

CLIMATE CHANGE

06/2025

Abschlussbericht

Schäden des Klimawandels schätzen: Konzept für ein nationales Schadenskataster

von:

Dr. Quirin Oberpriller, Caspar Esche, Michel Zimmermann, Jürg Füssler, Martin Peter
INFRAS, Zürich

Linda Hölscher, Bianca Reichel, Friederike Hippe
adelphi, Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

CLIMATE CHANGE 06/2025

REFOPLAN des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 48 103 0

FB001519

Abschlussbericht

Schäden des Klimawandels schätzen: Konzept für ein nationales Schadenskataster

von

Dr. Quirin Oberpriller, Caspar Esche, Michel Zimmermann,
Jürg Füssler, Martin Peter
INFRAS, Zürich

Linda Hölscher, Bianca Reichel, Friederike Hippe
adelphi, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

INFRAS
Binzstraße 23
8045, Zürich
Schweiz

adelphi research gGmbH
Alt-Moabit 91
10559, Berlin
Germany

Abschlussdatum:

Juli 2024

Redaktion:

Fachgebiet I 1.6 KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung
Clemens Haße

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Februar 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den AutorInnen.

Kurzbeschreibung: Schäden des Klimawandels schätzen: Konzept für ein nationales Schadenskataster

Informationen über vergangene und zukünftige Klimawandel-bedingte Schäden bilden eine wichtige Grundlage für einen strategischen und effektiven Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Bisher existiert in Deutschland noch kein nationales Monitoringprogramm, das solche Schäden systematisch erfasst. Die vorliegende Studie adressiert diese Lücke und entwickelt erste Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung eines nationalen Schadenskatasters.

Zu Beginn wurden bestehende Bedürfnisse und Interessen potenzieller NutzerInnen von Staat, Wirtschaft und Forschung erhoben. Zudem wurden bestehende Leitfäden und Praxisbeispiele von Schadensdatenbanken vorgestellt. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde die Konzeption eines Schadenskatasters erarbeitet. Hierbei ist wichtig hervorzuheben, dass sich der entwickelte Prototyp eines Schadenskatasters vorerst auf direkte monetäre Schäden fokussiert. Es wurden vor allem die Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen der Extremwetterereignisse Starkregen, Sturzfluten und Flussüberschwemmungen sowie Schäden in der Landwirtschaft durch Dürre betrachtet. Zudem wurden auch nicht-monetäre Schäden, wie hitzebedingte Todesfälle analysiert. Da der Nutzen eines Schadenskatasters stark von der Qualität der dafür genutzten Daten geprägt ist, wurden für diese Bereiche die bestehenden Datenquellen detailliert bezüglich ihrer Eignung für ein Kataster geprüft. Es zeigt sich, dass die Datenlandschaft von einer Vielzahl an beteiligten AkteurInnen und insbesondere einer Heterogenität der zugrundeliegenden Definitionen und Erhebungsverfahren geprägt ist, was die Datenvergleichbarkeit einschränkt. Bezüglich der Aktualität liegt der Fokus auf aussagekräftigen und belastbaren Schadensdaten, welche den meisten AkteurInnen wichtiger ist als eine möglichst zeitnahe Verfügbarkeit. Für große Ereignisse ist aber auch ein fast track geplant, in dem erste Grobschätzungen publiziert werden. Anhand von drei Fallbeispielen wurde das entwickelte Schadenskataster getestet und anschließend Empfehlungen für dessen zeitnahe Umsetzung erarbeitet. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf der Struktur, mögliche Schwellenwerte und den Prozess der Datenerhebung und -pflege. Da es sich um einen ersten Prototyp handelt, werden am Ende der Studie weitere Schritte und Potenziale der Verstetigung und sukzessiven Erweiterung des Katasters aufgezeigt.

Abstract: Estimating climate change damages: Concept for a national damage register

Information on past and future climate change-induced damage provides an important basis for a strategically oriented and effective response to the impacts of climate change. So far, there is no national monitoring program in Germany that systematically records such damage. This study addresses this gap and develops initial recommendations for the timely implementation of a national damage register.

To begin with, the existing needs and interests of potential users from government, industry and research were analysed. In addition, existing guidelines and first practical examples of damage databases were identified. Based on these findings, the structure of a damage register was developed. It is important to emphasize that the developed prototype of a damage register initially focuses on direct monetary damage. In particular, the damage to buildings and infrastructure caused by extreme weather events such as heavy rain, flash floods and river flooding as well as damage to agriculture caused by drought were analysed. Non-monetary damage, such as heat-related deaths, was also analysed. As the usefulness of a damage register is strongly characterised by the quality of the data used for this purpose, the existing data sources for these areas were examined in detail with regard to their suitability for a register. It can be seen that the data landscape is characterised by a large number of stakeholders and, in

particular, a heterogeneity of the underlying definitions and data collection methods, which limits the comparability of data. In terms of timeliness, the focus is on meaningful and reliable loss data, which is more important to most stakeholders than availability as soon as possible. However, a fast track approach is also planned for major events, in which initial rough estimates will be published. The developed damage register was tested using three case studies and recommendations for its prompt implementation are then presented. A special focus is placed on the structure, possible threshold values and the process of data collection and maintenance. As this is an initial prototype, further steps and potential for the continuation and successive expansion of the register are highlighted at the end.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	12
Tabellenverzeichnis.....	12
Abkürzungsverzeichnis.....	14
Zusammenfassung.....	19
Summary.....	29
1 Einleitung.....	38
1.1 Ausgangslage.....	38
1.2 Ziele und Arbeitsschritte des Projekts.....	38
2 Bedürfnisse potenzieller NutzerInnen.....	41
2.1 Staatliche AkteurInnen.....	41
2.1.1 Umweltbundesamt (UBA).....	41
2.1.2 Bund, Bundesländer und Kommunen.....	41
2.1.3 Berichterstattungspflicht zum Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge.....	42
2.1.4 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK).....	44
2.1.5 Statistisches Bundesamt (DESTATIS).....	44
2.1.6 Deutscher Wetterdienst (DWD).....	45
2.1.7 Technisches Hilfswerk (THW).....	45
2.1.8 Forschungsinstitutionen.....	46
2.1.9 European Environmental Agency (EEA).....	46
2.2 Privatwirtschaftliche AkteurInnen.....	47
2.2.1 (Rück-)Versicherungsgesellschaften.....	47
2.2.2 Ingenieurbüros.....	47
2.2.3 Deutscher Bauerverband (DBV).....	47
2.2.4 Ratingagenturen.....	48
2.3 Zwischenfazit.....	48
3 Schadensdatenbanken: Richtlinien und Praxisbeispiele.....	50
3.1 Einleitung.....	50
3.2 Richtlinien für Schadensdatenbanken.....	50
3.2.1 Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission.....	50
3.2.2 Post-Disaster Needs Assessment (PDNA).....	53
3.2.3 Integrated Research on Disaster Risk (IRDR).....	54
3.2.4 Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE).....	54
3.2.5 Das Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment (RIPOSTA) Verfahren.....	54

3.3	Praxisbeispiele bestehender Schadensdatenbanken	55
3.3.1	Emergency Events Database (EM-DAT)	55
3.3.2	Nationale Schadensdatenbanken	56
4	Konzeption eines Schadenskatasters	61
4.1	Struktur Schadenskataster	61
4.2	Ereignis-Typen und deren Indikatoren	62
4.2.1.1	Starkregen und Sturzfluten.....	63
4.2.1.2	Flussüberschwemmungen	65
4.2.1.3	Dürre	66
4.2.1.4	Hitze	70
4.3	Fristigkeiten der Datenerfassung.....	70
4.4	Schwellenwerte für Aufnahme Kataster	70
4.4.1	Theoretische Grundlagen	70
4.4.2	Empfehlung für konkrete Schwellenwerte	73
4.5	Extremwetterschäden vs. Klimaschäden	76
5	Klimaattribuion	77
5.1	Theoretische Einführung.....	77
5.1.1	Klimaattribuion.....	77
5.1.2	Schadensattribuion.....	80
5.2	Diskussion Ereignistypen.....	82
5.2.1	Starkregen.....	82
5.2.2	Flussüberschwemmungen	84
5.2.3	Trockenheit	85
5.3	Empfehlung zum Vorgehen.....	87
6	Datenquellen für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen	88
6.1	Einleitung	88
6.2	Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)	88
6.3	Rückversicherungsgesellschaften	92
6.4	Hochwasserschadendatenbank (HOWAS21) Deutschland	93
6.5	Wild abfließendes Wasser in urbanen Räumen (WAWUR) Projekt.....	94
6.6	Copernicus	94
6.7	Deutscher Wetterdienst (DWD).....	96
6.8	Technisches Hilfswerk (THW) und Feuerwehren.....	97
6.9	VersicherungsmaklerInnen	98

6.10	Bundesämter.....	98
6.11	Deutsche Bahn AG	99
6.12	Kommunale Schadenserhebungen	100
6.12.1	Datenerhebungen auf kommunaler Ebene	100
6.12.2	Weitergabe/Aggregation der Daten	103
6.12.2.1	Bundesland-Ebene	103
6.12.2.2	Bundesebene	104
6.12.2.3	Förderbanken	104
6.12.3	Nutzen für das Schadenskataster	105
6.13	Weitere relevante Projekte und Quellen.....	105
6.14	Alternative Ansätze zur Schadenserhebung	107
6.15	Übersicht und Zwischenfazit.....	108
7	Datenquellen für Schäden in der Landwirtschaft.....	111
7.1	Einleitung	111
7.2	Statistisches Bundesamt (DESTATIS).....	111
7.3	Versicherungen, Indices und Modellierungen	111
7.4	Weitere relevante Projekte und Quellen.....	113
7.5	Indirekte Schäden	114
7.6	Übersicht und Zwischenfazit.....	114
8	Datenquellen für nicht-monetäre Schäden.....	116
8.1	Einleitung	116
8.2	Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.....	116
8.2.1	Hitzebedingte Todesfälle	116
8.2.2	Todesfälle durch andere Extremwetterereignisse (außer Hitze).....	117
8.2.3	Gesundheitliche Einschränkungen durch Hitze und UV-Strahlung.....	117
8.2.3.1	Einbußen in der Arbeitsproduktivität	118
8.3	Schäden an kulturellen Gütern und Verlust kulturellen Erbes	118
8.4	Schäden an Ökosystemen	121
8.4.1	Übersicht potentieller Schäden und ihrer Messbarkeit.....	121
8.4.2	Waldzustand	122
8.4.3	Waldbrand (und Sturmereignisse).....	124
8.4.4	Fernerkundungsdaten für Vegetation und Moore	124
8.4.5	Wasserqualität	125
8.4.6	Ökosystemleistungen.....	126

8.5	Zwischenfazit.....	127
9	Drei Fallbeispiele	131
9.1	Einleitung	131
9.2	Fallbeispiel 1: Flussüberschwemmungen im Juni 2013	131
9.2.1	Ausmaße des Ereignisses	131
9.2.2	Quellen.....	132
9.2.2.1	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)	132
9.2.2.2	Hochwasserschadendatenbank (HOWAS21) –Deutschland.....	133
9.2.2.3	Emergency Events Database (EM-DAT)	135
9.2.2.4	Munich RE: NatCat Service	135
9.2.2.5	Swiss Re: Sigma Explorer	136
9.2.2.6	Ad-hoc Schadensschätzungen der Bundesländer.....	137
9.2.2.7	Ist-Mittelabflüsse der Bundesländer	137
9.2.2.8	Copernicus	139
9.2.2.9	Ratingagentur Fitch.....	140
9.2.3	Gegenüberstellung der verfügbaren Daten	141
9.3	Fallbeispiel 2: Dürresommer 2018 und 2019.....	145
9.3.1	Ausmaße des Ereignisses	145
9.3.2	Quellen.....	145
9.3.2.1	Indexversicherungen	145
9.3.2.2	KlimErtrag	146
9.3.2.3	Statistisches Bundesamt (DESTATIS)	149
9.3.2.4	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)	151
9.3.2.5	Bundesrechnungshof.....	151
9.3.3	Gegenüberstellung der verfügbaren Daten	153
9.4	Fallbeispiel 3: Sturzfluten im Juli 2021.....	156
9.4.1	Ausmaße des Ereignisses	156
9.4.2	Quellen.....	156
9.4.2.1	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)	156
9.4.2.2	Bund und Länder.....	158
9.4.2.3	Prognos	164
9.4.2.4	Copernicus und weitere Fotoaufnahmen.....	165
9.4.2.5	Rückversicherungsgesellschaften	167
9.4.2.6	Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) Rheinland-Pfalz	168

9.4.2.7	Deutsche Bahn AG	169
9.4.3	Gegenüberstellung der verfügbaren Daten	170
9.5	Fazit der Recherchen.....	175
10	Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskataster	179
10.1	Einleitung	179
10.2	Konzeption	180
10.2.1	Zieldefinition	180
10.2.2	Zuständigkeiten und Finanzierung.....	180
10.2.3	Struktur	180
10.2.4	Schwellenwerte.....	181
10.2.5	Attribution	181
10.3	Betrieb.....	182
10.3.1	Datenerfassung.....	182
10.3.2	Fristigkeiten	183
10.3.3	Datenaufbereitung.....	184
10.3.4	Historische Ereignisse	184
10.4	Nutzungsmöglichkeiten	185
11	Verstetigung, schrittweise Verbesserung und Erweiterung.....	186
11.1	Übersicht.....	186
11.2	Datenerhebung verbessern	187
11.3	Kataster vervollständigen	188
11.4	Nutzungsmöglichkeiten verbessern.....	189
11.5	Prozess für kommunale Datenerhebung	190
11.6	Umgang mit nicht monetären Schäden	194
12	Quellenverzeichnis	197
A	Annex.....	213
A.1	Unsicherheiten Attribution	213
A.1.1	Klimaattribution.....	213
A.1.2	Schadensfunktion	213
B	Annex.....	214
B.1	Vorschlag Schadenskataster Tabelle.....	214
B.2	Vorlage Erfassung laufend	220

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der Struktur der Studie	19
Abbildung 2:	Overview of structure of the study	29
Abbildung 3:	Struktur und Arbeitsschritte dieser Studie.....	39
Abbildung 4:	Schema Datenmodell	51
Abbildung 5:	Rollen im Datenerfassungsprozess.....	53
Abbildung 6:	Illustration Berechnung Bodenfeuchte-Index SMI	69
Abbildung 7:	Abgrenzung Klimaschäden	76
Abbildung 8:	Illustrative Wahrscheinlichkeitsfunktionen des Extremereignis Starkregen	79
Abbildung 9:	Illustrative Attributionsparameter für verschiedene Intensitäten	80
Abbildung 10:	Auswertung zu Tief Bernd gemäß Methodik von World Weather Attribution (WWA)	83
Abbildung 11:	Auswertung zu Trockenheit in Nordeuropa gemäß Methodik von WWA.....	85
Abbildung 12:	Wiederkehrwahrscheinlichkeiten zu Trockenheit in Nordeuropa für einen spezifischen Ansatz (ERA5-Land Daten)	86
Abbildung 13:	Schadenaufwand Wohngebäude für Versicherungsgesellschaften durch Naturgefahrenereignisse (2012-2021)	90
Abbildung 14:	Darstellung von Ökosystemleistungen.....	126
Abbildung 15:	Konzeption, Betrieb und Nutzung Kataster.....	179

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schadensindikatoren (damage and loss indicators).....	52
Tabelle 2:	Fokus der Studie	63
Tabelle 3:	Dürren: Arten und Eigenschaften.....	67
Tabelle 4:	Schwellenart für die Aufnahme in das Kataster	71
Tabelle 5:	Übersicht potenzieller Schwellenwerte für analysierte Ereignistypen	73
Tabelle 6:	Auszug aus dem Bericht zum Status des Wiederaufbaus (Stand 01.10.2021) der Kreisstadt Euskirchen.....	101
Tabelle 7:	Auszug aus dem Bericht zum Statusbericht Wiederaufbau (städtische Gebäude) (Stand 01.10.2021) der Kreisstadt Euskirchen	102
Tabelle 8:	Datenquellen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen	109
Tabelle 9:	Datenquellen Schäden in der Landwirtschaft	115
Tabelle 10:	Potentielle Schäden an Ökosystemen und Ökosystemleistungen (relevant für Schadenskataster)	121

Tabelle 11:	Holzeinschlagstatistik 2020	123
Tabelle 12:	Übersicht der analysierten Schadenskategorien und Datenquellen: Schäden durch Extremwetter	128
Tabelle 13:	Übersicht der analysierten Schadenskategorien und Datenquellen: Schäden durch schleichenden Klimawandel ..	130
Tabelle 14:	Gegenüberstellung Ad-hoc Schätzungen der Infrastruktur und Ist-Mittelabruf, in Mio. Euro.....	139
Tabelle 15:	Gegenüberstellung der Datenquellen im konkreten Fall Juni- Hochwasser 2013	141
Tabelle 16:	Durchschnittliche Schäden in Hektar und Schäden je Ackerkultur im Frühjahr und Sommer 2018 ggü. Jahresdurchschnitt 1995-2019	147
Tabelle 17:	Rückgang der Hektarerträge in den Jahren 2018 und 2019 gegenüber dem Durchschnitt von 2012-2017.....	150
Tabelle 18:	Direkte und indirekte Schäden nach Ackerkulturen	150
Tabelle 19:	Gegenüberstellung der Datenquellen im konkreten Fall Dürresommer 2018 und 2019	153
Tabelle 20:	Fortlaufende Präzisierung der versicherten Schäden	157
Tabelle 21:	Gegenüberstellung des Sondervermögens 2021 und des Antrags für den EU-Solidaritätsfond (EUSF)	159
Tabelle 22:	Gegenüberstellung der Schäden des Zwischen- und Schlussberichts zur Flutkatastrophe 2021.....	162
Tabelle 23:	Übersicht der direkten und indirekten Schäden	165
Tabelle 24:	Schäden Sturzflut Bernd 2021	170
Tabelle 25:	Zusammenfassung der Schäden je Fallstudie.....	175
Tabelle 26:	Verbesserungspotenziale Kataster	186
Tabelle 27:	Vorschlag für eine Eingabemaske für die kommunale Datenerhebung.....	192
Tabelle 28:	Blatt 1: Identifikation Ereignis	214
Tabelle 29:	Blatt 2: Meteorologische Indikatoren	215
Tabelle 30:	Blatt 3: Direkte monetäre Schäden	215
Tabelle 31:	Blatt 4: Nicht-monetäre Schäden, ereignisbezogen.....	219
Tabelle 32:	Blatt 1: Direkte monetäre Schäden – laufendes Monitoring .	220
Tabelle 33:	Blatt 2: Nicht-monetarisierbare Schäden – laufendes Monitoring.....	221

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ACPDR	Verwaltung für Katastrophenschutz und Katastrophenhilfe
ADD	Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion
AGMEMOD	Agricultural Member State Modelling
AMBAV	Agrarmeteorologische Berechnung der aktuellen Verdunstung
AMK	Amtschef- und Agrarministerkonferenz
AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
APA	Aktionspläne Anpassung
API	Application Programming Interface
ASTRA	Bundesamt für Straße
AVOSS	Auswirkungsbasierte Vorhersage von Starkregen und Sturzfluten
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BEAM	Basic European Assets Maps
BFI	Bodenfeuchteindex
BFR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BKG	Bundesamt für Kartografie und Geodäsie
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMDV	Bundesministeriums für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMF	Bundesministerium für Finanzen
BMI	Bundesministeriums des Innern und für Heimat
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BWV	Bundeswasserbauverwaltung
BZL	Bundesinformationszentrum Landwirtschaft
CATDAT	Catastrophe Dataset
CatRaRE	Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events

Abkürzung	Erklärung
CEDIM	Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology
CEMS	Copernicus Emergency Management Service
CESARE	Collection Standardization and Attribution of Robust Disaster Event Information
CHE	Cataloguing Hazardous Events
COP	Internationale Klimakonferenz (<i>Conference of the Parties</i>)
DACH	Deutschland, Österreich, Schweiz
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
DB	Deutsche Bahn
DBV	Deutscher Bauernverband
DESTATIS	Statistische Bundesamt
DKKV	Deutsche Komitee Katastrophenvorsorge
DLDT	Disaster Losses and Damages Tracking System
DRMKC	Disaster Risk Management Knowledge Centre
dt	Dezitonne
DWD	Deutscher Wetterdienst
EDAC	Earthquake Damage Analysis Centers
EDO	European Drought Observatory
EEA	European Environmental Agency
EFAS	European Flood Awareness Systems
EM-DAT	Emergency Events Database
ERA5	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis v5
ESA	European Space Agency
ESSL	European Severe Storms Laboratory
ESVG	Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen
ESWD	European Severe Weather Database
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EU	Europäische Union
EUSF	EU-Solidaritätsfonds
FAPAR	Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
FAR	Fraction Attributable Risk

Abkürzung	Erklärung
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FPCUP	Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake
GBA	Österreichische Geologische Bundesanstalt
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GEORIOS	Georisiken Österreich
GFZ	GeoForschungsZentrum Potsdam
GIS	Geografisches Informationssystem
GLIDE	Global Identifier
HANZE	Historical Analysis of Natural Hazards in Europe
HiOS	Hinweiskarte Oberflächenabfluss & Sturzflut
HOWAS21	Hochwasserschadensdatenbank
HWFDB	Hochwasser-Fachdatenbank
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ICOMOS	International Council on Monuments and Sites
IKK	Investitionskredit für Kommunen
IMAG	Interministerielle Arbeitsgruppe
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCC AR6	Intergovernmental Panel on Climate 6 th Assessment Report
IRDR	Integrated Research on Disaster Risk
JRC	Joint Research Centre
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KliVo	Klimavorsorgeportal
KRONER	Knowledge Database on European Climate Extremes
KWRA	Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LHP	Länderübergreifendes Hochwasserportal
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MCC	Mercator Research Institutes on Global Commons and Climate Change

Abkürzung	Erklärung
Mdi	Ministerium des Innern und für Sport
mHM	mesoskalige hydrologische Model
NCEI	National Centers for Environmental Information
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
nFK	nutzbare Feldkapazität
NGO	Nicht-Regierungsorganisation (<i>non-governmental organisation</i>)
NKS	Nationale Kontaktstelle
NUTS	Nomenclature of Territorial Units for Statistics
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖS	Ökosystemen
ÖSL	Ökosystemleistungen
PDNA	Post-Disaster Needs Assessment
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PLANAT	Schweizerische Nationale Plattform Naturgefahren
PR	Probability Ratio
RADKLIM	Radarklimatologie
RCCs	Regional Climate Centres
RIC	Relative Intensity Change
RIMAX	Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse
RIPOSTA	Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment
RKI	Robert-Koch-Institut
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SDGs	Sustainable Development Goals
SFDRR	Sendai Framework for Disaster Risk Reduction
SFM	Sendai Framework Monitor
SHELDUS	Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States
SKD	Satellitengestützte Krisen- und Lagedienst
SMOS	Soil Moisture and Ocean Salinity
SNA	System of national account

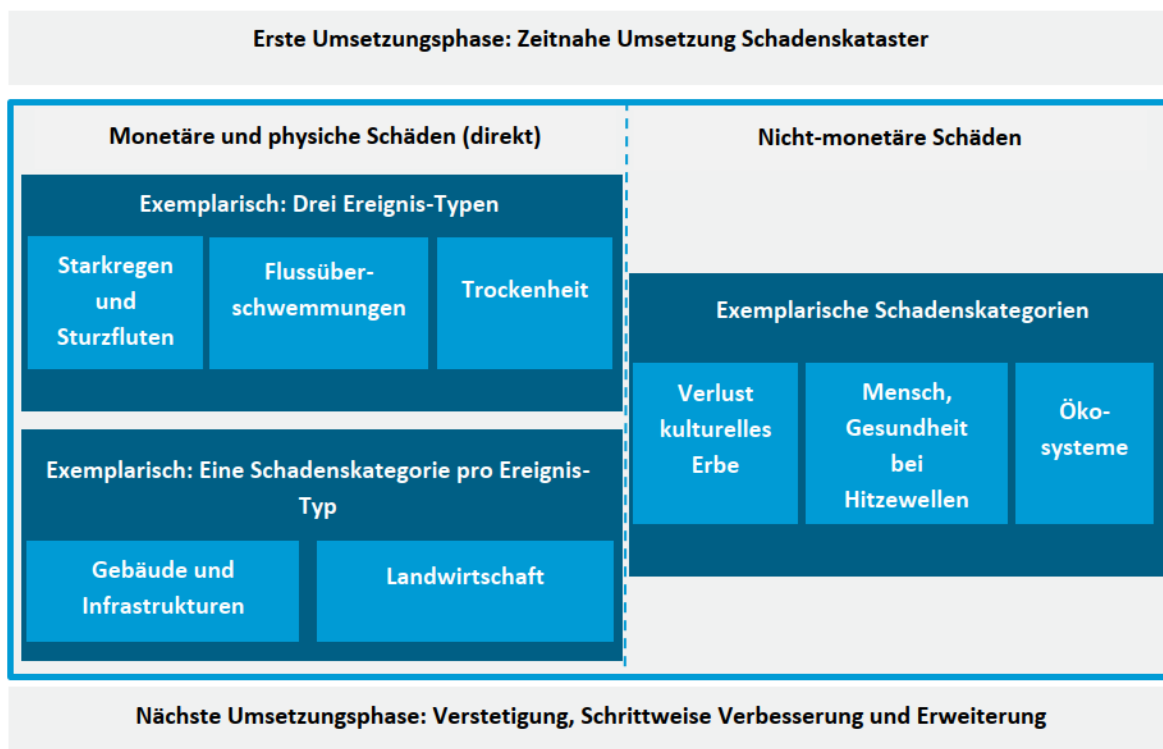
Abkürzung	Erklärung
SPEI	Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index
SPI	Standardised Precipitation Index
THW	Technische Hilfswerk
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
UNDG	Entwicklungsgruppe der Vereinten Nationen
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URBAS	Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten
VAW	Versuchsanstalt für Wasserbau
VIOLA	Violent Observed Local Assessment
WAWUR	Wild abfließendes Wasser in urbanen Räumen
WIdO	Wissenschaftliches Institut der AOK
WLK	Wildbach- und Lawinenkataster
WMO	World Meteorological Organization
WMO RA VI RCC	World Meteorological Organization Regional Association VI Regional Climate Centre
WSL	Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
WWA	World Weather Attribution
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Zusammenfassung

Einleitung

Die Folgen des Klimawandels stellen eine zentrale Herausforderung für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik dar. Die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS), die Aktionspläne Anpassung (APA I bis APA III) und die Fortschrittsberichte zur DAS verfolgen das Vorsorgeprinzip und somit die Vermeidung von sowie Stärkung des Umgangs mit den Folgen des Klimawandels. Für eine strategische Planung sowie eine effektive Anpassung an den Klimawandel ist die Erfassung von vergangenen und aktuellen klimawandelbedingten Schäden entscheidend. Bisher existiert in Deutschland noch kein nationales Monitoring, welches die vom Klimawandel verursachten Schäden systematisch erfasst. Die vorliegende Studie adressiert diese Lücke und dient zur Vorbereitung der Implementierung eines Schadenskatasters. Hierfür wurden zu Beginn die Anforderungen von möglichen NutzerInnen erhoben und eine idealtypische Katasterstruktur erarbeitet. Zudem wurden vorhandene Datenquellen exemplarisch für Gebäude und Infrastruktur, Landwirtschaft und nicht-monetäre Schäden analysiert. Hierbei wurde ermittelt, welche Daten geeignete Informationsgrundlagen für ein Schadenskataster darstellen und wo noch Lücken und Herausforderungen bestehen. Anhand von drei Fallbeispielen wurden erste Ansätze eines Schadenskatasters exemplarisch erprobt. Abschließend wurden Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskatasters und Ansätze zur schrittweisen Verbesserung und Erweiterung des Katasters erläutert.

Abbildung 1: Übersicht der Struktur der Studie



Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Bedürfnisse potenzieller NutzerInnen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden basierend auf Interviews und einer Literatur- und Datenanalysen die Bedarfe unterschiedlicher staatlicher und privatwirtschaftlicher AkteurInnen ermittelt (Kapitel 2). Diese Untersuchung zeigt, dass eine große Spannbreite an unterschiedlichen Anforderungen an ein Schadenskataster bestehen. Für staatliche AkteurInnen stellt ein Schadenskataster eine präzise Grundlage für die Planung finanzieller Mittel sowie die strategische Ausrichtung der Anpassungspolitik dar. Für AkteurInnen aus Wirtschaft, Staat und Forschung ist eine solche systematische Erhebung ebenfalls ein wichtiges Instrument zum Monitoring der eigenen Exposition und kann wichtige Informationen für strategische Entwicklungsentscheidungen liefern. Es besteht auch Bedarf zur Plausibilisierung von Modellierungen. Zudem besteht bei einigen potenziellen NutzerInnen, wie bspw. Forschungsinstituten, ein Interesse an möglichst detaillierten, mindestens auf Gemeindeebene erhobenen Datensätzen. Gleichzeitig ist für mehrere NutzerInnen (Technische Hilfswerk (THW), Deutscher Bauernverband (DBV), Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)) wünschenswert, aggregierte Daten für ein Gesamtbild zu erhalten, auch wenn diese nicht zu 100% akkurat sind. Bezüglich der Aktualität der Daten sind den meisten potenziellen NutzerInnen (unabhängig vom betrachteten Ereignis) aussagekräftige und belastbare Schadenswerte wichtiger als eine möglichst zeitnahe Verfügbarkeit. Es ist ersichtlich, dass ein breites Interesse an einem Schadenskataster besteht.

Schadensdatenbanken: Richtlinien und Praxisbeispiele

Das Schadenskataster kann auf bisherigen Arbeiten, internationalen Rahmenwerken und ersten nationalen Umsetzungsbeispielen aufbauen (Kapitel 3). Das Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission entwickelte bereits erste Richtlinien und empfiehlt, Datenbankeneinträge ereignisbasiert aufzubauen und mit einer eindeutigen Identifikationsnummer zu kennzeichnen. Auch das Post-Disaster Needs Assessment (PDNA) der Europäischen Kommissionen, der Entwicklungsgruppe der Vereinten Nationen (UNDG) und der Weltbank umfasst einen Leitfaden und eine Methodik zur Dokumentierung von Schäden. Weitere hilfreiche Ansätze zur Datenerhebung und -aufbereitung sind in der Initiative der Europäischen Kommission „Infrastructure for Spatial Information in Europe“ (INSPIRE) sowie in dem „Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment“ (RIPOSTA) Verfahren, welches die Sammlung, Speicherung und Analyse von Daten nach Katastrophenereignissen adressiert, zu finden. Diese genannten Ansätze stellen bereits die methodische Grundlage bei ersten Umsetzungen von Schadenskatastern dar und prägen beispielsweise die „Emergency Events Database“ (EM-DAT), welche eine der größten, jedoch auf Sekundärdaten beruhende, Schadensdatenbanken ist.

Erste Praxisbeispiele existieren auch in verschiedenen Nationalstaaten. In Österreich besteht die „Collection Standardization and Attribution of Robust Disaster Event Information“ (CESARE) - Datenbank, welche einen Prototyp einer nationalen Ereignis- und Schadensdatenbank darstellt. Schäden, Verluste und Einsatzkosten werden basierend auf verschiedenen nationalen Datendiensten harmonisiert. Besonders in Hinblick auf den Strukturaufbau der Datenbank können Erfahrungen aus dem CESARE-Projekt in das aktuelle Vorhaben mit einfließen. Ein weiteres Beispiel ist die schweizerische „Nationale Plattform Naturgefahren“ (PLANAT). Im Allgemeinen dient diese zur Vorbeugung vor Naturgefahren und Förderung des Naturrisikomanagements, wofür eine außerparlamentarische Kommission für die Ausarbeitung einer Strategie einberufen wurde. Auch wenn die Schadenserhebung sich auf den gesamten Risikomanagementzyklus bezieht, so können die hier etablierten Ansätze der Kooperationsförderung zwischen den verschiedenen staatlichen und nicht-staatlichen Stakeholdern für das angestrebte nationale Schadenskataster hilfreich sein. Als eine der besten

Schadensdatenbanken für landwirtschaftliche Schäden und Schäden an Eigentum gilt die AJDA Datenbanken in Slowenien. Eine eigens einberufene Kommission für die Schadensbewertungen sowie spezialisierte Bewertungsteams für Schadenserhebungen ermöglichen eine kurzfristige und evidenzbasierte Erhebung. Auch perspektivisch kann das deutsche Kataster sich in Hinblick auf die GIS-gestützte Anwendung an der AJDA Datenbank orientieren.

Konzeption eines Schadenskatasters

Die Struktur eines möglichen Katasters lässt sich unter anderem von den ermittelten Nutzungsinteressen staatlicher und privatwirtschaftlicher AkteurInnen sowie den bestehenden methodischen Konzepten und Praxisbeispielen ableiten (Kapitel 4). Je Ereignis beinhaltet das Kataster die Darstellung von direkten monetären Schäden und nicht-monetären Schäden, jedoch liegt ein Schwerpunkt auf direkten monetären Schäden. Soweit möglich, soll auch das zugrunde liegende Mengengerüst der physischen Schäden durch geeignete Indikatoren erfasst werden (z. B. Anzahl der zerstörten Wohngebäude oder Kilometer beschädigter Eisenbahnstrecken). Indirekte Schäden sollten vorerst im Kataster nicht berücksichtigt werden, jedoch ist es mittelfristig erstrebenswert auch diese im Rahmen des Katasters zu erheben. Zu Beginn der Implementierung ist es empfehlenswert nur eine Auswahl an Ereignistypen zu betrachten. Im Rahmen des Forschungsvorhabens haben wir hier die Ereignistypen Starkregen und Sturzfluten, Flussüberschwemmungen und Dürre berücksichtigt. Mit dieser Auswahl können Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen, Sturzfluten und Flussüberschwemmungen sowie Schäden in der Landwirtschaft als Folge von Dürren monetär erfasst werden. Des Weiteren können auch Ökosystemschäden und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als Folge der genannten Ereignistypen (sowie Hitze) nicht-monetär abgebildet werden. Die einzelnen Ereignistypen werden in Kapitel 4 ausführlich analysiert und deren Indikatoren und Datenquellen dargestellt. Zudem diskutieren wir potenzielle Erhebungsmöglichkeiten sowie zielführende Schwellenwerte basierend auf bestehenden Ansätzen. Die Bedarfs-Analyse (Kapitel 2) zeigt, dass sowohl fundierte als auch gleichzeitig schnell abrufbare Daten benötigt werden. An diesem Bedarf angelehnt, ist die Integrierung eines „slow“- und eines „fast track“-Ansatzes im Kataster erstrebenswert. Bei allen Ereignissen, welche einen zuvor definierten Schwellenwert überschreiten, ist grundsätzlich ein Katastereintrag im Rahmen des „slow track“-Ansatzes vorgesehen. Die Daten basieren auf langfristigen Erhebungen mit den bestmöglichen Rohdaten. Einträge sind so differenziert wie möglich zu erstellen. Jedoch kann es nach einem Ereignis Monate bis Jahre dauern, bis diese Daten zur Verfügung stehen. Bei Großereignissen von nationaler Relevanz kann zusätzlich der „fast track“-Prozess aktiviert werden, bei welchem bereits erste Schätzungen von ExpertInnen, Versicherungen und Kommunen in das Kataster aufgenommen werden. Die zeitnahe Abschätzung von Schäden sollte im weiteren Verlauf regelmäßig aktualisiert werden, bis die fast track-Daten durch slow track-Daten ersetzt werden können.

Der Schwerpunkt des Schadenkatasters liegt derzeit auf Schäden durch Extremwetterereignisse. Per Definition sind nur Ereignisse als extrem zu bezeichnen, wenn diese einen bestimmten Schwellenwert überschreiten. Die Definitionen dieser Schwellenwerte sind daher von grundlegender Bedeutung und sollten dialogisch mit wichtigen AkteurInnen erarbeitet werden. Im Rahmen dieser Studie schlagen wir potenzielle Schwellenwerte vor, deren spezifisch ausgeführten Eigenschaften eine Diskussionsgrundlage darstellen, jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben. Bei der Untersuchung wurden prinzipiell drei verschiedene Schwellenarten in Betracht gezogen: schadensbasiert, gefahrenbasiert und institutionell. Wir empfehlen in Hinblick auf wissenschaftliche Entwicklungen das Ereignis Starkregen und Sturzflut gefahrenbasiert auf der Definition für Niederschlagsobjekte gemäß der „Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events“ (CatRaRE) Datenbank zu bestimmen. Die Ergebnisse der

CatRaRE-Datenbank müssen allerdings noch nach den extremsten Ereignissen gefiltert werden, z.B. nach der Warnstufe 4 des Deutschen Wetterdienst (DWD). Für die Bestimmung extremer Flussüberschwemmungen ist die Definition des länderübergreifenden Hochwasserportals (LHP) vielversprechend, da dieses bundesweite und tagesaktuelle Daten zur Verfügung stellt. Das Extremereignis von landwirtschaftlicher Dürre ist räumlich sowie zeitlich sehr schwer abzugrenzen und daher besteht keine einheitliche Grundlage in Deutschland. Es wird daher kein Schwellenwert empfohlen, da die Einträge in das Kataster nicht ereignisbasiert, sondern jährlich berechnet (modelliert) werden sollten. Auch für das Ereignis Hitze wird kein Schwellenwert empfohlen, da auch hier die Einträge nicht ereignisbasiert, sondern einer jährlichen Berechnung folgen sollten.

Bei der Betrachtung von Extremwetterschäden ist hervorzuheben, dass Extremwetterschäden nicht gleichzusetzen sind mit Klimawandelschäden. Extremwetterereignisse würden auch ohne den menschengemachten Klimawandel auftreten, jedoch in der Regel weniger häufig und intensiv. Für die Berechnung des tatsächlichen Einflusses des Klimawandels bei auftretenden Extremwetterereignissen und somit einer möglichst präzisen Erhebung von klimawandelbedingten Schäden stellt die Attributionsforschung eine wichtige Grundlage dar. Diese versucht aus Daten und Modellen abzuleiten, wie sich der menschliche Einfluss auf die Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen auswirkt. Für eine Schadensattribution im Sinne des Schadenskatasters für Klimaschäden sind zwei Elemente notwendig: Die Klimaattributionsforschung und die Schadensfunktion. Die Klimaattributionsforschung für einzelne Ereignisse ist ein lebendiger Forschungszweig, Studien zur Schadensfunktion im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen und somit zur Schadensattributionen hingegen sind noch recht selten.

Da es sich bei dem Kataster um ein Schadenskataster handelt, ist eine Schadensattribution dennoch unumgänglich. Wegen der großen Unsicherheiten sind Angaben zu Gesamtschäden ohne sowie mit Attribution nötig. Es wird ein zweistufiger Prozess bei der Berechnung empfohlen: zum einen sollte vorab pro Ereignistyp ein pauschaler Faktor zur Schadensattribution bestimmt werden, welcher beim Auftreten eines entsprechenden Ereignisses sofort angewendet werden kann. Zum anderen sollten, wenn spezifische Studien zu einem (Groß-)Ereignis veröffentlicht werden, daraus spezifische Faktoren zur Schadensattribution abgeleitet werden, falls dies möglich ist. Im Kapitel 5 werden pauschale Faktoren für die Berechnung der Attribution der einzelnen Ereignistypen Starkregen, Flussüberschwemmungen und Trockenheit vorgeschlagen und anhand vergangener Extremwetterereignisse beispielhaft veranschaulicht.

Datenquellen für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen

Bei der Implementierung eines Schadenskatasters bedingt besonders die Datenqualität die Aussagekraft sowie den Nutzen des Katasters, weshalb im Rahmen des Forschungsvorhabens eine detaillierte Analyse von potenziellen Datenquellen vorgenommen wird.

Bezüglich potentieller Datenquellen für Schäden an Gebäuden und Infrastruktur werten wir unter anderem Datensätze der Versicherungsbranche aus, wie Rückversicherungsgesellschaften und der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), der Hochwasserschadensdatenbank HOWAS21, des Copernicus Programms, des Deutschen Wetterdienstes, der Deutsche Bahn AG, verschiedener Bundesämter und Daten aus kommunaler Schadenserhebung (Kapitel 6). Die große Anzahl an möglichen Datensätzen veranschaulicht bereits, dass die Daten zu Auswirkungen von Extremwetterereignissen von sehr unterschiedlichen Institutionen erhoben werden. Folglich sind die Daten durch eine große Diversität gekennzeichnet und somit nur eingeschränkt vergleichbar. Ebenfalls zeigt die Vielzahl der untersuchten Datensätze, dass in diesem

Schadensbereich viele unterschiedliche potenzielle Datenquellen bestehen, diese Datensätze jedoch nur wenige Primärdatenquellen umfassen. Zudem ist die Datenqualität sehr unterschiedlich und methodische Transparenz ist nur bedingt gegeben. Besonders vielversprechend sind die Daten des GDV, da diese eine hohe Verlässlichkeit und Qualität aufweisen. Auf kommunaler Ebene existieren aufgrund der kleinteiligen Datenerfassung von regionalen wie föderalen AkteurInnen zwar viele aber kaum konsistente Daten. Es ist auch ersichtlich, dass bestehende Datensätze unterschiedlichen Fristigkeiten folgen. Zeitnahe Daten, welche meist auf Grobeinschätzungen von ExpertInnen basieren, sind durch große Unsicherheiten geprägt, wohingegen spätere, aktualisierte Daten ein genaueres Bild darstellen.

Neben bestehenden Datensätzen werden auch alternative Ansätze zur Schadenserhebung betrachtet. Beispielsweise haben die Schadensidentifikation mit Drohnen oder die Erhebung durch indirekte Parameter, wie die Abschätzungen von Dachschäden basierend auf Schadensmeldungen an Photovoltaik-Anlagen, große Potenziale für die Datenerhebung von klimawandelbedingten Schäden. In besonderen Hinblick auf den „fast track“-Ansatz sind indikatorenbasierte Modelle zur schnellen Ermittlung von Schäden vielversprechend. Auch Ergebnisse aus Frühwarnsystemen, individuelle Schadenseintragungen per App oder die Auswertung von Bevölkerungsverschiebungen anhand von Handy-Daten können Ansätze zur kurzfristigen Datenerhebung sein.

Abschließend zeigt die Datenquellenanalyse in dem Bereich Gebäude und Infrastruktur auf, dass nur eingeschränkt eine ausreichende Datenbasis besteht, um ein Schadenskataster mit belastbaren Schadensdaten zu füllen. Um eine homogene und reproduzierbare Datenverfügbarkeit zu gewährleisten, bedarf es konkreter staatlicher Vorgaben, welche Erhebungsmethoden, Definitionen und Schwellenwerte bei Extremwetterereignissen vorgeben und somit eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleisten. Zudem müsste der Staat aktiv Daten anfordern oder deren Erstellung beauftragen.

Datenquellen für Schäden in der Landwirtschaft

Bei der Auswertung der Datenverfügbarkeit zu landwirtschaftlichen Extremwetterereignissen und deren Folgen ist zu erkennen, dass im Vergleich zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur weniger Primärdatenquellen bestehen (Kapitel 7). Insgesamt wurden Daten des Statistischen Bundesamtes, von Versicherungen, Indices und Modellierungen sowie weiteren relevante Projekten und Quellen ausgewertet. Zwei wichtige Primärdatenquellen sind die Fachserie 3 des Statistischen Bundesamtes sowie die Primärdaten des GDV. Die Erhebung des Statistischen Bundesamtes umfasst Daten zu Ernteerträgen und zum Wachstum der Kategorien Feldfrucht, Gemüse, Baumobst und Weinmost. Der Datensatz des GDV beruht in erster Linie auf beantragten und ausgezahlten Versicherungsleistungen in der Landwirtschaft. Bei diesem Ansatz variiert die Datenverfügbarkeit je nach betrachtetem Ereignistyp aufgrund unterschiedlicher Versicherungsabdeckungen sehr. Zum Beispiel ist die Datenverfügbarkeit bei Schäden durch Trockenheit aufgrund der geringer Versicherungsdichte sehr lückenhaft, bei Hagelschäden jedoch wesentlich höher.

Es bestehen weitere Projekte, wie das DAS Monitoring, der Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung und der Bodenfeuchte-Viewer des DWD, welche Daten von Ertragsschwankungen und Ernteausfällen als Folge von Extremwetterereignissen umfassen. Auch auf europäischer Ebene bestehen Informationen zu Dürren wie Karten von Indikatoren im „European Drought Observatory“ (EDO). In enger Zusammenarbeit mit dem EDO existiert das „European Drought Observatory for Resilience and Adaptation“, welches die Bewertung von Dürreerisiken anstrebt und in welchem Daten über die Auswirkungen in verschiedenen Sektoren gesammelt werden können. Um spezifisch die Auswirkungen von langanhaltender Trockenheit

auf die Vegetation zu betrachten, ist der Parameter „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) hilfreich. Im Nachgang einer Trockenheitsphase kann dieser Parameter zur Analyse landwirtschaftlicher Ertragsrückgänge sowie Waldschäden berücksichtigt werden. Schäden als Folge von Trockenheit können direkt als auch indirekt auftreten. Hierbei werden beispielsweise Ernterückgänge als direkte und Auswirkungen der Futterpflanzenverknappung auf die Nutztierhaltung als indirekte Schäden kategorisiert. In der Literatur bestehen Faktoren, wie die Zusammenhänge von direkten und indirekten Schäden berechnet werden können. Jedoch bestehen große Unsicherheiten bei diesen Faktoren, weshalb indirekte Schäden im Rahmen des Schadenskataster vorerst außer Acht gelassen werden.

Im Allgemeinen ist die Primärdatenlagen auch im Bereich der Landwirtschaft sehr lückenhaft. Um diese zu verbessern, müssten zukünftig vermehrt Fernerkundungsdienste wie Copernicus eingesetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass es technologische Fortschritte im Bereich der satellitengestützten Fernerkundung und der Auswertungsmethoden geben wird. Aufgrund dieser Entwicklungen ist ein regelmäßiger Austausch mit BetreiberInnen und ForscherInnen wichtig, um Verbesserungen frühzeitig in die Erhebung von Schäden einfließen lassen zu können.

