus des Modells steht ein voralpiner Fluss, der durch die Landschaft in einem gewundenen Verlauf diagonal von Süd-West nach Nord-Ost fließt. Im Fluss befinden sich zwei Pegelstationen, welche als Messlatten ausgeführt werden. Sie ermöglichen das Ablesen von Wasserständen und dienen somit als Indikator zum Auslösen der Meldestufen bei Hochwasser. Beidseitig des Flusses liegt eine Ortschaft.

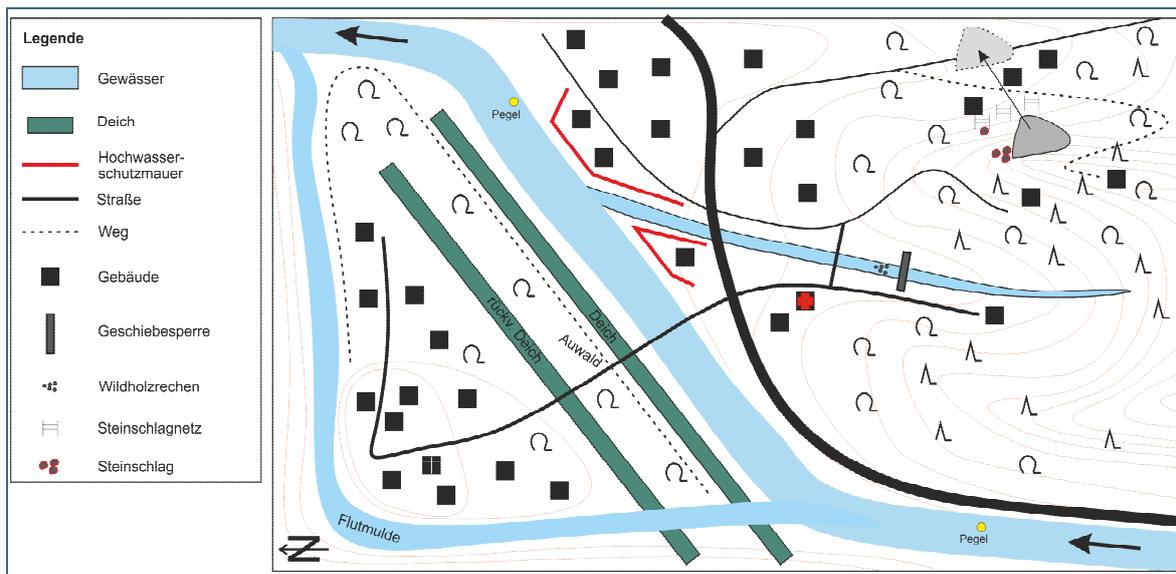


Abb. 102:Übersichtsplan (Draufsicht) des Modells, ohne Maßstab. Die Süd-Nord-Ausrichtung ist im Bild von rechts nach links.

Orografisch links ist im Modell ein niedriges Gelände dargestellt. Es stellt eine ursprünglich natürliche Überschwemmungsfläche (Auwald) dar, welche aber als Siedlungsraum (Häuser am nördlichen Modellrand) verwendet wird. Der ursprüngliche Dorfkern der Ortschaft befindet sich auf einer leicht erhöhten Fläche (Häuser im Nord-Westen). Dadurch bleibt dieser vor den Auswirkungen der Flusshochwasser geschützt. Dies gilt allerdings nicht für die Siedlung im Auwaldbereich. Im Szenario 1 werden ohne Verwendung von technischen Schutzmaßnahmen diese Häuser überflutet. Daher sind zum Schutz dieser Siedlung zwei Deichverläufe im Modell möglich. Der erste (südliche) Deich liegt unmittelbar am Fluss und gibt den dahinterliegenden Auwald als Siedlungs- und Bewirtschaftungsraum frei, wodurch allerdings wenig natürlicher Retentionsraum zur Verfügung steht. Der rückverlegte Deich schützt die Siedlung gleichermaßen, bietet aber den Auwaldbereich als Überschwemmungsfläche. Für das Szenario 1 und 2 steht im nördlichen Bereich des Modells eine Flutmulde zur Verfügung. Diese beginnt am jeweiligen Deich im Osten des Modells, wird am Dorfkern herumgeleitet und mündet in den Fluss an der nordöstlichen Ecke des Modells.