Datenquellen für nicht-monetäre Schäden

Viele Klimaschäden lassen sich nicht oder nur in Teilaspekten monetär abbilden. Nicht-monetäre Schäden sind jedoch eine wesentliche Schadenskategorie, weshalb im Forschungsvorhaben auch nicht monetäre Schadensarten sowie potenzielle Datenquellen analysiert werden (Kapitel 8). Die Untersuchung fokussiert sich dabei auf Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Schäden an kulturellen Gütern und Verlust kulturellen Erbes sowie Schäden an Ökosystemen. Einzelne Schadenskategorien, wie z.B. Angaben zu hitzebedingten Todesfällen auf Datenbasis des Robert-Koch-Institut (RKI), können direkt in das Schadenskataster integriert werden. Auch Abbildungen von Ökosystemschäden lassen sich zu einem gewissen Teil direkt in das Schadenskataster integrieren. Diese Schäden können durch Indikatoren, wie der Holzschlagstatistiken zur Erfassung von Schadh Holz durch Trockenheit und Sturm, durch Waldschadenerfassungen des Thünen-Instituts oder durch die Waldbrandstatistik, erfasst werden. Auf Landesebene bestehen Daten zu nicht-ökonomischen Schäden beispielsweise zu Pegelständen und Wasserqualität. Auch hier sind Fernerkundungen hilfreich für die Schadenserhebung, beispielsweise für Veränderungen des Wasserhaushaltes und der Vitalität kritischer Ökosysteme. Anders ist die Situation jedoch bei der Erhebung von Schäden an kulturellem Erbe. Eine Erfassung von Schäden, welche über den direkten Sachschaden an Gebäuden hinausgeht, ist aufgrund fehlender Datengrundlage und Methodik zur Erfassung derzeit noch nicht möglich.

Drei Fallbeispiele

Die dargestellten Erkenntnisse bezüglich des Nutzens, der Strukturen eines Schadenkatasters sowie möglicher Datenquellen führen zu einer exemplarischen Erprobung des aufgezeigten Prototyps eines Schadenkatasters anhand von drei Fallbeispielen (Kapitel 9). Die Fallbeispiele sind die Flussüberschwemmungen im Juni 2013, die Dürresommer 2018-19 und die Sturzflut im Juli 2021 und spiegeln somit die drei zuvor ausgewählten Ereignistypen wider. Basierend auf dieser Erprobung können erste allgemeine Erfahrungen bezüglich eines nationalen Schadenkatasters gewonnen werden, auch wenn sich die Erprobung vorerst nur auf direkte monetäre Schäden beschränkt.

Die Erkenntnisse der unterschiedlichen Fallbeispiele zeigen besonders in Hinblick auf die Einordnung und Auswertung von Datensätzen Gemeinsamkeiten auf. Anhand des Fallbeispiels des Hochwasserereignisses im Juni 2013 bestätigt sich beispielweise, dass zwar eine Vielzahl an

Datenquellen bestehen, diese jedoch keine Primärdatenquellen sind und auch nur als aggregierte Schadenswerte bestehen. Die zuvor hervorgehobene vielversprechende Datengrundlage der GDV ist bei der Untersuchung dieses Hochwasserereignisses gewinnbringend, wenngleich die öffentlich verfügbaren Daten nur eingeschränkt nach Subelementen differenziert werden. Ebenfalls sind die Datenquellen des Bundes und der Länder aufgrund der großen Transparenz, der geringen Unsicherheit und der stark differenzierten Datenerhebung sehr wertvoll für die Schadenserfassung. Die nicht einheitlichen Definitionen und Kategorisierungen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene erschweren dennoch die Vergleichbarkeit der Daten. Besonders eine Zusammenfassung der Schäden auf Ebene der Subelemente über alle betroffenen Bundesländer hinweg ist mit hoher Unsicherheit behaftet. Die Satelliten-gestützten Fernerkundungsdienstleistungen sind bereits jetzt sehr wertvoll. Die Zuordnung eines monetären Schadens basierend auf der Erhebung von betroffenen Flächen und Gebäuden stellt aber auch bei dieser Erhebungsart eine Ungenauigkeit dar.

Für die Dürresommer 2018-2019 sind die ermittelten Eintragseinbußen aus der Landwirtschaft vom Statistischen Bundesamt eine wesentliche Informationsquelle. Die Versicherungsabdeckung in der Landwirtschaft gegenüber Dürreereignissen ist sehr niedrig und unversicherte Schäden lassen sich nur anhand von Modellierungen, wie bspw. dem KlimaErtrag Modell, abbilden. Das Hinzuziehen von Fernerkundungsdaten könnte bei diesem Fallbeispiel eine fast track-Erhebung ermöglichen.

Auch beim untersuchten Fall der Sturzflut 2021 überschneiden sich viele Erkenntnisse mit den bereits ausgeführten. Im Unterschied zu den anderen Fallbeispielen stehen angesichts der Größe des Ereignisses eine Vielzahl an Schadensdaten zur Verfügung. Auch hier stammen die wichtigsten Daten vom GDV sowie dem Bund. Besonders die finanziellen Förderungsanträge sowie Zwischen- und Abschlussberichte des Bundesministeriums des Innern und für Heimat (BMI) und des Bundesministeriums für Finanzen (BMF) zur Flutkatastrophe umfassen wertvolle Datenzusammenstellungen.

Eine allgemeine Erkenntnis ist, dass die methodische Heterogenität in der Erfassung der Daten von Extremwetterereignissen eine systematische Betrachtung verkompliziert. Auch die föderalen Strukturen sowie die große Zahl an AkteurInnen, welche nützliche Informationen besitzen, erschweren eine systematische Erfassung der Daten. Eine deutschlandweite Abdeckung von benötigten Daten ist meist nicht gegeben. Vor allem bei der kurzfristigen Abschätzung (fast track-Ansatz) sind Schadensangaben oft nicht stichfest und weichen am Ende von den tatsächlichen Schäden ab. Hingegen kann die genauere (slow track) Ermittlung mitunter mehrere Jahre dauern. Zudem sind Extremwetterereignisse einzigartig und die Darstellung dieser Diversität in einer gemeinsamen Datenbank stellt eine übergreifende Herausforderung dar.

Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskatasters

Basierend auf den dargestellten Informationen und ersten Anwendungen werden im Rahmen des Forschungsvorhabens erste Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskatasters erarbeitet. Die Empfehlungen umfassen die Bereiche Konzeption, Betrieb und Nutzungsmöglichkeiten (Kapitel 10). Im Vordergrund des Konzeptes eines Schadenskatasters steht die Erhebung und Monetarisierung von Schäden durch Extremwetter. Zu Beginn ist wesentlich, die Zielformulierung präzise hervorzuheben und auch transparent darzustellen, welche Ziele nicht angestrebt werden. Zur langfristigen Etablierung eines Schadenskatasters benötigt es zum einen eine zentrale Verwaltung mit professionellem Personal und fortwährenden Zuständigkeiten sowie einem klar definierten institutionellen Rahmen. Zum anderen benötigt es eine Sicherstellung von langfristigen und finanziell adäquaten Ressourcen.

Diese institutionelle und finanzielle Verankerung sollte durch eine regelmäßige Überprüfung der Prozesse in Hinblick auf die Zielerfüllung begleitet werden. Einträge von monetären Schäden sollten nach einem etablierten Raster erfolgen. Hierbei ist die Unterteilung in Schadenskategorien und in Subelemente zielführend. Entscheidend für das Aufsetzen eines Schadenskatasters sind klare Definitionen der einzelnen Kategorien. Zudem müssen Überlappungen von Datenquellen identifiziert werden, um Doppelzählungen zu vermeiden. Die Vergabe von eindeutigen Identifikationsnummern zu einem Extremwetterereignis hat sich ebenfalls als hilfreiches Element herausgestellt. Die Struktur sollte es gleichzeitig erlauben, Daten einfach von tieferen auf höhere Ebenen zu aggregieren oder gewisse Bereiche, wie z.B. nur Schäden als Folge eines gewissen Ereignistyps, auszuwählen. Die Einträge sollten in Kohärenz mit internationalen Berichtspflichten stehen und einen Datenaustausch zwischen den Ländern ermöglichen. Um Synergien zu nutzen, können bestehende oder geplante Typologien und Monitoringaufgaben berücksichtigt werden.

Neben präzisen Definitionen ist auch die Entwicklung der Schwellenwerte von Extremwetterereignissen essenziell. Auf Grundlage der Darstellung möglicher Schwellenwerte in Kapitel 4.4 empfehlen wir gefahrenbasierte Schwellenwerte, welche für jeden Ereignistyp in Zusammenarbeit mit dem DWD einzeln definiert werden müssen. In der ersten Phase der Einführung eines Schadenskatasters sollten die Schwellenwerte eher hoch angesetzt werden, da für kleinere Ereignisse die Datengrundlage tendenziell schlechter ist und die große Anzahl zu einer Überforderung der neu eingeführten Strukturen führen könnte.

Basierend auf den dargestellten Entwicklungen im Bereich der Klimaattribuion (Kapitel 5) empfehlen wir eine Attribution durchzuführen (allenfalls aggregiert über viele Ereignisse). Um den Unsicherheiten dieser Berechnungen zu begegnen, sollten für jedes Ereignis die Extremweterschäden und der dazugehörige Anteil der Klimaschäden separat ausgewiesen werden, sodass die NutzerInnen je nach Anwendungsfall wählen können, welchen Wert sie verwenden.

Der tatsächliche Betrieb des Schadenskatasters ist geprägt von der Datenerhebung und der Datenpflege. AkteurInnen und BesitzerInnen von wesentlichen Primärdaten sollten in den Aufbau und den Betrieb von Beginn an miteinbezogen werden. Es braucht eindeutige Prozesse der Datendokumentation, welcher nach der Erreichung eines Schwellenwertes angestoßen wird. Ein solcher Prozess benötigt eine Koordination der verschiedenen, an der Datenerfassung beteiligten AkteurInnen und das Festsetzen von allgemeingültigen Standards, nach denen Daten erfasst und dokumentiert werden. Erst diese, wenn auch aufwendige, Strukturierung des Prozesses ermöglicht ein langfristig homogenes Schadenskataster. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass ausschließlich Primärdatenquellen in das Kataster einfließen sollten und es für die Erhebung dieser noch weitreichende Absprachen bezüglich einheitlicher Erhebungsmethoden braucht. Zur Würdigung der Daten sowie zu Motivationszwecken sollten für staatliche und vor allem private AkteurInnen Anreizstrukturen geschaffen werden. Die Landschaft an Primärdatenquellen sollte regelmäßig eruiert werden, um die geeignetsten Daten zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Datenbeschaffung und -aufbereitung von kommunalen Daten bietet das Klimavorsorg (KliVo) Portal eine interessante Vorlage. Bei einer ähnlichen Umsetzung stünde hinter dem Schadenskataster ein Netzwerk von AkteurInnen, welches Daten an eine oder zwei zuständige Personen liefert. Das Schadenskataster bietet in diesem Fall eine zentrale Plattform, welches dezentrale Daten bündelt und bei Bedarf aufbereitet.

Die Nutzungsanalyse (Kapitel 2) hat aufgezeigt, dass sehr unterschiedliche zeitliche Bedarfe bezüglich der Datenverfügbarkeit des Schadenskatasters bestehen. Wir empfehlen die Umsetzung eines fast track-Ansatzes mit sehr zeitnahen Abschätzungen nur bei Großereignissen, wie beispielsweise einem Katastrophenfall, welche durch einen speziellen

Mechanismus aktiviert wird. Der slow track-Ansatz sollte immer umgesetzt werden und bietet belastbare und differenzierte Einträge, doch kann der Datenerhalt von 0.5 bis zu zwei Jahren dauern.

Bei den erhaltenen Primärdaten müssen in manchen Fällen Aufbereitungsmethoden der Rohdaten definiert werden. Die Erhebung von Schadensdaten besteht somit aus einer Kombination von Primärdaten und Methodik. Vor allem zu Beginn der Implementierung des Schadenskatasters ist es wichtig, die gewählte Methode regelmäßig zu überprüfen (z.B. durch ExpertInnen- Reviews) und wo nötig anzupassen.

Wir empfehlen, in das Kataster nicht nur zukünftige, sondern auch historische Ereignisse rückwirkend zu erfassen. Hierbei sollten dieselben Schwellen und Methoden angewandt werden, die auch für zukünftige Ereignisse verwendet werden.

Abschließend sollte das Schadenskataster möglichst frei verfügbar sein (Open Data). Die räumliche Auflösung der Informationen des Katasters kann in der Anfangsphase nur der verfügbaren Auflösung der Primärdaten entsprechen. Langfristig sollte die Datenbank auch in Englisch einem breiten Publikum zur Verfügung gestellt werden.

Verstetigung, schrittweise Verbesserung und Erweiterung

In unserer Studie wird ein erster, illustrativer Prototyp diskutiert, welcher auf beschränkter Datengrundlage entwickelt wurde und keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat. Daher stellen wir zum Ende der Untersuchung bereits Möglichkeiten der Verstetigung, Verbesserungspotenziale und Erweiterungsmöglichkeiten vor (Kapitel 11). In der nächsten Umsetzungsphase sollte besonders der Umfang, die Vollständigkeit und der Detaillierungsgrad des Katasters schrittweise verbessert werden. Zudem ist eine institutionelle Verankerung auf Behördenebene in Deutschland (v.a. bezüglich der Datenerhebung und -aggregation) anzustreben, sodass der Betrieb des Katasters verstetigt wird. Bisher beschriebene Prozesse sollten regelmäßig überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Die umfangreiche Tabelle 26:

Verbesserungspotenziale Katasterveranschaulicht hierbei die vielfältigen Potenziale zur Verbesserung und stellt auch die Prioritäten bei der Weiterentwicklung dar. Wir fokussieren für die nächsten Schritten auf eine Verbesserung der Datenerhebung, eine Vervollständigung des Katasters und eine Verbesserung der Nutzungsmöglichkeiten. Auch gehen wir vertieft auf den Prozess der kommunalen Datenerhebung ein und diskutieren den zukünftigen Umgang mit nicht-monetären Schäden.

Ein wichtiger Fortschritt im Bereich der Datenerhebung wäre die Etablierung von einheitlichen Prozessen zur Schadenserfassung, Aggregation und Weitergabe durch Kommunen und Landkreise. Idealerweise erfolgt die Datenlieferung in der Zukunft größtenteils automatisiert. Um eine homogene und reproduzierbare Datenverfügbarkeit zu gewährleisten, bedarf es dabei konkreter staatlicher Vorgaben, welche die Erhebungsmethodik und Definitionen sowie Schwellenwerte bei Extremwetterereignissen vereinheitlichen und verbindlich vorgeben. Bei der Verbesserung der Datenerhebung ist die Berücksichtigung von Forschungsentwicklungen hilfreich.

Nach einer Implementierung des Schadenskatasters empfehlen wir zudem die sukzessive Erweiterung des Katasters. Bis dahin sollte klar kommuniziert werden, dass das Kataster nur ausgewählte Klimaschäden erfasst, in diesem Sinne unvollständig ist, und somit die Gesamtschäden unterschätzt. Höchste Priorität hat es, weitere wichtige Typen an Extremereignissen, wie z.B. Hagel und Stürme oder Sturmfluten aufzunehmen. Die Schwellenwerte sind zukünftig zu überprüfen und können gesenkt werden, wenn die entsprechenden Daten mit angemessenem Aufwand erhoben werden können. Ebenfalls ist es bereichernd, indirekte Schäden als Folge von Extremwetterereignissen, wie z.B.

Produktionsausfälle entlang der Wertschöpfungskette, im Kataster abzubilden. Aktuell ist der Aufwand der Erhebung sehr hoch und die Unsicherheiten der Daten noch beträchtlich, weshalb wir als ersten Schritt nur eine qualitative Übersicht möglicher indirekter Wirkungspfade empfehlen. Speziell für Ökosystemschäden ist ein sukzessiver Aufbau von Datenquellen für diverse Arten von Schäden angebracht, da bisher nur für Wälder gute Datenquellen bestehen. Zusätzlich sollte ein System für die Datenaufbereitung und -auswertung insbesondere mit Fernerkundungsdaten erstellt werden.

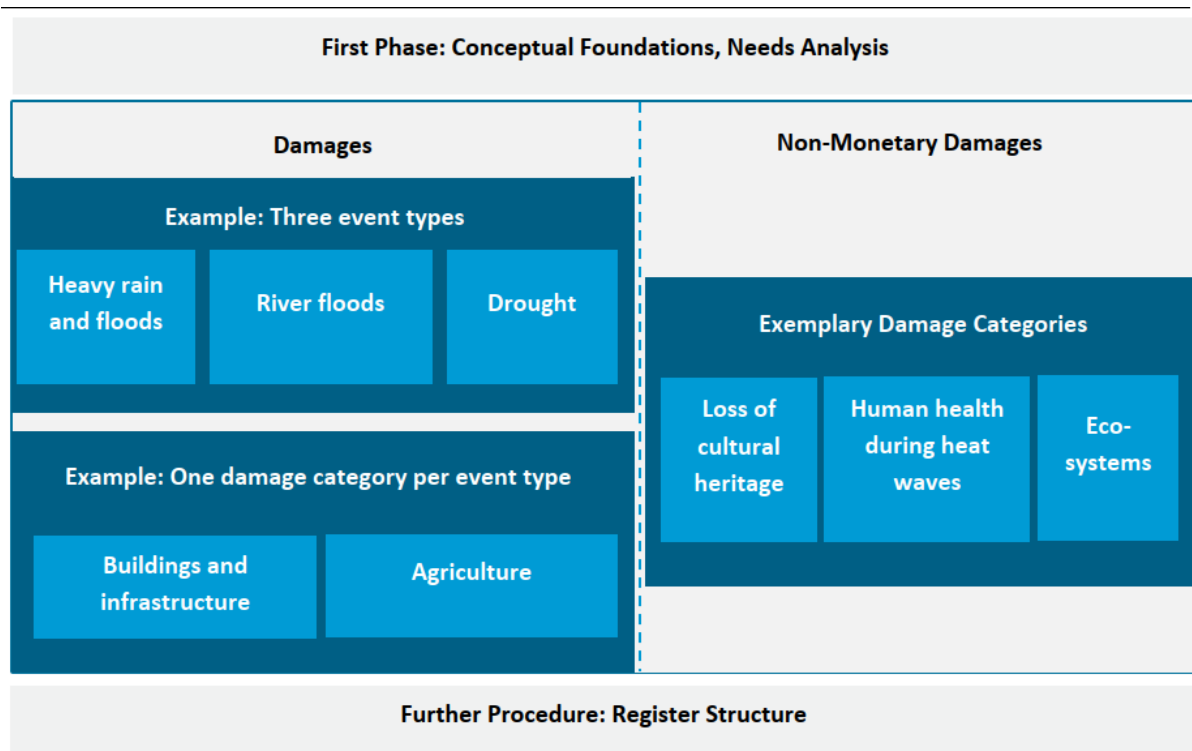
Auch im Bereich der Nutzungsmöglichkeiten gibt es vielzählige Potenziale. Bisher besteht das Kataster als Entwurf in Form einer Excel-Tabelle (B Annex). Es sollte jedoch zeitnah eine professionelle Lösung für eine NutzerInnen-freundliche web-basierte Plattform in Auftrag gegeben werden. Wichtige Kriterien bei der Erstellung dieser sollte die strukturierte und effiziente Eingabemaske sein. Gleichzeitig sollte die Plattform sehr leicht bedienbar sein und Filteroptionen sowie graphische Darstellungsformen sollten in Erwägung gezogen werden. Bei der kommunalen Datenerhebung fehlt es bisher an einheitlichen Strukturen zur Erhebung von Schäden und zur Datenweitergabe. Eine wichtige Weiterentwicklung ist daher die Etablierung klarer Strukturen und einheitlicher Prozesse für die Erfassung von Extremwetterschäden durch kommunale AkteurInnen. Ein praktischer Ansatz könnte der Aufbau einer Online-Plattform sein, welche gegebenenfalls mit dem Schadenskataster verlinkt ist, bei dem Kommunen ihre erfassten Schäden eintragen können. Ein solcher zentraler Ort, an dem Daten abgelegt und gesammelt werden können, sollte in Zukunft bundesweit zur Verfügung gestellt werden. Für eine mögliche Online-Plattform haben wir bereits in dieser Studie eine Eingabemaske für die kommunale Datenerhebung entworfen. Angelehnt an das Schadenskataster besteht diese aus verschiedenen Schadenskategorien und spezifischeren Unterkategorien. Ebenfalls kann das Ausmaß von Schäden quantitativ beschrieben und kategorisiert werden und Kommunen können Informationen bezüglich des monetären Schadens einfach überermitteln. Neben der Datenerfassung und -weitergabe ist die Etablierung von klaren Zuständigkeiten für die Schadenserfassung für die Aggregation von Daten ein zentraler Punkt für die Weiterentwicklung.

Abschließend bestehen auch im Umgang mit nicht-monetären Schäden wichtige Möglichkeiten der Verbesserung. Hier sind zum einen die Erweiterung der betrachteten Schadensarten und zum anderen eine Vertiefung bzw. Verbesserung der Datengrundlage entscheidend. Beispielhafte Kategorien, welche zukünftig in das Kataster integriert werden können, sind die durch den Klimawandel vermehrt auftretenden Krankheiten sowie Schäden an Ökosystemen. Für diese Erweiterung ist eine grundlegende Erfassung von Baseline-Daten notwendig, um auf deren Basis Indikatoren inklusive der entsprechenden Schwellenwerte ermitteln zu können.

Summary

The consequences of climate change represent a great challenge for society, the economy and politics. The German Adaptation Strategy (DAS), the Adaptation Action Plans (APA I to APA III) and the progress reports on the DAS pursue the precautionary principle and thus the avoidance and strengthening of the response to the impacts of climate change. The recording of past and current climate change-related damage is crucial for strategic planning as well as for effective adaptation to climate change. So far, there is no national monitoring programme in Germany that systematically records the damages caused by climate change. The present study aims to fill this gap by developing first steps for the establishment of a damage register. For this purpose, the requirements of potential users are collected and ideal-typical register structures developed. In addition, we analyse existing data sources for buildings and infrastructure, agriculture and non-monetary damages. In the process, we identify suitable data bases for a damage register as well as existing gaps and challenges. The prototype of a damage register is then tested based on three case studies. Finally, we develop recommendations for a timely implementation of the damage register and approaches for gradual improvements and expansions of the register.

Abbildung 2: Overview of structure of the study



Source: own illustration, INFRAS

Requirements of potential users

Based on interviews and a literature- and data analysis, the needs of different state and private actors are assessed within the context of this research project (chapter 2). This analysis shows that there is a wide range of different requirements for a damage register. For state actors, a damage register provides a precise basis for planning financial resources and for the strategic orientation of adaptation policies. In particular for economic actors, but also for state actors, such a systematic data collection is also an important instrument for monitoring their own exposure and can provide important information for strategic development decisions. In addition, some potential users, such as research institutes, are interested in data sets that are as

detailed as possible and at least compiled at the community level. At the same time, several users (e.g. German Federal Agency for Technical Relief (THW), German Farmers' Association (DBV), Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance (BBK) would like to receive aggregated data for an overall picture, even if this is not 100% accurate. With regard to the timeliness of the data, most potential users (regardless of the event being considered) value comprehensive and reliable damage data more than availability in the shortest possible time. In general, a widespread interest in a damage register is evident.

Damage databases: guidelines and practical examples

The damage register can build on previous work, international frameworks and initial national implementation examples (Chapter 3). The European Commission's Joint Research Centre has already developed initial guidelines, recommending that database entries follow an event-based approach and that they be given individual identification numbers. The Post-Disaster Needs Assessment (PDNA) of the European Commissions, the United Nations Development Group (UNDG) and the World Bank also encompasses a guideline and a methodology for documenting damages. Other helpful approaches to data collection and processing can be found in the European Commission's "Infrastructure for Spatial Information in Europe" (INSPIRE) initiative and the "Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment" (RIPOSTA) process, which addresses the collection, saving and analysis of data after disaster events. These approaches already form the methodological foundation for the first implementations of damage registers, such as the EM DAT - The International Disaster Database, one of the largest damage databases built on secondary data.

First practical examples can also be found in various countries. In Austria, the "Collection Standardization and Attribution of Robust Disaster Event Information" (CESARE) database exists, which represents a prototype of a national incident and damage database. Damages, losses and deployment costs are harmonised based on different national data services. Particularly with regard to the structures of the database, experiences from the CESARE project can be integrated into the German register. Another example is the Swiss "National Platform for Natural Hazards" (PLANAT). In general, this platform serves to prevent natural hazards and promote natural risk management, for which an extra-parliamentary commission was convened to develop a strategy. Even though the damage survey relates to the entire risk management cycle, the approaches established here for promoting cooperation between various governmental and non-governmental stakeholders can be helpful for the envisaged damage register. One of the most reputable databases for agricultural and property damages is considered to be the AJDA database in Slovenia. A specially assembled damage assessment commission and specialised damage assessment teams enable a short-term and evidence-based inquiry. The AJDA database is particularly a role model for a national damage register and the convening of a commission should be considered. In perspective, the German register can also take its inspiration from the AJDA database in regard of the integrated GIS-based applications.

Conception of a damage register

The structure of a possible register can be derived from the identified needs of state and private actors as well as from the existing methodological concepts and practical examples (Chapter 4). For each event, a register includes the representation of direct monetary and non-monetary damages, although the focus lies on monetary damages. As far as possible, the underlying quantity structures of physical damages should be recorded by suitable indicators (e.g. number of damaged residential buildings or kilometres of damaged railway lines). Initially, only direct damages should be included in the register. However, in the longer term, it would be beneficial to also document indirect damages within the register's framework.

At the beginning of the implementation, it is advisable to focus only on a selection of extreme weather event types. In the context of the research project, the event types heavy rain and flash floods, river floods, drought and heat are considered. With this selection, damages to buildings and infrastructures due to heavy rain, flash floods and river floods as well as damages in agriculture as a result of droughts can be captured. Ecosystem damages and impacts on human health as a result of the selected event types can also be mapped, but solely in a non-monetary way. The individual event types are analysed in detail in Chapter 4 and their indicators and data sources are presented. In addition, potential data sources and threshold values are discussed. The conducted needs analysis (Chapter 2) shows that both well-founded and quickly available data are required. Based on these needs, the integration of a "slow track" and a "fast track" approach is desirable in the register. For events that exceed a previously defined threshold, a register entry is required following the "slow track" approach. This approach aims at data which are based on long-term surveys and the raw data are as differentiated as possible. However, it can take months or even years after an event before the data become available. In the case of major events of national relevance, the "fast track" process can also be activated. Hereby, initial estimations by experts, insurance companies and municipalities are included in the register. The timely estimations of damages should be updated regularly in the process until the "fast track" data can be replaced by "slow track" data.

The focus of the damage register is currently on damage caused by extreme weather events. By definition, only events that exceed a certain threshold value are considered extreme. Therefore, the definitions of these threshold values are of great importance and should be developed in dialogue with key stakeholders. We propose potential threshold values, however the suggested values present a first foundation for further discussions and do not claim to be exhaustive. The study focuses on three different types of thresholds values: damage-based, hazard-based and institutional. Based on scientific developments, we recommend determining the event heavy rain and flash flood based on the precipitation object according to the "Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events" (CatRaRE) database. The results of the CatRaRE database are filtered according to the most extreme events, e.g. according to warning level 4 of the German Public Weather Service (DWD). For the determination of the extreme weather event of river floods, the definition of the transnational flood portal (LHP) is promising, as it provides nationwide and daily updated data. The extreme event of agricultural drought is very difficult to define spatially as well as temporally and therefore no comprehensive database exists in Germany. As a result, no threshold value is recommended, as the entries in the register should not be event-based, but calculated (modelled) annually. No threshold value is recommended for the extreme event of heat either, as here as well the entries should not be event-based, but should follow an annual calculation.

When considering extreme weather damages, it should be emphasised that all extreme weather damages are not solely emerging as a direct consequence of climate change. Extreme weather events would also occur without human-induced climate change, but generally less frequently and intensively. Attribution research is an important basis for calculating the actual influence of climate change on the occurrence of extreme weather events and thus also for ascertaining climate change-related damages as precisely as possible. This research field attempts to deduce from data and models how human influences affect the frequency and intensity of extreme weather events. For a damage attribution in the sense of the damage register, the two elements of event attribution and damage function are necessary. Climate attribution for individual events is a relatively established branch of research, whereas studies on the damage function in connection with extreme weather events and thus damage attribution are still quite rare. Damage attribution is unavoidable as this is a damage register. Since there are great uncertainties in these calculations, the data on total damages should be presented without as

well as with attributed damages. In addition, a two-stage process is recommended for the calculation: firstly, a general factor for damage attribution should be determined in advance for each event type, which can be applied immediately when a corresponding event occurs. Secondly, when specific studies on a (major) event are published, specific damage attribution factors should be derived from them. Following this, in Chapter 4.5, general factors for the calculation of the attribution of the individual event types of heavy rain, river floods and drought are proposed and exemplified using past extreme weather events.

Data sources for damages to buildings and infrastructure

When implementing a damage register, the data quality in particular determines the informative value and the usefulness of the register. Accordingly, a detailed analysis of potential data sources is being conducted as part of the research project.

With regard to potential data sources for damages on buildings and infrastructure, data sets from the insurance industry, such as reinsurance companies and the German Insurance Association (GDV), the flood damage database HOWAS21, the Copernicus programme, the German Meteorological Service (DWD), Deutsche Bahn AG, various federal offices and data from municipal damage surveys are evaluated (Chapter 6). The large number of possible datasets already illustrates that data on impacts of extreme weather events are collected by various institutions. Consequently, the data are characterised by a great diversity and are therefore only comparable to a limited extent. Even though a large number of potential datasets exists for this type of damage, it can be seen that these datasets comprise few primary data sources. In addition, the quality of the data varies greatly as well and methodological transparency is limited. The data from GDV, however, are particularly promising, as they are of high reliability and quality. At the national level, there are almost no consistent data due to the small-scale data collection of regional as well as federal actors. It is also evident that existing datasets follow different time frames. Timely data, which are mostly based on broad estimations by experts, are characterised by uncertainties, whereas later, updated data present a more accurate picture. In addition to existing datasets, alternative approaches to damage assessment are considered. For example, the potential of the identification of damages with drones or the survey through indirect parameters, such as the estimation of roof damages based on damage reports of photovoltaic systems, are researched. With regard to the "fast track" approach, indicator-based models for the rapid identification of damage are promising. Results from early warning systems, individual damage registrations via app or the evaluation of population shifts based on mobile phone data can also be approaches for short-term data collection.

Finally, the data source analysis for buildings and infrastructure shows that only a small amount of reliable data is available to populate a damage register. In order to ensure the availability of homogeneous and reproducible data, concrete governmental guidelines are needed that specify collection methods, definitions and threshold values for extreme weather events and thus ensure comparability of data.

Data sources for damages in agriculture

When evaluating the availability of data on extreme agricultural weather events and their consequences, it can be seen that there are fewer primary data sources compared to the field of damages on buildings and infrastructure (Chapter 7). Overall, data from the German Federal Statistical Office, insurance companies, indices and statistical models, and other relevant projects and sources are evaluated. We identified two important primary data sources: the "Fachserie 3" of the Federal Statistical Office and the primary data of the GDV. The Federal Statistical Office survey includes data on crop yields and growth for the categories of field crops, vegetables, tree fruits, and grape must. The GDV dataset is based primarily on agricultural

insurance claims. With this approach, data availability varies widely by the type of event due to differences in insurance coverage. For example, data availability is very limited for drought damages due to low insurance density, but much higher for hail damages.

Other projects, such as the DAS Monitoring, the Drought Monitor of the Helmholtz Centre for Environmental Research and the Soil Moisture Viewer of the DWD, include data of yield fluctuations and crop failures as a result of extreme weather events. Information on droughts also exists at the European level, such as maps of indicators in the “European Drought Observatory” (EDO). In close cooperation with the EDO, the “European Drought Observatory for Resilience and Adaptation” works on the assessment of drought risks and collects data on drought impacts in different sectors. To specifically address the impacts of long-term droughts on vegetation, the “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) parameter is useful. In the aftermath of a drought period, this parameter can be used to analyse agricultural yield declines as well as forest damages. In the field of agriculture, it is important to consider that damage can occur directly as well as indirectly as a result of droughts. For example, crop declines are categorized as direct and impacts of forage crop shortages on livestock as indirect damages. There is existing literature on the calculation of correlations between direct and indirect damages. However, due to significant uncertainties in the suggested mathematical factors, indirect damages are currently being excluded from the damage register.

In general, primary data are very fragmentary in the field of agriculture. In order to improve the data availability, remote sensing services such as Copernicus will be increasingly used in the future and technological advancement within the field of satellite-based remote sensing and evaluation methods can be anticipated. Due to these developments, a regular exchange with operators and researchers is important in order to be able to incorporate improvements into the survey of damages as early as possible.

Data sources for non-monetary damages

Many types of climate damages cannot, or only partially, be captured in monetary terms. However, since nonmonetary damages are an important category of damage, the research project also analyses different types of non monetary damages and potential data sources (Chapter 8). The study focuses specifically on impacts on human health, damages to cultural goods and loss of cultural heritages, as well as damages to ecosystems. It can be seen that damage categories, such as information on heat-related deaths based on data from the Robert Koch Institute (RKI), could be directly integrated into a damage register. Moreover, data of ecosystem damages can also, to a certain degree, be directly integrated into the damage register. These damages can exemplarily be recorded by indicators, such as the logging statistics for recording damaged wood due to drought and storms, forest damage surveys by the Thünen Institute or forest fire statistics. Data on non-economic damages, such as water levels and water quality, also exist at the state level. Here, remote sensing is also helpful for damage assessments, and changes in the water balance and the vitality of critical ecosystems, for example, can be recorded.

The situation is more complex when it comes to assessing damages to cultural heritages. A survey of damage that goes beyond direct material damages to buildings is currently not feasible due to a lack of data and methodologies for elicitation.

Three case studies

The findings presented regarding the benefits, the structures of a damage register as well as possible data sources led to an exemplary testing of a prototype of a damage register on the basis of three case studies (Chapter 9). The case studies are the river floods in June 2013, the drought during the summers of 2018-19 and the flash flood in July 2021 and thus reflect the

three previously selected event types. Based on this trial, first general experiences regarding a national damage register can be gained, even if the testing is limited to direct monetary damages at this stage.

Many findings of the testing overlap in the different case studies, especially with regard to the classification and evaluation of datasets. The case study of the flood event in June 2013, for example, confirms that although a large number of data sources exist, no primary data sources are available and also only exist as aggregated damage values. The previously highlighted data basis of the GDV is beneficial for the investigation of this flood event, even though the publicly available data is only differentiated according to sub-elements to a limited extent. In addition, the federal and state data sources are very valuable for damage assessment due to their great transparency, low uncertainty and highly differentiated data collection. However, the inconsistent definitions and categorisations at municipal, state and federal levels make it difficult to compare the data, and hence a summary of damages at the sub-element level across all affected federal states is particularly affected by a high degree of uncertainty. Satellite-based remote sensing services are already very valuable. Nevertheless, the specific allocation of monetary damage to affected areas and buildings also represents an inaccuracy with this type of survey.

When considering the drought in the summers of 2018-2019, it becomes clear with regard to the data basis that the calculated agricultural losses from the Federal Statistical Office are an essential source of information. Insurance coverage in agriculture against drought events is very low and uninsured losses can only be depicted using modelling, such as the Climate Yield Model. The use of remote sensing data could enable a fast track survey in this case study.

In the case of the 2021 flash flood, many of the findings overlap with those already mentioned. In contrast to the other case studies, a large amount of damage data is available given the size of the event. Here, the most important data comes from the GDV, the federal government and the Ministries of the Interior and Finance. In particular, the financial aid applications and interim and final reports of the Federal Ministry of the Interior and Community (BMI) and the Federal Ministry of Finance (BMF) on the flood disaster include valuable data compilations.

A general finding is that the methodological heterogeneity in the collection of data on extreme weather events complicates a systematic approach. The federal structures and the large number of actors who own useful information further complicate a structured collection of data. A nationwide coverage of the required data is usually not given. Especially in the short-term assessment ("fast track approach"), damage data are often not reliable and ultimately deviate from the actual damage. In contrast, the more precise ("slow track") assessment can sometimes take up to several years. Moreover, extreme weather events are unique and representing this diversity in a shared database is an overarching challenge.

Recommendations for a timely implementation of the damage register

Based on the information presented and the first applications, the research project develops initial recommendations for a timely implementation of the damage register. The recommendations cover the areas of conception, operation and possible uses (Chapter 10). The collection and monetisation of damages caused by climate change is at the forefront of the concept of a damage register. At the outset, it is essential to precisely highlight the aspired objectives and also to transparently present which objectives are not being pursued. To ensure the long-term establishment of a damage register, a central administration with professional staff and specified responsibilities as well as a clearly defined institutional framework is needed. Furthermore, it requires a guarantee of long-term and financially adequate resources. This institutional and financial anchoring should be accompanied by a regular review of the

processes with regard to target fulfilment. Entries of monetary damages should be made according to an established grid. A subdivision into damage categories and sub-elements is useful here.

Clear definitions of the individual categories are crucial for establishing a damage register. In addition, overlaps of data sources must be identified to avoid double counting. The assignment of individual identification numbers to an extreme weather event has also proven to be a helpful element. At the same time, the structure should allow data to be easily aggregated from lower to higher levels or to select certain areas, e.g. only damage resulting from a certain type of event. Entries should be consistent with international reporting requirements and enable data exchange between countries. In order to utilise synergies, existing or planned typologies and monitoring tasks should be considered.

In addition to precise definitions, the development of thresholds of extreme weather events is essential. Based on the presentation of possible threshold values in Chapter 4.4 we recommend hazardbased thresholds, which must be defined individually for each event type. In the first phase of the introduction of a damage register, the threshold value should be set rather high, as the data basis tends to be more inadequate for smaller events and an integration of a large number of events could lead to an overload of the newly introduced structures. Even if the threshold should be exceeded for many small events, their impacts usually lead to very small damages. For the purpose of completeness, these should also be documented in the register, even if detailed entries on the damages caused are not necessarily required.

Based on the developments presented in the field of climate attribution (Chapter 5), we recommend conducting an attribution in any case. In order to counter the uncertainties of these calculations, the extreme weather damages and the corresponding share of climate damages should be shown separately for each event, so that users can individually choose which value to use.

The actual implementation of the damage register is characterised by data collection and data maintenance. Actors and owners of important primary data should be involved in the process of development and maintenance from the beginning. Clear processes of data documentation are needed, which are triggered after a threshold value has been reached. Such a process requires coordination of various actors involved in data collection and the establishment of generally accepted standards according to which data are collected and documented. Especially this comprehensive structuring of the process enables a long-term homogeneous damage register. At this point, it should be emphasised again that only primary data sources should be included in the register and that far-reaching agreements on standardised collection methods are necessary for their collection as well. Incentive structures should be created for governmental and especially private actors. The landscape of primary data sources should be explored regularly in order to consider the most appropriate data. With regard to data procurement and processing, the "Klimavorsorg" (KliVo) portal offers an interesting template. In an implementation similar to this portal, the damage register would be backed up by a network of actors who deliver data to one or two responsible persons. In this case, the damage register would offer a central platform that bundles decentralised data and processes it as needed.

The needs assessment (Chapter 2) has shown that there are different temporal requirements regarding the data availability of the damage register. We recommend the implementation of a "fast track" with very timely assessments only for major events, such as a case of disaster, which is activated by a special mechanism. The "slow track" should always be implemented and provides resilient and differentiated records, even though data preservation can take from 0.5 to two years.

The primary data received are, at best, raw data. For processing these, conversion methods of raw data for damages have to be defined. The collection of damage data thus consists of a combination of primary data and methodology. We recommend that not only future but also historical events be retroactively recorded in the register. The same thresholds and methods should be applied here that are also used for future events. Especially at the beginning of the implementation of the damage register, it is important to regularly review the chosen method (e.g. through expert reviews) and to adapt where necessary.

Finally, the damage register should be as freely available as possible (open data). In the initial phase, the spatial resolution of the cadastre's information can only correspond to the available resolution of the primary data. In the long term, the database should also be made available to a broader public in English.

Continuation, gradual improvement and expansion

In our study we discuss a first, illustrative prototype, which was developed on the basis of limited data and does not claim to be exhaustive. Therefore, at the end of the study, we present possibilities for continuation, potentials of improvement and expansion options (Chapter 11). In the next implementation phases, the scope, completeness and level of detail of the register should continuously be improved. In addition, an institutional embedding at public authority level in Germany (especially with regard to data collection and aggregation) should be aimed for, so that the operation of the register becomes more permanent. The processes described so far should be regularly reviewed and improved if necessary. An overview given in the report illustrates the diverse potentials for improvement and also presents the different priorities for further development. In reliance with aspects of high priority, we focus on improving data collection, completing the register and improving the possibilities for usage. We also take a detailed look at the process of municipal data collection and discuss how to deal with non-monetary damages in the future.

An important step forward in the field of data collection is the establishment of standardised processes for damage recording, aggregation and dissemination by municipalities and federal states. Ideally, data delivery will be largely automatic in the future. In order to ensure homogeneous and reproducible data availability, concrete state guidelines are needed which standardise and specify the collection methodology and definitions as well as threshold values for extreme weather events. It is helpful to take research developments into account when improving data collection.

After the implementation of a damage register, we also recommend successive expansion of the register. Until then, it should be clearly communicated that the register only records selected climate damages, is therefore incomplete, and thus underestimates the total damage. The highest priority is to include other important types of extreme weather events, such as hail, storms or storm surges. In the future the threshold values should be reviewed and can be lowered if the relevant data can be collected with reasonable effort. It would also be enriching to include indirect damages as a result of extreme weather events, for example the production losses along the value chain, in the register. At the moment, the effort required for this assessment is very high and the uncertainties of the data are still substantial, which is why we recommend, as a first step, the creation of a qualitative overview of possible indirect impact pathways. Especially for ecosystem damages, a successive development of data sources for various types of damages is advisable, since so far good data sources only exist for forest damages. In addition, a system for data processing and evaluation should be created, especially with remote sensing data.

A lot of potential for development lays also in the area of usage options. So far, the register overview exists as a draft in the form of an Excel spreadsheet. A professional solution for a user-friendly web based platform should be developed in the near future. Important criteria for the creation of this entry format should be a structured and efficient input mask. Furthermore, the platform should be very easy to operate and filter options as well as graphical forms of presentation should be considered. In the process of municipal data collection, a lack of consistent structures for the collection of damages and for the transfer of data was identified. Therefore, an important next step is the establishment of clear structures and standardised processes for the collection of extreme weather damages by municipal actors. A practical approach could be the development of an online platform, possibly linked to the damage register, where municipalities can directly enter their recorded damages. Such a central platform, where data can be saved and accumulated, should be made available nationwide prospectively. In the last chapter we designed a possible input mask for municipal data collection for such an online platform. Based on the damage register, this platform consists of various damage categories and more specific subcategories. The extent of damages can also be quantitatively described and categorised, and municipalities can easily transmit information on the monetary damages. In addition to data collection and dissemination, establishing clear responsibilities for damage assessments and for the aggregation of data is a key issue for further development.

Finally, there are also important possibilities for improvement in dealing with non-monetary damages. Here, on the one hand, the expansion of the types of damages considered and, on the other hand, a deepening or improvement of the data basis are essential. The non-monetary damages such as diseases due to climate change and damages to ecosystems can be integrated in the register in the near future. For this expansion, a comprehensive collection of baseline data is necessary in order to be able to determine indicators, including the corresponding threshold values, on the basis of this data.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik. Naturgefahren, klimatische Extremereignisse (wie etwa Hitzewellen, Stürme, Hochwasser oder Starkregen), der Meeresspiegelanstieg und weitere Auswirkungen können zu erheblichen direkten und indirekten Schäden in verschiedenen Bereichen führen. Diese werden von der Privatwirtschaft, dem Staat und der Allgemeinheit sowie der Umwelt getragen.

Die deutsche Bundesregierung hat mit der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) (BMUV 2008), dem Aktionsplan Anpassung (APA I) (BMUV 2011), dem ersten und zweiten DAS Fortschrittsbericht (inklusive APA II und APA III) (BMUV 2015, 2020) sowie der Vulnerabilitätsanalyse von 2015 und der neuen Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 (KWRA) (UBA 2021) wichtige Grundlagen für die Klimaanpassung gelegt. Die Deutsche Anpassungsstrategie sowie die Fortschrittsberichte und Aktionspläne Anpassung (APA I-III) verfolgen das Vorsorgeprinzip. Dies beinhaltet zum einen die Vermeidung oder Verringerung menschlicher Schäden sowie Schäden für die Umwelt, zum anderen eine Stärkung des Umgangs staatlicher und nicht-staatlicher AkteurInnen mit den Folgen des Klimawandels. Auf diese Weise soll die Vulnerabilität wirtschaftlicher, sozialer und natürlicher Systeme verringert und zugleich die Anpassungsfähigkeit gestärkt werden.

Bislang existiert in Deutschland kein nationales Monitoringsystem, um durch den Klimawandel verursachte Schäden systematisch zu erfassen. Um die weitere strategische Planung der Anpassung sinnvoll und wirksam auszurichten, sind Informationen zu vergangenen und aktuellen klimabedingten Schäden von zentraler Bedeutung. Die gilt für die oben erwähnten staatlichen Maßnahmen, aber auch auf unternehmerischer Ebene. Hierfür ist ein Schadenskataster als Accounting- und Monitoringinstrument zentral. Es gibt allerdings bisher kaum vereinheitlichte Anforderungen oder Erfassungspraktiken, was nationale und internationale Statistiken unvollständig und schwer vergleichbar macht.

1.2 Ziele und Arbeitsschritte des Projekts

Ziele

Dieses Projekt soll die Implementierung eines nutzergerechten Schadenskatasters vorbereiten und somit einen ersten Schritt zum Aufbau eines nationalen Monitoringsystems von Klimaschäden leisten. Dabei sollen die Bedürfnisse der potenziellen Nutzer erhoben, eine idealtypisch Katasterstruktur erstellt, die vorhanden Datenquellen für gewissen Bereiche exemplarisch analysiert und schließlich Empfehlungen für weitere Schritte ausgearbeitet werden.

Arbeitsschritte

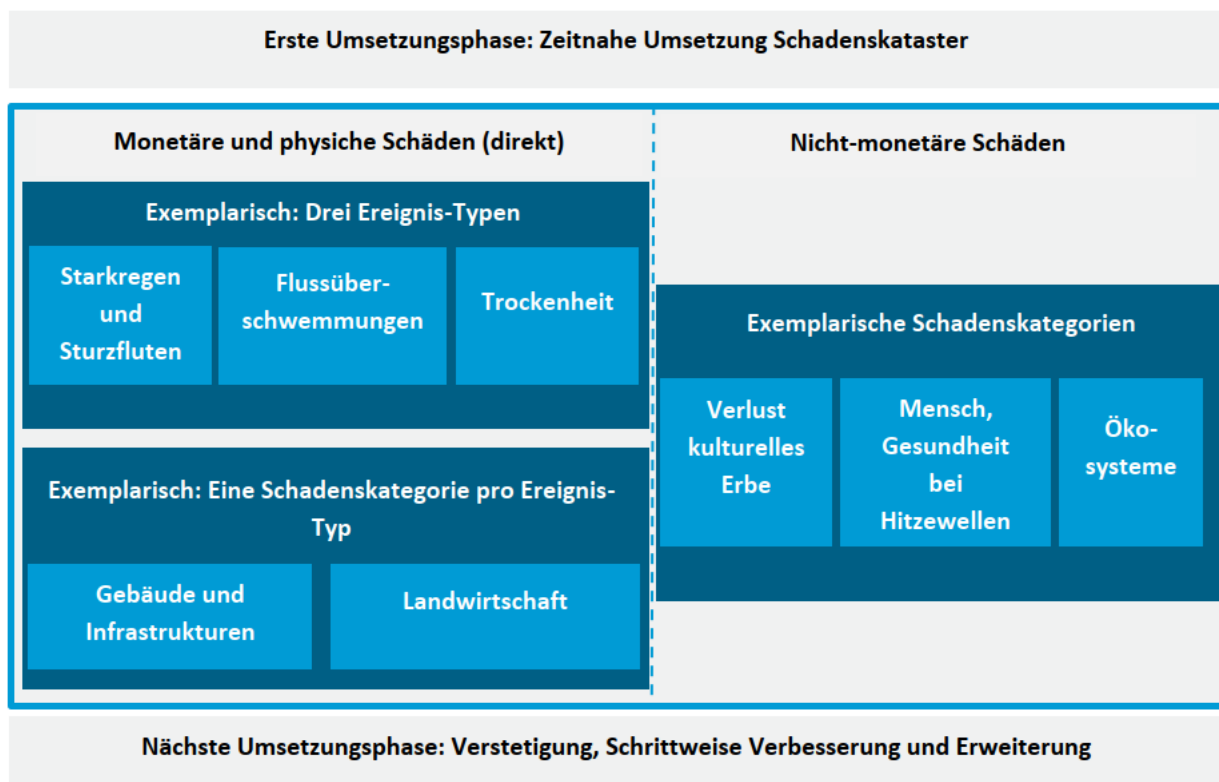
Konkret gliedert sich diese Studie in folgende Arbeitsschritte:

- ▶ Bedürfnisanalyse aller relevanten AkteurInnen (siehe Kapitel 2)
- ▶ Auswertung der Vorlagen/Richtlinien für Extremwetterschadenkataster (siehe Kapitel 3)
- ▶ Konzeption eines Katasters zur einheitlichen Erhebung von Klimaschäden auf nationaler Ebene (siehe Kapitel 4 und B Annex). Der Fokus für monetäre Schäden liegt auf Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen & Sturzfluten und Flussüberschwemmungen sowie Schäden in der Landwirtschaft durch Trockenheit. Ein

weiterer Fokus ist der Einbezug von nicht monetären Schäden aus diversen Schadenskategorien (siehe Tabelle 2 und Abbildung 1).¹

- ▶ Analyse der verfügbaren Datenquellen und deren potenzielle Verwendung für ein Kataster für die Fokus-Bereiche (siehe Kapitel 6 bis 8).
- ▶ Drei Fallbeispiele für die Erhebung monetärer Schäden (siehe Kapitel 9).
- ▶ Vorschläge zum Umgang mit Klimaattribution (siehe Kapitel 5)
- ▶ Empfehlung erste Umsetzungsphase: Zeitnahe Umsetzung des Schadenskataster (siehe Kapitel 10 und B Annex)
- ▶ Empfehlung für nächste Umsetzungsphasen: Verstetigung, schrittweise Verbesserung und Erweiterung des Schadenskataster (siehe Kapitel 11)

Abbildung 3 Struktur und Arbeitsschritte dieser Studie



Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Die Ziele eines Schadenskatasters müssen schlussendlich von den staatlichen Behörden definiert werden. Die Bedürfnisanalyse der einzelnen AkteurInnen, sowie die Empfehlungen in den Kapiteln 10 und 11 stellen eine Entscheidungsgrundlage zur Formulierung dieser Ziele bereit. Als wichtigste Ziele sehen wir:

- ▶ Grundlage für die Kommunikation von Klimaschäden bzw. Schäden durch Extremereignisse in Deutschland.

¹ Die Einschränkung auf diese drei Bereiche erfolgt auftragsgemäß, um den Aufwand des Projekts zu begrenzen. Andere Ereignisse sowie andere Schadenskategorien der aufgelisteten Ereignisse (z.B. durch Trockenheit verursachte Schäden in der Forstwirtschaft) sind daher kein Bestandteil dieser Studie. Diese müssen in der Folge in analoger Weise analysiert werden.

- ▶ Beitrag für eine bessere Bewertung von Vermeidungskosten, da diese dann in Relation zu Klimaschäden gesetzt werden können.
- ▶ Grundlage für einen zielgerichteten Mitteleinsatz für Anpassungsmaßnahmen je Sektor

2 Bedürfnisse potenzieller NutzerInnen

Im Folgenden zeigen wir eine Übersicht relevanter Bedürfnisse bzw. Nutzen eines operationellen Schadenskatasters für diverse AkteurInnen. Die Ausführungen basieren auf der Auswertung von Literatur, Datenbanken und zu diesem Zweck im Rahmen des vorliegenden Projekts durchgeführten Interviews mit diversen AkteurInnen.

2.1 Staatliche AkteurInnen

2.1.1 Umweltbundesamt (UBA)

Für das Umweltbundesamt (UBA) sind Daten des Schadenskatasters insbesondere für den Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) Prozess von Interesse: Um die Vulnerabilität wirtschaftlicher, sozialer und natürlicher Systeme zu verringern und die Anpassungsfähigkeit ebendieser zu erhöhen, können Gesamtschadenssummen bisheriger Extremwetterereignisse als wichtige Datenbasis für zukünftige Anpassungsmaßnahmen hinzugezogen werden. Hierbei wären insbesondere aggregierte Angaben für jeweils ein Jahr und auf Bundesebene relevant, welche sich zudem nach unterschiedlichen Ereignistypen (Hitze, Dürre, Starkregen, Überschwemmungen etc.) differenzieren lassen. Für Abschätzungen künftiger Schadensentwicklungen bildet das Schadenskataster eine Basis, um weiteren Anpassungsbedarf, Schwerpunktsetzung der Maßnahmen und Investitionen sowie allenfalls notwendige Intensivierungen in spezifischen potenziellen Schadensfeldern zu erkennen. Hierbei ist eine schnelle Verfügbarkeit der Daten nach einem Schadensereignis nicht nötig. Für den langfristigen Anpassungsprozess sind qualitativ hochwertige Daten wichtiger.

2.1.2 Bund, Bundesländer und Kommunen

Das Schadenskataster ist auf Ebene Bund, Bundesländer und Kommunen für diverse Anwendungen relevant. Hierfür sind rasch verfügbare Schätzungen wichtig, um insbesondere Soforthilfen und nationale Wiederaufbaufonds sowie eine Beantragung der Finanzhilfen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF) möglichst schnell auf den Weg zu bringen. Genauso ist aber auch ein Datenformat, welches sich an internationale Standards hält, wichtig: Nur so ist sichergestellt, dass die Daten schnell und effizient nutzbar sind.

Für die DAS sind die umfassenden Daten des Schadenskatasters als wichtige Entscheidungsgrundlage nützlich, mithilfe derer private, unternehmerische und behördliche Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Auch vereinfacht eine schnell verfügbare und übersichtliche Datenbasis die Beantragung und Bereitstellung wichtiger Hilfgelder in den betroffenen Regionen. Dies beinhaltet neben der deutschen Katastrophenhilfe auch die Antragstellung für finanzielle Unterstützung aus dem EUSF. Darüber hinaus kann das Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015–2030² die Datenbasis des Schadenskatasters zurückgreifen.

Auf Kommunikationsebene ermöglicht die Datenbasis des Schadenskatasters schnelle Antworten auf Presseanfragen zum Schadensausmaß infolge eines Extremwetterereignisses zu geben.

Zum Nutzen des Schadenskatasters gehört zudem die Bewusstseinsbildung für mögliche Schäden infolge von Extremwetterereignissen und eine höhere Bereitschaft der Bevölkerung zur Planung von Anpassungsmaßnahmen und Eigenvorsorge. Politische EntscheidungsträgerInnen

² vgl. Kapitel 2.1.3

können dahingehend sensibilisiert werden, dass durch ein umfangreiches Schadenskataster die Aussagekraft der Klimaschäden und deren Sichtbarkeit erhöht wird.

Doch auch Fragen anderer Bundesbehörden bezüglich der (Gesamt-)Schäden können mithilfe des Schadenskatasters schnell und aussagekräftig beantwortet werden. So ließen sich bspw. vonseiten des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) Schäden an der Infrastruktur schnell und einheitlich an das Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) weiterleiten, damit dieses Ministerium eine (erste) Gesamtschadensbilanz des Schadensereignisses zusammentragen und veröffentlichen kann.

Daten des Schadenskatasters ermöglichen darüber hinaus, das Budgets zuständiger Ressorts und Arbeitsgruppenmithilfe mittels der historischen Daten anzupassen und zu optimieren. Gleiches gilt für den Einsatz von Personalressourcen.

2.1.3 Berichterstattungspflicht zum Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge

Hintergrund

Deutschland hat sich 2015 der Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (BBK 2019a) verpflichtet, welches die substanzielle Verringerung von Katastrophenrisiken und Verlusten bis 2030 anstrebt. Das Sendai Rahmenwerk befasst sich mit der globalen Verringerung des Katastrophenrisikos entlang vier Handlungsdimensionen («Handlungsprioritäten»):

- ▶ Das Katastrophenrisiko verstehen,
- ▶ die Institutionen der Katastrophenvorsorge stärken, um das Katastrophenrisiko zu steuern,
- ▶ in die Katastrophenvorsorge investieren, um die Resilienz zu stärken,
- ▶ die Vorbereitung auf den Katastrophenfall verbessern.

Dabei ist im Kontext des Schadenskatasters der erste Punkt zentral, da für das besseren Risikoverständnis Kenntnisse über die Schadensausmaße unerlässlich sind. Artikel 24 führt die Handlungspriorität weiter aus. Von besonderer Relevanz sind aus BBK 2019a Absätze 24 a) und d), die fordern,

- ▶ «die Erhebung, Analyse, Verwaltung und Nutzung relevanter Daten und praktischer Informationen zu fördern und für ihre Verbreitung zu sorgen [...]» (a), sowie
- ▶ «die durch Katastrophen verursachten Verluste systematisch zu bewerten und zu erfassen, Informationen darüber weiterzugeben und der Öffentlichkeit Rechenschaft abzulegen und die Auswirkungen auf die Wirtschaft, Gesellschaft, Gesundheit, Bildung, Umwelt und das kulturelle Erbe zu verstehen, gegebenenfalls im Zusammenhang mit ereignisspezifischen Informationen über die Gefahrenexposition und Vulnerabilität.» (d).

Aus diesen zwei Punkten lässt sich auf die Notwendigkeit schließen, ein systematisches Schadenskataster aufzubauen. Absatz 24 e) hält außerdem fest, dass nicht-sensible Informationen nach Bedarf frei verfügbar und zugänglich zu machen seien. Weitere wichtige Rahmenbedingungen für das Schadenskataster lassen sich aus den Indikatoren ableiten, die nach dem Sendai Rahmenwerk zu verfolgen und zu berichten sind. In Artikel 18, Absätze a) bis g) werden die sieben zentralen Zielvorgaben des Sendai Rahmenwerks aufgelistet, die über die Zeit gemessen werden sollten. Vier der sieben Ziele deuten auf Indikatoren hin, die durch ein Schadenkataster abgedeckt sein sollten. So wird verlangt,

- ▶ die Sterblichkeitsrate infolge von Katastrophen zu senken (a),
- ▶ die Zahl der betroffenen Menschen zu senken (b),
- ▶ die direkten wirtschaftlichen Verluste im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) zu reduzieren (c), sowie
- ▶ «katastrophenbedingten Schäden an kritischen Infrastrukturen und Unterbrechungen der Grundversorgung, einschließlich Gesundheits- und Bildungseinrichtungen [...]» (d) zu verringern.

Serje 2017 weist darauf hin, dass die Ziele des Sendai Rahmenwerkes sowohl in den Sustainable Development Goals (SDGs) – insbesondere Ziel 11, Unterziel 5³ – als auch im Übereinkommen von Paris Wiederhall finden. Im Kontext dieses Berichts relevant ist, dass unter der Regie des „United Nations Office for Disaster Risk Reduction“ (UNDRR) ein Indikatorenset erarbeitet wurde, welches die Ziele des Sendai Rahmenwerks mess- und überwachbar macht und zwar unter Berücksichtigung möglicherweise überlappender Ziele der SDGs und des Übereinkommens (UNDRR 2015). Es wird auch die wichtige Rolle erwähnt, die National Disaster Loss Databases zur Messung dieser Ziele spielen (UNDRR 2015, S.6). Wir verzichten an dieser Stelle auf eine Betrachtung dieses Indikatorensets. Die in Kapitel 3.2.1 vorgestellten Richtlinien zum Aufbau einer nationalen Schadensdatenbank des Joint Research Centre (JRC) bauen auf denselben Indikatoren auf, sind aber in ihren Empfehlungen für unsere Anwendung konkreter und relevanter.

Es sei abschließend erwähnt, dass sich das Sendai Rahmenwerk explizit «auf das Risiko kleiner und großer, häufiger und weniger häufiger, plötzlicher und schleichender Katastrophen [erstreckt], die durch natürliche oder vom Menschen verursachte Gefahren entstehen, sowie damit zusammenhängende umweltbezogene, technologische und biologische Gefahren und Risiken.» (Artikel 15). Mittelfristig sollte daher abgeklärt werden, ob sich Erkenntnisse und Resultate dieses Projekts direkt auf parallele Projekte übertragen lassen, die sich mit nicht-natürlichen und nicht-umweltbezogenen Gefahren und Risiken befassen (oder umgekehrt), und mithilfe der Erkenntnisse und Resultate sinnvolle Berichtspflichten für Gemeinden und Landkreise formulieren lassen. Auch diesbezüglich lohnt sich eine möglichst genaue Orientierung an existierenden Standards und Richtlinien, um einen möglichst guten Datenaustausch zwischen solchen parallelen Systemen sicherzustellen.

Derzeitiger Stand in Deutschland und Bedürfnisse an ein Schadenskataster

Für die Umsetzung in Deutschland wurde eine Interministerielle Arbeitsgruppe (IMAG Sendai) gebildet und eine Nationale Kontaktstelle (NKS) beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eingerichtet. Zu den Schwerpunktaufgaben der NKS gehören die Koordinierung der Fortschrittsmessung und Berichterstattung zu globalen Indikatoren (Schadensdaten) an die Vereinten Nationen über den Sendai Framework Monitor (SFM). Die Berichterstattung des „Sendai Framework for Disaster Risk Reduction“ (SFDRR) erfolgt anhand eines global festgelegten Indikatorensets (UNISDR 2017). Für die Fortschrittsmessung wurden 38 globale Indikatoren entwickelt, von denen 25 eine Doppelfunktion einnehmen, da sie gleichzeitig für die nationale Berichterstattung gegenüber den globalen Nachhaltigkeitszielen (SDG) dienen. Indikatoren umfassen dabei die Anzahl der betroffenen (z. B. durch Verlust von Wohnraum oder Arbeit), erkrankten oder verstorbenen Opfer, wirtschaftliche Schäden inklusive

³ «Bis 2030 die Zahl der durch Katastrophen, einschließlich Wasserkatastrophen, bedingten Todesfälle und der davon betroffenen Menschen deutlich reduzieren und die dadurch verursachten unmittelbaren wirtschaftlichen Verluste im Verhältnis zum globalen Bruttoinlandsprodukt wesentlich verringern [...]» (Statistisches Bundesamt 2024a)

Schäden in der Landwirtschaft, im Bausektor, im Kulturgut, im Bereich kritischer Infrastrukturen sowie durch Ausfall von kritischen Dienstleistungen. Diese decken sich mit den klassischen Schutzziele des deutschen Bevölkerungsschutzes.

Für den SFM soll jeder Staat eine Baseline von 2005-2015 erstellen, um anschließend einen Trend (2020-2030) gegenüberstellen zu können. Dafür ist es wichtig, dass die Daten konsistent erhoben werden, was sich momentan als sehr herausfordernd herausstellt. Ein Schadenskataster kann daher als ein wichtiger Beitrag für die Erfüllung der Berichterstattungspflichten gesehen werden. Die Anforderungen sollten daher berücksichtigt werden. Wünschenswert wäre eine konsistente und praktikable Datenauswertung. Ideal wäre eine Präzisierung der Meldepflicht für Schadensfälle und eine einheitliche und detaillierte Unterteilung in die einzelnen Schadensursachen.

2.1.4 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) hat zum Beispiel Interesse an Informationen über

- ▶ Schäden an Liegenschaften und Ausstattung von Einsatzorganisationen (z. B. Feuerwehr: Gerätehalle überschwemmt oder Stromversorgung defekt),
- ▶ Schäden und Ausfälle von kritischer Infrastruktur jedweder Art (von allen Ereignistypen),
- ▶ Schäden an Gebäuden relevant für baulichen Bevölkerungsschutz, welche dabei helfen, die Bevölkerung besser über Schäden zu informieren und entsprechend vorzusorgen.

Die Auflösung muss nicht speziell hoch sein. Das BBK verschneidet Schadensdaten nicht mit anderen Daten, sondern verwendet eher aggregierte Informationen als Entscheidungsgrundlage für strategische Planungen.

Weiter in das Aufgabengebiet des BBK fallen Gefahrenkarten, welche die heutigen und zukünftigen Risiken zeigen (Erdrutsch, Hochwasser, Starkregen, Murgang, etc.). Diese können auf Basis eines Schadenskatasters allenfalls präziser erstellt werden.

2.1.5 Statistisches Bundesamt (DESTATIS)

Das Statistische Bundesamt (DESTATIS) ist zuständig für die SDG-Berichterstattung (Agenda 2030) (Statistisches Bundesamt 2024b). Dies entspricht den Verpflichtungen des Sendai Rahmenwerks, welches bereits in Kapitel 2.1.1 diskutiert wurde.

Generell wünschenswert ist gemäß DESTATIS Kompatibilität zu anderen Accounting-Systemen. Genannt wurden beispielsweise:

- ▶ Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) (*engl. System of national account (SNA)*), da Schäden aufgrund des Wiederaufbaus zu einer nachfolgenden Erhöhung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) führen können (zumindest in gewissen Sektoren und kurzfristig).
- ▶ Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR): Relevant sind z. B. Ökosystemleistungen für Hochwasserschutz oder Schutz vor übermäßige Hitze (UN 2024). In dieselbe Richtung gehen Ansätze zur Erweiterung des BIP wie die «Beyond GDP» Initiative der Europäischen Kommission (Europäische Kommission 2024a). Diese sollten die Kritik an der bisherigen Definition des BIP berücksichtigen.

2.1.6 Deutscher Wetterdienst (DWD)

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat eine Reihe von Anknüpfungspunkten an ein Schadenskataster. Das Sachgebiet Regionale Niederschlagsüberwachung der Abteilung Hydrometeorologie beschäftigen sich mit Starkregenereignissen. Dabei werten sie Daten der Niederschlagsradare aus und kategorisieren diese (siehe Kapitel 6.7). Als Ergänzung dieser meteorologischen Datenbank wären Schadensdaten an Gebäuden und Infrastruktur für den DWD nützlich, um sie den Starkregenereignissen zuzuordnen und so die Aussagekraft der Datenbank zu erhöhen. Konkret besteht Interesse an Schäden durch z. B. den begleitenden Wind, Sturzfluten, Deichbruch, vollgelaufene Keller oder Hagel. Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Daten sind dabei wichtig, um die Schäden den Ereignissen korrekt zuordnen zu können. Es könnte analysiert werden, inwiefern die Stärke der Ereignisse mit der Höhe der Schäden zusammenhängt. Hochaufgelöste Daten können zudem helfen, den Versatz⁴ zu bestimmen. Ob die Schäden versichert waren oder nicht, ist für den DWD nicht relevant.

Für andere Abteilungen des DWD relevant sind zudem Daten zu Trockenheit und Dürre. In diesem Fall müssen die Schadensdaten nicht so hochaufgelöst und zeitlich abgegrenzt sein, weil auch die Ereignisse länger und flächiger sind.

Generell sammelt der DWD Anfang eines Jahres die Daten für das vergangene Jahr. Daher sind die Daten nicht sehr zeitkritisch, sind aber idealerweise Anfangs Jahr verfügbar. Teils gibt es auch ad-hoc Auswertungen, die zeitnah erfolgen.

2.1.7 Technisches Hilfswerk (THW)

Das Technische Hilfswerk (THW) wird bei schwerwiegenden Hochwasser- und Starkregenereignissen von den betroffenen Landkreisen angefordert. Für das THW bietet ein Schadenskataster die Möglichkeit einer «Lernplattform». So können aufgrund einer Analyse bisheriger Extremwetterereignisse Schlussfolgerungen gezogen werden, welche zukünftigen Ereignisse zu erwarten sind und welche Fähigkeiten zur Schadensbewältigung notwendig werden. Das Verhalten und der Resilienz-Prozess des THW können folglich von der Nutzung eines Schadenskatasters profitieren. Zudem kann eine Analyse der Klimaschadensdaten bei der Standortwahl und dem Bedarf neuer THW-Ortschaften oder die Wirksamkeit bzw. die strategische Ausrichtung der etwa 720 bestehenden THW-Ortschaften unterstützen.

Das THW empfiehlt eine kombinierte Betrachtung der Schäden, weil die primären Schäden an neuralgischen Infrastrukturen und Institutionen häufig vernachlässigbar klein sind im Vergleich zu den nachfolgenden, indirekten Schäden. Als Beispiel sei eine stark beschädigte und dadurch unbefahrbare Brücke erwähnt: Eine zerstörte Brücke verursacht nicht nur Instandsetzungskosten der Brücke an sich, sondern auch volkswirtschaftlichen Schäden, weil die Brücke nun unpassierbar ist. Aus diesem Grund erachtet das THW eine Unterteilung der Schäden in primäre und sekundäre (nachfolgende) Schäden sowie tangible und immaterielle Schäden als für das Schadenskataster sehr wünschens- und empfehlenswert.

Für das THW ist die Aktualität der Schadensdaten nicht entscheidend. Da der Fokus auf dem «historischen Lernen» aus bisherigen Extremwetterereignissen liegt, verlieren Schadensdaten für das THW mit der Zeit nicht an Wert. Interesse besteht an Zeitreihen, da sie sich für Anpassungsstrategien innerhalb des THW eignen.

⁴ Ein meteorologisches Ereignis kann an anderer Stelle auftreten als der Schaden.

2.1.8 Forschungsinstitutionen

Staatliche Forschungsinstitutionen wie Universitäten befassen sich mit der Modellierung sowie Bewertung der physischen oder monetären Auswirkungen von Wetterereignissen. Ein Beispiel ist die Arbeitsgruppe „Geographie und Naturrisikoforschung“ am Institut für Umweltwissenschaften und Geographie der Universität Potsdam. Sie beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Hochwasser, Sturzfluten sowie Hitze/Dürre und Stürmen (z. B. Bubeck et al. 2018) und wurde stellvertretend befragt.

Für Forschungsinstitutionen ist ein Schadenskataster aus unterschiedlichen Gründen interessant. Modelle basieren oft auf fein aufgelösten Daten auf Gebäudeebene (wie z. B. Hochwasserstand im Gebäude), welche Aussagen über das Schadensausmaß und die Ausprägung der Schäden ermöglichen. Diese gebäudespezifischen Werte fließen schließlich in einen Kalibrierungsprozess der Ursachen-Wirkung-Beziehung ein. Mithilfe der Datenbasis des Schadenskatasters können die verwendeten Parameter plausibilisiert werden. Darüber hinaus könnte das Schadenskataster dazu verwendet werden, Annahmen über Schäden an Gebäuden und Infrastruktur auf Gemeindeebene sowie Angaben über beschädigte Objekte und Schäden pro Einheit zu plausibilisieren.

Des Weiteren besteht Interesse an Schadensdatenzeitreihen (bestenfalls über die letzten dreißig Jahre), um zu untersuchen, ob ein Anstieg der Schadenswerte im Durchschnitt zu verzeichnen ist. Wünschenswert wäre eine Verfügbarkeit erster, vorläufiger Schadensdaten etwa sechs Monate nach dem Schadensereignis, um diese möglichst zeitnah in Schadensmodellierungen einfließen zu lassen.

Darüber hinaus ist die Nutzung für weitere ökonomische Analysen wünschenswert. Dies bedingt oft die Schadenserhebung auf Stufe von Wirtschaftszweigen oder Investitionsklassen, d. h. anteilig am Kapitalstock, damit die direkten Schäden granular verortet werden können. Dies erleichtert insbesondere auch eine Hochrechnung auf indirekte Schäden und gewährleistet eine möglichst hohe Anwendbarkeit der Schadensdaten mit anderen volkswirtschaftlichen Modellen. Als Grundlage für solch eine Herangehensweise könnte Sieg et al. 2019 verwendet werden.

Oft hängen die Schäden und Anpassungsfähigkeit von dem Kontext ab, in dem ein Ereignis auftritt. Daher wären es für manche Forschungsprojekte hilfreich, Information zur Situation im Vorfeld des Ereignisses zu hinterlegen (z. B. makro-ökonomische Indikatoren).

2.1.9 European Environmental Agency (EEA)

Die European Environmental Agency (EEA) publiziert seit längerem Daten zu klimabedingten Extremereignissen. Diese werden in den Kategorien „Meteorologische Ereignisse“ (Stürme), „Hydrologische Ereignisse“ (Überschwemmungen, Massenbewegungen) und „Klimatologische Ereignisse“ (Hitzewellen, Kältewellen, Dürreperioden, Waldbrände) präsentiert (analog der Kategorisierung der Munich RE; siehe 6.3). Die Auswirkungen werden je assoziierten Staat ausgewiesen, differenziert nach Schäden, versicherten Schäden und Todesfällen. Die EEA geht davon aus, dass klimabedingte Extreme in der Zukunft ohne Anpassungsmaßnahmen zu steigenden Schäden führen (EEA 2023). Die Anpassungsstrategie der EU zielt daher darauf ab, die Widerstandsfähigkeit der Mitgliedsländer zu stärken, um so wirtschaftliche Verluste und andere Schäden zu minimieren. Die EEA begrüßt die Pläne Deutschlands, ein Schadenskataster aufzubauen. Einerseits um die entsprechenden Daten für das europäische Kataster zu nutzen. Andererseits hofft die EEA auf eine Vorbildfunktion von Deutschland als wichtigem Mitgliedsländer, so dass auch andere Länder ein entsprechendes Schadenskataster aufbauen. Detaillierte Daten aus mehreren Mitgliedsländer würden den aggregierte Datensatz der EEA ergänzen bzw. verbessern.

Die EEA-Daten beruhen bisher auf Daten der Munich RE Rückversicherung. In Zukunft ist geplant, eine eigenständige Datensammlung durch eine externe Drittfirma aufzubauen. Auch in diesem Zusammenhang begrüßt die EEA eine deutsche Initiative, um Synergien im Datenerhebungsprozess zu nutzen.

2.2 Privatwirtschaftliche AkteurInnen

2.2.1 (Rück-)Versicherungsgesellschaften

Versicherungsgesellschaften, Rückversicherungsgesellschaften und deren Verbände (z. B. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)) würden ein Schadenskataster auf mehrere Arten nutzen: So kann die Datenbasis des Schadenskatasters als Quelle für ihre eigenen Schadenserhebungen dienen und für deren Plausibilisierung genutzt werden. Für die Versicherungsbranche ist es wichtig, über möglichst umfangreiche und detaillierte Schadensdaten zu verfügen, um Versicherungsbeiträge laufend anzupassen. Das Schadenskataster kann hier neben den eigenen Daten der Versicherungsgesellschaften einen Beitrag leisten, um Fehlkalkulationen in ihrer Prämienpolitik zu vermeiden. Außerdem erhöht ein Schadenskataster im Bestfall das Bewusstsein für die Gefahr durch Extremwetterereignisse in der Bevölkerung einerseits, was zu einer höheren Versicherungsdichte führen könnte, und in der Privatwirtschaft und im öffentlichen Sektor andererseits, was vermehrte Anpassungsmaßnahmen (z. B. Deiche für Hochwasser) zur Folge haben könnte. Damit steigt der präventive Schutz vor Schäden und damit das Risiko für die (Rück-)Versicherungsgesellschaften hohe Beträge auszahlen zu müssen.

Neben Angaben zum monetären Ausmaß eines Ereignisses sind für die Versicherungswirtschaft auch Daten zum Mengengerüst der physischen Schäden (z. B. die Anzahl beschädigter Gebäude und Infrastrukturen) von Interesse. Auch wünschenswert wäre es, wenn Elemente der jeweiligen Versicherungsprodukte direkt im Schadenskataster auffindbar sind. Je detaillierter die Daten bezüglich Schäden von Hagel, Sturm, Hochwasser oder Dürre sind, desto nützlicher sind sie für die Versicherungsbranche (z. B. bei der Regionalisierung).

2.2.2 Ingenieurbüros

Ingenieurbüros setzen Anpassungsmaßnahmen um bzw. unterstützen Entscheidungsträger bei der strategischen Planung. Daher ist ein Schadenskataster für Ingenieurbüros eine relevante Entscheidungsgrundlage. So können sie analysieren, an welchen Orten es Schäden gab und auf die entsprechenden Kommunen direkt zugehen. Der Staat Bayern fördert gemäß einer Interviewpartnerin beispielsweise Vorhaben zur Ermittlung von Überschwemmungsgebieten (inkl. der Erstellung einer öffentlich zugänglichen Karte mit überschwemmungsgefährdeten Gebieten) und Gefährdungsbetrachtungen. Bayerische Kommunen können für die Ausschreibung solcher Aufträge an Ingenieurbüros mit bis zu 75% finanziellem Zuschuss rechnen (STMUV 2024).

2.2.3 Deutscher Bauerverband (DBV)

Der Deutsche Bauerverband (DBV) unterstützt Landwirte dabei, sich auf die Auswirkungen des Klimawandels vorzubereiten. Systematisch erfasste Schäden helfen, die Anpassungsmaßnahmen zu optimieren.

Im Gespräch als ebenso wichtig hat sich zum anderen die finanzielle Unterstützung der Landwirte herausgestellt. Dabei geht es speziell um die Frage, ob Landwirte im Schadensfall ad-hoc Hilfen des Staats erhalten sollen oder Versicherungen einspringen. Ad-hoc Hilfen werden in Abhängigkeit von der betroffenen Anbaufläche und unabhängig von der tatsächlichen

Schadenssumme von Staat aus Steuermitteln ausgezahlt. Für die Versicherungsvariante müssten die LandwirtInnen vorab flächendeckend Versicherungen abschließen. Will der Staat Unterstützung leisten, wäre eine staatliche Teilfinanzierung der entsprechenden Versicherungsprämien (statt ad-hoc Hilfen) gemäß dem DBV die bessere Alternative. Der Grund ist, dass Versicherungen nach klaren Regeln und nach tatsächlicher Schadenshöhe ausbezahlt werden. Ein Schadenskataster und der darin im Zeitverlauf abgebildete Schaden hilft, den diesbezüglichen Handlungsbedarf abzuleiten.

2.2.4 Ratingagenturen

Auch Ratingagenturen haben ein Interesse daran, die Schäden eines Extremwetterereignisses und den daraus resultierenden Versicherungsauszahlungen der Versicherungsbranche einsehen zu können. Diese Informationen sind wichtig, um die Rentabilität und Kreditwürdigkeit der einzelnen Versicherungsunternehmen analysieren zu können. Falls die Versicherungsbranche aufgrund hoher Versicherungsauszahlungen an Rentabilität verliert, hat dies Auswirkungen auf das Kreditprofil der Versicherungsgesellschaften. Insbesondere (öffentliche) Versicherungsgesellschaften mit Fokus auf Wohngebäude- und Hausratsversicherungen sowie Elementarversicherungen für Privatpersonen und Unternehmen sind von Extremwetterereignissen wie Flussüberschwemmungen oder Sturzfluten stark betroffen. Ratingagenturen passen daraufhin entsprechend die Kreditwürdigkeit und Rentabilität der Versicherungsgesellschaften an (Fitch Ratings 2013).

2.3 Zwischenfazit

Ein Schadenskataster kann für die öffentliche Hand auf verschiedenen Ebenen (Bund, Bundesländer/Kommunen) eine Basis für die Planung der finanziellen Mittel und die strategische Ausrichtung der Anpassungspolitik bieten. Auch für Unternehmen und (staatliche) Institutionen könnte ein Schadenskataster eine wichtige Grundlage für das Monitoring der eigenen Exposition und als Basis für strategische Entscheide bezüglich Anpassungen oder Produktentwicklungen darstellen. Hierbei ist zu beachten, dass derzeit in der Regel anhand der Schadensdaten noch keine Aussagen zu Häufigkeitszunahmen von Extremwetterereignissen und deren Schäden aufgrund des Klimawandels getroffen werden können. Wir gehen davon aus, dass dies in der Zukunft aufgrund besserer Datengrundlagen und fortschreitendem Klimawandel vermehrt möglich sein wird, obschon mit hohen Unsicherheiten.

Die Befragung potenzieller NutzerInnen lässt eine Vielzahl an Bedürfnissen und Anforderungen an ein Schadenskataster erkennen. Unter den einzelnen Institutionen und AkteurInnen werden Schnittmengen sichtbar. So kann die Nutzung des Schadenskatasters den meisten potenziellen NutzerInnen vorwiegend der Plausibilisierung eigener Modellierungen oder der Unternehmensstrategien dienen. Die Versicherungsbranche kann ihre Prämienpolitik anhand eines umfangreichen Schadenskataster-Datensatzes gegenrechnen und plausibilisieren. Hierbei sind für die Versicherungen Details zu der Gesamtschadenssumme pro Ereignis genauso von Interesse wie jene zu der durchschnittlichen Schadenssumme pro Gebäudeeinheit. Für Forschungsinstitute sind Schadensdaten auf mindestens Gemeindeebene wünschenswert, um für ihre Modellierungen eine aussagekräftige Detailtiefe gewährleisten zu können. Eine möglichst späte Aggregation der Schadensdaten und entsprechend detaillierte Schadensaussagen in hoher Auflösung sind folglich wichtige Nutzungskriterien für mehrere InteressentInnen

Gleichzeitig gibt es mehrere potenzielle NutzerInnen, denen die Auflösung der Schadenswerte weniger wichtig ist als vielmehr Aussagen über die Schäden total. Hierzu zählen das Technische Hilfswerk (THW), der DBV sowie das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

(BBK). Hierzu gehört auch die Erstellung von „Lagebildern“ bzgl. der Angemessenheit politischer Antworten und der finanziellen Ausgaben für Klimavorsorge und -anpassung. Dies bedarf in erster Linie eine genügende Datenabdeckung, auch wenn die Daten nicht zu 100% akkurat sind. Daher sollten auch aggregierte Daten zur Verfügung gestellt werden. Wichtig ist es für mache AkteurInnen auch, Informationen zu den Unsicherheiten der Einträge zu erhalten (zum Beispiel in Form von Bandbreiten).

Die Auswahl der aufgeführten und untersuchten Schadenskategorien (siehe Kapitel 4) deckt die Bedürfnisse der befragten InteressentInnen weitestgehend ab. Insbesondere Daten zu monetären Schäden und der Anzahl beschädigter Gebäude und Infrastrukturen sind von großem Interesse. Sind beide Elemente bekannt, kann der durchschnittliche Schadenswerte pro beschädigtem Gebäude oder beschädigter Infrastruktur ermittelt werden. Bezüglich der Aktualität der Daten sind den meisten NutzerInnen (unabhängig vom betrachteten Ereignis) aussagekräftige und belastbare Schadenswerte wichtiger als eine möglichst zeitnahe Verfügbarkeit. Vor allem bei großen Ereignissen besteht aber auch ein Bedarf nach einer schnellen Verfügbarkeit (z. B. für den Bund).

Es wird ersichtlich, dass es eine Vielzahl an potenziellen NutzerInnen des Schadenskatasters gibt, welche konkrete Bedürfnisse an die Datennutzung stellen. Es besteht sektorenübergreifend ein breites Interesse sowie eine hohe Unterstützungsbereitschaft, welche der breit anerkannten Relevanz eines Schadenskatasters gerecht wird. Die Bedürfnisse (Ziele, Anforderungen etc.) aller betroffenen AkteurInnen einzubeziehen ist wichtig, da ein Schadenskataster möglichst vielen AkteurInnen nutzen sollte. Zudem ist davon auszugehen, dass man bei der Erstellung und Datenerfassung auf breite Unterstützung vieler Stakeholder angewiesen ist. Die vorliegende Studie zeigt die Bedürfnisse der einzelnen AkteurInnen auf, um eine Entscheidungsgrundlage zu bilden, auf Basis derer die Zieldefinition des Schadenskatasters vom UBA oder von anderen staatlichen Institutionen formuliert wird.

3 Schadensdatenbanken: Richtlinien und Praxisbeispiele

3.1 Einleitung

Das Konzept für ein Schadenskataster kann auf bisherigen Arbeiten aufbauen, welche analysiert haben, wie Schäden systematisch und möglichst vollständig erfasst werden. Vor allem im Kontext des Sendai Rahmenwerks sind bereits mehrere internationale Richtlinien und Hilfspapiere entstanden. Diese sollen bei der konkreten Umsetzung der Sendai-Ziele auf nationaler Ebene Unterstützung bieten und auf eine international möglichst homogene Praxis hinwirken. Letzteres fördert die Möglichkeiten eines möglichst einfachen Datenaustausches, was wiederum wichtig für ein effizientes globales Monitoring der erzielten Fortschritte ist. Nationale Schadensdatenbanken mit diesem Zweck verwenden als Dateneinträge immer Einzelereignis und sind nicht objektspezifisch aufgebaut.

Es existieren Leitfäden zu allen Aspekten des Sendai Rahmenwerks. So auch zu den Prozessen der (Schadens-)Datenerfassung und des zentralen Verwaltens dieser Daten (Datenbanken). Auf europäischer Ebene spielt vor allem das Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission eine wichtige Rolle, das mehrere Papiere mit sehr konkreten Leitfäden zum Thema veröffentlicht hat. Im Folgenden geben wir die Essenz dieser und andere Empfehlungen wieder.

3.2 Richtlinien für Schadensdatenbanken

3.2.1 Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission

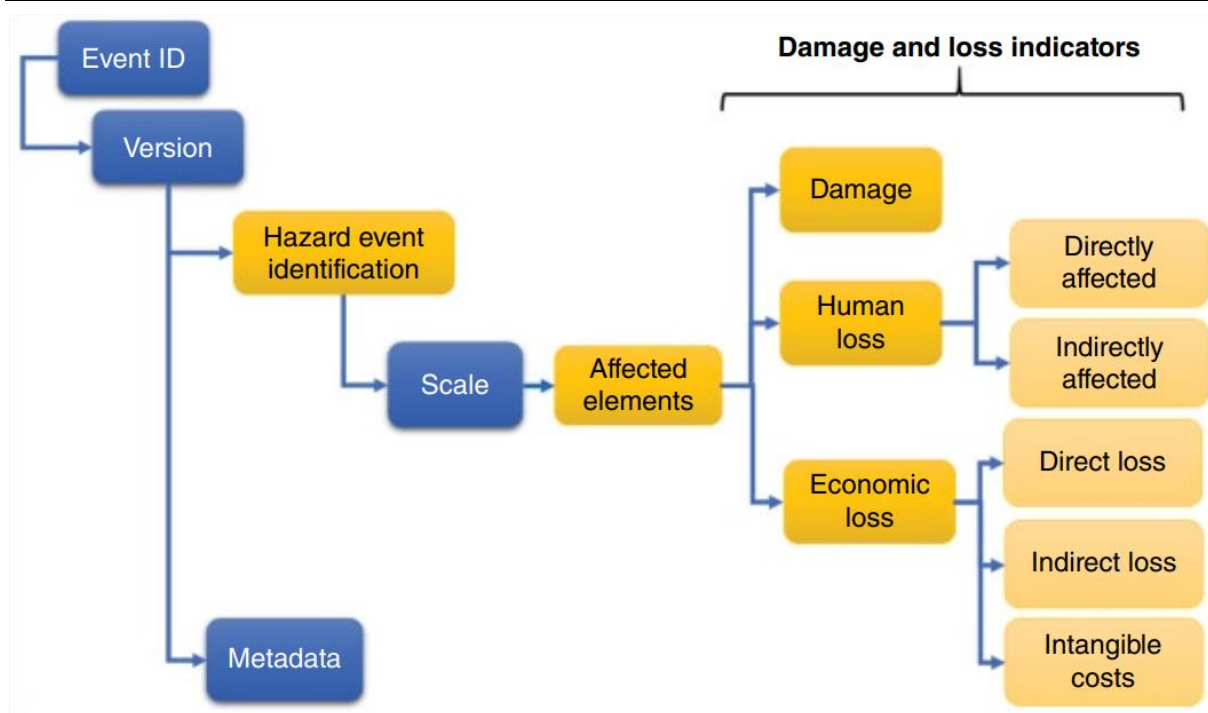
Die hier vorgestellten Richtlinien wurden jeweils vom einem KernautorInnenteam⁵ des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission in unterschiedlichen Publikationen diskutiert. Hauptsächlich in De Groeve et al. 2015, Corbane et al. 2015 und Ehrlich et al. 2017. In De Greve et al. 2014 wird neben der Methode auch ein Überblick über die aktuelle Praxis der Schadenserfassung und -organisation in verschiedenen europäischen Ländern vorgestellt.⁶ Im Folgenden wird vor allem auf die Diskussion in Ehrlich et al. 2017 Bezug genommen.

Es wird empfohlen, die Datenbankeinträge ereignisbasiert aufzubauen. Jeder Eintrag soll mit einer eindeutigen Kennzeichnung unmissverständlich einem Ereignis zugeordnet werden können. Das genaue Datenmodell wird in Ehrlich et al. 2017 ab Seite 21 skizziert. Abbildung 2 ist direkt Ehrlich et al. 2017 (S. 21) entnommen und stellt das Datenmodell schematisch dar.

⁵ Tom De Groeve, Christina Corbane, Daniele Ehrlich.

⁶ Im Falle von Deutschland wird HOWAS21 als Best-Practice-Beispiel diskutiert (siehe Kapitel 6.4).

Abbildung 4: Schema Datenmodell



Quelle: Ehrlich et al. 2017

Ausgangspunkt jedes Eintrages ist das einzelne Ereignis. Idealerweise wird dies mit der „Global Identifier“ (GLIDE)-Nummer identifiziert. Dies ist eine international verwendete ID für Schadensereignisse. Allerdings ist bisher nur für wenige Ereignisse in Deutschland eine GLIDE-Nummer vorhanden, so dass diese nur optional verwendet werden kann (GLIDENumber 2024). Auch die „Emergency Events Database“ (EM-DAT) (siehe Kapitel 3.3.1) bietet die Eingabe der GLIDE-Nummer optional an; bei den meisten Einträgen fehlt diese jedoch. Da nicht bei jedem Ereignis auf ein GLIDE zurückgegriffen werden kann, ist eine alternative ID zu definieren. In Kapitel 10.2.3 findet sich ein geeigneter Vorschlag zur Identifikation zukünftiger Extremereignisse. Für ein Ereignis können mehrere Datensätze vorhanden sein, um zum Beispiel zeitliche Verläufe oder räumliche Differenzierungen des Schadens darzustellen. Die Ereignis-ID müsste entsprechende Zusätze erhalten. Um den Gesamtschaden des Ereignisses zu erhalten, müssen allenfalls Datensätze aufsummiert werden.

Ein Datensatz besteht aus Indikatoren sowie Metadaten:

- ▶ Indikatoren, welche das Ereignis genauer charakterisieren («Hazard event identification» in Abbildung 4); zum Beispiel Ereignistyp, zeitliche und räumliche Ausdehnung, sowie Schweregrad des Ereignisses für den betroffenen Datensatz.
- ▶ Indikatoren, welche die betroffenen Elemente charakterisieren («affected elements»); Menschen, Gebäudetyp, Infrastruktur, Umwelt und weitere. Wie granular die betroffenen Elemente tatsächlich charakterisiert werden können, muss vorab definiert werden. Es wird empfohlen, zwischen notwendigen und optionalen Indikatoren zu unterscheiden.
- ▶ Indikatoren, welche die Schäden und Verluste⁷ der betroffenen Elemente charakterisieren («damage and loss indicators»).

⁷ Das Englische *loss* in diesem Kontext hat im Deutschen keine direkte (äquivalent verwendete) Entsprechung. Die schlussendlich verwendete Terminologie muss noch geklärt werden. Möglicherweise böte sich als übergeordneter Begriff «Auswirkungen» an.

- Metadaten enthalten Angaben zu Datenqualität, Art der Erfassung und beliebige weitere ergänzende Informationen.

Es sollen sämtliche möglichen Werte bzw. Attribute explizit oder durch Verweis auf weitere Quellen angegeben werden, um homogene Datensätze sicherzustellen. Es wird empfohlen, die technischen Richtlinien zu den Datenspezifikationen der „Infrastructure for Spatial Information in Europe“ (INSPIRE) (Europäische Kommission 2024b) zu übernehmen (siehe Kapitel 3.2.4).

Die genauen Definitionen der Schadensindikatoren verlangt besondere Aufmerksamkeit. Diese sollten granular genug sein, um Berichtspflichten zu genügen (siehe z. B. Kapitel 2.1.1), andererseits in der Umsetzung aber praktikabel sein. Das ideale Gleichgewicht ist nur im Austausch mit beteiligten AkteurInnen zu finden und muss das Schadenserfassungskonzept mitberücksichtigen. Ehrlich et al. 2017 machen sehr präzise Vorschläge, die sowohl den institutionellen Rahmen (siehe Subkapitel 2.1.1) als auch die Empfehlungen von IRDR DATA 2014 berücksichtigen. Tabelle 1 fasst die von Ehrlich et al. 2017 vorgeschlagenen Schadensindikatoren (und deren Messgrößen) zusammen.