Orografisch rechts vom Fluss befindet sich der zweite Siedlungsraum der Ortschaft, der teilweise in die Hänge einer Bergregion gebaut wurde. Für die am Hauptfluss gelegenen Häuser muss der Hochwasserschutz durch Hochwasserschutzwände (rote Linie) sichergestellt werden. Kern des südöstlichen Teils des Modells ist eine Bergregion mit dem Einzugsgebiet (EZG) eines Wildbaches in der Mitte (südlicher Rand). Im Modell werden über dem südlichen Bereich Sprinkler installiert, die sowohl über dem EZG ausgerichtet sind als auch in die Ausläufer der Hänge bis hinein in den Siedlungsraum

reichen. Der Wildbach entspringt in einer Quelle im EZG und fließt von Süden nach Norden Richtung Siedlung, wo er innerhalb der Ortschaft in den Fluss mündet. Die östlichen Hänge des EZGs sind dicht bewaldet und bieten einen guten Erosionsschutz bei Niederschlag. Die westlichen Hänge dagegen sind nur spärlich bewaldet. Dort können Geschiebe und Wildholz mobilisiert und damit in den Wildbach gelangen. Um die Ortschaft vor den Wildbachgefahren zu schützen, können oberhalb der Ortschaft eine Geschiebesperre oder ein Wildholzrechen montiert werden. Wird keines der beiden Elemente im Szenario 3 verwendet, können Geschiebe und Wildholz die weiter im Unterstrom liegenden Engstellen und Brücken verklausen.

Für das Szenario 4 werden die Sprinkler im östlichen und südöstlichen Teil des Modells aktiviert. Der Niederschlag fällt dann nicht im Einzugsgebiet, sondern bildet wild abfließendes Wasser, welches über die östlichen Hänge die Ausläufer der Siedlung erreicht. Zusätzlich führt der Niederschlag im Südosten zur Unterspülung einer Hangfläche, die Richtung Osten abgeleitet und auf einer Straße liegen bleibt. Dadurch können ebenfalls einzelne Häuser gefährdet werden. Durch das Setzen von Steinschlagnetzen kann dies im Modell verhindert werden. Als optionales Element können in diesem Szenario auch einzelne große Steine mobilisiert werden, die einen Steinschlag darstellen.

Um zum einen den hohen Grad an Interaktivität zu ermöglichen als auch die Auswirkung der Überflutungen und die Maßnahmen der Eigenvorsorgen zu visualisieren, werden die wesentlichen Elemente der Infrastruktur aus Legosteinen erbaut. Einzelne Häuser bleiben jedoch auch unveränderlich, in denen eine Elektronik verbaut wird, die es ermöglicht den Stromausfall bei Überflutung darzustellen. Ein Großteil der Häuser kann variabel im Modell versetzt und in der baulichen Struktur verändert werden. So sollen bestimmte Häuser mit Kellern abgebildet werden, die erst durch die Höherlegung von Kellerfenstern etc. einen gewissen Hochwasserschutz bieten. Einzelne Gebäude werden durch ihre Funktion im Hochwasserfall markiert (Krankenstation, Feuerwehr, etc.). Ebenfalls aus Lego werden die Deiche, die Hochwasserschutzmauern und die technischen Schutzmaßnahmen im Wildbach sein. Die Bäume und die Steinschlagnetze können in vorbereitete Löcher positioniert werden. Materialien für die Eigenvorsorge der einzelnen Häuser (z. B. mobile Schutzwand) werden vorbereitet und können im Modell gesetzt werden.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Das wesentliche Ziel dieser Studie war die Bestandsaufnahme von Demonstrationsmodellen zur Kommunikation von alpinen Naturgefahren bevor darauf aufbauend ein neuer Modell-Prototyp konzipiert werden konnte. Dass solche Modelle dazu beitragen können die staatlichen Umsetzungen im Rahmen des Risikomanagements als auch die erforderlichen Maßnahmen der Eigenvorsorge zu kommunizieren und dass dadurch eine Bewusstseinssteigerung in der Bevölkerung gegenüber Naturgefahren resultiert, zeigen die bereits existierenden Modelle anderer Alpenländer. Die in dieser Studie initiale Literaturrecherche offenbart jedoch auch, dass das subjektive Risikoempfinden stärker an das objektive (tatsächlich existierende) Risiko angepasst werden muss, damit es nicht zu einem uneffektiven Verhalten der Bevölkerung vor, während und nach einem Naturereignis kommt. Um die Entwicklung von erfolgreichen Bewältigungsstrategien zu verbessern, sollte in diesem Projekt vor allem das Verständnis zur Eigenvorsorge und zum richtigen Verhalten im Ereignisfall kommuniziert werden.