Tabelle 1: Schadensindikatoren (damage and loss indicators)

Menschliche Verluste	Physische Schäden	Ökonomische Schäden
Tote	zerstörte Häuser	In lokaler Geldwährung...
Vermisste	beschädigte Häuser	direkte ökonomische Schäden
direkt betroffene Menschen	beschädigte oder zerstörte	nach Sektor und Schadensträger
(Betroffenheit durch Verletzung,	Bildungseinrichtungen	(privat, Versicherungen,
Vertreibung oder Isolation)	beschädigte oder zerstörte	Unternehmen, Staat, ...)
indirekt betroffene Menschen;	Gesundheitseinrichtungen	indirekte ökonomische Schäden
<i>optional</i>	beschädigte oder zerstörte	(Unterbrechung Betrieb, Zunahme
	Industrieanlagen; <i>optional</i>	Arbeitslosigkeit, Zunahme
	beschädigte oder zerstörte	Staatsschulden, ...); <i>optional</i>
	Gewerbebauten; <i>optional</i>	immaterielle ⁸ («intangible»)
	beschädigte oder zerstörte	Schäden (Auswirkungen auf
	Regierungs- und	Umwelt, Gesundheit, Kultur);
	Verwaltungsgebäude; <i>optional</i>	<i>optional</i>
	zerstörte oder beschädigte	
	Kilometer Straßen und Bahnlinien	
	Verlust Landwirtschaft	
	Verlorener Viehbestand	
	Waldverlust	

Quelle: Ehrlich et al. 2017. Analog: De Groeve et al. 2015, Corbane et al. 2015, eigene Darstellung, INFRAS

Bezüglich detaillierterer Ansätze zur Erfassung der ökonomischen Schäden verweisen Ehrlich et al. 2017 auf das Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) Konferenzpapier „Improving the Evidence Base on the Costs of Disasters“, welches im Rahmen eines ExpertInnen-Workshops verfasst wurde (OECD 2014). Eine Aufteilung der ökonomischen Schäden in versicherte und unversicherte Schäden ist nicht zwingend notwendig, wird aber empfohlen.

Die Frage der örtlichen Auflösung der erhobenen Daten ist zentral und deren Antwort muss im Licht der Machbarkeit betrachtet werden. Bei sauberem Aufbau der Datenbank ist es immer möglich, Daten zu aggregieren. Auf tiefere Ebenen kann jedoch nicht heruntergebrochen werden. Ehrlich et al. 2017 empfehlen hier die dritte Ebene der „Nomenclature of Territorial

⁸ Diese werden den ökonomischen Schäden zugeordnet; es wird anerkannt, dass diese schwer zu monetarisieren seien.

Units for Statistics“ (NUTS) von Eurostat (Europäische Union 2024a). Dies entspricht der Kreisebene, sprich Landkreisen und kreisfreien Städten wie z. B. Berlin oder Heilbronn.

Eine weitere von Ehrlich et al. 2017 definierte Anforderung ist, keine Grenzwerte für eine Erfassung in der Datenbank festzulegen, um ein möglichst vollständiges Bild der durch Schadensereignisse verursachten Schäden zu erhalten.

Schließlich erachtet das JRC den Schadenserfassungsprozess (bzw. allgemein Datenerfassungsprozess) als zentral. Abbildung 3 zeigt die in De Groeve et al. 2015 diesbezüglich angedachte Rollenverteilung und deren Aufgaben.

Abbildung 5: Rollen im Datenerfassungsprozess



Quelle: nach JRC/De Groeve et al. 2015, eigene Darstellung, INFRAS

3.2.2 Post-Disaster Needs Assessment (PDNA)

Die Post-Disaster Needs Assessment (PDNA) Richtlinien wurden von der Europäischen Kommission, der Entwicklungsgruppe der Vereinten Nationen (UNDG) sowie der Weltbank publiziert. Der Leitfaden und die zugrundeliegende Methode wurde mit dem Ziel entwickelt, für die oft schwierige und chaotische Phase nach einem größeren Schadensereignis einen standardisierten Handlungsrahmen für effektives Reagieren zur Verfügung zu stellen. Der Ansatz berücksichtigt alle beteiligten AkteurInnen und baut auf einer zentralen Koordination durch eine Regierungsstelle auf. Die Richtlinien gehen über den Rahmen der reinen Schadenserfassung hinaus. In separaten Dokumenten wird die Methodik für die Anwendung in unterschiedlichen Sektoren weiter aufgeschlüsselt (UNDP 2013). Trotzdem bieten sie interessante Ansatzpunkte, wie eine ähnlich koordinierte Reaktion auf Schadensereignisse, die sich ausschließlich auf die Schadenserfassung konzentriert, aussehen und aufgebaut werden

könnte. Die Datenerfassung soll stark regionalisiert, zugleich aber zentral koordiniert angegangen werden. Außerdem wird empfohlen, die Erfassung sektorbasiert durch eigene Sektor-Teams durchzuführen. In diesem Kontext wird explizit der Nutzen einer zentralen Datenbank erhoben, in die sämtliche von den unterschiedlichen AkteurInnen gesammelte Daten einfließen und so konsolidiert werden können. Dabei sei wichtig, dass man sich auf einheitliche Indikatoren einigt, auf deren Basis die Daten erhoben werden. Die Auswahl solcher Indikatoren hat einen großen Einfluss auf den Aufbau der Datenbank.

3.2.3 Integrated Research on Disaster Risk (IRDR)

Das „Integrated Research on Disaster Risk“ (IRDR) Programm beschäftigt sich global und interdisziplinär mit Risiken aus Naturgefahren und deren Verminderung. Es verfolgt einen praktischen und policy-orientierten Forschungsansatz (IRDR 2024). Die Forschung findet in vier Arbeitsgruppen mit jeweils eigenem Fokusthema statt. Die Disaster Loss Data (DATA) Gruppe beschäftigt sich dabei ausschließlich mit Fragen des Sammelns, der Speicherung und der Verteilung von Schadensdaten. Die Forschungsgruppe hat einen Leitfaden mit konkreten Empfehlungen zur Schadensdatenerfassung und -verwaltung publiziert. Da erste Herausforderungen bereits bei der Klassifikation von Ereignistypen beginnen, entstand als Grundlage außerdem ein Empfehlungspapier mit Fokus auf die Gefahrenklassifikation (IRDR DATA 2014). Die IRDR liefert wertvolle Einblicke in Herausforderungen und Ansätze der Schadenserfassung und -verwaltung und unterstreicht außerdem die Wichtigkeit, die diesem Baustein der umfassenden Katastrophenvorsorge zugeschrieben wird. Es wird an dieser Stelle allerdings nicht näher auf die IRDR-Richtlinien eingegangen, da sich die im Kapitel 3.2.1 vorgestellte Richtlinie des JRC auf die IRDR-Richtlinien beruft und diese für den europäischen Kontext konkretisiert.

3.2.4 Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)

Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) ist eine Initiative der Europäischen Kommission, mit dem Ziel, eine europaweit einheitliche Dateninfrastruktur für Raumdaten zu schaffen. In diesem Zusammenhang relevant ist die umfangreiche Richtlinie «Natural Risk Zones», welche Kategorisierung von Schadensereignissen beinhaltet (Europäische Kommission, 2013). Diesen Spezifikationen folgt beispielsweise das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie in ihrem Geoportal (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2024). Auch die in Kapitel 3.2.1 vorgestellten Richtlinien der JRC nutzt INSPIRE für die Typisierung der „betroffenen Elemente“.

3.2.5 Das Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment (RIPOSTA) Verfahren

Das von Ballio et al. 2018 entwickelte „Reliable Instruments for Post-Event Damage Assessment“ (RISPOSTA) Verfahren ist ein Leitfaden zur Schadenserfassung. Es betrifft die Sammlung, Speicherung und Analyse von Daten nach einem Katastrophenereignis, mit dem Ziel, Daten konsistent und zuverlässig zu sammeln. Die Daten sollen sich auf die verschiedenen exponierten Sektoren beziehen, um ein umfassendes Bild der Auswirkungen von Naturkatastrophen zu liefern. Zudem sollen sie auf der kleinsten Ebene (Gebäudeebene) erhoben werden, damit durch die anschließende Aggregation die richtige Analyseskala gewählt werden kann. Die Daten sollten zu verschiedenen Zeitpunkten entsprechend dem Verlauf des Ereignisses erhoben werden.

Die drei Phasen des RIPOSTA-Erfassungsprozesses bestehen im Einzelnen aus:

- ▶ Beschaffung von bereits vorhandenem Wissen über die Gefährdung und Anfälligkeit von Gebäuden: Fläche, Anzahl der Räume, Alter und Instandhaltungszustand von Gebäuden

durch Extraktion von Informationen aus bestehenden Datenbanken (z. B. Kataster- oder Risikokarten).

- ▶ Erhebung der Schäden an Gebäuden: Identifikation der zu untersuchenden Gebäude ausgehend von der vermessenen Fläche und der Kenntnis der Gebäudestandorte. Erfassung von Informationen über die Lage der Gebäude, die Gefahrenmerkmale am Standort der Gebäude (z. B. Wassertiefe, Vorhandensein von Sedimenten), die Expositions- und Verwundbarkeitsmerkmale der Gebäude, die direkten und indirekten Schäden, die die Gebäude und ihre Bewohner erlitten haben, sowie die vor und während eines Hochwassers durchgeführten Maßnahmen zur Schadensbegrenzung. Optional: zweite fakultative Erhebung einige Monate nach dem Ereignis, um Informationen über längerfristige Schäden (in der Regel indirekte Schäden) zu sammeln.
- ▶ Erfassung der monetären Schadensdaten: Während der Erhebung werden die Schäden in physischen Einheiten bewertet (z. B. Anzahl der beschädigten Türen, Quadratmeter der beschädigten Tür): Ermittlung des monetären Schadenswerts auf Grundlage der von den Eigentümern eingereichten Entschädigungsanträge.

3.3 Praxisbeispiele bestehender Schadensdatenbanken

3.3.1 Emergency Events Database (EM-DAT)

Allgemeine Beschreibung

Die Emergency Events Database (EM-DAT) ist eine der weltweit größten öffentlich zugänglichen Schadensdatenbanken. Sie ist ausführlich in Guha-Sapir (2021) dokumentiert. EM-DAT wurde an der Université Catholique de Louvain entwickelt und von einem kleinen Team gepflegt, ist also akademischen Ursprungs. Daten werden aus unterschiedlichen Quellen gewonnen, inklusive UN-Agenturen, Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs), Versicherungen, Forschungsinstitutionen sowie Presseagenturen. Die Datenbank ist daher keine Primärquelle (Die Datenbank besteht aus Einträgen zu Einzelereignissen, welchen sämtliche Datenpunkte, inklusive der verursachten Schäden, angehängt werden (EM-DAT, CRED UCLouvain 2024a). Die Ereignisse werden klassifiziert als geophysische, meteorologische, hydrologische, klimatologische, biologische oder extraterrestrische Gefahren. Für dieses Projekt relevant sind Extremtemperatur, Sturm (meteorologisch), Flut, Landrutschung, Wasserwellenbewegungen (hydrologisch) und Dürre (klimatologisch).

Es folgt eine weitere Aufteilung in Unterbereiche.⁹ Sämtliche in diesem Projekt als besonders wichtig identifizierten Ereignisse können einem dieser Unterbereiche zugeordnet werden. Die Gefahrenklassifikation basiert auf den Vorschlägen des internationalen Forschungsprogramms „Integrated Research on Disaster Risk“ (IRDR) aus dem Jahre 2014. Um in die Datenbank aufgenommen zu werden, muss einer der folgenden Schwellenwerte überschritten werden bzw. eine Bedingung erfüllt sein:

- ▶ 10 oder mehr Tote oder
- ▶ 100 oder mehr betroffene Personen oder
- ▶ Ausrufung eines Notstandes oder Aufruf zu internationalen Hilfeleistungen.

EM-DAT definiert auch unterschiedliche Typen von Auswirkungen («Impacts») mit jeweils zugehörigen Messgrößen. Diese Auswirkungen entsprechen den von einem bestimmten Ereignis

⁹ Beispiel: Group: Natural; Subgroup: Hydrological; Type: Flood, Subtype: Riverine Flood (EM-DAT, CRED UCLouvain 2024b)

verursachten Schäden und Verlusten (z. B. versicherte Schäden, gemessen in ereignis-aktuellen US-Dollars). EM-DAT unterscheidet hier zwischen Auswirkungen auf Menschen (human impact), ökonomischen Auswirkungen (economic impact) und Auswirkungen auf Infrastrukturen (infrastructure impact).

Versicherten Schäden und betroffenen Sektoren können separat ausgewiesen werden. Dies sind aber keine zwingenden Anforderungen, so dass zahlreiche Einträge keine solchen Einträge haben. EM-DAT sieht vor, dass die GLIDE-Nummer eines einzutragenden Ereignisses angegeben wird, wenn auch dies in Realität nur lückenhaft geschieht (siehe Kapitel 3.2.1). Die EM-DAT-Datenbasis wird intern täglich aktualisiert, wohingegen die öffentlich zugänglichen Daten alle drei Monate aktualisiert werden, um die Daten ausreichend validieren und gegenprüfen zu können (EM-DAT, CRED UCLouvain 2024c).

Nutzungsbedingungen

Der Zugriff auf die in EM-DAT abgelegten Daten ist für nicht-kommerzielle Zwecke uneingeschränkt möglich. Der gesamte Datenbestand für Deutschland kann als Excel-File heruntergeladen werden. Es wäre abzuklären, inwiefern eine direkte Übernahme von Daten in das Schadenskataster möglich ist, da die Nutzungsbedingungen explizit verbieten, eine aus EM-DAT abgeleitete Datenbank zu erstellen.¹⁰

Daten

Für Deutschland reichen die ersten eingetragenen Ereignisse natürlicher Ursachen bis 1920 zurück (Überschwemmung Donau). Für 1920 bis 2022 liegen 109 Einträge vor (Stand 12.09.2022). Davon weisen 66 Einträge Daten für die gesamten Schäden aus (39 Einträge weisen versicherte Schäden separat aus). Die geografische Ausdehnung ist meist nur grob angegeben und äußerst selten auf dem international empfohlenen Level der örtlichen Gebietskörperschaft (Kommune/Municipality; siehe Kapitel 3) vorhanden.

Nutzen für Schadenskataster

Aufgrund ihrer großen und pionierartigen Bedeutung stellt EM-DAT einen guten Anfangspunkt für erste mögliche Einträge im Schadenskataster dar, da sie mit den meisten internationalen Empfehlungen zum Aufbau nationaler Schadensdatenbanken konform ist. Aufgrund ihres globalen Fokus und der wechselhaften Datenqualität (insbesondere für Ereignisse mit regionaler Ausdehnung) ist sie aber nicht ausreichend, um ein Schadenskataster im hier angestrebten Ausmaß und der gewünschten Datenqualität zu speisen. Die Datenbank und die daraus gewonnenen Erfahrungen dienen daher primär als Vorbild.

3.3.2 Nationale Schadensdatenbanken

Auch andere Länder entwickeln nationale Schadensdatenbanken. Dazu gehören in Österreich mit der „Collection Standardization and Attribution of Robust Disaster Event Information“ (CESARE) -Datenbank (KIRAS 2018) und in der Schweiz mit der Schweizerischen „Nationalen Plattform Naturgefahren“ (PLANAT) -Datenbank (BAFU 2024a) prototypische und langjährig bestehende Datenplattformen für Naturgefahren. Außerhalb der DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz) ist die AJDA-Datenbank in Slowenien (AJDA 2024) und die „Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States“ (SHELDUS) Datenbank in den USA (ASU 2024) zu erwähnen (Rudari et al. 2017).

¹⁰ «The Licensee shall not have the right to sell, assign, transfer, rent, lease, sublicense, lend, give, or make available to others or otherwise transfer or dispose of the Database in its present form or as converted or modified by Licensee or Licensor, or make the Database available in any manner for use by any subsidiary establishment of Licensee or by any other person, or firm, or customer (EM-DAT, CRED UCLouvain 2024d).

1. CESARE-Datenbank in Österreich

In Österreich wurde mit dem CESARE-Projekt ein Prototyp einer nationalen Ereignis- und Schadensdatenbank entwickelt (Themessl et al. 2022). Dieser ermöglicht einen zentralen Zugang zu harmonisierten Ereignis- und Schadensinformationen auf Grundlage unterschiedlicher Datenquellen. Es handelt sich hierbei somit um ein diesem Vorhaben inhaltlich nahestehendes Projekt.

Das CESARE-System orientiert sich konzeptionell an den Grundlagen von De Groeve et al. 2015 und umfasst als prototypische Datenbank die Extremwetterereignisse Wasser/Sturzfluten, Sturm und Massenbewegungen (Erd-/Bergstürze, Lawinen). Die Schäden, Verluste und Einsatzkosten werden auf Basis der folgenden Datenquellen zusammengestellt:

- ▶ Schwerpunktprogramm „Georisiken Österreich“ (GEORIOS) der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt (GBA): GIS-gestützte Dokumentation gravitativer Massenbewegungen und entstandener Schäden (wie z. B. Personenschäden, Sachschäden), die jedoch keine monetären Schadenshöhen enthalten (Tilch et al. 2011).
- ▶ Digitaler Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) des Österreichischen Forsttechnischen Dienstes: GIS-gestützte Naturgefahrenportal mit Informationen zu Wildbach- und Lawineneinzugsgebieten, Gefahrenzonenplänen sowie zusätzlichen Basisdaten wie Naturraum- und Grundstücksinformationen. Erfasst werden Ereignisse zu Hochwasser- und Sedimentkatastrophen, Schneelawinen, Rutschungen und Steinschlag (BML 2024a).
- ▶ Hochwasser-Fachdatenbank (HWFDB) der Bundeswasserbauverwaltung (BWV): Dient der Abwicklung des Datenaustausches zwischen Bund und Bundesländern und für Berichtspflichten an die Europäische Kommission im Rahmen der EU-Hochwasserrichtlinie 2007/60/EG (siehe Kaufmann et al., 2013). Daten umfassen Gefahren- und Risikokarten sowie Hochwasserrisikomanagementplänen einerseits und Hochwasserereignisse andererseits. Hochwasserereignisse umfassen grobe Schätzungen des gesamten direkten wirtschaftlichen Schadens und der Wiederherstellungskosten von beschädigten Hochwasserschutzanlagen (BML 2024b).
- ▶ Projekt „Violent Observed Local Assessment“ (VIOLA) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG): ZAMG-Datenbank erfasst seit 1948 sämtliche Schäden infolge eines Extremwetterereignisses wie Starkregen, Hagel, Blitzeinschläge, Sturm sowie Ereignisse von ausgeprägter Dauer wie Dauerregen, Dürre und Hitze- bzw. Kälteperioden. Als Datenquelle dienen Medienberichte. Die räumliche Auflösung reicht von der Gemeinde- bis zur Staatsebene. VIOLA-Projekt (Projektzeitraum 2014-2019) ermöglicht die Eingabe und Abfrage der ZAMG-Daten in Form einer digitalen Unwetter-Plattform. Das Projekt ist vorerst abgeschlossen. Während sich die Datengrundlage des Projekts auf das Jahr 2016 beschränkte, ist eine strukturierte Erfassung aller verfügbaren historischen Unwetterdaten geplant. Inwiefern die Entwicklung mittlerweile fortgeschritten ist, ist nicht bekannt (GeoSphere Austria 2024).
- ▶ Nationaler Katastrophenfonds des Bundesministeriums für Finanzen: In Österreich sind die Landesverwaltungen für die Abwicklung von Entschädigungszahlungen für nicht versicherbare außergewöhnliche Schäden bei Naturkatastrophen zuständig. Privatpersonen können einen Antrag auf Unterstützung aus dem Katastrophenfonds bei ihrer Gemeinde stellen, sobald ihr Vermögen einen Schaden durch Naturkatastrophen nimmt. Ein Teil der Schäden können durch den nationalen Katastrophenfonds erstattet werden. Zu diesem

Zweck werden die Wiederherstellungskosten von Schäden am Eigentum von natürlichen und juristischen Personen, Gemeinden und Staaten erhoben und bewertet (BMF 2022).

2. Nationale Plattform Naturgefahren Schweiz (PLANAT)

Übergeordnetes Ziel der Schweizerischen „Nationalen Plattform Naturgefahren“ (PLANAT) ist es, in der Schweiz eine «Risikokultur» im Bereich der Naturgefahren zu schaffen, um die Vorbeugung von Naturgefahren und das Naturrisikomanagement im Allgemeinen zu fördern. PLANAT fördert dazu die Koordination verschiedener (staatlicher und nicht-staatlicher AkteurInnen) im Bereich Naturgefahren und somit das allgemeine Risikobewusstsein.

Bei PLANAT handelt es sich um eine außerparlamentarische Kommission, die 1997 vom Schweizer Bundesrat eingesetzt wurde und dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) angegliedert ist. Sie identifiziert einen «verstärkten Erfahrungsaustausch sowie eine bessere Koordination unter allen beteiligten AkteurInnen» als einen der zentralen, für die Zielerreichung zu realisierenden, Punkte (PLANAT 2020 S.2). Wesentliche Aufgabe der PLANAT ist die Ausarbeitung einer Strategie für den Umgang mit Risiken aus Naturgefahren.

Die Datenpflege vergangener Ereignisse und Erfassung neuer Ereignisse wird im neusten publizierten Strategiepapier nicht explizit erwähnt, da sich dieses auf höherer Flughöhe bewegt. Die Strategie 2018 fordert eine klare Prioritätensetzung auf sieben Handlungsfelder (PLANAT 2018 S.22f). Davon fallen vier in den Bereich der Kooperation im weiteren Sinne: «Vergleichbaren Umgang mit Risiken etablieren», «Integrales Risikomanagement auf allen Ebenen etablieren», «Zuständigkeiten klären», «Wissen erweitern und austauschen». Ein Schadenskataster, wie es das Projekt anstrebt, fällt am ehesten unter die Priorität «Integrales Risikomanagement auf allen Ebenen etablieren», wozu auch die «Implementierung eines zukunftsgerichteten Risikomonitorings» gehört. PLANAT sieht in diesem Punkt insbesondere die Behörden, Versicherungen, PlanerInnen und IngenieurInnen angesprochen, was sich mit den in unserem Projekt identifizierten möglichen KooperationspartnerInnen deckt.

3. Unwetterschadens-Datenbank der Schweiz

In der Schweiz wird seit dem Jahr 1972 eine Unwetterschadens-Datenbank betrieben. In die Datenbank werden sämtliche Schäden infolge von Hochwasser (durch langanhaltenden Regen sowie Gewitter), Murgängen, Rutschungen und Sturzprozessen in der Schweiz eingespeist. Hierzu werden Presseartikel gesichtet und Angaben über Schäden systematisch zusammengetragen. Schäden infolge von z. B. Lawinen, Schneedruck, Erdbeben, Blitzschlag, Hagel, Sturm oder Trockenheit werden nicht berücksichtigt (WSL 2024).

Die Datenbank umfasst sowohl Angaben über finanzielle Schäden in Form von geschätzten direkten Schäden als auch physische Schäden wie Todesopfer und Verletzte. Indirekte Schäden werden nicht berücksichtigt. Darüber hinaus erfolgt eine Aufteilung in versicherte und unversicherte Schäden. Die Schäden werden zudem – wenn möglich – in Sachanlagen, Infrastruktur, Wald- und Landwirtschaft differenziert. Wenn aus Presseartikeln keine Angaben über monetäre Schäden ausgelesen werden können, erfolgt eine Schätzung der Schadenswerte auf Grundlage von Erfahrungswerten. Bei Großereignissen werden neben öffentlich zugänglichen Presseartikeln auch weitere Daten von Versicherungen, Krisenstäben sowie Gemeinden, Kantonen und vom Bund hinzugezogen. Mithilfe der langen Zeitreihen lassen sich nicht nur Analysen über die zeitliche und räumliche Verteilung der Naturkatastrophen durchführen, sondern – wenn möglich – auch deren Ursache bestimmen.

Die Datenbank wird von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) betrieben und vom BAFU finanziert. Die Schadensbilanz wird alljährlich in der Zeitschrift «Wasser Energie Luft» veröffentlicht. Interessierte Institutionen wie z.B.

Ingenieurbüros oder Behörden erhalten die frei verfügbaren Daten auf Anfrage. Für diese bilden die Datenbankeinträge eine wichtige Grundlage für die Gefahrenbeurteilung und die Planung und Projektierung von Katastrophenschutzmaßnahmen.

4. Naturereigniskataster StorMe

Das Naturgefahrenkataster StorMe umfasst sowohl eine webbasierte GIS-Applikation als auch eine Naturereignis-Datenbank für die Schweiz. Die aktuelle Version StorMe 3.0 steht seit 2019 im Betrieb und löste die frühere Version 2.0 aus dem Jahr 2001 ab (BAFU 2024b).

Zum einen umfasst die zentrale StorMe-Datenbank sämtliche Naturereignisse der Kategorien Wasser, Rutschung, Sturz, Lawine und Einsturz/Absenkung. Ziel der Datenerfassung ist hierbei, die Prozesse, Ursachen und Auswirkungen von Naturereignissen aufzuzeichnen. Mithilfe dieser lassen sich Gefahrenbereiche lokalisieren und die Wiederkehrperiode gefährlicher Prozesse abschätzen.

Zum anderen ermöglicht eine StorMe-Applikation, eine Erstmeldung zu tätigen. Diese kann von jeder Einzelperson und ohne Benutzer-Account durchgeführt werden. Die Erstmeldungen werden im Anschluss durch Fachstellen der Kantone, des Bundesamts für Straße (ASTRA) und der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) verarbeitet. Erstmeldungen sind für das Naturereigniskataster zunächst nicht relevant, jedoch können sie nach einer entsprechenden Prüfung zu einer Eintragung als StorMe-Objekt führen (BAFU 2024b).

Datenbank und Applikation wurden vom BAFU in Auftrag gegeben und zusammen mit anderen Stakeholdern entwickelt. Dazu gehören die Schweizer Kantone, das ASTRA, die SBB, die WSL, die Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich sowie das Geographische Instituts der Universität Zürich. Die Datenbasis der StorMe-Datenbank stammt von den Stakeholdern selbst.

5. AJDA-Datenbank in Slowenien

Die im Jahr 2003 entwickelte AJDA-Datenbank gilt ist eine Schadensdatenbanken für landwirtschaftliche Schäden und Schäden an Eigentum (AJDA 2024). Verantwortlich für das Projekt ist die Verwaltung für Katastrophenschutz und Katastrophenhilfe (ACPDR), welches dem Verteidigungsministerium des Landes unterstellt ist. Es besteht eine Kommission für die Schadensbewertung, welche sich aus der nationalen, 13 regionalen und insgesamt 212 kommunalen Kommissionen zusammensetzt. Die von spezialisierten Bewertungsteams durchgeführten Schadenserhebungen werden in einer Datenbank gesammelt und der Datenoutput mit weiteren nationalen Registern abgeglichen. Dieses Prozedere ermöglicht eine kurzfristig verfügbare und evidenzbasierte Datenbasis zu Verlusten in der Landwirtschaft, der Industrie sowie der Privathaushalte. Die Daten werden in Form einer GIS-gestützte Anwendung dargestellt. Die Datenbank und das Portal sind hierbei nicht öffentlich zugänglich, in erster Linie zum Schutz der Privatsphäre (DG-ECHO 2021).

6. "Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States" (SHELDUS) Datenbank in den USA

Die „Spatial Hazard Events and Losses Database for the United States“ (SHELDUS) Datenbank deckt sämtliche Naturgefahrenschäden des Zeitraums 1960 bis heute auf Bezirksebene in den USA ab. Die Angaben umfassen die räumliche Betroffenheit (je Bezirk und Bundesstaat) sowie direkte Schäden wie Sach- und Ernteverluste, Verletzte und Tote. Darüber hinaus werden die versicherten Ernteverluste in Form von Entschädigungszahlungen des US-Landwirtschaftsministeriums ausgewiesen. Die SHELDUS-Datenbank wird aus mehreren Gefahrendatenbanken des „National Centers for Environmental Information“ (NCEI) für Schäden an u.a. Eigentum sowie des US-Landwirtschaftsministeriums für landwirtschaftliche Schäden

zusammengetragen. Die Datenbank ist zwar öffentlich zugänglich, jedoch zahlungspflichtig (ASU 2024).

Nutzen für Schadenskataster in Deutschland

Das CESARE-Portal selbst sowie die zugrundeliegenden Datenquellen (insb. VIOLA) sind für das Schadenskataster dahingehend von Nutzen, dass wir den Strukturaufbau der Datenbanken in das aktuelle Vorhaben einfließen lassen. Das VIOLA-Projekt steht dem Vorhaben des Schadenskatasters inhaltlich sehr nah: Das Ziel war, historische sowie zukünftige Schadenswerte infolge von Extremwetterereignissen zu vereinheitlichen und in eine zentrale Schadensdatenbank einzuspeisen. Da für das VIOLA-Projekt österreichische Daten aus nationalen Datenbanken verwendet werden, ist keine direkte Übertragung des Projekts auf das deutsche Schadenskataster möglich. Für einen möglichen späteren Aufbau eines GIS-basierten Tools des Katasters, als dessen Datengrundlage das Schadenskataster genutzt werden könnte, können zusätzlich dazu die Erfahrungen und bestehenden Strukturen des VIOLA-Projekts genutzt werden.

Das PLANAT-Portal richten sich an den gesamten Risikomanagementzyklus, inklusive raumplanerische Instrumente, bauliche Prävention (Schutzbauten, Unterhalt) und Ereignisbewältigung. Unter letzterem wird nicht explizit auf den Prozess der Schadensdatenerhebung eingegangen, sondern vor allem auf Intervention, Umgang mit der Bevölkerung und Wiederaufbau fokussiert. Strategien zum Risikodialog und Wissensaustausch von PLANAT sind entsprechend schwierig für den hier zugrundeliegenden Projektkontext zu verwenden, da sie sich auf einer anderen Flughöhe bewegen. Nichtsdestotrotz können die Erfahrungen und Ansätze der PLANAT zur Förderung der Koordination zwischen den verschiedenen staatlichen und nicht-staatlichen Stakeholdern im Bereich Naturgefahren hilfreich sein.

Die Herangehensweise des AJDA-Portals konnte nicht nur für den weiteren Aufbau des Schadenskatasters genutzt werden: So könnte die Zusammenstellung einer nationalen, sowie regionalen und kommunalen Kommissionen auch in Deutschland in Betracht gezogen werden. Zusätzlich ließe sich die Umsetzung einer GIS-gestützten Anwendung des Schadenskatasters an das AJDA-Portals anlehnen.

Aus dem SHELDUS-Portal sind hingegen keine nennenswerten zusätzlichen Funktionen oder Anwendungen zu entnehmen.

4 Konzeption eines Schadenskatasters

Im folgenden Kapitel beschreiben wir konzeptionelle Elemente des Katasters, die sich unter anderem aus den Erkenntnissen der Kapitel 2 und 3 ableiten. Zudem beschreiben wir kurz die relevanten Ereignistypen und deren Indikatoren.

4.1 Struktur Schadenskataster

Je Ereignis kann das Kataster folgende Bereiche beinhalten:

- ▶ Direkte monetäre Schäden (in € und physischen Einheiten)
- ▶ Nicht-monetäre Schäden (Schäden, die keinen Marktpreis haben)

Der Schwerpunkt des Schadenkatasters sollte auf direkten monetären Schäden liegen. Direkte Schäden sind solche Schäden, die unmittelbar aus dem Ereignis folgen (räumlich und zeitlich mit klarer Kausalität). Monetäre Schäden sind solche Schäden, die einen Marktwert haben. Ein Beispiel für direkte monetäre Schäden sind die Schäden an Gebäuden oder an Infrastruktur durch Starkregen und Flussüberschwemmungen.

Soweit möglich, soll auch das zugrunde liegende Mengengerüst der physischen Schäden durch geeignete Indikatoren erfasst werden (z. B. Anzahl der zerstörten Wohngebäude oder Kilometer zerstörter Eisenbahnstrecke). Dies ist für viele NutzerInnen eine wichtige Information und für eine Plausibilisierung bzw. Konsistenzprüfung relevant.

Als Folge der direkten Schäden treten räumlich oder zeitlich versetzt auch indirekte Schäden auf (z. B. Produktionsausfälle entlang der Wertschöpfungskette). Diese sind in der Regel mit größeren Unsicherheiten behaftet, da sie sich meist nur über umfangreiche Annahmen bzw. Modellierungen abschätzen lassen.¹¹ Indirekte Schäden sollten vorerst im Kataster nicht berücksichtigt werden und sind kein Fokus dieser Studie. Mittelfristig sollten indirekte Schäden aber berücksichtigt werden (siehe Kapitel 11.3).

Nicht-monetäre Schäden fallen für Elemente an, die keinen offensichtlichen Marktpreis haben und daher schwer in monetären Werten darzustellen sind. Diese sind beispielsweise Menschenleben, menschliche Gesundheit sowie nicht direkt auf Menschen bezogene Aspekte wie Umweltschäden, Beeinträchtigung von Ökosystemen oder der Verlust kulturellen Erbes (siehe auch folgende Box).

Der konkrete Strukturvorschlag für ein Schadenskataster ist im dargestellt und wird außerdem in den Kapiteln 10 und 11 diskutiert.

Box: Abgrenzung zwischen monetären und nicht-monetären Schäden

Bei der Mehrheit der betrachteten Schadensarten für die verschiedenen Ereignis-Typen handelt es sich um monetäre Schäden. Diese umfassen Schäden an Ressourcen, Waren und Dienstleistungen,

¹¹ Indirekte Schäden lassen sich definieren als Rückgang der wirtschaftlichen Wertschöpfung als Folge von direktem wirtschaftlichem Schaden. Es gibt mikroökonomische Auswirkungen (z. B. Einkommensrückgänge aufgrund von Betriebsunterbrechungen), mesoökonomische Auswirkungen (z. B. Einkommensrückgänge aufgrund von Auswirkungen auf natürliche Ressourcen, Unterbrechungen von Versorgungsketten oder vorübergehende Arbeitslosigkeit) und makroökonomische Auswirkungen (z. B. Preissteigerungen, Anstieg der Staatsverschuldung, negative Auswirkungen auf die Börsenkurse und Rückgang des BIP). Indirekte Schäden können innerhalb oder außerhalb des Gefahrengebiets auftreten und treten oft mit einer Verzögerung ein. Daher können sie immateriell oder schwer zu messen sein. Indirekte Schäden können (ungenau) mit verschiedenen Methoden ermittelt werden. Ein Ansatz ist die ökonometrische Bewertung historischer Daten aus der Vergangenheit - mit verschiedenen Methoden wie Differenz-in-Differenz oder synthetischer Kontrolle. Ein anderer Ansatz besteht darin, ein Wirtschaftsmodell zu erstellen, das dann mit dem entsprechenden Schock (dessen Größe aus Beobachtungsdaten ermittelt wird) gestört wird. Dazu können statische oder dynamische Input-Output-Modelle oder berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodelle verwendet werden.

die mit einem Marktwert gehandelt werden. Nicht-ökonomische Schäden werden hingegen verstanden als Schäden an Gütern, welche keine wirtschaftlichen Güter sind und entsprechend nicht in Märkten gehandelt werden (UNFCCC 2013). Diese Kategorie von Schäden tritt auf drei verschiedenen Ebenen auf: Privatpersonen (z. B. gesundheitliche Schäden), Gesellschaft (z. B. Verlust von kulturellem Erbe) und Umwelt (z. B. Biodiversität). Nicht-monetären Schäden können in der Regel sowohl durch Extremwetterereignisse als auch durch graduellen Klimawandel verursacht werden. Sie können einen ähnlich starken Einfluss auf menschliche Wohlfahrt haben wie monetären Schäden und sind daher für eine umfassende Betrachtung von Klimawandelbedingten Schäden zu berücksichtigen.

Der Wert sowie der Werteverlust nicht-monetäre Schäden ist nur schwer quantifizierbar (Serdeczny et al. 2016), weil die Schäden Kontext-abhängig sind sowie eine Unvergleichbarkeit besteht. Kontextabhängigkeit beschreibt, dass nicht-monetäre Werte durch eine spezifische Mensch-Natur Beziehung entstehen (Serdeczny 2019; S. 209). Ein Beispiel hierfür ist die kulturelle Bedeutung von Gletschern in Dörfern in den Anden, welche im Zentrum von traditionellem Wissen und kulturellen Narrativen stehen. Unvergleichbarkeit beschreibt, dass nicht-monetäre Werte nicht auf einer einheitlichen Skala bewertet werden können.

Diese Herausforderungen bei der Erfassung erschweren die Integration nicht-monetären Schäden in das Schadenskataster. Dennoch ist die Berücksichtigung wesentlich für eine vollständige Abdeckung von relevanten Schäden. Dabei ist es möglich, einzelne Komponenten von Schäden monetär abzubilden oder sich diesen anzunähern. Zum Beispiel können finanzielle Verluste für die Land- und Forstwirtschaft durch eingeschränkte Ökosystemleistungen abgebildet werden. Diese bilden jedoch nicht das vollständige Schadensausmaß ab, sondern nur jenen Teil, der für eine marktwirtschaftliche Aktivität (Land- und Forstwirtschaft) relevant ist. Der darüber hinausgehende Wert, zum Beispiel der Erholungswert oder positive Gesundheitliche Auswirkungen eines Waldes, werden hiermit nicht erfasst.

Zu erwähnen im Kontext der Erfassung von Klimaschäden ist, dass es neben dem in dieser Studie primär verfolgten bottom-up Ansatz auch eine Vielzahl von top-down Methoden gibt (z. B. allgemeine Gleichgewichtsmodelle oder makro-ökonomische Modelle). Ein Beispiel dafür bildet die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) beauftragte Studie von Flaute et al. (2022), die mit Hilfe einer Szenarioanalyse und unter Verwendung eines makroökonomischen Modells die volkswirtschaftlichen Folgekosten durch den Klimawandel bis 2050 berechneten. Diese unterscheiden sich methodisch fundamental von dem hier besprochenen Ansatz und werden daher nicht weiter beschrieben.

4.2 Ereignis-Typen und deren Indikatoren

In dieser Studie werden die in Tabelle 2: Fokus der Studie aufgeführten Ereignistypen analysiert.¹²

¹² Andere Schadenskategorien (z. B. Todesfälle durch Starkregen und Sturzfluten oder landwirtschaftlichen Schäden durch Flussüberschwemmungen) werden hingegen nicht näher analysiert.

Tabelle 2: Fokus der Studie

Ereignistyp	Schadenskategorien deren Datenquellen in den Kapiteln 6 bis 8 analysiert werden	Gruppe
Starkregen & Sturzfluten	Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen	monetär
Flussüberschwemmungen	Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen	monetär
Dürre	Schäden Landwirtschaft	monetär
	Ökosysteme	nicht-monetär
Hitze	Menschliche Gesundheit	nicht-monetär

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Im Folgenden werden die Ereignistypen und zugehörige Indikatoren kurz beschrieben. Darüber hinaus geben wir einen Überblick über mögliche Quellen für Schwellenwerte, anhand derer entschieden werden kann, inwieweit ein Ereignis des jeweiligen Typs als „extrem“ eingestuft wird und damit in das Kataster aufzunehmen ist. Unsere konkrete Empfehlung für Schwellenwerte pro Ereignistyp folgt in 4.4.2.

4.2.1.1 Starkregen und Sturzfluten

Starkregen sind Ereignisse mit großen Niederschlagsmengen, die lokal begrenzt und in kurzer Zeit auftreten.¹³ Wenn die Regenmassen vom Boden nicht mehr aufgenommen werden können oder die normalen Entwässerungssysteme überlastet sind, folgt der Oberflächenabfluss der örtlichen Topografie. Dieser Abfluss wird als wild abfließendes Wasser bezeichnet. Starkregenereignisse können daher prinzipiell überall in Deutschland auftreten, auch weit entfernt von Gewässern (z. B. im Hügelland).

Sturzfluten folgen sehr ähnlichen Prozessen, sind aber etwas großräumiger. In der Regel ist ein kleineres (Fließ-)Gewässer beteiligt, in dem sich die Niederschlagsmassen sammeln und das dann über die Ufer tritt. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden Kategorien ist nicht immer eindeutig und im Zusammenhang mit dem Kataster von untergeordneter Bedeutung. Auch der Schwellenwert für die Erfassung ist derselbe. Im Folgenden werden daher Starkregen und Sturzfluten gemeinsam behandelt.

Box: Einflussfaktoren Schäden

Die durch Starkregen und Sturzfluten verursachten Schäden hängen von einer Reihe von Faktoren ab:

- ▶ 1. Exposition und Sensitivität: potenziell betroffene Gebäude, Infrastruktur, Menschen etc.
- ▶ 2. (Anpassungs-)Maßnahmen: Meteorologische Vorhersagen solcher Ereignisse sind erst kurz vor deren Eintreten möglich. Akute Maßnahmen (z. B. Evakuierungen) sind daher meist nicht möglich. Vorbeugende Maßnahmen können jedoch die Schäden verringern.
- ▶ 3. Gefährdung: Die Schäden hängen (i) von der Menge des abfließenden Wassers ab. Relevant sind hierfür v. a. die Niederschlagsmenge, aber auch Faktoren, welche das Aufnahmevermögen der Böden verringern (hohe Bodenfeuchte, verdichtete Böden oder generell Versiegelung) und so zu mehr wild abfließendem Wasser führen (DWD, 2022c). Betroffen sind daher häufig urbane Gebiete, in denen z. B. Keller oder U-Bahnschächte

¹³ Die folgende Beschreibung basiert auf der Informationsseite des Bayerischen Landsamts für Umwelt (LFU 2024a)

volllaufen. Des Weiteren ist (ii) die Geschwindigkeit der Wassermassen aufgrund der Abflusstopografie schadensrelevant.¹⁴ Sturzfluten mit großen Schäden treten daher vor allem in hügeligen oder bergigen Regionen auf (z. B. Simbach oder Ahrtal). Das abfließende Wasser kann (iii) zudem schwere Gegenstände (z. B. gelagertes Holz oder Autos) mitreißen, was zu zusätzlichen Schäden führt.

Eine potenzielle Quelle für Schwellenwerte sind die **Warnungen vor Starkregenereignissen**, welche der Deutsche Wetterdienst (DWD) definiert (DWD 2024a): Im Kontext dieses Kapitels sind die Warnungen für «Starkregen» (der Starkniederschläge bis zu 6 Stunden erfasst¹⁵) und der Indikator „Dauerregen“ (der Starkniederschläge bis zu 72 Stunden erfasst¹⁶) relevant. Für beide gibt es die Warnschwellen 2 bis 4. Die meisten Schäden sind bei der Warnschwelle 4 zu erwarten, die der DWD wie folgt beschreibt:

„Die erwartete Wetterentwicklung ist extrem gefährlich. Es können lebensbedrohliche Situationen entstehen und große Schäden und Zerstörungen auftreten. Häufig sind dabei größere Gebiete betroffen.“ (DWD 2024b)

Nach Absprache mit dem DWD eignen sich Warnungen nicht direkt als Indikator, da diese vor dem Ereignis ausgerufen werden und daher auf Prognosen und nicht auf Messdaten beruhen. Für das Schadenskataster sind ex post-Daten nötig. Zudem haben Warnungen einen systematischen Fehler, um eine Warnung vor einem gefährlichen Ereignis möglichst nicht zu verpassen (d. h. Warnungen könnten die tatsächliche Stärke des Ereignisses bewusst überschätzen). Schließlich beinhalten Warnungen nur Informationen zu der erwarteten Niederschlagsmenge, aber nicht zu den diversen anderen Einflussfaktoren für Schäden (siehe Box). Die Einstufungen der Warnklassen sind aber hilfreich (siehe unten).

Eine weitere potenzielle Quelle für Schwellenwerte sind die **Schwellen der Geodatenbank „Knowledge Database on European Climate Extremes“ (KRONER)** (siehe auch Kapitel 6.7). Dieser wurden im Rahmen des World Meteorological Organization Regional Association VI Regional Climate Centre (WMO RA VI RCC) Netzwerks¹⁷ vom DWD und anderen AkteurInnen definiert, um eine Extremereigniskarte für Europa zu erstellen. Die Schwellenwerte sind wie folgt (WMO 2018):

- ▶ Das Ereignis muss mindestens drei Tage andauern. Das Ereignis muss allerdings nicht ortsgebunden sein.
- ▶ Es muss ein extremer Charakter nachweisbar sein. Dies ist der Fall, wenn ein Ereignis erheblich von einem Normalzustand abweicht, bspw. wenn das 90. Perzentil überschritten oder das 10. Perzentil unterschritten wird. Ein extremer Charakter ist auch gegeben, wenn ein neuer (lokaler) Rekord gemeldet wird.
- ▶ Es muss eine räumliche Ausdehnung des Ereignisses „von mindestens einigen 100km“ vorliegen.
- ▶ Es müssen ökologische und/oder wirtschaftliche Auswirkungen nachgewiesen werden. Dazu müssen öffentlich verfügbare Daten vorhanden sein.

¹⁴ Das Video der Sturzflut in Simbach zeigt eindrucksvoll, welche enormen Kräfte entstehen können (LFU 2024a)

¹⁵ z.B. Warnstufe 4: mehr als 40 l/m² in 1 Stunde oder mehr als 60 l/m² in 6 Stunden

¹⁶ z.B. Warnstufe 4: mehr als 70 l/m² in 12 Stunden oder mehr als 80 l/m² in 24 Stunden oder mehr als 90 l/m² in 48 Stunden oder mehr als 120 l/m² in 72 Stunden.

¹⁷ Regional Climate Centres (RCCs) der Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization, WMO)

Die Schwellenwerte der KRONER-Datenbank sind in der derzeitigen Definition für das Schadenskataster nicht geeignet, da sie für eine großflächige Analyse von Extremereignissen in ganz Europa und Nordafrika ausgelegt. Um eine aussagekräftigere, nationale Analyse durchzuführen, bedürfte es einer Anpassung der Schwellenwerte (insbesondere der räumlichen Ausdehnung). Der DWD erarbeitet momentan eine Anpassung bzw. Differenzierung der Schwellenwerte auf nationaler Ebene, die allenfalls hinsichtlich der Eignung für das Schadenskatasters evaluiert werden könnten.

Schließlich gibt es die **Schwellen der „Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events“ (CatRaRE) Datenbank** des DWD CatRaRE ist eine Sammlung radar-basierter Starkniederschlagsereignisse, welche der DWD als Grundlage für die Analyse von Schäden in Deutschland seit der Sturmflut im Sommer 2021 erhebt. Die Datenbank umfasst rückwirkend alle Starkniederschlagsereignisse seit dem Jahr 2001 (DWD 2024c). Für die CatRaRE-Datenbank hat der DWD einen speziellen Prozess zur Detektion von Starkniederschlagsereignisse definiert (siehe folgende Box). Wir empfehlen, diesen Prozess als Grundlage für die Schwelle des Schadenskatasters zu verwenden. Im Kapitel 4.4.1 beschreiben wir unsere diesbezüglichen konkreten Empfehlungen.

Zudem führt die CatRaRE-Datenbank eine Reihe weiterer Indikatoren, die für die genaue Analyse von Starkregenereignisse und deren Schadenspotenzial relevant sind (z. B. Vorregenindices, Bevölkerungsdichte, Versiegelungsgrad, Topografie).

Box: Ereignisdefinition unter CatRaRE (DWD 2021b)

Als Basis dienen Radar-Niederschlagsdaten (RADKLIM, siehe Kapitel 5.7). Diese werden räumlichen Gittern (1 km x 1 km) zugeordnet und für elf Zeitperioden – sogenannten Dauerstufen – analysiert (1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 18, 24, 48 und 72 Stunden). Die Detektion eines Starkniederschlagsereignisse folgt einem mehrstufigen Verfahren: Zunächst wird überprüft, ob der Niederschlag in einer Gitterzelle (1x1 km) die DWD-Warnschwelle 3 (DWD 2024a) oder Wiederkehrzeit von 5 Jahren¹⁸ überschreitet. Ist eines der beiden Kriterien erfüllt, wird in einem zweiten Schritt untersucht, ob eine räumliche Mindestgröße erreicht wird, welche von der ermittelten Dauerstufe abhängig ist.: Niederschlagsereignisse der Dauerstufen 1-3 Stunden müssen eine Objektfläche von mindestens 9 km² umfassen. Höhere Dauerstufen müssen eine Fläche der Größe von 3-mal der Dauerstufe erreichen (z. B. 12 km² bei Dauerstufe von 4 Stunden). Liegen mehrere Ereignisse zeitlich oder räumlich nahe zusammen, werden diese zu einem Ereignis verschmolzen und nur das stärkere Ereignis wird gelistet.

4.2.1.2 Flussüberschwemmungen

Die Richtlinie für Hochwasserrisikomanagement definiert Hochwasser als „zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Dies umfasst Überflutungen durch Flüsse, Sturzbäche, und durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen durch Abwassersysteme können ausgenommen werden.“ (EC, 2007). Das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) definiert Hochwasser als das Überschreiten der normalen Grenzen eines Flusses oder eines anderen Gewässers oder die Ansammlung von Wasser in Gebieten, die normalerweise nicht überflutet werden (IPCC 2012).

Flussüberschwemmungen werden vor allem durch langanhaltende, großflächige Niederschlagsereignisse ausgelöst (Bronstert et al, 2017). Diese Definition steht im Gegensatz zu Starkregen und Sturmfluten, die als plötzliche Ereignisse durch kleinräumige Starkregenereignisse ausgelöst werden. Eine genaue Abgrenzung ist aber teils schwierig. Als

¹⁸ Niederschlagswerte, die statistisch nur alle 5 Jahre einmal überschritten wird.

grobe Faustregel kann angenommen werden, dass Starkregenereignisse eine Fläche von 10 bis 100 km² betreffen und Sturzfluten an Fließgewässern mit Einzugsgebieten von bis zu 5000 km² auftreten. Flusshochwasser treten an Flüssen mit einem Einzugsgebiet von mehr als 5000 km² auf.¹⁹ Die Klassifizierung eines Ereignisses im Kataster ist allerdings zweitrangig und folgt in unserem Zusammenhang den vorhandenen Indikatoren (siehe auch Tabelle 4). Wichtig ist vor allem, dass im Kataster keine Doppelzählungen auftreten, d.h. dass dasselbe Ereignis nicht zweimal in verschiedenen Kategorien erfasst wird.

Auch bei Flussüberschwemmungen hängen die Schäden von der Exposition, der Sensitivität, den Maßnahmen der Gefährdung ab. Da sich Flussüberschwemmungen langsam entwickeln, ist es in der Regel möglich, Sofortmassnahmen zu ergreifen und z. B. die Bevölkerung zu evakuieren oder besonders schützenswerte Objekte in Sicherheit zu bringen. Eine allgegenwärtige vorbeugende Maßnahme gegen Flussüberschwemmungen sind Deiche. Relevante Schäden treten erst auf, wenn der Wasserstand die Deichhöhe überschreitet oder ein Deich bricht (bzw. absichtlich gesprengt wird, um den Fluss zu entleeren).

Ein meteorologisch definierter Schwellenwert ist für Flusshochwasser nicht sinnvoll, da der Wirkungspfad zwischen regionalem Niederschlag und Flusshochwasser zu indirekt und für verschiedene Ereignisse sehr unterschiedlich ist. Eine Rolle spielen z. B. die Ausgangssituation (z. B. Pegelhöhe, Aufnahmekapazität des Bodens), die Aufnahmekapazität des Flusses sowie die Deichhöhe.

Daher empfehlen wir, die Einstufung der Hochwassersituation nach dem Länderübergreifenden Hochwasserportal (LHP) zu verwenden. Das LHP ist eine gemeinsame Initiative der deutschen Bundesländer und wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) betrieben. Es fasst die von den Bundesländern aktuell übermittelten Informationen zu Hochwassermeldepegeln und Hochwasserwarnungen zusammen und bietet damit aktuelle und detaillierte Informationen zur Hochwasserlage in Deutschland (LHP 2024).

Die Bundesländer verwenden unterschiedliche Hochwasserklassifizierungen. Einige Länder verwenden Meldestufen, Gefahrenstufen oder Alarmstufen. Diese beziehen sich jeweils auf die konkrete Überflutungssituation (z. B. „einzelne bebaute Grundstücke oder Keller überflutet“, „Sperrung überörtlicher Verkehrsverbindungen erforderlich“ oder „vereinzelter Einsatz der Wasser- oder Dammwehr“). Andere Länder verwenden Wiederkehrwahrscheinlichkeiten, welche sich auf die Pegelstände beziehen. Um diese unterschiedlichen Klassifizierungen vergleichbar zu machen, hat das LHP vier eigene Kategorien definiert (kleines, mittleres, großes und sehr großes Hochwasser) und die Länderdefinitionen zugeordnet (LHP 2024).

4.2.1.3 Dürre

Eine Dürre ist eine extreme Form von Trockenheit, die mit Wasserknappheit und Wassermangel einhergeht. Bei einer Dürre besteht ein Ungleichgewicht zwischen Wasserbedarf und Wasserdargebot (Riedel et al., 2021). Der Grund ist ein Mangel an Wasser, der durch weniger Niederschlag und/oder höhere Verdunstung infolge erhöhter Temperatur (oder Wind) als üblich verursacht wird. Dürren entwickeln sich über einen längeren Zeitraum und sind somit kein plötzliches Ereignis.

Rein meteorologisch definierte Dürren beschreiben nicht direkt die Auswirkungen, z. B. auf die Hydrologie oder die Landwirtschaft. Daher werden Dürren üblicherweise in drei Arten²⁰

¹⁹ Siehe auch Kaiser et al. 2020, Kapitel 4.1 für etwas andere Unterscheidungskriterien.

²⁰ Darüber hinaus spricht man auch von sozioökonomischer Dürre, wenn langanhaltender Wassermangel negative Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft hat (siehe auch Riedel et al, 2021).

eingeteilt (siehe Tabelle 3), für die es wiederum eine Vielzahl von Indikatoren gibt. Im Folgenden werden ausgewählte Indikatoren vorgestellt.

Tabelle 3: Dürren: Arten und Eigenschaften

Art Dürre	Definition	Komplexität Bestimmung aktuelle Situation
Meteorologisch	Niederschlagsdefizit im Vergleich zu historischen Daten (Klimatologie)	Gering: Niederschlagsmengen können zuverlässig gemessen werden.
Hydrologisch	Abweichung Abfluss bzw. Pegelstand im Vergleich zu historischen Daten	Gering: Abfluss bzw. Pegelstand können zuverlässig gemessen werden.
Landwirtschaftlich	Diverse (siehe unten) Bodenfeuchte geringer als für die Produktion der jeweils angebauten Kultur nötig.	Mittel: Messung der Bodenfeuchte ist aufwändig. Bodenfeuchte kann zudem sehr standort- und pflanzenspezifisch sein. Auch Modellierung ist mit Unsicherheiten verbunden.

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Meteorologische Dürren sind definiert als eine Periode mit einem Niederschlagsdefizit im Vergleich zu den langjährigen Bedingungen einer Region. Üblicherweise werden der „Standardised Precipitation Index“ (SPI) und/oder der „Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index“ (SPEI) verwendet.

Der SPI ist ein statistischer Indikator, der die Niederschlagssumme an einem bestimmten Ort in einem bestimmten Zeitraum mit der langjährigen Niederschlagsverteilung für denselben Zeitraum an diesem Ort vergleicht. Mathematisch ist der Index wie folgt definiert: «SPI = (tatsächlicher Niederschlag - durchschnittlicher Niederschlag) / Standardabweichung des Niederschlags». Der SPI wird für ein gleitendes Fenster von n Monaten berechnet, wobei n den Zeitraum angibt (in der Regel 1, 3, 6, 9, 12, 24 oder 48 Monate). Die entsprechenden SPIs werden dann als SPI-1, SPI-3, SPI-6 usw. bezeichnet. Verschiedene SPIs ermöglichen die Abschätzung verschiedener potenzieller Auswirkungen einer meteorologischen Dürre:

- ▶ SPIs mit kurzem Zeitraum (z. B. SPI-1 bis SPI-3) für unmittelbare Auswirkungen wie Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke und Abfluss in kleineren Bächen;
- ▶ SPIs für mittlerem Zeitraum (z. B. SPI-3 bis SPI-12) für Abfluss in größeren Flüssen und Speicherkapazität; und
- ▶ SPIs für langen Zeitraum (SPI-12 bis SPI-48) für große Speicher- und Grundwasser.

Der SPEI ist ein analoger statistischer Indikator. Er berücksichtigt, dass Trockenheit zwar durch ein Niederschlagsdefizit verursacht wird, diese sich aber durch hohe Temperaturen und die daraus resultierende hohe Evapotranspiration akzentuiert. Der SPEI ist somit ein Indikator, der einen breiteren Blick auf die gesamte Wasserbilanz wirft.

Eine **hydrologische Dürre** äußert sich in einem verminderten Abfluss in Flüssen und Bächen, in einem Absinken des Wasserspiegels in Talsperren und Seen sowie in einem Absinken des Grundwasserspiegels. Dies hat Auswirkungen auf die ober- und unterirdische Wasserversorgung. Je nach Anwendungsfall gibt es verschiedene Arten von hydrologischen Dürren. Diese werden in der Regel über statistische Kennwerte definiert, die aus historischen

Abfluss- oder Pegelständen abgeleitet werden (Riedel et al., 2021). Je nach Anwendungsfall gibt es unterschiedliche Definitionen von hydrologischer Trockenheit (GERRICS 2024).

Eine **landwirtschaftliche Dürre** tritt auf, wenn ein Mangel an Bodenfeuchte (d. h. Wasservorrat im Wurzelraum) die Versorgung und damit das Wachstum von natürlicher Vegetation und Kulturpflanzen einschränkt (Riedel et al., 2021). Die Bodenfeuchte hängt von der vergangenen Niederschlagsmenge ab. Eine landwirtschaftliche Dürre ist daher in der Regel die Folge einer meteorologischen Dürre. Es gibt jedoch eine Reihe weiterer Einflussfaktoren der Meteorologie (Wind, relative Feuchte und Temperatur) und der Bodenbeschaffenheit (z. B. Bodenart, Topographie, Pflanzenart, Blattflächenindex, Durchwurzelungstiefe).

Es ist daher nicht sinnvoll, eine landwirtschaftliche Dürre allein anhand meteorologischer Parameter zu definieren. Stattdessen wird ein regionaler Bodenfeuchteindex verwendet. Die Bodenfeuchte kann sich allerdings selbst auf kleinen Skalen unterscheiden, was reine Messung aufwendig und fehlerbehaftet macht. Aus diesem Grund wird die aktuelle Bodenfeuchte nicht gemessen, sondern mit komplexen Modellen bestimmt.²¹ Diese berechnen die Bodenfeuchte für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen und Böden tagesaktuell aus den Niederschlagsmessungen. Dürren in der Landwirtschaft sind nur in der Vegetationsperiode April bis Oktober relevant.

Die Auswirkungen der künstlichen Bewässerung werden in den Modellen bzw. Indikatoren nicht berücksichtigt, da die künstliche Bewässerung nicht pauschal modelliert werden kann. Sie ist jedoch eine zentrale Maßnahme der Landwirte zur Minimierung von Trockenschäden. Dies gilt insbesondere für Kulturen, bei denen sich der Bewässerungsaufwand aufgrund einer hohen Wertschöpfung pro Hektar lohnt (z. B. Gemüse). Bei hydrologischer Trockenheit kann die Möglichkeit der Bewässerung eingeschränkt sein. Schließlich kann der Zeitpunkt des Auftretens der Trockenheit in der jeweiligen Vegetationsperiode eine entscheidende Rolle spielen. Vor allem junge Pflanzen reagieren empfindlich auf Trockenheit. Dies zeigt, dass der Wirkungspfad von klimatologischen Indikatoren zu Schäden in der Landwirtschaft komplex ist.

Für die Modellierung der Bodenfeuchte gibt es relative und absolute Indizes. Relative Bodenfeuchteindizes beziehen sich z. B. auf die Menge an Bodenwasser (d. h. die Bodenfeuchte) im gesamten Boden (bis 180 cm Tiefe) und im Oberboden (bis 25 cm Tiefe). Diese Indizes sind relativ, da sie aus dem Vergleich der aktuellen Bodenfeuchte mit langjährigen Zeitreihen der entsprechenden Region und Jahreszeitpunkt berechnet werden. Das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) berechnet z. B. den aktuellen 30-tägigen Mittelwert und vergleicht diesen mit den Bodenfeuchten zum gleichen Jahreszeitpunkt im Vergleichszeitraum 1951-2015. Daraus wird der Bodenfeuchteindex (BFI) für den gesamten Boden sowie den Oberboden ermittelt. Liegt z. B. die aktuelle Bodenfeuchte unter dem langjährigen 20-Perzentil (d. h. sie wird nur in 20% der Jahre zu diesem Zeitpunkt unterschritten), so ist der SMI = 0,2. Ab diesem Wert spricht das UFZ von einer Dürre.²²

²¹ Das hydrologische Modell des UFZ berücksichtigt beispielsweise folgende Prozesse pro Gitterzelle: Interzeption durch die Baumkronen, Schneeakkumulation und -schmelze, Bodenfeuchtedynamik, Infiltration und Oberflächenabfluss, Evapotranspiration, unterirdische Speicherung und Abflussbildung, tiefe Perkolation und Basisabfluss sowie Abflussdämpfung und Hochwasserlenkung (Samaniego et al. 2010)

²²Darüber gelten folgende Definitionen:

SMI 0,20 - 0,30 = ungewöhnliche Trockenheit

SMI 0,10 - 0,20 = moderate Dürre

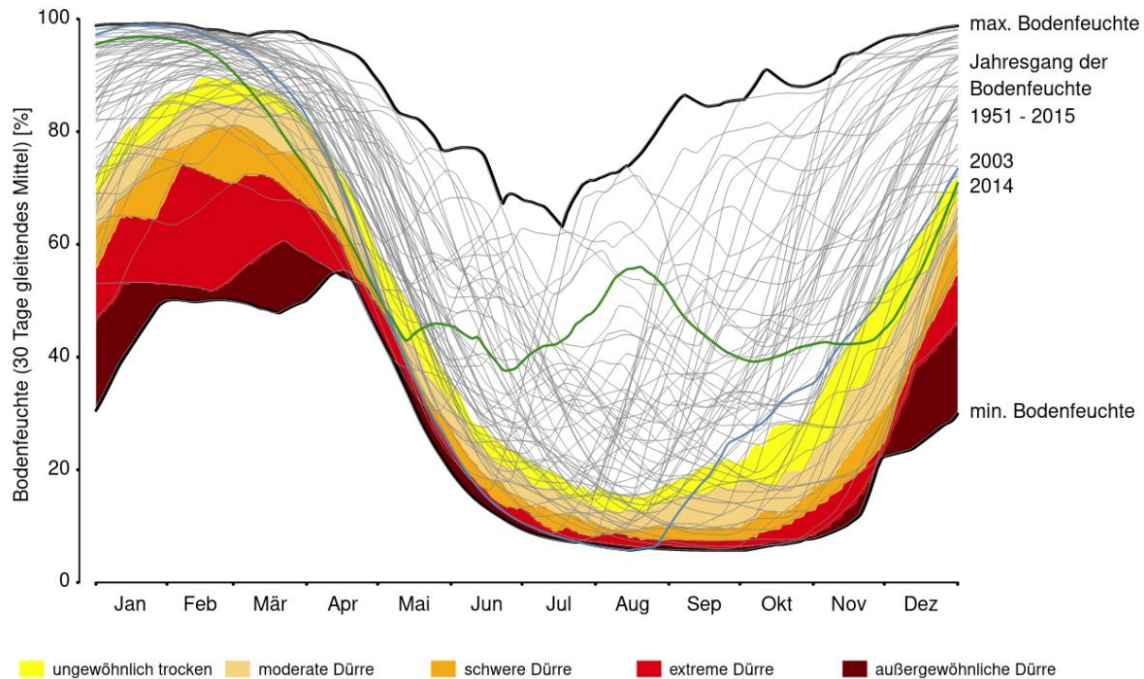
SMI 0,05 - 0,10 = schwere Dürre

SMI 0,02 - 0,05 = extreme Dürre

SMI 0,00 - 0,02 = außergewöhnliche Dürre

Dabei ist zu beachten, dass die Bodenfeuchte einer starken natürlichen Saisonalität unterliegt, so dass die gleiche Bodenfeuchte je nach Jahreszeit zu einem anderen SMI führt und somit auch die Definition von Trockenheit von der Jahreszeit abhängt (siehe Abbildung 6). Aus diesem Grund führt die gleiche Bodenfeuchte auch je nach Region zu einem anderen SMI.

Abbildung 6: Illustration Berechnung Bodenfeuchte-Index SMI



Bodenfeuchte an einem Standort in Brandenburg, 30-tägiges gleitendes Mittel im Jahresverlauf und Dürrebereiche in Abhängigkeit von der Statistik über den Zeitraum 1951-2015.

Quelle: UFZ (2024)

Ein absoluter Bodenfeuchteindex ist die „nutzbare Feldkapazität“ (nFK), die vereinfacht ausgedrückt den „Füllstand“ an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden beschreibt. Die nFK ist absolut, da sie nicht aus historischen Daten abgeleitet wird (und somit auch nicht von der Region bzw. dem Zeitpunkt abhängt), sondern nur von der Bodenbeschaffenheit und den aktuellen Niederschlägen. Eine nFK=0% wird als Welkepunkt bezeichnet, ab dem so wenig Wasser im Boden vorhanden ist, dass es von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden kann. Als Richtwerte gibt das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) an, dass unter 50% eine landwirtschaftliche Bewässerung notwendig ist, um optimale Erträge zu erzielen und unter 30% von Pflanzenwasserstress gesprochen wird. Der DWD spricht unter 50% von "leichtem Trockenstress", unter 30% von "Trockenstress" und unter 10% von "extremem Trockenstress" (DWD 2024d).²³

Weitere Information sowie tagesaktuelle Informationen zur Bodenfeuchte in ganz Deutschland liefern die folgenden Portale:

- Der Bodenfeuchte-Viewer des DWD (DWD 2024d) zeigt die Bodenfeuchte bis zu einer Tiefe von zwei Metern für die Kulturen Gras, Mais und Winterweizen. Verwendet wird das Modell „Agrarmeteorologische Berechnung der aktuellen Verdunstung“ (AMBAV) 2.0.

²³ Siehe die Legende der interaktiven Karte

- Der Dürremonitor des UFZ zeigt den Dürrezustand im (i) Gesamtboden, im (ii) Oberboden sowie hinsichtlich (iii) pflanzenverfügbaren Wassers. Verwendet wird das hydrologische Modellsystem „mesoskaliges hydrologisches Model“ (mHM) (UFZ 2024).

4.2.1.4 Hitze

Der Deutsche Wetterdienst definiert eine Hitzewelle generell als eine „mehrtägige Periode mit ungewöhnlich hoher Wärmebelastung“ (DWD, 2022a). Wie bei Dürren gibt es aber auch für Hitzewellen keine international einheitliche konkrete Definition.

Der DWD publiziert Hitzewarnungen, wenn „für mindestens zwei aufeinander folgende Tage eine starke Wärmebelastung vorhergesagt wird und eine ausreichende nächtliche Abkühlung der Wohnräume nicht mehr gewährleistet ist“ (DWD, 2022b). Die Messung der Wärmebelastung basiert auf der gefühlten Temperatur und einem Simulationsmodell zur Berechnung der Wärmebelastung in Innenräumen. Der DWD definiert zwei unterschiedliche Warnstufen. Zum einen eine Warnung vor starker Wärmebelastung, die bei einer gefühlten Temperatur von mindestens 32°C am Nachmittag ausgesprochen wird. Eine Warnung vor extremer Wärmebelastung wird ausgegeben, wenn die gefühlte Temperatur am Nachmittag 38°C überschreitet (DWD, 2022b).

4.3 Fristigkeiten der Datenerfassung

Die Bedürfnisanalyse hat gezeigt, dass sowohl schnell verfügbare Schätzungen als auch langfristig bestmögliche Daten gewünscht werden. Für jedes Ereignis, das die Schwellenwerte überschreitet (siehe Kapitel 4.4), ist ein Katastereintrag im „**slow track**“-Ansatz vorgesehen. Der Eintrag sollte dabei auf den langfristig bestmöglichen Rohdaten basieren und so differenziert wie möglich sein. Je nach Ereignis kann es allerdings Monate bis Jahre dauern, bis diese Daten zur Verfügung stehen.

Bei Großereignissen von nationaler Bedeutung sind darüber hinaus schnell verfügbare Abschätzungen wichtig, da diese für das kurzfristige Aufsetzen von Hilfs- und Wiederaufbauprogrammen bzw. für die rasche Auszahlung von Hilfgeldern benötigt werden. In einem solchen Fall kann zusätzlich der „**fast track**“-Ansatz aktiviert werden, der erste Schätzungen in das Kataster aufnimmt. Diese Schätzungen stammen in der Regel von externen ExpertInnen, Versicherungen oder Gemeinden. Denkbar ist auch, dass das UBA solche Schätzung anhand der Daten ähnlicher Ereignisse verbessert bzw. selbst vornimmt. Im weiteren zeitlichen Verlauf sollte eine regelmäßige Aktualisierung der fast track-Daten erfolgen. Dies kann z. B. halbjährlich erfolgen, bis die fast track-Daten schließlich durch die slow track-Daten ersetzt werden.

4.4 Schwellenwerte für Aufnahme Kataster

4.4.1 Theoretische Grundlagen

Der Schwerpunkt des Katasters liegt derzeit auf Schäden durch Extremereignisse. Per Definition sind nur solche Ereignisse als extrem zu bezeichnen, die bestimmte Schwellenwerte überschreiten. Für das Kataster müssen daher Schwellenwerte definiert werden, damit nur Ereignisse erfasst werden, die diese Schwellenwerte überschreiten.

Die Wahl der Art und Höhe der Schwellen ist ein normativer Prozess. Dies sollte daher transparent und im Dialog mit wichtigen AkteurInnen erfolgen. Im Folgenden beschreiben wir als Diskussionsgrundlage für diesen Prozess Eigenschaften von Schwellen und geben eine Empfehlung zu potenziellen Schwellenwerten für verschiedene Ereignisse ab.

Tabelle 4 zeigt drei verschiedene Arten von Schwellen und deren Eigenschaften.

Tabelle 4: Schwellenart für die Aufnahme in das Kataster

	Schadensbasiert	Gefahrenbasiert	Institutionell
Relevanter Indikator	Physische bzw. monetäre Auswirkung	Meteorologische Indikatoren	Besondere Lage
Beispiel	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Anzahl Tode, Schaden in Mio. Euro, Anzahl betroffene Personen, Anzahl Vermisste 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Niederschlagsmenge, Vegetation Health-Index, Windstärke ▶ Warnstufen (von meteorologischen Indikatoren abgeleitet) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ausrufung Katastrophenfall ▶ Aufruf zu internationalen Hilfeleistungen
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schwellen bereits von anderen Katastern genutzt (z. B. EM-DAT) ▶ Schwellen unabhängig vom Ereignistyp 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Indikator zur Schwellenwertüberprüfung ist jeweils schnell verfügbar ▶ Unabhängig von Exposition, Vulnerabilität und Anpassung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Enger Bezug zu Bedürfnis für fast track Ansatz
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Prozess zur Auslösung der Schadenserfassung komplex ▶ Abhängig von Exposition, Vulnerabilität und Anpassung ▶ Verzerrungen ▶ Erschwert Monitoring (Wirkung Anpassung) ▶ Indikator ändert im Laufe der Zeit ▶ Indikator teils schwer zu definieren (z. B. «betroffene Personen») 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Vielzahl Schwellen nötig (je Ereignistyp) ▶ Konsistenz der „Höhe“ schwierig ▶ Bei Überschreitung nicht zwangsläufig relevanter Schaden 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Katastrophenfall nicht objektiv definierbar, teils politisch getrieben ▶ Nur für große Ereignisse
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nicht direkt nutzen, aber sicherstellen, dass Ereignisse mit hohem Schaden aufgenommen werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Für slow track nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Für slow track nicht nutzen ▶ Allenfalls für fast track nutzen

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Institutionelle Schwellenwerte beziehen sich auf besondere Lagen (z. B. Ausrufung Katastrophenfall oder Aufruf zu internationalen Hilfeleistungen). Sie sind daher nur für Großereignisse relevant.²⁴ Es gibt in der Regel keinen definierten Prozess, wann eine besondere Lage ausgerufen wird, was institutionelle Schwellenwerte tendenziell subjektiv macht. Besondere Lage können zudem politisch motiviert ausgerufen werden, da die Ausrufung eines Notfalls oft dazu führt, dass Teile der Schadenskosten von anderen Instanzen übernommen werden. Institutionelle Schwellenwerte sind daher für den slow track des Katasters nicht geeignet. Sie können aber dazu genutzt werden, zu entscheiden, ob der fast track aktiviert wird.

Schadensbasierte Schwellenwerte beziehen sich auf die physischen bzw. monetären Auswirkung eines Ereignisses. Sie sind unabhängig vom Ereignistyp, was ihre Definition und Handhabung vereinfacht. Dies ist wahrscheinlich der Grund, warum sie in der Praxis häufig verwendet werden (z. B. EM-DAT). Auch der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) Naturgefahrenreport (siehe Kapitel 6.2) nutzt schadensbasierte Schwellenwerte: Der GDV definiert sogenannte „Kumulereignisse“, welche zu einer Häufung an Schadensfällen führen.²⁵ Diese werden sodann im GDV-Naturgefahrenreport detaillierter analysiert.

Schadensbasierte Schwellenwerte haben jedoch eine Reihe von Nachteilen: Ein systematischer und konsistenter Prozess zur Auslösung der Schadenserfassung erscheint komplex: Um zu entscheiden, ob ein Ereignis potenziell relevant ist, müsste häufig auf gefahrenbasierte Schwellenwerte zurückgegriffen werden. Um anschließend zu überprüfen, ob das Ereignis die Schwellenwerte überschritten hat, müsste der entsprechende Schadensindikator bereits erhoben worden sein. Ein solches Vorgehen erscheint insbesondere bei kleineren Ereignissen aufwändig und ineffizient. Zudem ist der Schaden immer abhängig von der Exposition und der Vulnerabilität. Erfolgreiche Anpassungsmaßnahmen und die daraus resultierende Schadensminderung würden z. B. dazu führen, dass mehr Ereignisse unter dem Schwellenwert bleiben und somit deren Schäden nicht erfasst werden. Dies kann dazu führen, dass erfolgreiche Anpassung aus den Daten des Katasters nicht ersichtlich ist.²⁶ Schließlich müssten die Indikatoren klar definiert werden. Während dies bei „Anzahl Todesopfer“ möglich ist, würden sich bei „Schäden“ und „Anzahl betroffener Personen“²⁷ verschiedene Fragen zur konkreten Abgrenzung stellen.

Wir empfehlen daher, für das Kataster grundsätzlich **gefahrenbasierte Schwellenwerte** zu verwenden, welche auf meteorologischen Indikatoren des jeweiligen Ereignistyps beruhen (z. B. Niederschlagsmenge, Vegetation Health-Index, Windstärke). Gefahrenbasierte Schwellenwerte sind einfacher zu überprüfen, da die entsprechenden Indikatoren in der Regel ohnehin zeitnah erhoben werden. Zudem kann analysiert werden, inwieweit sich die Schäden ähnlicher meteorologischer Ereignisse im Zeitverlauf unterscheiden. Dies lässt ggf. im Mittel über viele Ereignisse Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Anpassungsaktivitäten zu und kann somit als Grundlage für das Monitoring der Deutschen Anpassungsstrategie dienen.

²⁴ Wir gehen davon aus, dass jede Notlage auch die gefahrenbasierten Schwellen überschreitet.

²⁵ Beispielsweise wird für weitere Naturgefahren (Elementar) ein Tag als auffällig beurteilt, wenn Schadenshäufigkeit um einen Faktor 30 höher ist als im normalen Tagesdurchschnitt.

²⁶ So könnte ein Ereignis 1 ohne Anpassung zu hohen Schäden führen, während ein ähnliches Ereignis 2 mit Anpassung zu geringeren Schäden führt. Ein Vergleich der beiden Ereignisse wäre jedoch mit dem Kataster nicht möglich, wenn das Ereignis 2 gar nicht erfasst wird.

²⁷ Mögliche Interpretationen der «Anzahl betroffener Personen» sind (i) die Anzahl der exponierten Personen (Personen, die in dem betroffenen Gebiet leben und daher potenziellen Verlusten ausgesetzt sind) oder (ii) die Anzahl der Personen mit Auswirkungen auf ihre Lebensgrundlage (Vertriebene, oder beeinträchtigte Personen) oder auf ihre körperliche Unversehrtheit (verletzte Personen).

Gefährdungsbasierte Schwellenwerte setzen allerdings voraus, dass für jeden Ereignistyp ein eigener Schwellenwert definiert wird. Daher muss sichergestellt werden, dass die Wahl der „Höhe“ der Schwelle konsistent ist.²⁸

Bei komplexen Ereignissen wie Dürren stoßen gefahrenbasierte Schwellenwerte an ihre Grenzen, da Dürren aufgrund der diversen Indikatoren und Ausprägungen nicht eindeutig definiert werden können.

4.4.2 Empfehlung für konkrete Schwellenwerte

Auf Basis der Ausführungen in Kapitel 4.2 Tabelle 5 zeigt unsere konkreten Empfehlungen für die Wahl von Schwellenwerte.

Tabelle 5: Übersicht potenzieller Schwellenwerte für analysierte Ereignistypen

Ereignistyp	Quelle für Schwelle	Konkrete Kriterien	Quelle Indikator	Kommentar
Starkregen und Sturzfluten	Niederschlagsobjekt gemäß CatRaRE	Die Ereignisse der CatRaRE-Datenbank werden nach den extremsten Ereignissen gefiltert	DWD	gute Datenlage (ab 2001 vorhanden)
Fluss-überschwemmungen	Großes Hochwasser gemäß LHP	Je nach Bundesland unterschiedlich, z. B. Baden Württemberg: 20-jährliches Hochwasser ²⁹ Niedersachsen: Überflutung größerer Flächen und Überflutung einzelner Grundstücke, Straßen und Keller möglich.	LHP	
Landwirtschaftlich Dürre	Kein Schwellenwert, da die Einträge in das Kataster nicht ereignisbasiert erfolgen, sondern jährlich berechnet (modelliert) werden sollten			
Hitze	Kein Schwellenwert, da die Einträge in das Kataster nicht ereignisbasiert erfolgen, sondern jährlich berechnet (modelliert) werden sollten.			

Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events (CatRaRE)

Länderübergreifendes Hochwasserportal (LHP)

Deutscher Wetterdienst (DWD)

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Diese Schwellenwerte lassen sich wie folgt begründen:

Für die Schwellen von **Starkregen und Sturzfluten** sollte als Ausgangspunkt die „Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events“ (CatRaRE) Datenbank verwendet werden (siehe Kapitel 4.2.1.1) (DWD 2021c). Diese erfasst allerdings 800 bis über 2000 Ereignisse pro Jahr, da bereits Ereignisse erfasst werden, die der DWD-Warnstufe 3 bzw. einer Wiederkehrzeit von 5 Jahren entsprechen. Für das Schadenskataster müssten daher strengere Schwellen definiert werden, um aus der CatRaRE-Datenbank die extremsten Ereignisse mit den größten Schäden herauszufiltern. Dazu bietet sich z.B. folgender Filter-Prozess an:

1. Auf Ereignisse beschränken, die

²⁸ So ist es nicht trivial, Starkregen-Warnstufen und Dürre-Indices zu vergleichen.

²⁹ Das beschreibt ein Hochwasser, welches unter den bisherigen klimatischen Bedingungen im Schnitt alle 20 Jahre auftreten würde.

- a. der DWD-Warnstufe 4 entsprechen³⁰ und/oder
 - b. einen maximalen Starkregenindex (SRI) von mindestens 7 ausweisen. Dies entspricht einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren oder mehr.
2. Ereignissen streichen, für die der GDV bzw. die Kommunen keine signifikanten Schäden ausweisen. Dazu kann die räumliche Ausdehnung der Ereignisse mit den GDV-Schadensdaten auf Landkreisebene abgeglichen werden. Dies ist erst möglich, nachdem die Datenerhebung weitestgehend abgeschlossen ist. Wir empfehlen Ereignisse zu streichen, wenn nach einem Jahr keine signifikanten Schadensdaten vorliegen.

Der genaue Filter-Prozess sollte in enger Abstimmung mit dem DWD definiert werden und kann von unseren Empfehlungen abweichen. Ziel sollte es sein, dass diejenigen Ereignisse in das Kataster aufgenommen werden, welche insgesamt 80% bis 90% der Schadenssumme gemäß GDV bzw. Kommunen entsprechen. Diese Prozentzahl hängt davon ab, wie viele Ereignisse im Kataster erfasst werden können.

Für **Flussüberschwemmungen** empfehlen wir, Hochwasser ab der Kategorie „großes Hochwasser“ des Länderübergreifenden Hochwasser Portals (LHP) aufzunehmen (LHP 2024). Da die Bundesländer unterschiedliche Definitionen verwenden, unterscheiden sich auch die Kriterien für ein „großes Hochwasser“ gemäß LHP. Insbesondere verwenden zwei Bundesländer (Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz) die Jährlichkeit eines Hochwassers, was einem gefahrenbasierten Indikator entspricht. Alle anderen Bundesländer stützen ihre Warnstufen auf konkrete Auswirkungen ab, welche sich im Wortlaut allerdings unterscheiden.³¹

Trotz dieser Inkonsistenzen empfehlen wir vorerst die LHP-Warnungen direkt als Schwellenwert zu verwenden, da diese bundesweit und tagesaktuell an Messstellen erhoben werden. Dabei ist zu beachten, dass bei Bundesländern mit Meeranbindung auch Sturmfluten zur LHP-Kategorie „großes Hochwasser“ gerechnet werden (dies betrifft die Bundesländer Bremen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Hamburg³²). Solche Ereignisse dürfen nicht als Flussüberschwemmungen in das Kataster aufgenommen werden.

Wie häufig „große Hochwasser“ in Deutschland pro Jahr auftreten, ist dem LHP nach eigener Aussage leider nicht bekannt. Sollte sich herausstellen, dass zu viele solcher Ereignisse pro Jahr auftreten, könnte die Schwelle auf „sehr großes Hochwasser“ erhöht werden.

Die Abgrenzung zwischen Starkregen, Sturmfluten und Flussüberschwemmungen ist teilweise fließend.³³ So kann es vorkommen, dass ein Ereignis durch mehrere Indikatoren erfasst wird. Um Doppelzählungen zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass solche Ereignisse nur einmal erfasst werden. Die Klassifizierung ist dann zweitrangig.

Für die Ausrufung einer **landwirtschaftlichen Dürre** gibt es bislang keine einheitliche Grundlage. Die Sommer 2018 und 2019 wurden beispielsweise auf Basis der Meldungen der Bundesländer sowie der Erntestatistik als „Dürresommer“ eingestuft (BMEL 2018). Somit bildeten die Dürreschäden in der Landwirtschaft die Grundlage für die Identifizierung der Ereignisse. Dies liegt daran, dass Dürren nicht eindeutig definiert werden können und zudem in der Regel weder räumlich noch zeitlich scharf abgrenzbar sind. In der Zukunft werden

³⁰ Beispielsweise sind für Ereignisse der Dauerstufe 1 in der CATRaRE Datenbank insgesamt 6263 Einträge, davon entsprechen aber nur 195 Einträge der DWD-Warnstufe 4.

³¹ Beispielsweise entspricht ein «grosses Hochwasser» in Niedersachsen der Warnstufe 3: «Überflutung größerer Flächen und Überflutung einzelner Grundstücke, Straßen und Keller möglich». In Sachsen der Alarmstufe 3: «Überschwemmung von Teilen zusammenhängender Bebauung oder überörtlicher Strassen und Schienenwege; bei Volldeichen Wasserstand etwa in halber Deichhöhe, Vernässung von Polderflächen»

³² Mecklenburg-Vorpommern und Hamburg differenziert gemäß LHZ für ihre Warnstufen nicht zwischen Sturmfluten und Flusshochwasser.

³³ Kaiser et al. 2020, Kapitel 4 geben Unterscheidungskriterien an.

außerdem voraussichtlich in jedem Jahr signifikante Schäden durch Trockenheit in der Landwirtschaft auftreten.

Aus diesem Grund empfehlen wir, auf eine ereignisbezogene Betrachtung von Dürren in der Landwirtschaft zu verzichten. Stattdessen sollten die Auswirkungen von Trockenheit in der Landwirtschaft regelmäßig (d. h. jährlich am Ende der Vegetationsperiode) berechnet werden. Dabei verwenden wir bewusst den Begriff „Trockenheit“, um zu verdeutlichen, dass auch Schäden aus Jahren mit nicht extremer Trockenheit (und damit Dürre) erfasst werden sollten.

Da die Gesamtsumme der Schäden in der Landwirtschaft nicht direkt erhoben werden können, muss auf die in Kapitel 7 sowie in Kapitel 9.3.2 (v. a. KlimErtrag und Statistisches Bundesamt) beschriebenen Berechnungsmethoden zurückgegriffen werden. Diese Berechnungsmethoden sind hierbei sehr komplex, sodass an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird. Wir empfehlen, das Thünen-Institut (oder alternativ ein anderes geeignetes Institut) mit der (Weiter-)Entwicklung einer konkreten Berechnungsmethode zu beauftragen und diese von einem externen Expertengremium überprüfen zu lassen. Ziel muss es sein, dass die Methode dem aktuellen Stand der Wissenschaft entspricht und objektiv ist (keine bewusste Über- oder Unterschätzung).

Auch wenn keine Schwellenwerte vorgesehen sind, ist es dennoch sinnvoll, meteorologische Indikatoren im Kataster zu erfassen, z. B. um Aussagen zur Wirkung von Anpassungsmaßnahmen zu erleichtern. Wir empfehlen daher, Zeitreihen der SPI-1 und SPI-3 Werte für einzelne Regionen zu erfassen.³⁴

Für **Dürreschäden in Ökosystemen** ist ein analoges Vorgehen vorgesehen (d. h. jährliche Berechnung ohne Schwellenwert).

Für **Hitze** empfehlen wir ein analoges Vorgehen wie für die Trockenheit. Auch hier erlauben es die Daten und Methoden, die geschätzte Anzahl von Hitzetoten abzubilden, sodass ein jährlicher Eintrag in das Kataster möglich und sinnvoll ist. Dies erfolgt unabhängig davon, ob die Hitze in einem Jahr als extrem einzustufen ist oder nicht. Hierzu kann das Monitoring des Robert-Koch-Instituts (RKI) genutzt werden.³⁵ Analog könnten langfristig weitere Auswirkungen durch übermäßige Hitze erfasst werden, beispielsweise Einflüsse auf die Arbeitsproduktivität oder Krankenhauseinlieferungen.

Exkurs: Zeitreihen

Die Katastereinträge könnten im Laufe der Zeit prinzipiell dazu genutzt werden, Zeitreihen von Schäden zu analysieren und damit den zunehmenden Einfluss des Klimawandels bzw. die Wirkung von Anpassungsmaßnahmen zu untersuchen. Eine solche Analyse wäre jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet. Zum einen müsste die Veränderung der jeweils anderen Größe durch geeignete statistische Methoden berücksichtigt werden. Zum anderen dürfte es ein erhebliches „Grundrauschen“ in den Daten geben. Der Grund dafür ist der Einfluss weiterer Faktoren wie Exposition, Inflation, Versicherungsdichte, Änderung der Datenbasis usw., die nur mit großem Aufwand sinnvoll in eine Regression einbezogen werden können.

Auch müssten mögliche Änderungen der Schwellenwerte berücksichtigt werden. Hierfür wäre es für den Nutzer hilfreich, wenn das Kataster nach alten Schwellenwerten filterbar gestaltet wird.

³⁴ SPI ist der Standardized Precipitation Index. Dieser ermittelt das Ausmass des Niederschlagsdefizits gegenüber dem langjährigen Mittel der Region. Die Zahlen beziehen sich dabei auf die Monate, über die der Index berechnet wird.

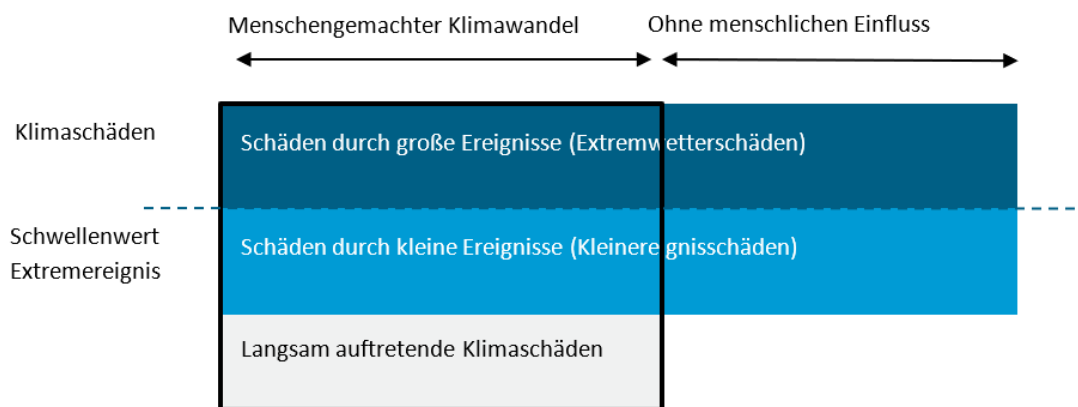
³⁵ Dieser Indikator wird bereits für den Monitoringbericht zur deutschen Anpassungsstrategie DAS verwendet (UBA 2023)

4.5 Extremwetterschäden vs. Klimaschäden

Existierende Schadenkataster bzw. Richtlinien beschäftigen sich ausschließlich mit Schäden durch Extremwetterereignisse. Und auch unsere Studie fokussiert auf die Schäden durch Extremwetter. Abbildung 7 zeigt jedoch, dass Extremwetterschäden aus mehreren Gründen nicht Klimaschäden (grünes Rechteck) entsprechen:

1. Extremwetter würden auch ohne den Klimawandel auftreten, nur in der Regel weniger häufig bzw. weniger intensiv. Daher müssen Extremwetterschäden um den Einfluss des Klimawandels korrigiert werden. Diese Klimaattribuion wird in Kapitel 5 im Detail besprochen.
2. Klimaschäden resultieren auch aus Kleinereignisschäden. Dies sind Ereignisse, die unterhalb der definierten Schwellen für „extrem“ liegen. Die erfassten Schäden sind somit umso kleiner, je höher die Schwellen für Extremereignisse im Kataster gewählt werden.
3. Klimaschäden resultieren auch aus langsam auftretenden Ereignissen (sogenannte slow-onset events), die sich nicht einem spezifischen Event zuordnen lassen. Beispiele hierfür sind Schäden durch den Meeresspiegelanstieg oder durch graduelle klimatische Veränderungen.

Abbildung 7: Abgrenzung Klimaschäden



Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Eine Klimaattribuion der Extremwetterschäden ist schon zu Beginn des Katasters vorzunehmen (siehe auch Kapitel 10.2.5). Zudem sollten mittelfristig auch die anderen Klimaschäden (durch schleichende Veränderungen) in das Kataster aufgenommen werden.³⁶ Deren Erfassung bzw. Quantifizierung ist jedoch komplex. Daher sind auch Ansätze vorstellbar, die nicht direkt auf einer bottom-up Erfassung beruhen. Denkbar wäre es, gewisse Schäden nur mithilfe von indikatorbasierten Schadensmodellen zu berechnen, obschon die Unsicherheiten erheblich wären und der Einfluss der Anpassung nicht direkt bestimmt werden könnte. Grundsätzlich sollte aber der Grundsatz gelten, dass Schäden nicht vernachlässigt werden dürfen, nur weil sie schwer messbar sind.

³⁶ Dazu muss das Kataster so gestaltet werden, dass nicht nur Schäden von Ereignissen aufgenommen werden, sondern auch pro Zeitperiode.

5 Klimaattribution

5.1 Theoretische Einführung

Auch in einer Welt ohne anthropogenen Klimawandel würden Extremereignisse wie langanhaltende Trockenheit, Starkregen oder Flussüberschwemmungen auftreten. Durch den Klimawandel werden solche Extremereignisse jedoch in der Regel in ihrer Intensität verstärkt bzw. deren Häufigkeit nimmt zu.³⁷ Die Attributionsforschung versucht, solche Änderungen für einzelne Ereignisse bzw. für Ereignistypen zu quantifizieren.