Für die Recherche der bereits existierenden Naturgefahrenmodelle im Alpenraum wurde ein Fragebogen an potenzielle Betreiber solcher Modelle versendet. Zusätzlich konnte aktuelle wissenschaftliche Literatur ausgewertet werden, um weitere Modelle außerhalb des Alpenraums zu identifizieren. Abschließend flossen 26 Rückmeldungen in die Evaluation ein, bei denen es sich zu etwa gleichen Anteilen um reine Präsentationsmodelle, haptisch-interaktive Modelle oder Modelle aus dem Themenbereich pädagogische Spiele, digitale Modelle und Virtual Reality handelt. Die Spannweite der ausgewerteten Modelle ist hinsichtlich des Einsatzspektrums, des Aufbaus und der abgebildeten Prozesse teilweise recht groß. Das liegt hauptsächlich am Kommunikationsziel der lokal vorherrschenden einzelnen Naturgefahren. Nichtsdestotrotz konnten aus nahezu allen Modellen bestimmte Empfehlungen hinsichtlich bewährter Konstruktionen, Praktiken und methodischer Umsetzungen extrahiert werden. Diese flossen direkt in die Konzeption eines neuen Modell-Prototypen ein.

Eingefasst in eine Rahmenkonstruktion, wurde eine Modelllandschaft realisiert, in welcher innerhalb einer Ortschaft ein Wildbach in ein größeres Fließgewässer mündet. Zur Kommunikation von Hochwasser- und Wildbachgefahren konnten vier übergeordnete Szenarien entwickelt werden, die die Themen häufiges Hochwasser, Bemessungshochwasser, extremes Hochwasser, Wildbachgefahren als auch Starkregenereignisse und wild abfließendes Wasser behandeln. Ein hoher haptischer Freiheitsgrad ermöglicht den Nutzern stark interaktiv und spielerisch zu agieren. Dabei werden sowohl staatliche technische Schutzmaßnahmen als auch Themen der (Eigen-)vorsorge gleichermaßen abgebildet. Die Erstellung des Modell-Prototyps wird detailliert dokumentiert. Dem zukünftigen Modell liegen ein Bauplan, eine Materialliste, eine Fotodokumentation und ein Montageplan bei. Dies ermöglicht die Vervielfältigung und Modifikation dieses Prototyps zur erfolgreichen Anwendung im Alpenraum und darüber hinaus.

Generell sind weitere solcher interaktiven Modelle zu individuellen Themenkomplexen denkbar. Wichtige Themen des Alpenraumes wie Steinschlag, Erdbeben und Lawinen als auch zu Starkregenniederschlägen im urbanen Raum könnten besonders vor dem Hintergrund des Klimawandels zielgruppenorientiert kommuniziert werden. Gerade beim Thema Starkregenniederschläge könnte dann verstärkt und detaillierter auf die möglichen präventiven Gegenmaßnahmen im Rahmen der Eigenvorsorge (Green or Grey Stormwater Infrastructures) eingegangen werden.