Für das Schadenskataster der Klimaschäden ist eine Schadensattributionsforschung nötig, welche die Schäden mit Klimawandel und die hypothetischen Schäden ohne Klimawandel vergleicht. Diese Differenz entspricht den Klimaschäden. Die Schäden mit Klimawandel sind die tatsächlich erhobenen Schäden. Die Schäden ohne Klimawandel sind hingegen nicht direkt beobachtbar, sondern müssen aus Modellierungen bzw. Messdaten abgeleitet werden. Es gibt hierzu eine Reihe von Ansätzen, die sich teils nach Ereignistyp unterscheiden.

Grundsätzlich sind für eine Schadensattributionsforschung zwei Schritte notwendig:

- ▶ Eine Klimaattributionsforschung, welche die Änderung der Intensität bzw. der Häufigkeit eines Ereignisses aufgrund des Klimawandels quantifiziert.
- ▶ Eine Schadensfunktion, welche die Schäden in Abhängigkeit der Intensität darstellt.³⁸ Dieser Schritt ist nötig, da die Abhängigkeit in der Regel nicht-linear ist, d.h. eine höhere Intensität verursacht überproportional höhere Schäden.

Diese beiden Schritte werden im Folgenden näher beschrieben.

5.1.1 Klimaattributionsforschung

Für eine Klimaattributionsforschung wird das Klima mit Klimawandel (Beobachtungsdaten, Modelle) mit einem hypothetischen Klima ohne Klimawandel (historische Daten, Modelle) verglichen. Wichtig für die Klimaattributionsforschung ist es, einen Indikator zu definieren, der für das Ereignis (und dessen Schäden) repräsentativ ist (z.B. akkumulierte Niederschlagsmenge für eine Flussüberschwemmung). Zudem müssen eine Zeitspanne und ein räumlicher Perimeter definiert werden, in welchen dieser Indikator analysiert wird (z.B. akkumulierte Niederschlagsmenge über 2 Tage über dem Einzugsgebiet des Flusses).³⁹

Die Klimaattributionsforschung für individuelle Extremwetterereignisse oder Ereignis-Typen ist inzwischen ein relativ etablierter Forschungszweig. Gemäß Carbon Brief gab es in den letzten 20 Jahren mehr als 400 peer-reviewed Studien zu mehr als 500 Ereignissen (Stand August 2022) (CarbonBrief 2022).

Die Initiative „World weather attribution“ (WWA) ist die derzeit wohl etablierteste Methode und hat einen standardisierten Prozess zur Klimaattributionsforschung definiert. WWA ist somit in der Lage, innerhalb von wenigen Tagen bis Wochen eine erste Attribution nach einem Extremereignis durchzuführen (WorldWeatherAttribution 2024). Die Klimaattributionsforschung ist aber ein lebendiger Forschungszweig, in dem auch anderen Ansätze entwickelt werden. So ist beispielsweise der

³⁷ Nicht alle Typen Extremereignisse werden häufiger. So nehmen z.B. Kältewellen in ihrer Häufigkeit und Intensität ab.

³⁸ Die Schäden hängen auch von weiteren Einflussfaktoren ab (Region, Saison, allgemein Vulnerabilität, Anpassung, etc.), die idealerweise auch berücksichtigt werden. Oft ist dies mangels Daten jedoch nicht möglich.

³⁹ Für weitere Details zur Attributionsforschung siehe z.B. Swain et al 2020, Philip et al. 2020, Geert Jan van Oldenborgh 2021, Perkins-Kirkpatrick et al. 2022, sowie WorldWeatherAttribution (2024) und CarbonBrief (2022)

„ClimaMeter“ derzeit in der Aufbauphase. Dies ist ein experimentelles Schnellverfahren, welches den menschlichen Einfluss extremer Wetterereignisse in einem sich verändernden Klima analysiert. Im Gegensatz zur WWA-Methodik wird hier der Klimawandel-Effekt nicht basierend auf numerischen Modellsimulationen, sondern anhand der Betrachtung ähnlicher Wettersituationen in der Vergangenheit evaluiert (ClimaMeter 2024).

Aktuell sind die Unsicherheiten der Klimaattribuion groß. Und dies wird in absehbarer Zukunft auch so bleiben, aufgrund der inhärenten Unsicherheiten von Extremwertstatistiken und der mangelnden Fähigkeit von Klimamodellen, Extremereignisse abzubilden (siehe auch Annex A.1).

Exkurs: Veränderungen der Wahrscheinlichkeiten versus Veränderung der Intensität

Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze, eine Klimaattribuion durchzuführen:

Ansatz 1: Veränderung der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses

In der Literatur wird dies in der Regel über den „Fraction Attributable Risk“ (FAR) abgebildet.⁴⁰

Der FAR benötigt als Input die Wahrscheinlichkeit p eines Ereignisses der Intensität I . Der Indikator I repräsentiert das betrachtete Ereignis (z.B. 60 mm Regen pro 6 Stunden innerhalb Gebiet X). Die Definition lautet

$$FAR = 1 - \frac{p(I)_{\text{ohne Klimawandel}}}{p(I)_{\text{mit Klimawandel}}}$$

In der Literatur werden zwei Varianten dieser Formel verwendet:

(i) $FAR(I=I_{\text{Ereignis}})$: Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit wird die Intensität des betrachteten Ereignisses verwendet $p(I=I_{\text{Ereignis}})$ oder

(ii) $FAR(I \geq I_{\text{Ereignis}})$: Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit wird die Intensität dem betrachteten Ereignis oder eines noch größeren Ereignisses verwendet $p(I \geq I_{\text{Ereignis}})$.

WWA verwendet nicht den FAR, sondern eine „Probability Ratio“ (PR), definiert als

$$PR = \frac{p(I)_{\text{mit Klimawandel}}}{p(I)_{\text{ohne Klimawandel}}}$$

und verwenden dabei $p(I=I_{\text{Ereignis}})$.⁴¹ Dies ist lediglich eine andere Art der Darstellung desselben Sachverhalts.

Die zugrundeliegende Annahme des FAR-Ansatzes für die Anwendung in der Schadensattribuion ist, dass Ereignisse dieser Intensität durch den Klimawandel häufiger auftreten, sich aber die Intensität nicht ändert (im Sinne einer 0-1 Logik).

Hierzu ein illustratives Beispiel des Extremereignis Starkregen: angenommen mit Klimawandel treten in einem Jahr zwanzig Ereignisse mit 60 mm Regen pro 6 Stunden auf; dann würden bei $FAR=55\%$ ohne Klimawandel nur elf Ereignisse mit 60 mm auftreten. Die restlichen neun Ereignisse würden ohne Klimawandel gar nicht stattfinden, d.h. auch nicht mit geringerer Intensität.

Ansatz 2: Veränderung der Intensität des Ereignisses

Hierbei wird ermittelt, wie sich die Intensität des Ereignisses durch den Klimawandel verändert. In einem ersten Schritt wird die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses mit Klimawandel berechnet p_{mit}

⁴⁰ Erstmals vorgeschlagen wurde dies durch Allen 2003 und Scott and Allen 2004.

⁴¹ Andere AutorInnen definieren die probability ratio allerdings auch mit $I > I_{\text{Ereignis}}$.

Klimawandel($I_{Ereignis}$) (entspricht dem Kehrwert der Wiederkehrperiode). In einem zweiten Schritt wird die Intensität eines Ereignisses bestimmt, das ohne Klimawandel genau diese Wahrscheinlichkeit haben würde. In einem dritten Schritt wird die Intensität dieser beiden Ereignisse verglichen. Somit gilt für den „Relative Intensity Change“ (RIC)

$$RIC = \frac{I_{Ereignis}}{I_{ohne\ Klimawandel}(p_{mit\ Klimawandel}(I_{Ereignis}))} - 1.$$

Die zugrundeliegende Annahme ist, dass die

Anzahl der Ereignisse vom Klimawandel nicht beeinflusst wird, sich aber die Intensität der Ereignisse jeweils ändert.

Im obigen illustrativen Beispiel würden auch ohne Klimawandel 20 Starkregenereignisse auftreten, aber z.B. bei RIC=28% mit nur 47 mm statt 60 mm Regen pro 6 Stunden.

Die beiden Ansätze führen zu unterschiedlichen Aussagen. Dies wird aus dem illustrativen Beispiel ersichtlich. Zur weiteren Veranschaulichung zeigt die Wahrscheinlichkeitsfunktionen, die den obigen Zahlen zugrunde liegen. Der grüne Pfeil (FAR) beschreibt die Veränderung der Auftretenswahrscheinlichkeit eines festgelegten Starkregenereignisses mit 60 mm Niederschlag. Der orangene Pfeil (Relative Intensity Change RIC) zeigt die Veränderung der Intensität einer gleichbleibenden Anzahl von Starkregenereignissen.

Abbildung 8: Illustrative Wahrscheinlichkeitsfunktionen des Extremereignis Starkregen

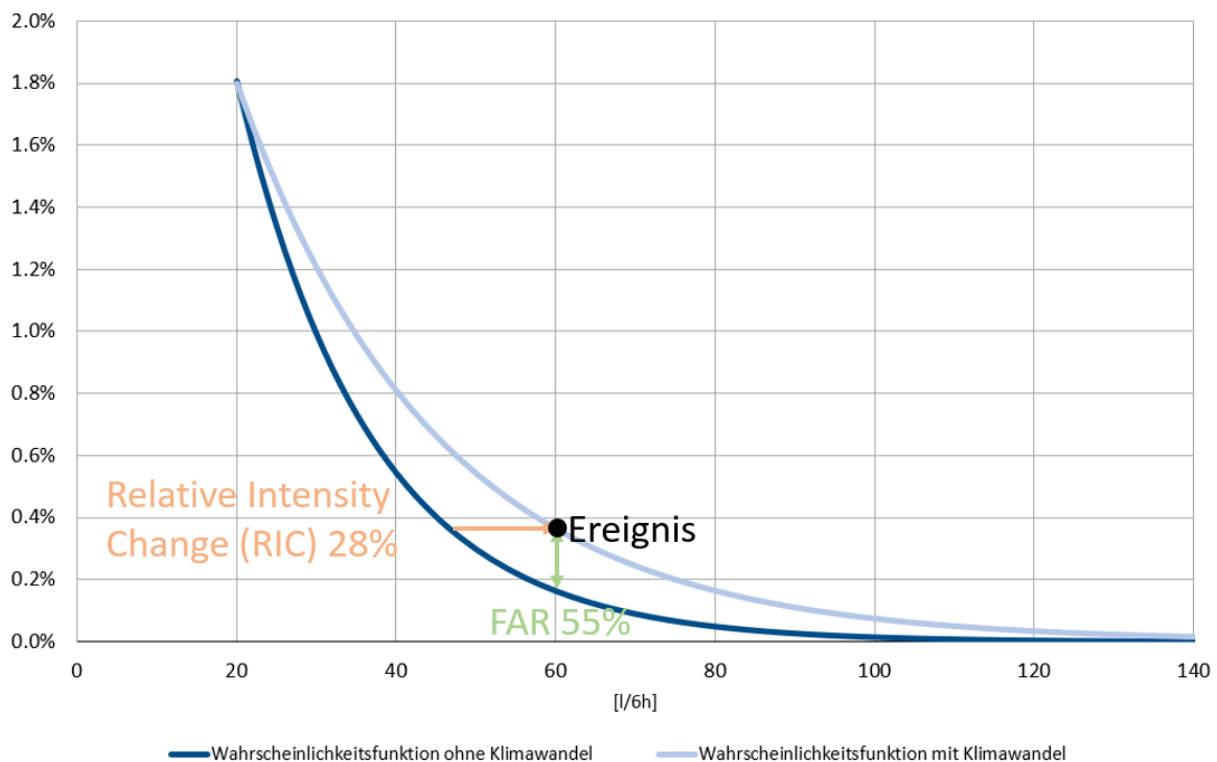
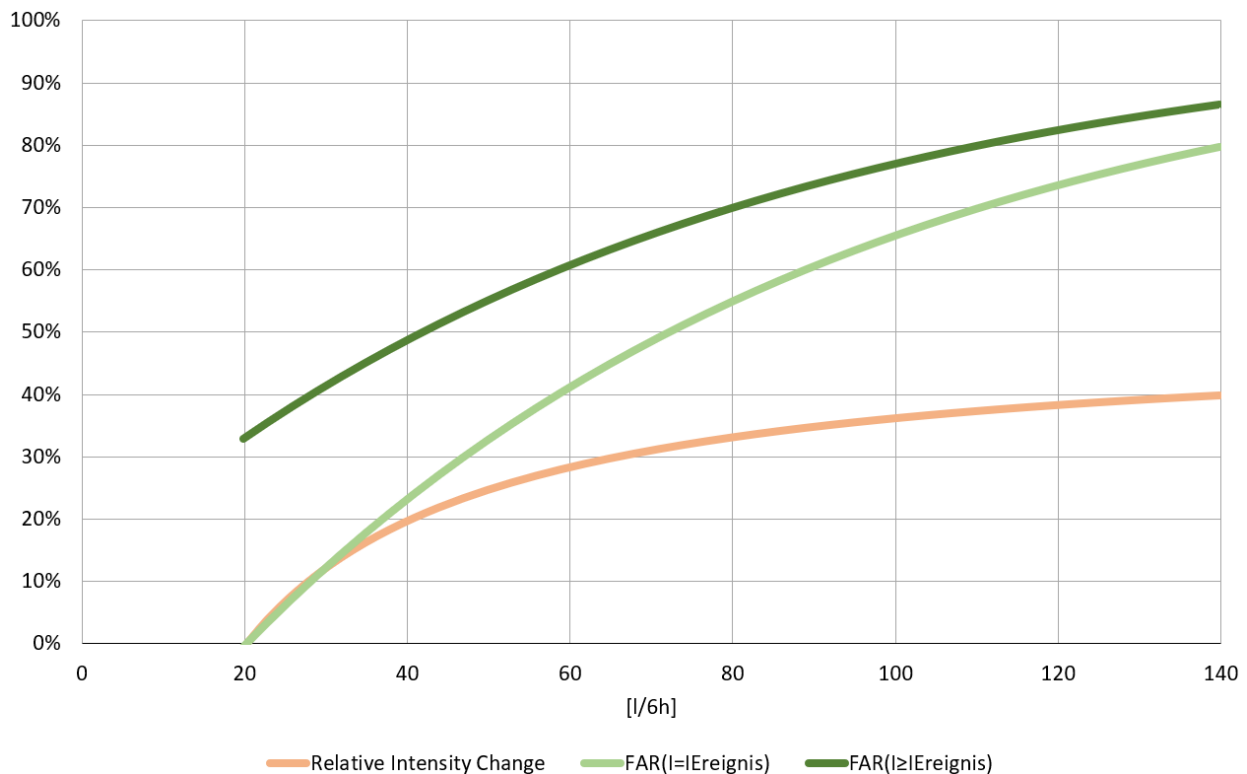


Abbildung 9 zeigt die drei Attributionsparameter RIC, $FAR(I=I_{Ereignis})$ und $FAR(I \geq I_{Ereignis})$ für verschiedene Intensitäten für die Wahrscheinlichkeitsfunktion aus . Die Parameter nehmen mit der Intensität zu. Zu erkennen ist auch ein signifikanter Unterschied der beiden FAR-Definitionen, v.a. bei geringeren Intensitäten. Der Relative Intensity Change ist immer geringer als die FAR-Werte.

Abbildung 9: Illustrative Attributionsparameter für verschiedene Intensitäten

Sowohl Ansatz 1 als auch Ansatz 2 werden in der Literatur verwendet. Welcher Ansatz besser geeignet ist, hängt von dem betrachteten Ereignistyp, der Region und insbesondere von der Fragestellung ab (siehe Otto 2017). Es ist davon auszugehen, dass für die Anwendung der Schadensattribution keiner der beiden Ansätze die Realität genau widerspiegeln, sondern dass sich sowohl Wahrscheinlichkeit als auch Intensität ändern.

5.1.2 Schadensattribution

Die Klimaattributions ist nur ein Zwischenschritt zur Schadensattribution, weil davon auszugehen ist, dass Schäden nicht-linear von der Intensität des Ereignisses abhängen. Der Grund ist, dass Schutzmechanismen in der Regel ab einer gewissen Schwelle überproportional schlechter wirken (ein Extrembeispiel für eine solche Nichtlinearität ist ein Deichbruch an einem Fluss). Somit benötigt man für eine Schadensattribution eine Schadensfunktion je Ereignistyp, welche es erlaubt, die Schäden für verschiedenen Intensitäten zu berechnen.

Jedoch gibt es in der Literatur kaum solche Schadensfunktionen, da hierzu eine gute Datengrundlage nötig ist. Wie dieser Bericht zeigt, existiert diese in der Regel jedoch nicht. Zudem dürften sich die Schäden regional stark unterscheiden, so dass eine solche Schadensfunktion idealerweise auch regional differenziert ausgestaltet werden müsste. Studien mit Schadensfunktionen bzw. einer direkten Schadensattribution im Zusammenhang mit Extremereignissen sind somit selten.

Zwei Beispiele, in denen Schadensdaten verfügbar sind und somit einen Schadensattribution umgesetzt werden konnte, sind:⁴²

- ▶ Vicedo-Cabrera et al. 2023 vergleichen die hitzebedingten Todesfälle im Sommer 2022 in der Schweiz mit und ohne Klimawandel (siehe deren Figure 4).
- ▶ Perkins-Kirkpatrick et al. 2022 analysieren die hitzebedingten Todesfälle im Sommer 2006 in London (siehe deren Figure 3). Zudem modellieren sie auf Basis von Versicherungsdaten die Wiederkehrperioden versicherter Schäden durch Regenfälle in Neuseeland mit und ohne Klimawandel (siehe deren Figure 4).

Weil Schadensfunktionen bzw. Schadensdaten kaum vorhanden sind, greifen viele Studien auf den „Fraction Attributable Risk“ (FAR) Ansatz zurück.⁴³ Dabei wird implizit oder explizit angenommen, dass die Ereignisse ohne Klimawandel entweder genau gleich oder gar nicht eingetreten wären (siehe Exkurs). Mit dieser Annahme kann auf eine Schadensfunktion für die Schadensattribution verzichtet werden. Die tatsächlich eingetretenen Schäden müssen dann nur noch mit dem FAR multipliziert werden, um die klimawandel-bedingte Veränderung der Auftretenswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen.

Die Verwendung des FAR-Ansatzes für die Schadensattribution wird aufgrund seiner Annahmen in Perkins-Kirkpatrick et al. 2022 und in Brown 2023 kritisiert. Letzterer argumentiert, dass der FAR-Ansatz den Anteil des Klimawandels systematisch überschätzt.⁴⁴

Eine weitere offene Frage ist, ob $FAR(I=I_{Ereignis})$ oder $FAR(I \geq I_{Ereignis})$ verwendet werden sollte (siehe Exkurs). In der Literatur sind beide Formen zu finden. Der Unterschied ist signifikant⁴⁵, aber weniger relevant als andere Annahmen der Schadensattribution. Für die Attribution von Einzelereignissen sollten aus unserer Sicht $FAR(I=I_{Ereignis})$ verwendet werden, weil aufgrund der nicht-linearen Schadensfunktion Ereignisse mit wesentlicher höherer Intensität einen anderen Attributionsfaktor aufweisen.

Aus unserer Sicht ist der Ansatz über die Änderung der Intensität und einer nachgeschalteten Schadensfunktion prinzipiell methodisch robuster als der FAR-Ansatz.⁴⁶ Da eine Schadensfunktion aber in der Regel nicht robust aus Daten abgeleitet werden kann, bleibt letztlich unklar, welche der beiden Methoden gesamthaft vorzuziehen ist. Eine Ausnahme stellen Todesfälle bei Hitzewellen dar, für die inzwischen relativ viele qualitativ hochwertige Daten zur Verfügung stehen (z.B. Vicedo-Cabrera et al. 2023).

⁴² Smiley et al. 2022 koppeln ein Klimamodell mit einem hydrologischen Modell, um die Veränderungen der Überschwemmungstiefen mit und ohne Klimawandel direkt zu modellieren. Es gibt jedoch keine Modellierung von Schäden im Zusammenhang mit der Hochwassertiefe.

⁴³ Aktuelle Beispiele sind Frame 2020, Clarke et al. 2021 oder Newmann and Noy 2023.

⁴⁴ Siehe hierzu das hypothetische Beispiel in Anlehnung an Brown (2023, Figure 1): Angenommen, das Ereignis war ein Starkregen von 250 mm pro Tag und die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignis (oder eines noch stärkeren Ereignisses) ist ohne Klimawandel 1 % und mit Klimawandel 5 %. Dies entspricht einem $FAR = 1-1\%/5\% = 80\%$. Bei einem Gesamtschaden des Ereignisses von 1 Mrd. Euro wäre der so berechnete attribuierte Klimaschaden 0,8 Mrd. Euro.

Bei dieser Berechnung geht man aber gemäß Brown (2023) implizit davon aus, dass das Ereignis entweder genau in der Stärke von 250 mm oder aber gar nicht stattgefunden hätte bzw. dass unter 250 mm keine Schäden auftreten. Realistischer ist aber gemäß Brown (2023), dass das Ereignis zwar stattgefunden hätte, aber mit einer geringen Intensität und auch dabei auch Schäden verursacht worden wären. Dann wäre der attribuierte Schaden viel kleiner.

⁴⁵ Im Setting der Studie von Frame et al. (2020) ist der Unterschied rund 10 %. Perkins-Kirkpatrick et al. (2022) haben den Einfluss dieser Wahl auf die Hitzetoten der UK-Hitzewelle 2006 bestimmt und kommen auf 37 %-50 % anthropogenen Anteil für Ereignisse gleich oder größer der 2006er Hitzewelle (d.h. $FAR(I \geq I_{Ereignis})$), aber nur auf einen Anteil von 17 % für ein Ereignis genau dieser Intensität (d.h. $FAR(I=I_{Ereignis})$).

⁴⁶ Und idealerweise werden die Schäden direkt modelliert.

Es gilt die gerade erste aufkommende Forschung bezüglich der Schadensattribution weiterzuverfolgen. Ein robuste Datenerhebung mittels des in diesem Bericht angedachten Kataster dürfte diese Forschung langfristig maßgeblich unterstützen.

Weitergehende Attribution

Neben der Beeinflussung des Klimas verändert der Mensch auch durch andere Handlungen die Schäden von Extremereignissen. Ein Beispiel ist die Siedlungspolitik. So wurden viele Siedlungen in ungeeigneten oder gefährdeten Gebieten errichtet (Auen und Überschwemmungsgebieten), was die Vulnerabilität und somit die Schäden erhöht. Auch Monokulturen oder Versiegelung tragen dazu bei, dass die Aufnahmefähigkeit des Bodens sinkt und somit eine gegebene Niederschlagsmenge zu höheren Schäden führt.

Für die vorliegenden Attribution können wir diese weitergehenden Effekte jedoch nicht näher berücksichtigt, da sie neue methodische Fragen aufwerfen und damit den Rahmen der Studie sprengen würden.

5.2 Diskussion Ereignistypen

Im Folgenden erklären wir je Ereignistypen wichtige Grundlagen zur Attribution und zeigen je ein Beispiel einer Klimaattributions. Abschließend skizzieren wir, wie sich eine stark vereinfachende Schadensattribution ableiten ließe. Aufgrund der hohen Unsicherheiten können wir die Ergebnisse dieser Überlegungen allerdings nicht zur sofortigen Verwendung empfehlen. Stattdessen sollten Faktoren zu Schadensattribution in einem Prozess mit mehreren Stakeholdern definiert werden (siehe auch Kapitel 3).

5.2.1 Starkregen

Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Konkret besagt die Clausius-Clapeyron Gleichung, dass eine Erwärmung um ein Grad Celsius die maximale Aufnahmefähigkeit der Luft um ca. 7 % erhöht. Der „Intergovernmental Panel on Climate 6th Assessment Report“ (IPCC AR6) geht daher in Bezug auf Starkniederschläge davon aus, dass es global gesehen zu einer Intensivierung um etwa 7 % pro 1 °C globaler Erwärmung kommen wird (hohes Vertrauen) (IPCC 2021).⁴⁷ Der Grund ist, dass Starkniederschläge von eher kurzer Dauer (max. 1-2 Tage) sind und daher stark von der maximalen Aufnahmekapazität der Luft beeinflusst werden. Neben dieser thermodynamischen Komponente gibt es auch eine dynamische Komponente: Durch den Klimawandel können sich atmosphärische Strömungsmuster ändern und so die Intensität verstärken oder abschwächen bzw. die Wahrscheinlichkeit erhöhen oder vermindern. Gemäß IPCC AR6 ist der derzeitige Stand des Wissens, dass es für Mitteleuropa unklar ist, inwiefern diese dynamische Komponente relevant ist.⁴⁸ Daher gehen wir davon aus, dass in Deutschland die thermodynamische Komponente dominiert und (i) die Intensivierung bei Starkniederschlägen vermutlich relativ unabhängig von der Stärke des Ereignisses und der Region ist sowie (ii) die Anzahl der Starkregenereignisse durch dynamische Prozesse nicht wesentlich beeinflusst wird.

⁴⁷ «At the global scale, the intensification of heavy precipitation will follow the rate of increase in the maximum amount of moisture that the atmosphere can hold as it warms (high confidence), of about 7 % per 1 °C of global warming.” (IPCC AR6, WG1, Chapter 11, p. 1567)

⁴⁸ Siehe z.B. Pfahl et al. 2017; Diskussion in Kreienkamp et al. 2021, Kapitel 6.5; oder IPCC AR6, WG1, Chapter 11, Box 11.1, Figure 1). Gemäss dieser Figure 1 sind Regionen, in denen es einen klaren dynamischen Einfluss gibt, vor allem über dem Meer, wie z.B. die Äquatorregion im Pazifik oder der Atlantik zwischen Mittelamerika und Nordafrika.

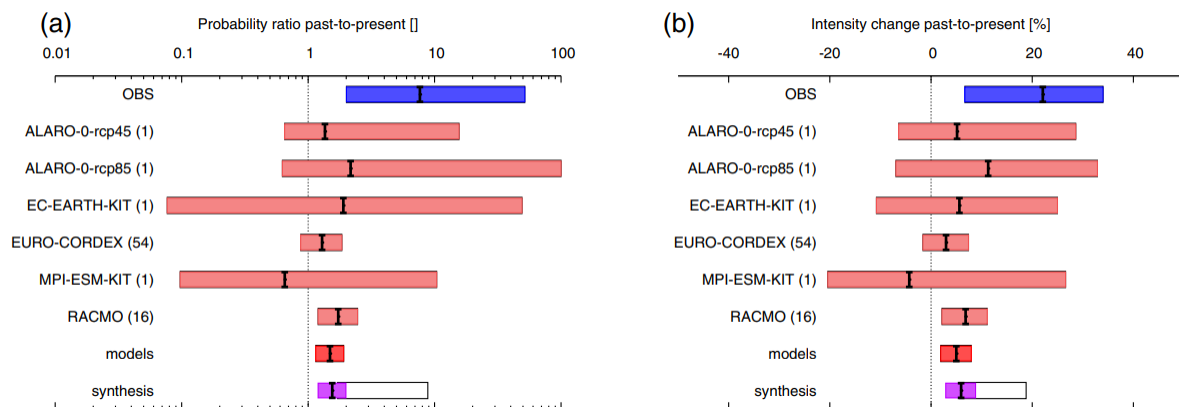
Die Messungen zeigen bisher keinen eindeutigen Trend für die Entwicklung von Starkregenereignissen. So zeigen Auswertungen der Niederschlagsmessung von Stationsdaten für die Anzahl der Tage mit Starkregen (10 mm, 20 mm und 30 mm pro Tag), dass in Deutschland bis 2019 kein eindeutiges Änderungssignal erkennbar ist (Deumlich und Gericke 2020). Ein Grund hierfür könnte die hohe Variabilität sein, die eine Trendaussage erschwert.

Beispiel: Klimaattribuion des Ereignisses «Tief Bernd»

Gemäß Tradowsky et al. 2023, welche die WWA-Methodik verwenden, hat der Klimawandel die Intensität von „Tief Bernd“ (konkret eines 1-tägigen Starkregenereignisses dieser Größe und in dieser Region) um 3-19% erhöht (WorldWeatherAttribution 2021). Eine alternative Aussage ist, dass der Klimawandel die Wahrscheinlichkeit um einen Faktor 1,2 bis 9 erhöht hat. Beiden Aussagen beruhen auf den gleichen Daten bzw. Modellen, unterscheiden sich aber in der zugrundeliegenden Fragestellung (siehe Exkurs in Kapitel 1.2).

Die großen Ergebnisspannen beruhen auf den Bandbreiten der einzelnen Modelle, den Unterschieden dieser Modelle untereinander, sowie Abweichungen bei den Messdaten (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10: Auswertung zu Tief Bernd gemäß Methodik von World Weather Attribution (WWA)



Links: Ergebnisse des „Probability Ratio“ für diverse Modelle bzw. Messdaten. Rechts: Idem für „Relative Intensity Change“. Für Definitionen siehe Exkurs in Kapitel 1.2

Quelle: Tradowsky et al 2023, Fig. 8.

Das Beispiel zeigt, dass auch detaillierte Studien zur Klimaattribuion im Bereich Starkregen große Unsicherheiten aufweisen.⁴⁹ Zumindest die Größenordnung der Intensitätsveränderung ist jedoch relativ robust. So zeigt kein Ansatz eine Erhöhung der Intensität um mehr als 30 %.

Box: Stark vereinfachende Schadensattribuion für Starkregen

Ein pauschaler Faktor Schadensattribuion ließe sich wie folgt ableiten:

Klimaattribuion: Derzeit beträgt die Erwärmung in Deutschland gegenüber der Periode 1881-1910 knapp 2 °C (DWD 2020). Im Schnitt könnte man daher davon ausgehen, dass ein spezifisches Starkniederschlagsereignis durch den Klimawandel derzeit ca. 14 % intensiver ausfällt, wenn dafür der Temperaturanstieg der Region des Niederschlags relevant ist.⁵⁰ Dabei treffen wir die konkrete

⁴⁹ Starkniederschläge zu attribuieren ist besonders herausfordernd, da (i) ein relativ kleinräumiger geographischer Ausschnitt betrachtet werden muss und (ii) die Attribution von Niederschlagsereignissen methodisch schwieriger ist als von Hitze oder anderen Temperatur-getriebenen Extremereignissen.

⁵⁰ Der Wasserdampf, der den Starkregen speist, stammt aus Meeresregionen, in denen der regionale Temperaturanstieg geringer ausfällt.

Annahme, dass der Klimawandel keine Änderungen in der Häufigkeit von Regentagen per se verursacht.⁵¹ Dies wird „conditional attribution“ genannt und ist eine derzeit vertretbare Annahme für Europa (siehe Haupttext: die dynamische Komponente ist nicht relevant).

Schadensfunktion: Derzeit existieren keine Daten oder Studien, welche Schadensfunktionen auf einem für unsere Zwecke brauchbaren Detailgrad beinhalten. Wir hoffen, dass sich die Datengrundlage in der Zukunft verbessert. Da davon auszugehen ist, dass die Schäden nicht-linear mit der Intensität zusammenhängen, nehmen wir im Sinne einer Expertenschätzung an, dass die Schäden um einen Faktor 2 von der Intensität abhängen, die Schäden durch den Klimawandel also um 28 % höher ausfallen (bei der Steigerung der Intensität um 14 %). Wir stufen dies als realistischer ein, als auf diesen Schritt zu verzichten und somit implizit eine lineare Schadensfunktion zu verwenden.

Dies entspräche einem Faktor Pauschale Schadensattribution PSA von 22 %.⁵² Um Scheingenauigkeit zu vermeiden, könnte man im Sinne einer Expertenschätzung den Wert $PSA_{\text{Starkregen}}=20\%$ festlegen.

Dieser Wert ist stark vereinfachend abgeleitet. Die Größenordnung erscheint aber robust. Beispielsweise für einen Faktor Schadensattribution von 50 % eine Intensivierung der Schäden um 100 % nötig, was nicht plausibel erscheint.⁵³

5.2.2 Flussüberschwemmungen

Flussüberschwemmungen resultieren wie Starkregen aus einer hohen Niederschlagsmenge. Im Vergleich zu Starkniederschlägen kumuliert sich diese Menge in der Regel über einen größeren Zeitraum. Auch Flussüberschwemmungen dürften aufgrund der Clausius-Clapeyron Gleichung in Zukunft häufiger werden. Allerdings kann der Klimawandel auch zu Veränderungen dynamischer Prozesse führen (groß- und kleinskalige Zirkulation in der Atmosphäre). Brönnimann et al. 2021 differenzieren systematisch das Potenzial für Flussüberschwemmungen über Mitteleuropa nach Einflüssen der (i) thermodynamischen Komponente (Clausius-Clapeyron) und (ii) der dynamischen Komponente. Die Autoren kommen zum Schluss, dass Änderungen in der Häufigkeit bisher eher von (i) bestimmt wurden, aber in letzter Zeit zunehmend auch von (ii) getrieben werden. Auch das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) beschreibt, dass die Zunahme der Intensität extremer Niederschläge auf regionaler Ebene je nach Ausmaß der regionalen Erwärmung, Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation und der Sturmdynamik variieren kann (IPCC AR6, WG I, Box 11.1). Änderungen der atmosphärischen Zirkulation als auch der Niederschlagsprozesse sind mit derzeitigen Klimamodellen aber nur ungenügend zu erfassen (auch wenn hier in den letzten Jahren gewisse Fortschritte gemacht wurden). Daher sind Quantifizierungen nur mit hoher Unsicherheit möglich.

Auch die Schadensfunktionen von Flussüberschwemmungen sind komplex, weil Schäden vor allem dann auftreten, wenn die Vorsichtsmaßnahmen nicht mehr greifen und z.B. Dämme

⁵¹ Aussagen zur erhöhten Wahrscheinlichkeit von Ereignissen widersprechen dem nicht zwingend, da es auch bei der gleichen Anzahl Regeltagen alleine aufgrund der Intensivierung auch zu einer Zunahme von Ereignissen mit hoher Intensität kommt (also deren Wahrscheinlichkeit steigt).

⁵² Es gilt: pauschaler Faktor Schadensattribution $PSA = \text{Anstieg Schäden (\%)} / (1 + \text{Anstieg Schäden (\%)})$ und somit $PSA = 28\% / (1 + 28\%) = 22\%$. Wären beispielsweise die Schäden ohne Klimawandel 100 Mio. Euro, wäre sie mit Klimawandel 128 Mio. Euro. Die Klimaschäden sind also 28 Mio. Euro. Da im Kataster Schäden von 128 Mio. Euro erfasst werden, errechnen sich die Klimaschäden als: $128 \text{ Mio. Euro} \cdot 22\% = 28 \text{ Mio. Euro}$.

⁵³ Dies erscheint nicht plausibel, weil entweder die Klimaattributions wesentlich höher als 14 % sein müsste und/oder die Schadensfunktion wesentlich nicht-linearer sein müsste als wir durch den Faktor 2 angenommen haben.

brechen oder überflutet werden. Daher sind die Schäden im Einzelfall stark davon abhängig, ob ein Schwellenwert überschritten wird oder nicht (Stufenfunktion). Über viele Ereignisse hinweg kann man aber trotzdem von einer glatten Schadensfunktion ausgehen.

Box: Stark vereinfachende Schadensattribution für Flussüberschwemmungen

Mangels Daten ist es derzeit nicht direkt möglich eine Faktor Schadensattribution für Flussüberschwemmungen abzuleiten. Als beste Schätzung könnte man denselben pauschalen Faktor Schadensattribution verwenden wie für Starkregen (PSAFlussüberschwemmungen=20%).

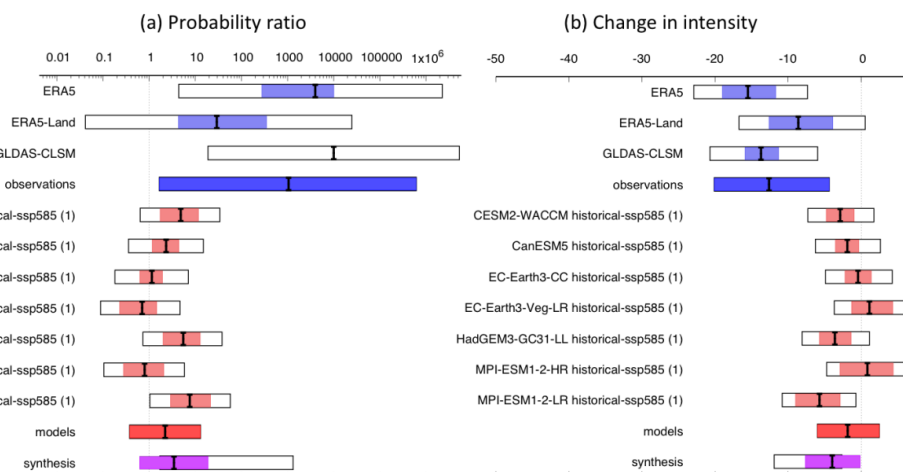
5.2.3 Trockenheit

Trockenheit ist ein komplexes Phänomen, das auf unterschiedliche Art definiert werden kann und durch unterschiedliche Wirkungspfade Schäden verursacht (siehe auch Kapitel 4.2.1.3). Daher ist auch hier die Schadensattribution komplex.

Beispiel: Klimaattribuion der Trockenheit in Europa im Sommer 2022

Schumacher et al. 2022 haben die WWA-Methodik verwendet, um zeitnah eine Klimaattribuion zur Trockenheit im Sommer 2022 zu veröffentlichen. Als Indikator für landwirtschaftliche Dürre haben Schumacher et al. den Feuchtegehalt in der Wurzelzone in den Sommermonaten in West-Mitteuropa gewählt. Basierend auf Abbildung 11 schreiben Schumacher et al., dass der Klimawandel die Wahrscheinlichkeit des im Sommer 2022 vorherrschenden geringen Feuchtegehalt in der Wurzelzone um das 3-4-fache gesteigert hat. Dies ist allerdings die beste Schätzung. Die Bandbreite der Studie ist größer (Abbildung 11, linke Seite „synthesis“). Gleichzeitig hat der Feuchtegehalt durch den Klimawandel um 3,90 % abgenommen (0,13 % bis 7,60 %). Diese Aussage basiert auf dem lila Bereich in Abbildung 11, rechte Seite.⁵⁴

Abbildung 11: Auswertung zu Trockenheit in Nordeuropa gemäß Methodik von WWA



Links: Ergebnisse des „Probability Ratio“ für diverse Modelle bzw. Auswertungen. Rechts: Idem für „Intensity Change“. Für Definitionen siehe Exkurs in Kapitel 1.2

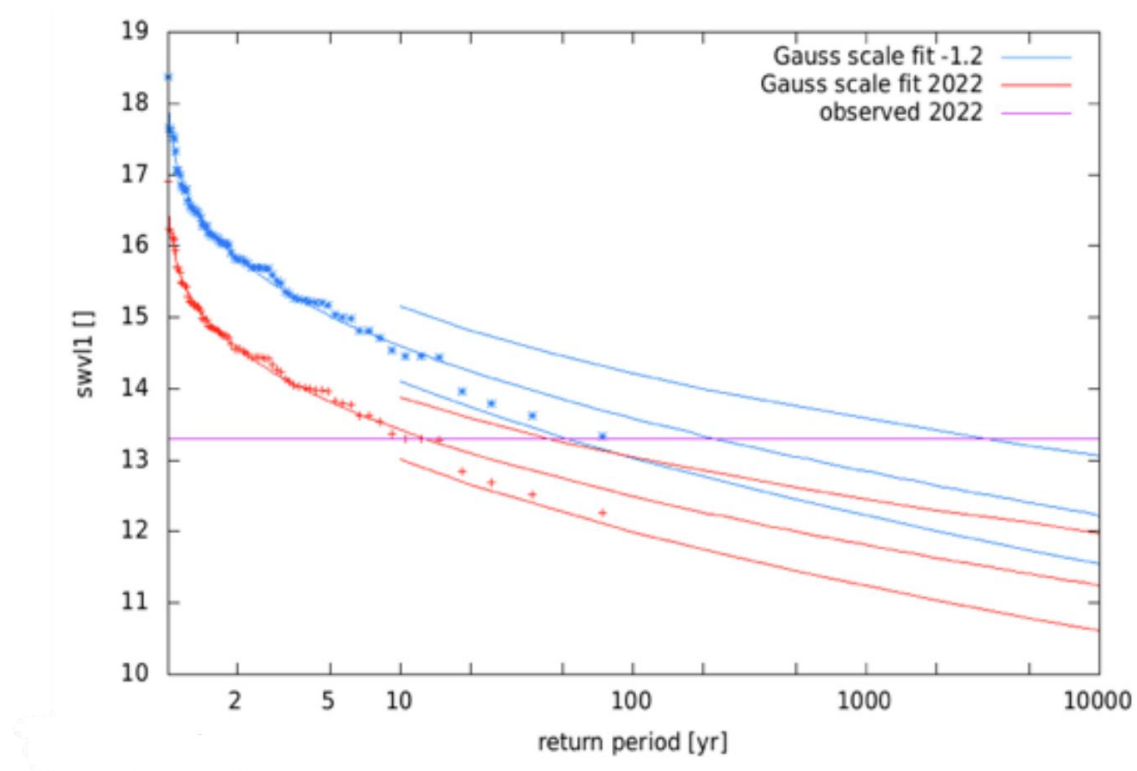
Quelle: Schumacher et al 2022, Fig. 8.

Die Herleitung dieser Werte lässt sich am Beispiel der „European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis v5“ (ERA5)-Land Daten in Abbildung 12 zeigen. Das Ereignis (lila Gerade) tritt in einer Welt mit Klimawandel (rot) ca. alle 15 Jahre auf. In einer Welt ohne

⁵⁴ Es besteht dabei eine auffällige Diskrepanz zwischen Abschätzungen aus Beobachtungen (Mittelwert rund 13 % Abnahme) und Modellen (Mittelwert rund 3 % Abnahme).

Klimawandel (blau) würde es hingegen seltener als alle 100 Jahre auftreten. Daraus errechnen die Autoren eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit um ca. den Faktor 5-200 (siehe Abbildung 11 links, ERA5-Land). Der Unterschied der Bodenfeuchte für das 15-jährige Ereignis ist rund 14,3 swv/l (mit Klimawandel) gegenüber rund 15,5 swv/l (ohne Klimawandel), was einer Abnahme der Intensität des Ereignisses von nur rund 8 % entspricht. Dies sind die Ergebnisse der ERA5-Land Daten. Andere Daten bzw. Modelle ergeben anderen Ergebnisse, so dass sich in der Synthese die oben genannten Werte ergeben.

Abbildung 12: Wiederkehrwahrscheinlichkeiten zu Trockenheit in Nordeuropa für einen spezifischen Ansatz (ERA5-Land Daten)



Blau: Ohne Klimawandel. Rot: Mit Klimawandel. Lila: Intensität des Ereignisses.

Quelle: Schumacher et al 2022, Fig. 4.

Box: Stark vereinfachende Schadensattribution für Trockenheit

Ein pauschaler Faktor Schadensattribution ließe sich wie folgt ableiten:

- ▶ **Klimaattribuion:** Auf Basis der Modellierung in Schumacher et al. 2022 ist ein Trockenheitsereignis durch den Klimawandel derzeit im Schnitt ca. 4 % intensiver (Mittelwert Abnahme Bodenfeuchte für West-Europa 3.9%).
- ▶ **Schadensfunktion:** Auch für Trockenheit ist davon auszugehen, dass Schäden nicht-linear von der Intensität abhängen, vor allem dann, wenn die Bewässerungsmöglichkeiten überschritten sind. Wir nehmen daher analog zu Starkregen im Sinne einer Expertenschätzung an, dass die Schäden um ca. einen Faktor 2 höher ausfallen. Demnach steigen die Schäden durch den Klimawandel um ca. 8 %. Diese Annahme lässt sich derzeit nicht durch Daten bestätigen, weil uns keine entsprechenden Schadensfunktionen auf diesem Detailgrad bekannt sind. Die Annahme sollte daher in der Zukunft hinterfragt werden, sobald bessere Daten vorhanden sind.

- ▶ Dies entspräche einem Faktor Schadensattribution von 7 %.⁵⁵ Um Scheingenauigkeit zu vermeiden, könnte man so einen pauschalen Faktor Schadensattribution von $PSA_{\text{Trockenheit}}=10\%$ ableiten.

5.3 Empfehlung zum Vorgehen

Da das Kataster Klimaschäden dokumentieren soll, ist eine Schadensattribution für die Ereignisse unumgänglich. Weil dies jedoch nur mit großer Unsicherheit möglich ist (siehe A Annex), sollten sowohl die Gesamtschäden (ohne Attribution) als auch die attribuierten Schäden angegeben werden (mit einem Hinweis auf die hohe Unsicherheit). Die konkrete Umsetzung der Attribution ist vom Ereignistyp abhängig und aktueller Forschungsgegenstand. In der Regel ist der Ausgangspunkt eine Aussage der Klimaattributions zu Änderungen der Intensität, die sodann mit einer Schadensfunktion verknüpft wird.

Wir empfehlen bezüglich Attribution prinzipiell einen zweistufigen Prozess:

- ▶ Pro Ereignistyp (sowie allenfalls Ereignisstärke und Region) sollte vorab ein pauschaler Faktor Schadensattribution bestimmt werden.⁵⁶ Ein solcher pauschaler Faktor wird hinterlegt und kann bei einem entsprechenden Ereignis sofort angewandt werden. Pauschale Faktoren basieren idealerweise auf Studien des Ereignistyps in Deutschland oder Europa. Sind solche Studien nicht verfügbar, müssen qualifizierte ExpertInnenabschätzungen getroffen werden. In den Boxen der Unterkapitel aus Kapitel 2 zeigen wir mögliche pauschale Faktoren Schadensattribution. Angesichts der hohen Unsicherheiten sehen wir aber davon ab, diese oder andere Werte zum jetzigen Zeitpunkt auch konkret zu empfehlen. Stattdessen empfehlen wir, solche pauschalen Faktoren in einem Prozess unter Einbindung des Deutschen Wetterdienstes (DWD), weiterer Fachbehörden sowie externen Experten zu definieren. Dies könnte auch die Aufgabe eines allfälligen Folgeprojekts sein.
- ▶ Falls für (Groß-)Ereignisse eine spezifische Studie veröffentlicht wird, könnte daraus ein spezifischer Faktor Schadensattribution abgeleitet werden. Inwiefern dies möglich ist, muss situativ entschieden werden. Dies wird im Folgenden nicht weiter behandelt, weil es den Rahmen dieser Studie übersteigen würde und sollte daher für die weitere Entwicklung des Schadenskatasters speziell thematisiert werden.