## 7 Literatur

Ancey, C.; Bardou, E.; Funk, M.; Huss, M.; Werder, M. A.; Trehwela, T. (2019): Hydraulic Reconstruction of the 1818 Giétro Glacial Lake Outburst Flood. In: *Water Resour. Res.* 55 (11), S. 8840–8863. DOI: 10.1029/2019WR025274.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2018): Hochwasser-Eigenvorsorge: Fit für den Ernstfall. Hg. v. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Bayerisches Landesamt für Umwelt (UmweltWissen – Wasser).

Bogdan, Eva A.; Roszko, Ashley M.; Beckie, Mary A.; Conway, Adam (2021): We're ready! Effectiveness of community disaster preparedness workshops across different community groups in Alberta, Canada. In: *International Journal of Disaster Risk Reduction* 55, S. 102060. DOI: 10.1016/j.ijdr.2021.102060.

Bokhove, Onno; Hicks, Tiffany; Zweers, Wout; Kent, Thomas (2020): Wetropolis extreme rainfall and flood demonstrator: from mathematical design to outreach. In: *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 24 (5), S. 2483–2503. DOI: 10.5194/hess-24-2483-2020.

Bonaiuto, Marino; Breakwell, Glynis M.; Cano, Ignacio (1996): Identity Processes and Environmental Threat: The Effects of Nationalism and Local Identity upon Perception of Beach Pollution. In: *J. Community. Appl. Soc. Psychol.* 6 (3), S. 157–175. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1298(199608)6:3<157::AID-CASP367>3.0.CO;2-W.

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2018): Hochwasserschutzfibel. Objektschutz und bauliche Vorsorge. Hg. v. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): Leben mit Naturgefahren. Ratgeber für die Eigenvorsorge. Muren, Lawinen, Steinschlag und Rutschungen. Wien.

Choon, Shay-Wei; Ong, Hway-Boon; Tan, Siow-Hooi (2019): Does risk perception limit the climate change mitigation behaviors? In: *Environ Dev Sustain* 21 (4), S. 1891–1917. DOI: 10.1007/s10668-018-0108-0.

Dominicis, Stefano de; Fornara, Ferdinando; Ganucci Cancellieri, Uberta; Twigger-Ross, Clare; Bonaiuto, Marino (2015): We are at risk, and so what? Place attachment, environmental risk perceptions and preventive coping behaviours. In: *Journal of Environmental Psychology* 43, S. 66–78. DOI: 10.1016/j.jenvp.2015.05.010.

Emnid, Kantar (2019): Hochwasserschutz in Bayern. Grafikbericht.

EUSALP Action Group 8 (2019): Documentation of the joint workshop between EUSALP Action Group 8 and Alpine Convention Working Group PLANALP. Exhibition of natural hazard models and risk communication tools with discussion about knowledge transfer and risk communication. Unter Mitarbeit von Alpine Convention Working Group PLANALP. Heimschuh (Austria).

Ge, Yi; Yang, Guangfei; Wang, Xiaotao; Dou, Wen; Lu, Xueer; Mao, Jie (2021): Understanding risk perception from floods: a case study from China. In: *Natural hazards (Dordrecht, Netherlands)*, S. 1–22. DOI: 10.1007/s11069-020-04458-y.

Gifford, Robert; Scannell, Leila; Kormos, Christine; Smolova, Lidia; Biel, Anders; Boncu, Stefan et al. (2009): Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessments: An 18-nation study. In: *Journal of Environmental Psychology* 29 (1), S. 1–12. DOI: 10.1016/j.jenvp.2008.06.001.

Gulliver, John S. (2020): Climate Change Adaptation: Civil and Environmental Engineering Challenge. In: *J. Hydraul. Eng.* 146 (12), S. 1820001. DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001850.

Land Oberösterreich (2016): Hochwasser - Mein persönlicher Krisenplan. Hg. v. Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft.

Miceli, Renato; Sotgiu, Igor; Settanni, Michele (2008): Disaster preparedness and perception of flood risk: A study in an alpine valley in Italy. In: *Journal of Environmental Psychology* 28 (2), S. 164–173. DOI: 10.1016/j.jenvp.2007.10.006.

Ming-Chou, Ho; Daigee, Shaw; Shuyeu, Lin; Yao-Chu, Chiu (2008): How do disaster characteristics influence risk perception? In: *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis* 28 (3), S. 635–643. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2008.01040.x.

Pagliacci, Francesco; Defrancesco, Edi; Bettella, Francesco; D'Agostino, Vincenzo (2020): Mitigation of Urban Pluvial Flooding: What Drives Residents' Willingness to Implement Green or Grey Storm-water Infrastructures on Their Property? In: *Water* 12 (11), S. 3069. DOI: 10.3390/w12113069.

Ruin, Isabelle; Gaillard, Jean-Christophe; Lutoff, Céline (2007): How to get there? Assessing motorists' flash flood risk perception on daily itineraries. In: *Environmental Hazards* 7 (3), S. 235–244. DOI: 10.1016/j.envhaz.2007.07.005.

Schindelegger, Arthur (2019): Umgang mit Naturgefahrenrisiken. Der Risiko Governance Ansatz. Policy-Brief: EU-Strategie für den Alpenraum - Action Group 8. Unter Mitarbeit von Kilian Heil und Florian Rudolf-Miklau. Hg. v. EUSALP Action Group 8.

Schneiderbauer, S.; Hartmann, S.; Dalla Torre, C.; Dinkelaker, N.; Sankowsky, A.; Hoffmann, C. et al. (2018): Über das Erwartete hinaus: Umgang mit dem Überlastfall und dem Restrisiko im Zusammenhang mit Naturgefahren im Alpenraum. Schlussbericht. Bozen, Italien.

Schneiderbauer, S.; Hartmann, S.; Dalla Torre, C.; Dinkelaker, N.; Sankowsky, A.; Hoffmann, C. et al. (2018b): Naturgefahren im Alpenraum. Umgang mit dem Überlastfall und dem Restrisiko. Unter Mitarbeit von EUSALP Aktionsgruppe 8. Hg. v. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

Sermet, Yusuf; Demir, Ibrahim (2018): Flood action VR. A Virtual Reality Framework for Disaster Awareness and Emergency Response Training. In: *Int'l Conf. Modeling, Sim. and Vis. Methods MSV'18*, S. 65–68.

Sermet, Yusuf; Demir, Ibrahim (2018b): An intelligent system on knowledge generation and communication about flooding. In: *Environmental Modelling & Software* 108, S. 51–60. DOI: 10.1016/j.envsoft.2018.06.003.

Sermet, Yusuf; Demir, Ibrahim (2020): Virtual and augmented reality applications for environmental science education and training. In: *New Perspectives on Virtual and Augmented Reality: Finding New Ways to Teach in a Transformed Learning Environment*, S. 261–275.

Sermet, Yusuf; Demir, Ibrahim (2020b): GeospatialVR: A Web-based Virtual Reality Framework for Collaborative Environmental Simulations.

Sermet, Yusuf (2020c): Knowledge generation and communication in intelligent and immersive systems: a case study on flooding. Dissertation. University of Iowa. Electrical and Computer Engineering.

Shin, Mikyong; Werner, Angela K.; Strosnider, Heather; Hines, Lisa B.; Balluz, Lina; Yip, Fuyuen Y. (2019): Public Perceptions of Environmental Public Health Risks in the United States. In: *International journal of environmental research and public health* 16 (6). DOI: 10.3390/ijerph16061045.