Es ist wichtig, diesen lebendigen Forschungszweig weiter zu verfolgen oder gar aktiv maßgeschneiderte Lösungen für ein Schadenskataster in Auftrag zu geben. Dies gilt sowohl hinsichtlich pauschaler als auch spezifischer Faktoren der Schadensattribution.

⁵⁵ $PSA = 8\% / (1+8\%) = 7,4\%$

⁵⁶ Für Niederschlag ist ein Faktor sinnvoll (Multiplikation). Für Temperaturänderungen würde in der Regel ein Summand verwendet, welcher addiert wird.

6 Datenquellen für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen

6.1 Einleitung

Im Folgenden werden potenzielle Datenquellen für Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen infolge von Extremereignissen in Deutschland vorgestellt. Eine systematischere Übersicht relevanter Quellen ist zudem im Anhang dargestellt. In diesem Kapitel analysieren wir Datenquellen für monetäre Schäden (für nicht-monetäre Daten siehe Kapitel 8). Wie in Tabelle 2 dargestellt, beschränken wir die Datenrecherche für diese Studie auf Starkregen und Sturzfluten sowie Flussüberschwemmungen. Für diese Ereignistypen analysieren wir Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen (ist im Anhang dargestellt, sodass sich diese Kategorien noch eine Reihe von Subelementen differenzieren lassen). Andere Ereignistypen (z. B. Sturm oder Hagel) sowie weitere Schadenskategorien (z. B. Todesfälle durch Starkregen und Sturzfluten) betrachten wir in dieser Studie nicht näher.

Solche weiteren Ereignistypen und Schadenskategorien, sowie slow-onset Schäden infolge des graduellen Klimawandels müssen dem Schadenskataster sukzessive hinzugefügt werden, um schlussendlich ein möglichst vollständiges Bild der Klimaschäden zu erhalten (siehe auch Kapitel 4.5 und 10).

6.2 Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

Versicherungsgesellschaften sind wichtige AkteurInnen für ein Schadenskataster, da sie detaillierte Daten zu versicherten Schäden besitzen. Wir fokussieren im Folgenden auf die Daten des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), welcher die Daten der einzelnen Mitglieder (privaten Versicherungsgesellschaften) zusammenträgt.

Allgemeine Beschreibung

Die wichtigste öffentlich verfügbare Quelle ist der Serviceteil des jährlich erscheinenden GDV-Naturgefahrenreports. Er erscheint jeweils im Herbst und stellt die Schäden des Vorjahres für Deutschland in aggregierter und anonymisierter Form dar.

Der Naturgefahrenreport unterscheidet in der Darstellung zwischen Kraftfahrtversicherung und Sachversicherungen. Schäden an Kraftfahrzeugen resultieren aus Schäden durch „Sturm und Hagel“.⁵⁷ Diese sind zwar grundsätzlich für das Kataster relevant, sind aber nicht im Fokus dieser Studie (siehe Tabelle 2) und werden daher im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Die Sachversicherungen decken grundsätzlich Wohngebäude, Hausrat, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft ab. Die Schäden der Sachversicherungen im Naturgefahrenreport werden in zwei Kategorien unterteilt:

Schäden durch „Sturm und Hagel“ leiten sich aus der Wohngebäude- und der Hausratversicherung ab (siehe Box) und umfasst Schäden durch Sturm, Hagel und Blitze.

- Schäden durch „weitere Naturgefahren (Elementar)“ bzw. von GDV teils auch „Elementarschaden“ genannt leiten sich aus der Elementarschadenversicherung ab, welche

⁵⁷ Auch Schäden aus Überschwemmungen werden ausgewiesen. Diese machen aber nur rund 1% der Schäden aus.

eine Vielzahl von Gefahren abdeckt (siehe Box). Elementarschäden entstehen aber primär durch Starkregen, Sturzfluten und Flussüberschwemmungen.⁵⁸

Versicherungstypen für Wohnungen gemäß Glossar GDV (GDV, 2022c, Seite 55ff):

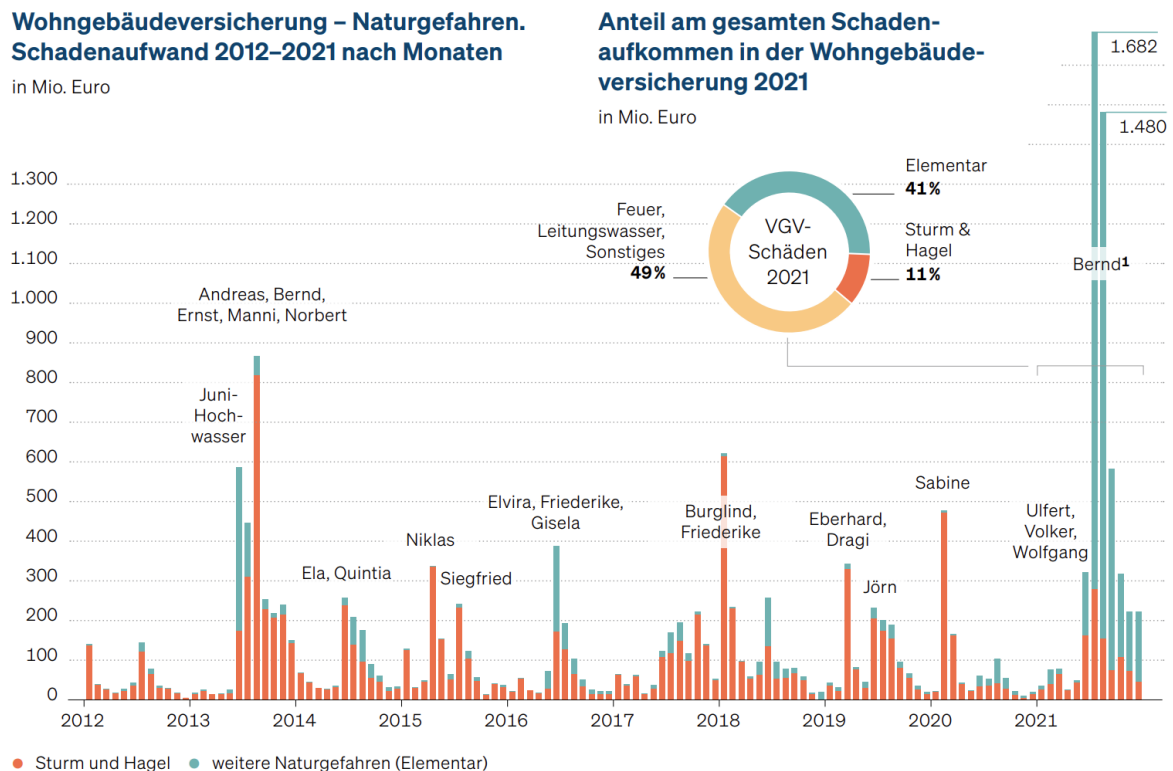
- ▶ **Wohngebäudeversicherung:** schützt das Haus vor Schäden durch Sturm, Feuer, Blitzeinschlag, Hagel und Leitungswasser. Versichert ist das Gebäude einschließlich aller fest eingebauten Gegenstände. Zunehmend werden in der Wohngebäudeversicherung auch weitere Naturgefahren (Elementar) gedeckt.
- ▶ **Hausratversicherung:** sichert den kompletten Hausrat von Möbeln über Kleidung bis hin zu Elektrogeräten ab. Sie kommt für Schäden durch Feuer, Leitungswasser, Sturm, Blitzschlag und Hagel sowie Einbruchdiebstahl/Vandalismus auf. Zunehmend werden in der Hausratversicherung auch weitere Naturgefahren gedeckt.
- ▶ Die **Elementarschadenversicherung** (auch genannt «erweiterte Naturgefahrenversicherung (Elementar)») kann zusätzlich zur Hausrat- und zur Wohngebäudeversicherung abgeschlossen werden. Versichert sind – je nach Vertrag – das Gebäude und/oder das Eigentum bei Schäden durch: Starkregen/Überschwemmung/Rückstau, Hochwasser, Schneedruck, Lawinen/Erdrutsch, Erdsenkung, Erdbeben, Vulkanausbruch.⁵⁹ Immer mehr Versicherungsgesellschaften bieten inzwischen die Hausrat- und Wohngebäudeversicherung inklusive der Elementarschadenversicherung an.

Im Naturgefahrenreport wird in der Regel der „Schadenaufwand“ ausgewiesen. Dieser entspricht dem Geldbetrag, den die Versicherungsgesellschaften an die Geschädigten ausbezahlt haben. Der Schadenaufwand ist aus den folgenden zwei Gründen kleiner als die effektiven Schäden:

1. Nur ein Teil der Schäden ist versichert. Um von den versicherten Schäden auf die Schäden an Wohngebäuden hochzurechnen, wird die Versicherungsdichte benötigt. Der Naturgefahrenreport weist die Versicherungsdichte der Wohngebäude je Bundesland (und für Deutschland insgesamt) differenziert nach den Versicherungen „Sturm und Hagel« und „Sonstige Naturgefahren (Elementar)« aus (vgl. GDV, 2022c, S. 16 und S. 48/49).
 - a. Für Sturm und Hagel liegt diese immer über 90% (Ausnahme Bayern mit 81%).
 - b. Für Sonstige Naturgefahren (Elementar) ist die Versicherungsdichte zwischen 30% und 50% und somit wesentlich geringer (Ausnahme Baden-Württemberg mit 94%). Deutschlandweit liegt die Versicherungsdichte bei 50%.
2. Die meisten Versicherungspolicen enthalten Selbstbehalte, so dass die Versicherungen nur einen Teil des jeweiligen Schadens decken. Da der Selbstbehalt in der Regel ein absoluter Betrag ist, ist der nicht gedeckte Anteil bei kleineren Ereignissen höher. Daher ist die Datenlage für kleinere Ereignisse schlechter als für Großereignisse.

⁵⁸ Für einige Auswertungen unterscheidet der GDV zwischen Flussüberschwemmungen (vom GDV teilweise auch als „Ausuferungen“ bezeichnet) und Starkregen (vom GDV teilweise auch als „Witterungsniederschläge“ bezeichnet). In den Versicherungsdaten, die der GDV für seine Analysen verwendet, ist die genaue Art des Ereignisses nicht codiert. Daher kategorisiert der GDV in der Elementarschadenversicherung solche Schäden als Starkregenschäden, die (i) in den Sommermonaten auftreten und (ii) in einem Gebiet liegen, das nicht als Überschwemmungsgebiet klassifiziert ist (ZÜRS-Zone 1).

⁵⁹ Erdbeben und Vulkanausbruch haben keinen Bezug zum Klimawandel, aber diese dürften in Deutschland in der Vergangenheit auch keine Rolle gespielt haben. Schneedruck und Lawinen sind prinzipiell für ein Kataster relevant, decken sich aber nicht mit den Schadenskategorien berücksichtigten gemäß Tabelle 2. Auch diese Schäden sind vermutlich nur von geringer Relevanz.

Abbildung 13: Schadenaufwand Wohngebäude für Versicherungsgesellschaften durch Naturgefahrenereignisse (2012-2021)

Quelle: GDV (2022c, S.17)

Abbildung 13 zeigt den Schadenaufwand der Naturgefahren zwischen 2012-2021 für Wohngebäude. Die Versicherungsdichte für erweiterte Elementarschäden variiert stark nach Region. Um diese Unterschiede zu berücksichtigen, verwendet der GDV eine Methode zur Normalisierung («as-if»). Dabei werden die historischen Schadensereignisse auf die aktuelle Versicherungsdichte projiziert. Zudem wird die Inflation berücksichtigt. Das bedeutet, es erfolgte eine hypothetische Berechnung basierend auf der Versicherungsdichte und den Preisen des aktuellen Jahres, hier 2021 (GDV, 2022c).

Bis zum Jahr 2020 wurden die meisten Schäden durch Sturm und Hagel verursacht. Das Jahr 2021 wird allerdings durch die außergewöhnlich hohen Schäden des Tief Bernds dominiert. Elementarschäden treten aus meteorologischen Gründen vor allem in den Sommermonaten auf. Sturm und Hagel-Schäden sind über das ganze Jahr verteilt, weil es im Winterhalbjahr zu Winterstürmen kommen kann (Hagel oder Gewitter treten hingegen nur im Sommer auf). Es ist ersichtlich, dass die Höhe dieser Schäden stark schwankt. Es wäre also schwierig, einen Trend aus diesen Zahlen abzuleiten. Besonders stark schwanken die Elementarschäden.⁶⁰ Aus Abbildung 13 ist auch ersichtlich, dass selbst im Jahr 2021 der größte Anteil der versicherten Schäden in Wohngebäuden nicht durch Naturgefahren verursacht wurde, sondern durch Feuer und Leitungswasser. Im Schnitt der Jahre 2002-2021 verursacht Leitungswasser 48% der versicherten Schäden, gefolgt von Sturm und Hagel (23%), Feuer (19%) und Elementarschäden (8%) (siehe GDV 2022c, Seite 17).

Der Naturgefahrenreport enthält eine Vielzahl weiterer Auswertungen zu Schäden durch Naturgefahren an Wohngebäuden. So werden z. B. die Schadenmeldungen der Sachversicherung

⁶⁰ Siehe auch GDV 2022a, Seite 17, welche die Elementarschäden separat ausweist.

pro Bundesland als Jahresmittelwert bzw. für Deutschland pro Monat dargestellt. Für ausgewählte Großereignisse liegen detaillierte Informationen vor. Beispielsweise sind für alle Großschadenereignisse der Jahre 2002-2021 folgende Kennzahlen verfügbar: Schadenaufwand (as-if), Anzahl der Schäden oder Durchschnittsschaden.

Der Naturgefahrenreport weist auch Schäden bei Unternehmenskunden aus (GDV 2022c, S. 22 und 47). Ihr Anteil schwankt bei Sturm und Hagel zwischen ca. 25% und 30%, bei Elementarschäden zwischen ca. 20% und 40%. Bei großen Elementarschadenereignissen werden auch Schäden aus Betriebsunterbrechungen dargestellt (GDV 2022c, Seite 44ff). Für Unternehmen gibt es verschiedene Versicherungsarten (Mobilien vs. Immobilien), die in der Regel auch getrennt gemeldet werden. Versicherungspolicen für Unternehmen sind jedoch komplex und in der Regel auf das einzelne Unternehmen zugeschnitten. Zudem ist die Versicherungsdichte der Unternehmen geringer (insbesondere bei kleinen Unternehmen) oder die Unternehmen sind unterversichert (Höchstsätze für Schäden inkl. Sachschäden). Im Vergleich zu den Schadensdaten für Wohngebäude ist es daher bei Unternehmen ungleich schwieriger, ein repräsentatives Bild auf Basis der versicherten Daten zu erhalten.

Nutzen für Schadenskataster

Die dem Naturgefahrenreport zugrundeliegenden Rohdaten stellen eine zentrale Datenquelle für das Schadenkataster dar. Dies gilt insbesondere für Schäden an Wohngebäuden, aber auch für Schäden an Unternehmen. Schadensdaten liegen prinzipiell in sehr hoher Auflösung vor, öffentlich sind allerdings nur aggregierte Zahlen verfügbar. Die Daten stammen aus den Versicherungsprodukten und geben daher nur Auskunft über die versicherten Schäden. In der Regel ist den Versicherungsgesellschaften aber die Versicherungsdichte pro Bundesland bekannt, so dass eine Hochrechnung auf die Gesamtschäden möglich ist. Dabei sind Aspekte wie Selbstbehalte, Höchstsätze oder regionale Unterschiede⁶¹ zu berücksichtigen. Bei Unternehmen ist eine solche Hochrechnung mit größeren Unsicherheiten behaftet als bei Wohngebäuden.

Die öffentlich zugänglichen Daten des Naturgefahrenreports sind in der Regel zu aggregiert, um sie direkt als Quelle für das Schadenkataster zu verwenden. Für Großereignisse werden die Daten in der Regel detaillierter dargestellt, so dass diese Daten direkt für das Kataster verwendet werden können (siehe Fallbeispiele in Kapitel 9).

Mit dem GDV sollte geklärt werden, inwieweit und unter welchen Bedingungen detaillierte Daten für das Kataster zur Verfügung gestellt werden können. Der GDV hat in diesem Themenfeld bereits erfolgreich mit anderen Bundesbehörden zusammengearbeitet. Als Beispiel sei das Forschungsprojekt Starkregen genannt, in dem der Deutsche Wetterdienst (DWD) gemeinsam mit dem GDV (und teilweise mit dessen Daten) erstmals systematisch Starkregen- und Schadensdaten für Deutschland untersucht hat (GDV 2019, 2024).

Exkurs: Abdeckung Elementarversicherung

Während deutschlandweit 90-95% der Hauseigentümer eine Wohngebäudeversicherung gegen Sturm-, Hagel- und Blitzschäden abgeschlossen haben, sind mit Stand 2020 lediglich 45 % der privaten Wohngebäude und 28% des Hausrates über eine Elementarschadenversicherung gegen erweiterte Naturgefahren wie Hochwasser, Starkregen sowie Schneedruck und Erdbeben versichert (GDV 2021b). Dies erhöht die Unsicherheiten bei der Hochrechnung der Schadensdaten. Zwischen den Bundesländern zeigen sich zudem große Unterschiede: So weist Baden-Württemberg eine Abdeckungsrate der Elementarversicherung von 94% auf, während sie im benachbarten Bayern lediglich 38% beträgt. Schlusslicht bildet Bremen mit 23%, während die

⁶¹ Bei der Analyse auf Landkreisebene ist zu beachten, dass die Versicherungsdichte stark variieren kann, z.B. weil ein Standort in einem Hochwasserrisikogebiet ist und daher keine Versicherungen angeboten werden.

häufiger von Hochwasser betroffenen Bundesländer Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt eine Quote von knapp 50% erreichen (GDV 2021b). In Baden-Württemberg ist die sehr hohe Abdeckungsquote auf eine Pflicht zur Versicherung gegen erweiterte Naturgefahren (Sturm, Hagel, Hochwasser, Überschwemmung, Schneedruck, Lawinen, Bergsturz, Erdbeben und Erdfall) zurückzuführen, welche bis zum Jahr 1994 bestand (VGHBW 1996). In den letzten Jahren ist bundesweit eine Zunahme der Abdeckungsquote von Elementarschadenversicherungen zu verzeichnen. Zwischen 2015 und 2020 nahm der Anteil um 10 Prozentpunkte zu, von 35% auf 45% (GDV 2021b). Die Aussagekraft der GDV-Daten nimmt mit dem Anteil der Versicherungsquote und folglich jedes Jahr zu. Die Einführung einer Pflichtversicherung gegen Elementarschäden nach dem Vorbild der damaligen Verordnung Baden-Württembergs würde zu einer weiteren Verbesserung der Datenlage führen.

In einem Positionspapier des GDV, welches als Reaktion auf die verheerenden Sturzfluten im Sommer 2021 in Westdeutschland erarbeitet wurde, wird eine Verbesserung des Versicherungsschutzes für private Hauseigentümer angekündigt. So sollen nach Ansicht der deutschen Versicherungsgesellschaften in Zukunft „im Neugeschäft allen privaten Hauseigentümern – unabhängig von der Gefährdung (Lage, Exponierung) – nur noch eine vollintegrierte Wohngebäudeversicherung inkl. Elementargefahren“ angeboten werden (GDV 2021c). Zugleich sollte ein sogenanntes Opt-Out möglich sein, also der explizite, aktive Wunsch, den Elementarschutz abzuwählen. Dies würde eine Haftungsfreistellung bewirken, sodass dem Hauseigentümer im Falle eines Elementarschadens keinerlei Versicherungsleistungen zustehen würden. Auf diese Weise ließe sich die Quote der Elementarschadenversicherung ohne eine Versicherungspflicht ausbauen.

6.3 Rückversicherungsgesellschaften

Beschreibung Daten Munich RE

Munich RE veröffentlicht jedes Jahr eine Schätzung der weltweiten durch Naturkatastrophen hervorgerufenen Schäden (Munich RE 2024). Laut Munich RE wird diese Schätzung seit mehr als 40 Jahren mit der gleichen Methode durchgeführt, um so eine konsistente Zeitreihe zu garantieren. Die Munich RE nutzt eine Reihe von Quellen (z. B. Presse, Versicherungswirtschaft (v. a. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)), Meteorologische Services (USGS) oder Regierungsinformationen). Es wird teils von versicherten Schäden auf Gesamtschaden hochgerechnet (mit Hilfe des Anteils versicherter Schäden). Die genaue Methodik ist allerdings proprietär und daher nicht öffentlich. Es wird dieselbe Klassifizierung der Schadensarten wie für die „Emergency Events Database“ (EM-DAT) verwendet.⁶² Die Daten von Munich RE wurden auch bereits in wissenschaftlichen Studien verwendet, wie z. B. Spinoni et al. (2021). Für diese Untersuchung von Schäden von Stürmen waren länderspezifische Daten verfügbar, mit vereinzelt höher aufgelösten Informationen.

Munich RE Daten fließen in die EM-DAT-Datenbank ein. Bei den Hochwasser- und Sturzflutereignissen im Jahr 2013 bzw. 2021 wurden die versicherten Schäden sowie die Schäden total von Munich RE zur Verfügung gestellt.

Beschreibung Daten Swiss Re

Es existieren verschiedenen *sigma*-Publikationen vom Swiss Re Institute und dem CatNet Webtool (Swiss RE 2024a,b). Während die *sigma*-Publikationen frei zugänglich sind, muss beim CatNet-Webtool die Zugangsberechtigung angefragt werden. Die in der *sigma*-Reihe publizierten

⁶² Geophysikalisch (z.B. Erdbeben, Vulkanausbruch, Erdbeben), meteorologisch (z.B. Stürme, Hagel), hydrologischen (z.B. Flut), klimatologisch (z.B. Dürren und Feuer, Extremtemperaturen (Forst und Hitze)).

Schadensdaten enthalten auch Schätzungen der nicht-versicherten und somit auch der gesamten Schäden.

Swiss Re Daten fließen in die HOWAS21-Datenbank ein (GFZ 2024). Dabei werden (je nach Ereignis) die aggregierten versicherten Schäden aus der *sigma*-Reihe verwendet.

Nutzen für Schadenskataster

Die Daten aus beiden Quellen können zur Plausibilisierung dienen, sind aber aufgrund der Zugangsbeschränkungen, der hohen Aggregationsstufe, dem globalen Fokus und der proprietären Berechnungsmethodik als eigentliche Quelle nicht geeignet. Die Daten sind in der Regel abgeleitet aus anderen Quellen. Wir empfehlen daher, den Fokus auf die jeweiligen Primärdaten zu legen (z. B. GDV-Daten). Erste Schätzungen der Rückversicherungsgesellschaften könnten allenfalls für den fast track verwendet werden.

6.4 Hochwasserschadendatenbank (HOWAS21) Deutschland

Allgemeine Beschreibung

HOWAS21 ist eine Datenbank für Hochwasserschäden an Gebäuden, Bauwerken und Verkehrsflächen (Straßen, Fahrbahnen, usw.) (GFZ 2024). Es werden durch Flussüberschwemmung, Starkregen oder Grundwasserflutung verursachte Hochwasser betrachtet. Die Datenbank wird betreut und entwickelt vom GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ). Sie ist sehr hoch aufgelöst und umfasst Schadenswerte auf Stufe einzelner betroffener Objekte. Die Einzelobjekte sind Regionen zuordbar, was auch ermöglicht, Schäden basierend auf der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gebietskörperschaft zu aggregieren. Der Detailgrad der einzelnen Einträge variiert je nach Dateneingabe.

Die Datenerhebung unterscheidet sich nach Ereignissen. Die Datensätze basieren oftmals auf Telefoninterviews mit direkt Betroffenen sowie (falls vorhanden) auf Datensätzen von öffentlichen Organisationen und Versicherungen. Die Schäden werden sowohl monetär in Neuwert als auch als Schadensgrad des Gesamtneuwerts (%) angegeben. Sie beinhalten auch Attribute, die indirekte Schäden monetär bewerten (z. B. Produktionsausfälle, Aufräumarbeiten, Betriebseinschränkung). Es wird jedoch nicht zwischen versicherten und unversicherten Schäden unterschieden.

Nutzen für Schadenskataster

Die Motivation hinter HOWAS21 unterscheidet sich von EM-DAT oder einem Schadenskataster. So soll HOWAS21 primär der Gefahrenforensik dienen, insbesondere der Analyse von kausalen Beziehungen zwischen Ereignisintensität und Schadensausmaß an exponierten Objekten (Vulnerabilität/Schadensfunktion). Diese Analysen sind essenziell für den Aufbau und die Validierung von Flutschadensmodellen⁶³, sind aber für ein Schadenskataster weniger geeignet.⁶⁴ Die in HOWAS21 verzeichneten Einzelobjekte sind geografischen Regionen zugeordnet. Schäden sollten sich daher auf die Ebene administrativer Gebietskörperschaften aggregieren lassen.

Die Erhebung von Extremwetterereignisse in HOWAS21 ist heterogen. Daher müssten alle Datensätze separat dahingehend analysiert werden, ob und wie sie in ein Schadenskataster überführt werden könnten. Ereignisse, bei denen Daten ausschließlich per Telefonbefragung erhoben wurden, sind aufgrund der geringen Anzahl verfügbarer Einzelschadenswerte und der teils unvollständigen Angabe der Befragten nicht repräsentativ. Bei Extremwetterereignissen,

⁶³ Kreibich (2017) hält fest, dass für die forensische Analyse und Modellentwicklung bzw. -Validierung hauptsächlich objekt-spezifische Daten benötigt werden (S. 66).

⁶⁴ Siehe Corbane (2015) für Erläuterungen zu den unterschiedlichen Anwendungsgebieten von Schadensdaten.

bei denen Schadensdaten von öffentlichen Organisationen und Versicherungsinstitutionen eingespeist wurden, sind die Datensätze teils sehr detailliert. So gibt es im besten Fall Angaben zu Schäden an Fahrbahnen, Rad- und Gehwegen, Gleisen und Gebäuden der Verkehrsinfrastruktur. Oftmals beschränken sich diese Angaben aber auf einen einzelnen Landkreis oder eine Gemeinde. So sind im Falle des Hochwassers im Jahr 2002 zwar detaillierte Schäden an Verkehrsflächen und -abschnitten verfügbar, allerdings beziehen sich diese Angaben ausschließlich auf das Stadtgebiet Dresden. Es könnte mithilfe eines geeigneten Indikators eine Skalierung auf andere Gebiete vorgenommen werden, jedoch wäre dies aufgrund der teils sehr unterschiedlichen Betroffenheit und Bebauungsstruktur der einzelnen Gebiete mit einer großen Unsicherheit verbunden und müsste für jeden Einzelfall spezifisch durchgeführt werden. Die Nutzung der HOWAS21-Daten im Schadenskataster sollte sich aus den aufgezählten Gründen eher auf den Plausibilisierungsprozess beschränken. Als Primärquelle ist die HOWAS21-Datenbank nicht geeignet.

6.5 Wild abfließendes Wasser in urbanen Räumen (WAWUR) Projekt

Im August 2022 wurde das Wild abfließendes Wasser in urbanen Räumen (WAWUR) Projekt des Umweltamts der Landeshauptstadt Dresden in Kooperation mit der HTW und weiteren Partnern in der Öffentlichkeit vorgestellt. Das dreijährige Projekt wurde vom Bund finanziert. Ziel war es, ein öffentlich zugängliches Online-Starkregenportal zu erstellen, welches gebäudekonkrete Angaben zu potenziellen Gefahren und Schadenspotenzialen im Einzugsgebiet von Fließgewässern aufweist. Darüber hinaus sollte mithilfe des Portals auch die bauliche Eigenvorsorge von Gebäuden (insbesondere Wohngebäuden) sensibilisiert und gesteigert werden. Das Projekt ist als prototypische Anwendung ausgelegt: Die Daten des Starkregenportals sind bisher für drei Quartiere des Stadtgebiets von Dresden verfügbar. Jedoch ist eine Ausweitung auf das gesamte Stadtgebiet bereits seit Beginn der Projektphase perspektivisch geplant.

Als Datengrundlage des Portals wird das bereits bestehende 3D-Stadtmodell der Stadt Dresden und seiner zugrundeliegenden Gebäudedaten verwendet. Die prototypische Anwendung umfasst hierbei Gebäudedaten von rund 750 Wohngebäuden. Diese Gebäudedaten wurden mit Informationen über die Verletzbarkeit typischer Baumaterialien und -konstruktionen gegenüber Starkregen, hydrologischen 2D-Oberflächenabflusssimulationen und einem 1D-Kanalnetzmodell verknüpft. Diese Datengrundlagen ermöglichen eine Visualisierung der hypothetischen Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten sowie Auslastung des Kanalnetzes für jedes einzelne Gebäude. Hierzu gibt es Anpassungsmöglichkeiten bzgl. der Intensität des Starkregens: Es lassen sich Starkregen realer historischer Ereignisse (z. B. Juni-Hochwasser 2013) oder aber Modellregen mit einer Eintreffwahrscheinlichkeit aller 10 bis 200 Jahre einstellen. Darüber hinaus lässt sich ein gebäudekonkreter Wasserstand im Eingabefeld des Portals eintragen.

Das WAWUR-Portal weist schließlich ein Ausgabefenster mit gebäudekonkreten Schäden unter Berücksichtigung der eingestellten Parameter aus. Neben einer hypothetischen Gesamtschadenssumme werden auch spezifische Schadensangaben bspw. zum Neuanstrich im Innenbereich sowie Reparatur der Hauseingangstür ausgewiesen. Die sehr detaillierten Schadenswerte bzw. Wiederherstellungskosten werden auf Basis einschlägiger Baukostentabellen hochgerechnet. Um die Aktualität der Kostenansätze zu gewährleisten, werden diese mit dem Baupreisindex des Statistischen Bundesamtes verknüpft.

6.6 Copernicus

Das Copernicus Programm wird von der Europäischen Kommission geleitet und von einer Reihe Organisationen in ganz Europa umgesetzt (Europäische Union 2015). Es führt satellitengestützte

Erdbeobachtungen durch, welche zur Schadensermittlung nach Ereignissen verwendet werden können. Einerseits lassen sich gewisse physische Schäden relativ präzise erfassen. Zudem erlauben sie eine fast track-Schätzung der monetären Schäden, weil Satellitendaten schnell verfügbar sind. Die Ergebnisse der Auswertung (z. B. Länge überschwemmter Bahngleise) können mittels einer geeigneten Umrechnungsmethodik (Schäden pro Kilometer überschwemmtes Bahngleis) für eine grobe Schadensabschätzung verwendet werden.

Solche Hochrechnungen sind allerdings unsicher: Einerseits durch die Unschärfen der Fernerkundung selbst, aber auch durch fehlende Informationen zur räumlichen Verteilung von Vermögenswerten. Zudem fehlen generische Schadensformeln, die auf größere Gebiete angewendet werden können. Im Vergleich zu direkten Schadendaten sollten satellitengestützte Angaben daher langfristig als qualitativ zweitrangig gewertet werden und durch genauere Angaben ersetzt werden, sobald diese verfügbar werden.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) startete im Rahmen des von der EU finanzierten „Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake-Programms“ (Europäische Union 2024b) (FPCUP) ein Projekt⁶⁵ zur automatisierten Erfassung ökonomischer Schäden infolge von Hochwasser- und Trockenheitsereignissen. Die Erfassung sollte hierbei auf Copernicus-Daten beruhen und die Schadensdatengrundlage deutschlandweit verbessert werden. Das Projekt sollte die zeitnahe Abgrenzung von Hochwasser- und/oder Dürreereignissen in Deutschland, Verfahren zur Schätzung der Schadenseinstufung sowie Schadensfunktionen zur Berechnung wirtschaftlicher Verluste in verschiedenen Wirtschaftssektoren beinhalten. Das Projekt konnte nach Aussage eines BBK-Ansprechpartners schließlich „aufgrund harter Aufgabenpriorisierungen vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie und des damals beginnenden Krieges in der Ukraine nicht fortgeführt und beendet werden“. Zu dem Projekt gibt es keine öffentlich zugänglichen Dokumente. Eine Reaktivierung oder Planung eines vergleichbaren Projektes ist gemäß BBK momentan⁶⁶ nicht vorgesehen.

Trotz vorzeitiger Einstellung des BBK-Projekts eröffnen Projekte, welche auf Copernicus-Daten basieren, die Chance, dass ergänzende Anforderungen an Datenauswahl und -generierung gegenüber den Betreibern von Copernicus formuliert werden können. Im oben erwähnten FPCUP-Projekt hätten die vom Copernicus-Programm angestrebten Informationen Hochwasserfläche, Wassertiefe sowie die Dauer des erkannten Hochwassers umfasst. Zudem gibt es Bestrebungen zur Entwicklung von Funktionen für die Berechnung ökonomischer Verluste durch Hochwasser sowie zur Berechnung der betroffenen landwirtschaftlichen Fläche auf Basis ausgewählter Feldfrüchte. Der Austausch mit dem Copernicus-Programm (z.B. mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt als wichtiger Dienstleister in Deutschland) sollte folglich intensiviert werden.

Ein Dienst des Copernicus-Programms, welcher bereits in Anspruch genommen werden kann, ist das sogenannte „Copernicus Emergency Management Service“ (CEMS) Rapid Mapping (Europäische Kommission 2024c). Dies geschieht derzeit nur auf Anfrage (Notfall-Anforderung) und somit nicht systematisch.⁶⁷ Auswertungen von Satellitenaufnahmen stehen innerhalb von 48 Stunden nach einer Anfrage zur Verfügung. Zur Fertigung einer „grading map“ werden Satelliten auf das betroffene Gebiet ausgerichtet. Auf Basis der Satellitenbilder wird manuell ein Mengengerüst der Schäden (Anzahl beschädigter Gebäude, Schätzung der Schadensintensivität der einzelnen Gebäude in damaged, possibly damaged oder destroyed) erstellt. Das Rapid

⁶⁵ Offizielle Bezeichnung des BBK-Projekts: "Pilotierung eines Prototyps für ein Instrument zur zeitnahen Bewertung wirtschaftlicher Schäden durch Überschwemmungen und Dürren in Deutschland mit Hilfe satellitengestützter Erdbeobachtung ", FPCUP-Projektnummer 184.

⁶⁶ Stand Februar 2024

⁶⁷ Eine automatische Kartierung ist allerdings geplant.

Mapping ist hilfreich, um rasch das Ausmaß des Hochwassers und der Anzahl betroffener und beschädigter Gebäude abzuschätzen.⁶⁸ Konkrete Anwendungen von rapid mapping der Copernicus Daten sind in den Kapiteln 9.2.2 und 9.4.2 beschrieben.

Neben dem CEMS Rapid Mapping bietet das Copernicus-Programm mit dem CEMS Early Warning and Monitoring auch Dienste zu Beobachtungen und Vorhersagen von Überschwemmungen, Dürren und Waldbränden. Der Dienst zur Beobachtung und Vorhersage von Überschwemmungen –European Flood Awareness Systems (EFAS) (Europäische Kommission 2024d) genannt – ist bereits seit längerer Zeit im Einsatz. Der Dienst verbindet Wettervorhersagen mit einem hydrologischen Modell und versorgt nationale und regionale Behörden mit z. B. probabilistischen Hochwasservorhersagen mittlerer Reichweite, Sturzflutindikatoren oder Prognosen zu den Auswirkungen. Es handelt sich dabei um keine Datenbank im eigentlichen Sinne. Der Nutzen für dieses Projekt ist somit als beschränkt einzuordnen.

Es ist derzeit angedacht, Copernicus vor allem bei langanhaltenden Ereignissen wie Flussüberschwemmungen einzusetzen. Bei kurzlebigen Ereignissen wie Sturzfluten können Satelliten nur zufällig am richtigen Ort sein.⁶⁹ Das eigentliche Ereignis kann daher mit Satelliten in der Regel nicht erfasst werden. Die daraus entstehenden Schäden könnten aber analog zu der Beschreibung oben erfasst werden. Zudem könnte Copernicus helfen, Schäden in der landwirtschaftlichen Produktion durch Trockenheit abzuschätzen. Hier besteht aber noch Bedarf für Grundlagenforschung (z. B. Analyse der Gesundheit von Vegetation anhand des Chlorophyll-Gehalts sowie der quantitative Link zu Ertragseinbußen). Verlässliche Daten diesbezüglich existieren derzeit daher nicht.

Ähnliches gilt für die Analyse von Schäden an Ökosystemen, insbesondere des Land Cover Services. Das Thünen-Institut erarbeitet momentan ein Instrument zur Ermittlung von Waldschäden, das voraussichtlich ab 2023 zum Einsatz kommen soll. Diese Nutzungsmöglichkeit ist in Kapitel 8.4 näher beschrieben.

6.7 Deutscher Wetterdienst (DWD)

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) pflegt mit der „Radarklimatologie“ (RADKLIM) und „Knowledge Database on European Climate Extremes“ (KRONER) Datenbanken zwei Datenbanken, die für diese Studie von Interesse sind.

In der Datenbank **RADKLIM** erfasst der DWD Starkregenereignisse seit dem Jahr 2001. Erfasst werden z. B. Intensität, Fläche, Temperatur, geografische Informationen oder Wiederkehrperiode.⁷⁰ Basis sind radarbasierte Niederschlagsdaten mit einer Auflösung von 1 km bzw. 5 Minuten sowie Stationsdaten.⁷¹ Ereignisse ab DWD-Warnstufe 3 für Unwetter oder einer Wiederkehrperiode von 5 Jahren werden als Starkregenereignis deklariert und in die Datenbank aufgenommen. Falls die Schwellwerte für Ereignisse geändert werden, kann dies

⁶⁸ Falls Auswertung nur in einem kleinen Gebiet gemacht wurden, sind diese allerdings nur bedingt geeignet, um auf die Gesamtbetroffenheit und das Gesamtschadensausmaß eines Ereignisses zu skalieren. Gebiete unterscheiden sich mitunter stark bzgl. ihrer vorhandenen Vermögenswerte und dem Bestand physischer Gebäude und Infrastrukturen pro Quadratkilometer. Angaben über physische Betroffenheit und monetäre Schadenswerte, welche auf Basis einzelner oder einiger weniger Gebiete ermittelt wurden, sollten nur dann für eine Hochrechnung der Betroffenheit und Schadenswerte aller vom Ereignis betroffenen Gebiete verwendet werden, wenn keine anderen Daten zur Verfügung stehen.

⁶⁹ Dies liegt daran, dass es bisher keine ausreichend engmaschige Abdeckung permanent verfügbarer Fernerkundungssatelliten gibt

⁷⁰ Im Projekt KlamEx wurde zudem der Versiegelungsgrad und Einsätze der Feuerwehr erfasst (DWD 2024e). In diesem Projekt wurden Fallbeispiele von Starkregenereignisse mit entsprechenden Feuerwehrdaten verknüpft. Es zeigt sich, dass die meisten Einsätze dort waren, wo der Versiegelungsgrad hoch ist. Diese Analyse wird allerdings nicht fortgesetzt, da sich eine systematische, längerfristige Auswertung auf Basis der heterogenen Feuerwehrdaten als nicht möglich erwiesen hat.

⁷¹ In Deutschland existieren 17 Radarstationen und rund 2.000 Messstationen.

auch rückwirkend umgesetzt werden. Die Datenbank enthält keine Angaben zu Schäden. Weitere Informationen sowie Daten in Tabellenform sind auf der Webseite des DWD zu finden (DWD 2021d, DWD 2024f). Die Daten sind zudem in interaktiver Form verfügbar (Wetterdienst 2024).⁷²

Im Rahmen der **KRONER**-Geodatenbank (Knowledge Database on European Climate Extremes) erfasst das DWD diverse klimatologische Extremereignisse.⁷³ Dabei kommen eine Reihe von Kriterien zum Einsatz, die für die Auswertung der Auswirkungen von Extremereignissen in ganz Europa gedacht sind. Die konkreten Kriterien finden sich in Kapitel 4.4.1. Nationale Kriterien sind bisher noch nicht festgelegt worden. Aufgrund des Kriteriums zur zeitlichen Abgrenzung (d. h. Ereignis dauert „mindestens drei Tage“ lang an) werden in der KRONER-Datenbank keine Sturzfluten und Starkregen berücksichtigt. Die KRONER-Datenbank wurde im Jahr 2010 aufgebaut und im Jahr 2015 reaktiviert. Seitdem wurden Ereignisdaten rückwirkend bis ins Jahr 1900 eingepflegt (ältere Daten sind allerdings weniger konsistent, da früher weniger berichtet wurde). Für die Ereignisse werden neben den meteorologischen und klimatologischen Daten auch physische und monetäre Schäden erfasst. Dazu werten das DWD diverse Quelle aus (z. B. anhand einer Linkliste für Recherche im Internet, Medienberichten, Munich Re oder EM-DAT). KRONER ist bezüglich der Schäden also keine Primärdatenbank. Der DWD screent täglich sowohl die öffentlichen Quellen zu Schäden als auch meteorologische sowie klimatologische Daten und aktualisiert die Datenbank wöchentlich. Zudem veröffentlicht der DWD monatliche Berichte in Form von Extremereigniskarten (für die WMO Region VI). Da ausführlichere Informationen über Schäden oft erst Monate nach dem Ereignis erscheinen, werden die Attribute bezüglich Schäden vergangener Ereignisse aktualisiert. Aus Ressourcengründen werden solche Aktualisierungen jedoch nicht bei jedem Extremereignis und somit nur wenige Male im Jahr durchgeführt.

Der DWD arbeitet dabei auch mit der World Meteorological Organization (WMO) zusammen (Expert Team of Cataloguing of Hazardous Weather, Water, Climate, Environmental and Space Weather Events). Die KRONER-Datenbank für Europa ist langfristig angelegt und soll in einer Datenbank der WMO aufgehen, welche global geplant ist (fließender Übergang). Wie lange dieser Prozess dauert, ist allerdings unklar.

6.8 Technisches Hilfswerk (THW) und Feuerwehren

Von mehreren InterviewpartnerInnen wurde die Stundenerfassung vom Technischen Hilfswerk (THW) und Feuerwehren als Proxy für Hochwasser-/Starkregenschäden genannt, da diese ein etabliertes Meldesystem der Einsatzstunden ihrer Hilfskräfte haben. Auf Nachfrage haben beide Institutionen jedoch davon abgeraten, den Stundeneinsatz als Proxy für Schäden zu nutzen. Die Gründe dafür sind wie folgt:

THW

Die THW-Daten sind bundesweit verfügbar und die Erfassung ansatzweise konsistent. Einzelne Aspekte wie Einsatzursachen in einem Einsatz (z. B. Starkregen, Blitzeis, Hagel) oder die z.T. ungenaue Angabe des Einsatzortes erschweren jedoch die Auswertung. Die Daten des THW lassen zudem nur bedingt auf entstandene Schäden schließen denn das THW wird erst angefordert, wenn die örtlichen Einsatzkräfte an Kapazitätsgrenzen (personell, technisch)

⁷² Es ist zu beachten, dass es sich hierbei nicht um ein offizielles Produkt des DWD handelt, sondern nur um eine Arbeitsunterstützung.

⁷³ Erfasst werden Sturm (Sturm, Gewitter, Hagel, Tornado und Sandsturm), Kältewelle, Kälteperiode, Hitzewelle, Wärmeperiode, Niederschlag (Starkniederschlag, starker Schneefall), Flut, Dürre, Erdbeben, Lawine und Waldbrand. Für eine detaillierte Beschreibung (WMO 2024)

stoßen und das THW anfragen. Daher ist die Datenlage abhängig von der Einschätzung der zuständigen Entscheidungsträger sowie der örtlichen Kapazität. Städtische Regionen mit dichtem Feuerwehernetz und viel Feuerwehrpersonal sind weniger auf das THW angewiesen als ländliche Regionen mit kleinen, freiwilligen Feuerwehren.

Die Datenbank des THW besteht nach Aussage des Interviewpartners insbesondere, um den Fragen nachzugehen, welche Gebiete betroffen, wie viele Einsatzkräften nötig waren und welches die (Wetter-)Ereignisse und Schäden waren. Zudem ist die Datenbank eine Abrechnungsgrundlage, um die geleisteten Einsätze nach Stunden und Materialaufwand den Landkreisen in Rechnung stellen zu können. Vor Ort wird i. d. R. keine detaillierte Schadensbestandsaufnahme durchführt. Es gibt somit Angaben zu den geleisteten Arbeitsstunden, aber nur in den wenigsten Fällen Angaben zur Anzahl der betroffenen Personen und keine Angaben zu den Schadenssummen der betroffenen Gebäude und Infrastrukturen.

Feuerwehren

Die freiwilligen Feuerwehren sind im Gegensatz zum THW nicht auf die Anfrage eines Landkreises angewiesen, sondern sind selbst bei kleinen Ereignissen im Einsatz. Sie sammeln zumeist Daten zu ihren Einsätzen. Dazu gibt es allerdings keine Vorgaben, sodass diese Daten deutschlandweit nicht konsistent sind und nicht einfach aggregiert werden können. Der Aufwand diese Daten zu sammeln und zu homogenisieren wäre hoch. Zudem ist auch hier unklar, wie von Einsatzzeiten auf Schäden hochgerechnet werden kann.

6.9 VersicherungsmaklerInnen

VersicherungsmaklerInnen haben als Schnittstelle zwischen Versicherungsgesellschaften und VersicherungsnehmerInnen einen schnellen Überblick über erste Schadensmeldungen. So melden Geschädigte ihre Schäden häufig erst den VersicherungsmaklerInnen, welche daraufhin GutachterInnen zur Schadensbeurteilung und HandwerkerInnen zur Schadensbehebung entsenden.⁷⁴ VersicherungsmaklerInnen übermitteln die versicherten Schäden und Kosten zur Schadensbehebung schließlich an die Versicherungen. Für den Fall, dass keine Verzögerungen bei der Schadensbestandsaufnahme auftreten, können bereits nach wenigen Tagen Aussagen über Schadenssummen gemacht werden. Allerdings gilt hierbei, dass die Werte anfangs kein ganzheitliches Bild abbilden, da erst mit zunehmendem Zeitverlauf ausreichend viele Schadensmeldungen und Schadensbestandsaufnahmen in die Datenbank einfließen. Langfristig dürften diese Daten denen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) entsprechen.

Im Rahmen eines Interviews zeigte sich die Datenlage eines Versicherungsmaklers als sehr vielversprechend. Leider konnte im Laufe der Projektarbeit trotz mehrfacher Anfragen keine Datenprobe eingesehen werden, welche zuvor mündlich zugesagt waren. Vonseiten des Versicherungsmaklers besteht kein Interesse mehr an einer Zusammenarbeit, sodass die Datenlage und die Qualität der Daten unklar bleiben.