Stancu, Alexandra; Ariccio, Silvia; Dominicis, Stefano de; Cancellieri, Uberta Ganucci; Petruccelli, Irene; Ilin, Corina; Bonaiuto, Marino (2020): The better the bond, the better we cope. The effects of place attachment intensity and place attachment styles on the link between perception of risk and emotional and behavioral coping. In: *International Journal of Disaster Risk Reduction* 51, S. 101771. DOI: 10.1016/j.ijdr.2020.101771.

Taguchi, Vinicius; Weiss, Peter; Gulliver, John; Klein, Mira; Hozalski, Raymond; Baker, Lawrence et al. (2020): It Is Not Easy Being Green: Recognizing Unintended Consequences of Green Stormwater Infrastructure. In: *Water* 12 (2), S. 522. DOI: 10.3390/w12020522.

Wachinger, Gisela; Renn, Ortwin; Begg, Chloe; Kuhlicke, Christian (2013): The risk perception paradox-implications for governance and communication of natural hazards. In: *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis* 33 (6), S. 1049–1065. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01942.x.

Woods Ballard, Bridget; Wilson, Steve; Udale-Clarke, Helen; Illman, Sue; Scott, Tamasine; Ashley, Richard; Kellagher, Richard (2015): *The SuDs Manual*. C753F. ciria. London.

## 8 Anhang

### 8.1 Fragebogen zur Erfassung von bestehenden Naturgefahrenmodellen in den Alpenländern

#### Allgemeine Fragen

1. Nennen Sie uns bitte aus welchem Land und welcher Region Sie kommen (z. B. Österreich, Tirol)!
2. Welcher Art von Organisation gehören Sie an? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an!
  - nationale Organisation
  - regionale Organisation
  - kommunale / städtische Organisation
  - internationale Organisation
  - Forschungseinrichtung
  - privates Unternehmen
  - anderer Organisation: \_\_\_\_\_
3. Würden Sie uns bitte Ihre Kontaktdaten (Name, Anschrift, Telefonnr., Email-Adresse) zur Verfügung stellen, damit wir Sie für Rückfragen erreichen können?

#### Fragen zum Modell

4. In welche Kategorie würden Sie Ihr Modell einordnen? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an!
  - physikalisches interaktives Modell
  - physikalisches Modell zur Vorführung / Demonstration
  - digitales Modell
  - interaktives Spiel
5. Welche Prozesse werden im Modell behandelt? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an! Mehrfachnennungen sind möglich.
  - Hochwasser
  - Wildbach
  - Sturzflut
  - Lawinen
  - Steinschlag
  - Erdbeben
  - Starkregen
  - Havarien, Schäden an privater Infrastruktur
  - Andere: \_\_\_\_\_
6. Warum wurde das Modell erstellt?
7. Welches Ziel soll durch ihr Modell erreicht werden? (z. B. Prozessverständnis, Verständnis natürlicher Prozesse, Sensibilisierung für Schutzmaßnahmen, Funktionsweise von Bauwerken, Eigenvorsorge...)?
8. Für welche Zielgruppe und Altersgruppe wurde das Modell konzipiert?
9. Wo wurde bzw. wird das Modell eingesetzt? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an! Mehrfachnennungen sind möglich.
  - Schulen
  - Messen

- Erlebniszentren
  - Öffentlichkeitsarbeit
  - Aktionstage
  - Andere: \_\_\_\_\_
10. Beschreiben Sie bitte ganz allgemein Ihr Modell und dessen Eigenschaften (Größe, konstruktiver Aufbau, Funktionsweise, Material, Gerätschaften, Technik)! Gerne können Sie uns dazu Bilder, Fotos, technische Zeichnungen etc. übersenden.
11. Welche Prozesse werden im Modell betrachtet? Welche Raumskala bzw. geometrischer Maßstab liegt ungefähr vor?
12. Welche Prozesselemente werden visualisiert? (Fluss, Deich, Polder, Häuser, Straße, ...)
13. Wie ist der methodische Ablauf des Modells? Erklären Sie bitte kurz, was nacheinander erfolgt (z. B. 1. Schritt: nur klares Wasser den Wildbach runterfließen lassen, 2. Schritt: Wassermenge erhöhen und Hochwasserwelle zeigen, 3. Kinder geben Wildholz ein und man sieht die Verklausung von Brücken, ...)
14. Wie hoch beurteilen Sie die Komplexität der dargestellten Prozesse? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an!
- sehr hoch: Es werden komplexe und hoch-dynamische Vorgänge in der Natur gezeigt, die sich gegenseitig beeinflussen.
  - mittel: Es werden einzelne natürliche Vorgänge vermittelt, die die Komplexität der natürlichen Bedingungen zwar nicht vollumfänglich widerspiegeln aber dennoch einen guten Eindruck des dynamischen Charakters von Naturgefahren geben.
  - schwach: Es wird ein einzelner isolierter Vorgang oder lediglich wenige sich beeinflussende Vorgänge in einem stark idealisierten Modell gezeigt.
15. Welche der folgenden Maßnahmen werden im Modell behandelt? Bitte kreuzen Sie das entsprechende an! Mehrfachnennungen sind möglich.
- staatliche Schutzbauten (z. B. Deiche, Polder)
  - kommunale Maßnahmen (z. B. Warndienste, Forstwirtschaft)
  - Themen der Eigenvorsorge der Bevölkerung (Öltanks, erhöhte Lichtschächte)
16. Wie ist die Handhabbarkeit der Modelle? Ist das Modell ortsfest oder mobil?
17. Wer und wie wird das Modell betrieben? Ist eine Interaktion durch die Zielperson möglich oder beschränkt es sich lediglich auf das Betrachten eines Vorganges oder einer Information? Wenn Interaktion stattfindet, wie geschieht diese?
18. Wie hoch würden Sie den Aufwand für das Erstellen und Betreiben des Modells einschätzen (z. B. hinsichtlich des Personal- und Materialbedarfs)?
- hoch:
  - mittel:
  - niedrig:

#### Erfahrungen

19. Warum hat sich das Modell in Ihren Augen hinsichtlich der Aufklärung und Sensibilisierung von Naturgefahren bewährt bzw. nicht bewährt?
20. Welche Eigenschaft Ihres Modelles hat sich besonders gut bewährt? Gibt es einen Eye-Catcher?
21. Wenn Sie das Modell nochmal erstellen würde, in welcher Art und Weise würden Sie es optimieren?
22. Welche Erfahrungen haben Sie mit dem Modell hinsichtlich der gewählten Ziele, der Zielgruppen, der Altersgruppen, dem Einsatzort oder der Handhabbarkeit gemacht?
23. Wie würde für Sie ein „ideales“ Naturgefahrenmodell aussehen?
24. Würden Sie uns Bilder des Modells übersenden oder zum Download bereitstellen?
25. Besteht die Möglichkeit das Modell zu besichtigen?
26. Haben Sie weitere Empfehlungen hinsichtlich der Erstellung eines physikalischen Naturgefahrenmodells?
27. Kennen Sie weitere good-Practice Beispiele oder andere Typen von Naturgefahrenmodellen?

## 8.2 Dokumente zum Modell

Dem zu erstellenden Prototyp-Modell werden folgende separate Dateien beigelegt.

- Baupläne, Zeichnungen, digitales Geländemodell
- Material-/Geräteliste und Montageplan
- Pädagogisches Konzept
- Bedienungsanleitung zum Modell
- Handzettel für Szenarien

### 8.3 Bildnachweis

Wir bedanken uns bei den Teilnehmern der Studie und den zur Veröffentlichung genehmigten und bereitgestellten Abbildungen, die nachfolgend referenziert sind.

Abbildung	Name oder Bezeichnung	Ort	Land
Abb. 1,Abb. 2,Abb. 3, Abb. 4.,Abb. 5,Abb. 6, Abb. 7,Abb. 8,Abb. 9, Abb. 10,Abb. 11,Abb. 12, Abb. 13,Abb. 14,Abb. 15, Abb. 16,Abb. 17, Abb. 50, Abb. 51,Abb. 52,Abb. 53, Abb. 100,Abb. 101,Abb. 102	Ivo Baselt	Neubiberg	Deutschland
Abb. 18, Abb. 20, Abb. 21	Kilian Heil	Wien	Österreich
Abb. 19,Abb. 24,Abb. 25, Abb. 55,Abb. 60,Abb. 83, Abb. 95	Umwelt-Bildungs-Zentrum (UBZ)	Steiermark	Österreich
Abb. 22,Abb. 23	die.wildbach	Wien	Österreich
Abb. 26	Amt für Geologie und Baustoffprüfung	Autonome Provinz Bozen – Südtirol	Italien
Abb. 27	Wasserwirtschaftsamt Traunstein	Traunstein	Deutschland
Abb. 28,Abb. 29,Abb. 30, Abb. 31,Abb. 32,Abb. 33	Emre Akcali	Trabzon	Türkei
Abb. 34,Abb. 35	Laboratorium3D GmbH	Biasca	Schweiz
Abb. 36,Abb. 37,Abb. 38, Abb. 39	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Augsburg	Deutschland
Abb. 40,Abb. 41,Abb. 42, Abb. 43	Benjamin Einhorn	Grenoble	Frankreich
Abb. 44,Abb. 45,Abb. 46, Abb. 47, Abb. 48,Abb. 49	Joze Papez	Ljubljana	Slowenien
Abb. 54, Abb. 56,Abb. 57	Kilian Heil	Wien	Österreich
Abb. 58,Abb. 59	Wasserwirtschaftsamt Deggendorf	Deggendorf	Deutschland
Abb. 61,Abb. 62	Land Tirol	Tirol	Österreich
Abb. 63,Abb. 64,Abb. 65 Abb. 66,Abb. 67,Abb. 68 Abb. 69,Abb. 70,Abb. 71	Ward`s Science	West Henrietta	USA
Abb. 72	Onno Bokhove, Photo compilation: Luke Barber	Leeds	Großbritannien
Abb. 73,Abb. 74, Abb. 75	Onno Bokhove	Leeds	Großbritannien
Abb. 76	Andrea Andreoli	Bozen	Italien
Abb. 77,Abb. 78,Abb. 79	Emriver geomodels	Carbondale, IL	USA
Abb. 80,Abb. 81	Ole Werner	Ansbach	Deutschland
Abb. 82,Abb. 84,Abb. 85, Abb. 92,Abb. 93, Abb. 97, Abb. 98,Abb. 99	Agentur für Bevölkerungsschutz	Autonome Prinzip Bozen - Südtirol/Italien	Italien
Abb. 86,Abb. 87,Abb. 88	MurGame (www.murgame.ch); Entwickler: geo7 AG, Koboldgames GmbH, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF; gefördert durch: Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen, die Mobiliar, Bundesamt für Umwelt BAFU.		
Abb. 89	UN Office for Disaster Risk Reduktion	New York	USA
Abb. 90,Abb. 91	Muhammed Yusuf Sermet, Ibrahim Demir, University of Iowa, Hydrosience & Engineering: Sermet, Y., & Demir, I. (2018). Flood Action VR: A Virtual Reality Framework for Disaster Awareness and Emergency Response Training. In Proceedings of the International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV) (pp. 65-68). Sermet, Y., & Demir, I. (2020). Virtual and augmented reality applications for environmental science education and training. New Perspectives on Virtual and Augmented Reality: Finding New Ways to Teach in a Transformed Learning Environment, 261-275.		
Abb. 94	Eric Bardou (EPFL)	Nax	Frankreich
Abb. 96	The Augmented Reality Sandbox - an interactive exhibit at Dickinson Museum Center, Dickinson ND: Autor: Df9465, 22. März 2018		License: Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International