6.10 Bundesämter

Auch verschiedene Bundesämter verfügen über relevante Schadensdaten oder zumindest über hilfreiche Größen für die Plausibilisierung oder Hochrechnung von Extremwetterschäden. Dazu zählt unter anderem das Bundesamt für Kartografie und Geodäsie (BKG). Insbesondere der Satellitengestützte Krisen- und Lagedienst (SKD) ist ein potenziell interessanter

⁷⁴ Ein Problem ist allerdings, dass der Fachkräftemangels in Verbindung mit hoher Grundauslastung und geballter Schadensanzahl im städtischen Raum bei Extremwetterereignissen oft zu langen Verzögerungen bei der Schadensbestandsaufnahme führen.

Ansprechpartner, um Daten zur Bodenbeschaffenheit mit Schadensdaten zu verschneiden, um zu erkennen, in welchen Gebieten sich Schadensereignisse häufen und wo eine gewisse Resilienz besteht. Des Weiteren über relevante Hilfsdaten verfügen könnten das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie die Bundesanstalt für Gewässerkunde (Ansprechpartner für Wassertiefen/Pegelstände).

Speziell für Schäden an der Straßeninfrastruktur des Bundes und der Kommunen könnten Daten des Bundesverkehrsministeriums, des Bundesamts für Straßen (BASt) sowie der Autobahn AG herangezogen werden. Die Deutsche Bahn verfügt über detaillierte Informationen zu Schäden an Schieneninfrastruktur (vgl. Kapitel 6.11).

Wasserwirtschaftsämter verfügen über sehr detaillierte Berichte zu einzelnen hydrologischen Ereignissen und sollten daher in den zukünftigen Erfassungsprozess einbezogen werden. Allerdings besteht auch hier die Problematik, dass jedes Bundesland und somit jedes Wasserwirtschaftsamt unterschiedlich arbeitet, da keine allgemeingültige Datenbankstruktur vorhanden ist.

Das Statistische Bundesamt (DESTATIS) besitzt derzeit keine eigenen Daten zu Extremereignissen. Nichtsdestotrotz könnten auf die Strukturdaten sowie auf die Ressourcen und die Expertise dieses Bundesamts beim Aufbau eines Schadenskatasters zurückgegriffen werden (Datenmanagement, Automatisierungsprozess, Harmonisierung mit ähnlichen Prozessen). So wären der langfristige Betrieb und die Datenpflege durch das Statistische Bundesamt vorstellbar.

6.11 Deutsche Bahn AG

Die Deutsche Bahn AG führt interne Datenbanken, um Schäden an der Bahninfrastruktur infolge von Extremwetterereignissen zu bilanzieren. Hierbei gibt es getrennte Datenbanken für physische und monetäre Schäden. Die Erhebungsmethodik und Struktur der Datenbanken, welche zu diesem Zweck von der Deutschen Bahn AG genutzt werden, eignen sich als Best-practice-Beispiele für das Schadenskataster.

Datenerhebung

Bei der Schadenserhebung der Deutschen Bahn AG wird eine einheitliche Vorgehensweise bei allen Schadensereignissen angewandt: Zunächst erfolgt eine Erstindikation der Schäden für die schnelle Verfügbarkeit erster Schadensschätzungen. Die Erstindikation erfolgt bereits innerhalb weniger Tage nach Eintritt des Ereignisses und dient insbesondere dem ersten Reporting gegenüber der Unternehmensführung. Anschließend werden detailliertere, manuelle Abfragen bei allen Abteilungen durchgeführt, um darauf aufbauend Nachschärfungen der Daten zu vollziehen. Allgemein gilt bei der Deutschen Bahn AG, dass die Schadensdaten von den zuständigen ProjektleiterInnen aktualisiert werden müssen, sobald neue Erkenntnisse zur Schadenssumme bzw. zu den Wiederaufbaukosten vorliegen. Auf diese Weise werden Schäden laufend präzisiert. Da die Schadensbegutachtung von GutachterInnen durchgeführt wird, ist ein hohes Maß an Datenqualität gewährleistet.

Datenbankstruktur

Die physischen Schäden werden in verschiedenen Kategorien wie Personenbahnhöfe, Energieinfrastruktur und Schieneninfrastruktur erhoben. Sodann findet eine weitere Unterteilung statt:

- ▶ Personenbahnhöfe: Anzahl beschädigter Bahnsteige, Bahnsteigdächer, Personenunterführungen, Aufzüge und Empfangsgebäude.
- ▶ Energieinfrastruktur: Anzahl beschädigter Bahnstromleitungen, Bahnstromschaltanlagen, Leittechnikanlagen sowie Tankanlagen.
- ▶ Schieneninfrastruktur: Anzahl der beschädigten Bahnübergänge, Weichen, Oberleitungs- und Signalmasten, Stellwerke, Telekommunikationsanlagen sowie die Kilometerlänge beschädigter Gleise.

Neben den physischen Schäden werden auch Angaben über den Stand der Schadenserhebung („abgeschlossen“, „in Augenschein genommen“), die geschätzten Gesamtkosten des Wiederaufbaus, den Anteil aktivierungsfähiger⁷⁵ Schäden, den Anteil versicherter Schäden sowie Altanlagen zusammengestellt. Zudem werden auch indirekte Schäden in Form von Umsatzausfällen erfasst, allerdings nur jene der Unternehmenssparte Infrastruktur. Diese umfassen diejenigen Trassennutzungsentgelte, welche der DB Netz AG als Betreiber der Bahninfrastruktur durch ausbleibende Nutzung der Schienenwege und Bahnhöfe entgangen sind. Umsatzausfälle des Personen- und Gütertransports der Deutschen Bahn AG sowie privater Bahnunternehmen sind hingegen nicht in der Datenbank enthalten.

Die Schadensdatenbanken der Deutschen Bahn AG trennen zudem die reinen Wiederherstellungskosten von Kosten, welche durch höhere Anforderungen und die Resilienz beim Wiederaufbau entstehen. Zusatzleistungen dieser Art sind in einem gesonderten Finanzierungsbudget für Leistungsanhebungen untergebracht, sodass die eingetragenen Schadenswerte den reinen Kosten ohne Zusatzleistung entsprechen.

6.12 Kommunale Schadenserhebungen

Ein Weg, Angaben zu nicht versicherten Schäden zu erhalten, sind Kontakte zu den Bundesländern und Kommunen. Da die Kommunen meist nicht gegen Extremereignisse versichert sind, ist dies eine wichtige ergänzende Datenquelle. Mitarbeitende kommunaler Behörden tragen meist nach einem Extremwetterereignis erste Schätzungen darüber zusammen, wie hoch die Schäden an kommunaler Infrastruktur und Gebäuden sind. Schäden an Privateigentum oder Unternehmen werden hingegen nicht erfasst. Kommunen bieten somit i.d.R. eine gute und hochaufgelöste Datengrundlage.

Im Rahmen dieser Studie wurden kommunale Behörden und AkteurInnen bezüglich der Sturzflut im Juli 2021 als potenzielle Schadensdatenquellen analysiert. Auf die resultierenden Schadenszahlen wird im Fallbeispiel (siehe Kapitel 9.4) genauer eingegangen. Der Hauptfokus lag hierbei auf den Bundesländern Nordrhein-Westfalen sowie Rheinland-Pfalz.

6.12.1 Datenerhebungen auf kommunaler Ebene

Direkt nach Auftreten der Sturzflut 2021 erfolgten erste Schadensschätzungen eigenständig in jeder betroffenen Kommune (Nordrhein-Westfalen) bzw. Verbandsgemeinde (Zusammenschluss von Kommunen in Rheinland-Pfalz). Die Abschätzung der Schadenshöhe erfolgte dabei durch Mitarbeitende der Gemeinden, zum Teil unter Mithilfe von Ingenieurbüros, wobei jede Abteilung zunächst Informationen zu Schäden in ihrem Zuständigkeitsbereich aufnahm (z. B. die für das Schulwesen zuständige Behörde nahm Schäden an Schulgebäuden auf, die für Straßen zuständige Behörde die entsprechenden Schäden an der Straßeninfrastruktur).

⁷⁵ Aktivierungsfähige Positionen werden nicht als Aufwand, sondern als Aktivposten in der Bilanz aufgenommen. Dadurch wird keine Gewinnminderung erzielt, sondern nur eine Erhöhung der Bilanzsumme.

Da in einigen Gemeinden auch eigene Telekommunikationssysteme der Behörden durch das Hochwasser betroffen waren, verliefen die ersten Schadensschätzungen oft unter erschwerten Arbeits- und Kommunikationsbedingungen. Eine bedeutende Rolle nahmen auf kommunaler Ebene die sondergesetzlichen Wasserverbände ein (Erftverband, Ruhrverband, etc.) ein, die die Schäden an der Wasserinfrastruktur und Wasserläufen erfassten. Die ersten Schadensschätzungen auf kommunaler Ebene erfolgten in den ersten 1-3 Wochen nach der Sturmflut. Zentrale Motivation für diese Erhebungen war die Notwendigkeit, auf Landes- und Bundesebene erste Schätzungen zur benötigten Höhe von Hilfeprogrammen zu erhalten.

Anschließend erfolgte in einigen Kommunen/Verbandsgemeinden eine Priorisierung der Schäden in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen. Zur besseren Abschätzung der Schäden waren häufig Ingenieurbüros beteiligt. Dadurch entstanden detailliertere Schadensauflistungen und Bilanzen (siehe Kapitel 9.4), welche in den kommenden Monaten ergänzt und aktualisiert wurden.

Tabelle 6: Auszug aus dem Bericht zum Status des Wiederaufbaus (Stand 01.10.2021) der Kreisstadt Euskirchen

Themen, Aufgaben, Maßnahmen	Priorität	Umsetzungszeitraum	Zuständigkeit	Sachstand
Priorisierung, Sortierung	hoch	sofort	Stadt	erledigt, jedoch flexibel
Wohnungsversorgung bei Unbewohnbarkeit	hoch	zwei Monate	Stadt und Privat	Umfrage bzgl. Bewohnbarkeit und Heizung durchgeführt, 124 Bedarfe festgestellt, Versorgung in Planung
Katastrophenschutz, Warnungen	mittel	> 12 Monate	Kreis, Stadt Erftverband	Gespräche Erftverband Alarmplan soll erstellt werden, Kreis
verbesserter Hochwasserschutz	hoch	mittel bis langfristig	Land, Kreis, Erftverband	erste Gespräche mit dem Erftverband durchgeführt, Auftaktveranstaltung mit allen kreisangehörigen Gemeinden und dem Kreis geplant
Betreuung traumatisierte Kinder/Personen	hoch bis mittel		Kreis, Stadt	
Einbeziehung von Experten	mittel bis gering	langfristig, je nach Bedarf	Stadt	Experten werden regelmäßig direkt, über den Erftverband oder den Kreis eingeschaltet
Koordinierung mit privaten Eigentümern	mittel	Daueraufgabe	Stadt	intensive Kommunikation über Homepage und soziale Medien, Bürgertelefon, zwei Innenstandtdialoge mit Einzelhändlern durchgeführt
Übersichtskarte Schadensbereiche	hoch	sofort	Stadt	erledigt

Themen, Aufgaben, Maßnahmen	Priorität	Umsetzungszeitraum	Zuständigkeit	Sachstand
und geschädigte öffentliche Infrastruktur				

Quelle: Statusbericht Wiederaufbau (allgemeiner Teil) Euskirchen, Stand 1.10.2021, eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 7: Auszug aus dem Bericht zum Statusbericht Wiederaufbau (städtische Gebäude) (Stand 01.10.2021) der Kreisstadt Euskirchen

Kinder-gärten	Schäden	Priorität	Umsetzungszeitraum	Kosten	Sachstand, Zustand
Kreuzweingarten	Fußboden überflutet,	hoch	sofort, 2-3 Monate	300.000 €	Bodenbelag von ZIM beseitigt Abwicklung über GÜ, Trocknung läuft
	Außenanlagen zerstört				Wiederaufbauarbeiten beginnen Anfang Oktober innen und außen
Roitzheim	Vollschaden Wärmerezeuger, Wärmeverteiler & verteilstrom	hoch	sofort, 6 Monate	400.000 €	Konstruktion freigelegt, Trocknung läuft, Anlagenteile bestellt, Projektentwickler eingeschaltet
	Elektrische Installation,				
	Schäden Baukonstruktion				
	Außenanlagen				
Weidesheim	Akkustik-Vorsatzschale erneuern,	hoch	sofort	50.000 €	Bestellungen vorgenommen, Trocknung läuft noch
	Teilerneuerung Haustechnik,				
	Schimmelbeseitigung				
Palmerstheim	Dachundichtigkeiten in Folge der Sirenenmontage	mittel		10.000 €	Dachdecker hat Reparatur durchgeführt
	abgehangene GK-Decke in Teilbereichen austauschen				

Quelle: Statusbericht Wiederaufbau (allgemeiner Teil) Euskirchen, Stand 1.10.2021, eigene Darstellung, INFRAS

Auf Grundlage dieser kommunalen Schadensschätzungen konnte der Bund zügig Soforthilfen beschließen sowie das Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“ einrichten (vgl. Kapitel 9.4.2, Abschnitt Bund und Länder).

6.12.2 Weitergabe/Aggregation der Daten

6.12.2.1 Bundesland-Ebene

Die Weitergabe der kommunal erfassten Schadensdaten erfolgte in jedem Bundesland unterschiedlich. Es folgt eine Analyse des Vorgehens in den beiden besonders betroffenen Bundesländern Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen.

Die ersten Schadensschätzungen in Rheinland-Pfalz wurden vom Land angefordert und die Daten daher von den Verbandsgemeinden an den Landkreis, von dort aus an das zuständige Ministerium auf Bundeslandebene und schließlich an den Stab Hochwasserhilfe Bund (koordiniert durch das Bundesministerium des Innern (BMI) und das Bundesministerium für Finanzen (BMF)) weitergegeben. Auf Grundlage dieser Schätzungen konnten die Kommunen erste finanzielle Förderungen beantragen.

Für die Aufbauhilfen für Kommunen und sonstige Träger öffentlicher Infrastruktur musste ein Zuwendungsantrag bei der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) gestellt werden (Landesregierung Rheinland-Pfalz, 2021). Für die Maßnahmen an städtebaulicher Infrastruktur, sozialer Infrastruktur, verkehrlicher Infrastruktur, ländlicher Wege sowie sonstiger ländlicher Infrastruktur stellt bei Maßnahmen des Landkreises der Landkreis, ansonsten die Gemeinde diesen Zuwendungsantrag. Generell gilt, dass jeder Landkreis seinen Maßnahmenplan dem Ministerium des Innern und für Sport (Mdi) vorlegte und danach die Festlegung des Schadensbudgets erfolgte. Für Aufbaumaßnahmen für Unternehmen sowie Vereine, Stiftungen, Religionsgemeinschaften sowie andere Einrichtungen nahm die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz die Aufgabe als Bewilligungsstelle wahr. In der Land- und Forstwirtschaft waren die Kreisverwaltungen sowie das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel als Bewilligungsstelle zuständig.

Neben den Kommunen erhoben auch weitere AkteurInnen Schadensdaten, so u. a. der Landesbetrieb Mobilität, dessen Dienststelle Cochem-Koblenz Schäden an der Straßeninfrastruktur (Straßenkörper, Brückenbauwerke und Stützwände) erfasste. Hierbei erfolgte die Erhebung des Schadensbildes getrennt nach Straßenschäden und Brücken-Stützwandschäden sukzessive, wobei zur Ermittlung der Schadenshöhe pauschale Erfahrungswerte je Schadensfall angesetzt wurden, welche sich mit der Zeit konkretisierten. Für den Wiederaufbau wurde im Landesbetrieb Mobilität ein eigenes Projektbüro „Wiederaufbau Ahrtal“ gegründet.

In Nordrhein-Westfalen forderten die Landesregierung und das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung die Erstschätzungen der Kommunen an. Bei den weiterführenden detaillierten Schadensschätzung spielten zudem die Bezirksregierungen eine wichtige Rolle als Bewilligungsbehörde: Die einzelnen Kommunen konnten mithilfe von Wiederaufbauplänen Mittel der Bundes-Förderrichtlinie Wiederaufbau beantragen. In diesem Zug erhielten die jeweiligen Bezirksregierungen in Nordrhein-Westfalen detaillierte Schadensschätzungen der Kommunen und konnten Gelder des jeweiligen Gesamtbudgets einer Kommune freigeben. Diese Wiederaufbaupläne der Kommunen mussten bis zum 30.06.2022 vorliegen, was bedeutet, dass bis zu diesem Zeitpunkt genauere Schadensdaten zur Verfügung stehen. Anschließend wurden die Daten von den Bezirksregierungen an die „Stabstelle Wiederaufbau“ des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung

weitergegeben. Die Aufgabe der auszahlenden Stelle nahm die NRW.BANK wahr (MHKBG, 2021).

Auch in anderen Bereichen nimmt die NRW.BANK eine wichtige Rolle ein. Die „Förderrichtlinie Wiederaufbau Nordrhein-Westfalen“ gibt an, dass die NRW.BANK als Bewilligungsbehörde für Aufbauhilfen für Unternehmen fungiert, während dies bei Privathaushalten die zuständige Bezirksregierung ist (MHKBG, 2021). Auszahlende Stelle, sowohl für Aufbauhilfen für Unternehmen als auch für Privathaushalte, ist die NRW.BANK. Als Bewilligungsbehörde für Aufbauhilfen in der Landwirtschaft ist der Direktor der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen als Landesbeauftragter zuständig, für die Forstwirtschaft der Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen.

6.12.2.2 Bundesebene

Bezüglich der ersten Schadensschätzungen spielte auf Bundesebene vor allem der „Stab Hochwasserhilfe Bund“, eingerichtet und koordiniert durch BMI und BMF, eine bedeutende Rolle. Dieser Stab verfasste auch den "Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Soforthilfen und Wiederaufbau", welcher erste Eckdaten einzelner Bundesländer beinhaltet. Der Zwischenbericht fasst zusammen, dass die Sturzflut im Juli 2021 Schäden an Privathaushalten, gewerblichen Einrichtungen, der Land- und Forstwirtschaft, der Verkehrs- und Telekommunikationsinfrastruktur sowie der Energie- und Versorgungsinfrastruktur verursachte (vgl. Kapitel 9.4.2, Abschnitt Bund und Länder).

Auf Nachfrage erklärte das BMI, dass die Erfassung der monetären Schäden vorrangig die Aufgabe des BMF war. Jedoch wurde der Stab auf Seiten des BMF bereits wieder aufgelöst und die Aufgaben an die zuständigen Referate weitergeleitet. Auf Nachfrage bestätigte das BMF, dass hinsichtlich der Schadensermittlung zwischen ersten überschlägigen Schadensmeldungen der Länder und detaillierten Zusammenstellungen der Schäden (notwendig für die Antragstellung aus Hilfen aus dem EU-Solidaritätsfond) differenziert werden muss. Erste Schadensmeldungen lagen ca. zwei Wochen nach der Sturzflut vor (geeignet für das fast track Verfahren), die detaillierten Angaben zu Schäden hingegen wurden im Abschlussbericht des BMI und BMF im März 2022 dargestellt. Jedoch sind auch diese Angaben noch nicht als final zu betrachten, da bis zum 30. Juni 2023 Anträge zur Inanspruchnahme von Wiederaufbauhilfen gestellt werden können. Erst mit Auswertung dieser Antragsstellungen und der abgerufenen Mittel lässt sich die Höhe der Schäden final beurteilen (für das slow track-Verfahren).

Für die detaillierten Schadensmeldungen übermittelte das BMF Meldungen zur Vorbereitung des Antrags auf die Gewährung von Mitteln aus dem Solidaritätsfond der EU. Hierfür wurden das Antragsformular und die von der EU bereitgestellten Ausfüllhinweise den Ländern und betroffenen Bundesressorts zur Verfügung gestellt. Anschließend führte das BMF diese Informationen zusammen und übermittelte die Angaben gebündelt an die EU-Kommission.

6.12.2.3 Förderbanken

Förderbanken sind für die Finanzierung des Wiederaufbaus bedeutend. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) Bank unterstützt die kommunale Finanzierung mit dem Investitionskredit für Kommunen (IKK). Hierbei können Kommunen Anträge auf den Förderkredit stellen, wobei eine Sonderfinanzierung für den Wiederaufbau nach der Sturzflut geschaffen wurde. Da die Bestandsaufnahme und der Prozess bis zur Antragstellung relativ lange dauern, werden Anträge nur mit einiger Zeitverzögerung gestellt. Mit einigem zeitlichen Abstand (mindestens 12 Monate) zu einem Ereignis können Daten aus solchen Anträgen aber eine wertvolle ergänzende Datengrundlage darstellen. Andere Banken, wie beispielsweise die NRW.BANK oder die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz, sind für die Abwicklung der Wiederaufbau-

Förderung auf Bundeslandebene zuständig. Da hier die Antragstellung für Wiederaufbaumaßnahmen bis 2023 möglich ist, liegen erst ab diesem Zeitpunkt vollständige Daten vor.

6.12.3 Nutzen für das Schadenskataster

Die kommunalen Schadensdaten können eine wichtige Datengrundlage für das Schadenskataster bilden. Es gibt jedoch kein einheitliches Verfahren und die Prozesse scheinen komplex, mit vielen involvierten AkteurInnen. Zudem gibt es keine Verpflichtung der Kommunen zur Erhebung der detaillierten Daten, wodurch eine Datenerfassung bei zukünftigen Extremereignissen nicht garantiert ist. Allerdings wurde von InterviewpartnerInnen darauf hingewiesen, dass die Prozesse zur Schadenserhebung nach dem Starkregenereignis durch Tief Bernd jenen nach dem letzten Flutereignis im Jahr 2013 ähnelten.

In jenen Fällen, wo eine ähnliche Erhebung wie im hier betrachteten Fall vorliegt, können diese Daten sehr gut in das Kataster integriert werden. Sie bieten in aggregierter Form eine flächendeckende Datenbasis für Schäden an verschiedenen Arten von Infrastruktur (Straßen, Brücken, öffentliche Gebäude). Im Kataster perspektivisch enthaltene Schadenskategorien, die mit Hilfe dieser Daten erfasst werden können, umfassen: kommunale Infrastruktur (inklusive Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen), Verwaltungsgebäude, Verkehrsinfrastruktur, Energie-Infrastruktur, Kommunikations-Infrastruktur sowie in bedingtem Ausmaß (abhängig von den von den verschiedenen Kommunen erfassten Schadensarten) die stoffliche Ver- und Entsorgung.

Abschließend bleibt zu erwähnen, dass es sich hierbei ausschließlich um die Abbildung von direkten Schäden nach einem Extremwetterereignis handelt. Indirekte Schäden, beispielsweise durch unterlassene Investitionen in Kommunen aufgrund der für die Schadensbehebung benötigten finanziellen Mittel, werden nicht betrachtet.

6.13 Weitere relevante Projekte und Quellen

Darüber hinaus ergab unsere Recherche weitere Projekte und Netzwerke, welche sich mit Extremwetterereignissen und den resultierenden Schäden beschäftigen. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Die „Catastrophe Dataset“ (CATDAT) (EEA 2022) Datenbank wird von der Risklayer GmbH, einem Spin-Off des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), geführt. Diese umfasst gesamtwirtschaftliche Schäden wetter- und klimabedingter Extremereignisse,⁷⁶. Für die CATDAT-Datenbank werden Angaben aus öffentlich verfügbaren Online-Datenbanken, Medienberichten, wissenschaftlicher Literatur sowie vor allem auch Berichten kleinerer Versicherungsunternehmen zusammengetragen. Da die European Environmental Agency (EEA) sämtliche Schäden von wetter- und klimabedingten Extremereignissen der vergangenen 40 Jahren zusammentragen ließ, könnte diese Datenbasis für die Einspeisung historischer Daten in das Schadenskataster von Nutzen sein. Dabei müssten allerdings Fragen der Lizenzierung geklärt werden.

„ClimXtreme“ ist ein Netzwerk von Forschungseinrichtungen in Deutschland mit dem Ziel, die Forschung zu Extremereignissen im Kontext des Klimawandels voranzutreiben (ClimXtreme 2020). Es handelt sich um einen Zusammenschluss von 35 Forschungsinstitutionen mit dem

⁷⁶ Die Europäischen Umweltagentur (EEA) sammelt solche Daten seit dem Jahr 1980. Bis zum Jahr 2022 wurden der EEA die Daten von der Datenbank NatCat Service (Munich RE) zur Verfügung gestellt. Seit 2022 ist die Risklayer GmbH von der EEA beauftragt, vergleichbare Daten zu sammeln.

gemeinsamen Ziel, die Forschung zu Extremereignissen im Kontext des Klimawandels voranzutreiben.

Das „CASCADES“ Projekt legt einen Fokus auf die indirekten Folgewirkungen des Klimawandels. Dabei nutzt es sowohl etablierte als auch neue Ansätze. So schätzt es das Bruttoinlandsprodukt (BIP) eines Landes basierend auf einer Nacht-Licht-Karte weltweit ab (je heller, desto höher das BIP) (CASCADES 2024). Eine solche Karte mit der regionalen Verteilung des BIP in Deutschland kann mit Daten eines Extremereignis verschnitten werden, um daraus Schäden abzuleiten.

Die „European Severe Weather Database“ (ESWD) ist eine Datenbank mit zahlreichen Einträgen zu diversen Extremereignissen und wurde uns von einer Interviewpartnerin als Quelle für Sturzfluten empfohlen. Die Datenbank wird vom „European Severe Storms Laboratory“ (ESSL) betrieben. Die Einträge stammen von Nutzermeldungen, welche sich im Laufe der Zeit ändern können. Daher warnen die Betreiber, dass die Daten nicht homogen bzw. konsistent sind. Enthalten sind weiterführende Links (oft zu privaten Einträgen auf Sozialen Netzwerken) sowie meteorologische Informationen zum Ereignis. Die Datenbank enthält keine Angaben zu Schäden (ESWD 2024).

Die „Basic European Assets Maps“ (BEAM) wurde im Rahmen zweier EU-Forschungsprojekte entwickelt. Die GIS-Anwendung umfasst unter anderem Informationen zu den Vermögenswerten in Euro/m² auf Basis statistischer Daten. Die Vermögensdaten sind unterteilt in privates, öffentliches und privatwirtschaftliches Vermögen. Die BEAM wurde als Grundlage für Schadensanalysen entwickelt und lässt sich mit meteorologischen bzw. hydrologischen Informationen zu Extremwetterereignissen verschneiden, um Schadenshochrechnungen durchzuführen (Europäische Kommission 2024e). Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, Ausschuss Hochwasserschutz und Hydrologie entwickelt derzeit eine Schadenspotenzialermittlung auf Basis der Verschneidung von BEAM mit Extrempegelständen und Schadensfunktionen. Diese Schadensfunktionen werden derzeit auf Bundesebene abgestimmt. Haupt-Disaggregationsebene der Vermögenswerte ist die zweite Ebene der „Nomenclature of Territorial Units for Statistics“ (NUTS) (MLUK 2024).

Die globale Schadensdatenbank „Perils“ umfasst versicherte Schäden, jedoch gibt es für Deutschland lediglich Daten in der Ereigniskategorie «extratropische Zyklone», sodass der Nutzen für ein Schadenskataster gering ist (PERILS 2024).

Das „Disaster Risk Management Knowledge Centre“ (DRMKC) ist ein Geo-Portal, das Zugang zu Daten und Methoden für die Risiko- und Folgenabschätzung in einem Multi-Gefahren-Kontext bietet. Autorisierte Benutzer können eigenen Daten hochladen und maßgeschneiderte Bewertungen durchführen (Europäische Kommission 2024f).

Die „Historical Analysis of Natural Hazards in Europe“ (HANZE) ist eine europäische Datenbank, die aus zwei Teilen besteht: Eine Expositions-Karte für 37 Länder mit einer Auflösung von 100m und einer Datenbank zu historischen Fluten seit 1870 (Paprotny et al. 2018).

Das Projekt „Hinweiskarte Oberflächenabfluss & Sturzflut“ (HiOS) will ein Verfahren zur Evaluierung und Klassifizierung der Gefährdung bayerischer Kommunen durch Oberflächenabfluss und Sturzfluten entwickeln. Daraus soll langfristig eine Gefahrenkarte resultieren. Zudem soll die hydrologische Modellierung vorangetrieben werden (LFU 2024b).

An dem Projekt „Auswirkungsbasierte Vorhersage von Starkregen und Sturzfluten“ (AVOSS) sind mehrere Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros und AkteurInnen der öffentlichen Hand beteiligt. Ziel ist die Verknüpfung von Starkregen (und Sturzfluten) mit deren Schäden. Fokus des Projekts ist einer Verbesserung der Frühwarnung. Besonders relevant für ein

Schadenskataster ist das letzte Arbeitspaket D, das probabilistische Schadensmodelle für Gebäude entwickelt (Universität Freiburg 2024).

Im Projekt „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“ (RIMAX)“ wurden im Rahmen eines Teilprojekts zur „Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten“ (URBAS) Sturzflutereignisse und die damit verbundenen Schäden in Deutschland während eines Zeitraums von 30 Jahren zusammengestellt (URBAS, 2008). Bereits diese Studie hat darauf hingewiesen, dass Informationen zu Schäden und Schadenskosten schlecht verfügbar und mit hoher Unsicherheit verbunden sind. Die Erhebungsdaten der Einzelereignisse wurden auf der URBAS-Homepage veröffentlicht (URBAS 2024).

In Sairam et al. 2021 und Rözer et al. 2021 finden sich außerdem aktuellere Anwendungen hydrologischer Modellierung im Bereich Flutvorhersage und Schadensabschätzung.

Gemäß einer Interviewpartnerin umfasst das *BYSIX*-Projekt den Aufbau eines Klimaevent-Portals zu den Ereignissen Feuer, Starkregen, Sturzfluten und Pollenflug in Bayern. Es existiert dazu allerdings kein Interneteintrag und es sind keine weiteren Informationen zum Projekt verfügbar.

Derzeit erarbeiten die World Meteorological Organization (WMO) und das „United Nations Office for Disaster Risk Reduction“ (UNDRR) ein System mit dem Arbeitstitel „Disaster Losses and Damages Tracking System“ (DLDT) (UNDRR 2024a). Es soll das bestehende DesInventar ersetzen (UNDRR 2024b). Ein Prototyp existiert Stand September 2023 bereits und wird im November 2023 bei den internationalen Klimaverhandlungen (COP) vorgestellt. Das DLDT-System soll mit der von der WMO entwickelten „Cataloguing Hazardous Events“ (CHE) Methode verknüpft werden. Dies wird dazu beitragen, meteorologische Daten mit Informationen über die damit verbundenen Schäden zu verknüpfen. Es ist vorgesehen, die Zusammenarbeit zwischen den nationalen Katastrophenschutzbehörden und den nationalen hydrometeorologischen Diensten zu fördern. Bei Finalisierung sollte das DLDT-System nochmals auf relevante Ergebnisse bzw. Standardisierungen überprüft werden, die für das Schadenskataster relevant sein könnten.

6.14 Alternative Ansätze zur Schadenserhebung

Neben bestehenden Schadensdatenbanken und etablierten Schadenserhebungspraktiken befinden sich mehrere Ansätze in Experimentierphasen bzw. wurden von InterviewpartnerInnen als potenzielle Quellen erwähnt:

- ▶ Drohnen können zur Sichtung und Identifizierung von Schäden nach Extremereignissen und für Vorkontrollen von Wasserwegen eingesetzt werden.
- ▶ Es gibt Experimente mit Zustellfahrzeugen der Post, welche nahezu täglich die gleiche Route abfahren. Diese werden mit Sensoren ausgestattet, um Daten zu Hitze und Niederschlag zu erfassen.⁷⁷
- ▶ Die Änderung der kommunalen Gewerbesteuer nach einem Extremwetterereignis ist ein möglicher Indikator mit funktionalem Zusammenhang. Eine geringere Gewerbesteuer könnte auf eine hohe Betroffenheit des Gewerbes zurückzuführen sein. Diese Idee würde von einer Interviewpartnerin geäußert, konkrete Forschung oder Quellen gibt es dazu aber noch keine.

⁷⁷ Siehe z.B. hier für einen Pilotversuch in Belgien (BRF 2019).

- ▶ Daten der Bundesnetzagentur zu durch Hagel zerstörten Photovoltaik-Anlagen lassen neben den Schäden an den Photovoltaik-Anlagen selbst auch auf Schäden an Dächern und Dachstühlen schließen.

Speziell für fast track:

- ▶ Indikatorbasierte Modelle zur Ermittlung von Schäden können schnell Ergebnisse liefern, wenn das entsprechende Modell bereits entwickelt und sofort einsatzbereit ist. Dazu müssen einerseits die zugrundeliegende Exposition und Schadensfunktion hinterlegt sein. Zudem müssen die meteorologischen Inputdaten definiert, schnell verfügbar und direkt in das Modell integrierbar sein (z. B. Radardaten). Tritt ein Ereignis auf, könnten so in kürzester Zeit (automatisierte) Schadenberechnungen modelliert werden. Es wurde von TeilnehmerInnen des Workshops betont, dass open source Risikomodelle für den fast track zu nutzen seien. Open Source sei vorteilhaft, da diese Modelle, transparenter und billiger seien und allenfalls schneller weiterentwickelt werden könnten.
- ▶ Auch Ergebnisse aus Frühwarnsystemen (in der Regel auch Modellierungen) könnten als Input für die Berechnungen von Schäden genutzt werden.
- ▶ Bevölkerungsverschiebungen nach einem Ereignis könnten per Handy-Daten ausgewertet werden und erste Rückschlüsse auf die Relevanz des Ereignisses geben.
- ▶ Individuelle Schadenseintragung per App könnten einen ersten Eindruck der Größenordnung der Schäden geben. Dabei könnten Einträge mit erweitertem Zugriff auf die Datenbank belohnt werden. Bei einem Dürremonitor in Tschechien (siehe Kapitel 6.15) erhalten LandwirtInnen, welche aktuelle Schäden übermitteln, zugeschnittene Prognose von Wetter- und Bodenfeuchte: Diese sind normalerweise kostenpflichtig.

6.15 Übersicht und Zwischenfazit

Daten zu Auswirkungen von Extremereignissen werden von unterschiedlichen Institutionen und für unterschiedliche Zwecke gesammelt. Dies führt dazu, dass Datenquellen unterschiedlichen Standards folgen (z. B. Auflösungen, Aufbereitung oder Zugänglichkeit, siehe auch Ehrlich et al. 2017) und daher teils nur mit Mühe vergleichbar sind.

Unsere detaillierte Analyse der verfügbaren Daten zeigt, dass eine Reihe potenzieller Primärquellen für ein Schadenskataster zur Verfügung stünden.⁷⁸ Hierbei sind besonders die Daten des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) zu nennen, welche eine hohe Qualität und Verlässlichkeit aufweisen. Generell ist die Primärdatenlage aber eher dünn und heterogen. Oftmals sind vorhandene Schadensquellen Sekundärdaten aus nicht referenzierten Primärquellen oder beruhen auf groben Schätzungen. Häufig ist bei den Quellen nicht nachvollziehbar, welche Methodik angewandt wurde, um die Schäden zu berechnen und welche methodischen Abgrenzungen gewählt wurden. Bestehende Datenbanken (z. B. von Munich RE) nutzen diverse Primärquellen auf „pragmatische Art“ und nach proprietärer Hochrechnungsmethodik. Darüber hinaus werden Schadensdaten oftmals nur einmalig in zeitlich begrenzten Projekten erhoben, sodass keine aktualisierten Schadensdaten zur Verfügung stehen, oder aber es gibt keine Angaben über die Aktualität der ausgewiesenen Schadensdaten.

⁷⁸ Es ist nicht immer trivial, zu entscheiden, ob eine Quelle primär oder sekundär ist. Als Primärquelle verstehen wir Quellen, die Schadensdaten direkt erfassen bzw. berechnen. Sekundärquellen sind solche, die sich auf Primärquellen beziehen und diese allenfalls aggregieren oder anders aufbereiten.

Neben den sehr unterschiedlichen Qualitätsstufen der einzelnen Schadensquellen existieren zudem auf nationaler Ebene kaum konsistente Daten aufgrund der kleinteiligen Datenerfassung vieler regionaler bzw. föderaler AkteurInnen. So erhebt jede Feuerwehrwache lokale Schadensdaten auf unterschiedliche Art und Weise, da es keine gesetzlichen Vorgaben gibt.

Verfügbare Daten weisen zudem unterschiedliche Fristigkeiten auf: zeitnahe Daten sind i.d.R. Grobschätzungen von ExpertInnen mit hoher Unsicherheit. Diese lassen sich daher nur als erste Indikation der Größeneinordnung verwenden. Spätere, aktualisierte Daten (meist nach 0.5 bis zu 2 Jahren) zeigen ein genaueres Bild und sind sodann den ersten Schätzungen vorzuziehen. Eine Reihe von Schäden lassen sich wiederum nur mittels Schätzmodellen auf Basis von Indikatoren ableiten (z. B. Arbeitsproduktivität bei Hitzewellen).

Es wird ersichtlich, dass die Datenlage in Deutschland zu den Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen infolge von Extremwetterereignissen noch nicht zufriedenstellend ist. Es besteht keine ausreichende Datenbasis, um ein Schadenskataster mit belastbaren Schadensdaten zu füllen. Um eine homogene und reproduzierbare Datenverfügbarkeit zu gewährleisten, bedarf es konkreter staatlicher Vorgaben, welche die Erhebungsmethodik und Definitionen sowie Schwellenwerte bei Extremwetterereignissen vereinheitlichen und verbindlich vorgeben.

In Tabelle 8 findet sich eine Übersicht bestehender Datenbanken und -quellen, welche (unter anderem) Daten zu Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen ausweisen.

Tabelle 8: Datenquellen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen

Datenbank/-quelle	Betreiber/ Herausgeber	Ereignis- Typ	Primär-/Se- kundärdaten	Datenqua- lität	Relevanz für Schadenskata- ster	Kommentar
Schadensdaten deutscher Versicherungsge- sellschaften	GDV	F / S	Primärdaten	Hoch	Hoch	
NAT-CAT Service	Munich RE	F / S	Sekundärda- ten	Mittel	Gering	Expertenschätzung für fast track vor- sehen
Sigma Explorer	Swiss Re	F / S /	Sekundärda- ten	Mittel	Gering	
HOWAS21	Helmholtz- Zentrum Potsdam	F / S	Primärdaten	Mittel	Gering	
Copernicus	EU/ DLR	F / S	Primärdaten	Mittel	Mittel	
RADKLIM / CatRaRE	Deutscher Wet- terdienst	F	Primärdaten (nur meteoro- logische Da- ten)	Hoch	Hoch	Für Ereignisidenti- fikation
KRONER	Deutscher Wet- terdienst	S	Primärdaten (für meteoro- logische Da- ten)	Hoch	Gering	Für Ereignisidenti- fikation

Datenbank/-quelle	Betreiber/ Herausgeber	Ereignis- Typ	Primär-/Se- kundärdaten	Datenqua- lität	Relevanz für Schadenskata- ster	Kommentar
THW und Feuer- wehren	THW und Feuer- wehren	F / S	Primärdaten	Gering	Gering	
Schadensdaten Schieneninfrastruk- tur	Deutsche Bahn AG/DB Netz AG	F / S	Primärdaten	Hoch	Hoch	
Ad-hoc Schadens- schätzungen der Bundesländer	Bundesregie- rung, BMI, BMF	F / S	Primärdaten	Hoch	Hoch	
Ist-Mittelabflüsse, Zwischen-/Endbe- richte	BMI, BMF, Bundes- rech- nungshof	F / S	Primärdaten	Hoch	Hoch	
EM-DAT Internati- onal Disaster Data- base	Universität Louvain, Brüssel	F / S	Sekundärda- ten	Mittel	Mittel	Primär als Praxis- beispiel
Schadensdaten von Kommunen	Bund, Bun- desländer	F/S	Primärdaten	Mittel	Hoch	

F: Flusshochwasser; S: Starkregen

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

7 Datenquellen für Schäden in der Landwirtschaft

7.1 Einleitung

Im Folgenden werden potenzielle Datenquellen für landwirtschaftliche Schäden infolge von Extremereignissen in Deutschland vorgestellt. In dieser Studie beschränken wir die Datenrecherche im Bereich der Landwirtschaft auf den Ereignistyp Dürre.

Andere Ereignistypen die auch Einfluss auf die Landwirtschaft haben (z. B. Sturm, Hagel, Starkregen und Sturzfluten oder Flussüberschwemmungen) sowie weitere Schadenskategorien der Landwirtschaft (z. B. Schäden an landwirtschaftlichen Maschinen oder Gebäuden) sind kein Bestandteil dieser Studie. Solche weiteren Ereignistypen und Schadenskategorien müssen dem Schadenskataster sukzessive hinzugefügt werden, um schlussendlich ein möglichst vollständiges Bild der Klimaschäden zu erhalten (siehe auch Kapitel 4.5 und 11).

7.2 Statistisches Bundesamt (DESTATIS)

Das Statistische Bundesamt (DESTATIS) erhebt in der Fachserie 3 Reihe 3.2 viermal jährlich Daten zur Abweichung der Ernteerträge von landwirtschaftlichen Anbauprodukten. Konkret handelt es sich hierbei um die Kategorien Feldfrüchte, Gemüse, Baumobst sowie Weinmost. Es wird planmäßig Anfang August des jeweiligen Jahres eine erste Ernteschätzung der Feldfrüchte Getreide, Raps und Rüben veröffentlicht. Berichtsmonat ist der vorherige Juni. Anfang September wird eine zweite Ertragsschätzung durchgeführt, dieses Mal für die Betriebsmonate Juli/August. Eine dritte Schätzung der Feldfruchternte wird Anfang Oktober veröffentlicht, Betriebsmonat ist hierbei August/September. Da Feldfrüchte zu unterschiedlichen Zeiträumen geerntet werden, beinhaltet jede der drei Veröffentlichungen eine unterschiedliche Ausprägung bzgl. Status der Ernteschätzung je Feldfruchtart (laufende Schätzung, vorläufige Schätzung, letzte Schätzung). Im Februar des nächsten Jahres wird schließlich eine endgültige Erntebilanz für landwirtschaftliche Feldfrüchte veröffentlicht, welche die Vorräte am 31. Dezember des Jahres berücksichtigt (Statistisches Bundesamt 2019)

7.3 Versicherungen, Indices und Modellierungen

Schäden in der Landwirtschaft durch Trockenheit treten langsamer auf bzw. sind diffuser als Schäden durch Starkregen und Sturzfluten bzw. Flussüberschwemmungen (siehe auch Kapitel 4.2.1.3). Prinzipiell lassen sich die Schäden auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs als Abweichung des Ertrags gegenüber einem Jahr ohne besondere Schäden bestimmen. Dies erfordert allerdings eine aufwändige, betriebsspezifische Erfassung (inklusive Vor-Ort Begehung bzw. Betriebsprüfung), und wird daher stichprobenartig nur durchgeführt, wenn auf einer solchen Grundlage eine Versicherung oder staatliche finanzielle Unterstützung ausbezahlt wird. Auch aggregierte Daten zu den Produktionszahlen größerer Gebiete lassen sich prinzipiell erfassen. Eine Aussage zum Einfluss einer Trockenheit wird aber auf größeren Skalen tendenziell schwieriger. Gemäß den Aussagen eines Interviewpartners vom Deutschen Bauernverband existieren daher kaum verlässliche Zahlen zu Schadenssummen in der Landwirtschaft aufgrund von Extremereignissen. GDV 2016 zeigt einen Übersichtsgrafik zu den Ernteschäden durch diverse Wetterextreme von 1990 bis 2013, darunter auch Trockenheit.

In der Landwirtschaft gilt es zwischen sogenannten Frequenzschäden und Katastrophenschäden (Kumulschäden) zu unterscheiden:

- ▶ Frequenzschäden resultieren aus Hagel, Sturm und Starkregen und führen zu teils hohen Ernteschäden in dem betroffenen Gebiet. Sie treten regelmäßig auf, sind allerdings lokal begrenzt.
- ▶ Katastrophenschäden treten hingegen großräumig auf und sind auf überregional auftretende Überschwemmungen und Trockenheit zurückzuführen. Katastrophenschäden sind seltener, haben aber ein hohes volkswirtschaftliches Schadenspotenzial. Aufgrund der oftmals großen regionalen Ausdehnung spricht man bei landwirtschaftlichen Schäden infolge von Trockenheit auch von Kumulschäden (GDV 2016).

Für Frequenzschäden sind Versicherungsprämien verlässlicher kalkulierbar, da sie in jedem Jahr auftreten und einen entsprechend hohen Erfahrungswert sowie Vergleichswerte vergangener Jahre aufweisen. Entsprechend diversifiziert ist das Versicherungsangebot, z. B. zur Absicherung von Hagelschäden.

Landwirtschaftliche Schäden infolge von großflächigen Überschwemmungen und überregional auftretender Trockenheit sind weitaus schwieriger zu quantifizieren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass neben den Witterungsereignissen weitere Faktoren wie Bodenqualität und Bestandsführung Einfluss auf die Schadensausmaße nehmen (GDV 2016). Das Angebot an Versicherungen gegen Katastrophenschäden, also z. B. Ernteschäden infolge von Überschwemmungen und Trockenheit, ist somit weitaus kleiner.

Aufgrund der methodischen Komplexität und des Aufwands der direkten Schadenserfassung wird in GDV 2016 eine indexbasierte Versicherungslösung vorgestellt (DLG 2018). Die Entschädigungszahlung ist dabei nicht an den Nachweis eines tatsächlich eingetretenen Schadens geknüpft. Die Zahlung erfolgt automatisch, falls ein vertraglich definierter Index eine Auslöseschwelle überschreitet. Der Index ist ein mit den Schäden korrelierender meteorologischer Parameter z. B. die Temperatur- oder Niederschlagssumme innerhalb einer Zeitperiode oder — messtechnisch aufwendiger — der Bodenfeuchte (siehe z. B. GDV 2016 oder AMK 2019, Kapitel 9.3.2). Indexbasierte Versicherungen bieten sich daher vor allem bei Schäden infolge von langanhaltender Trockenheit an.

Indexversicherungen gegen Trockenheit werden in Deutschland nur für die drei Hauptackerkulturen Getreide, Mais und Winterraps angeboten (AMK 2019). Aufgrund des hohen Kumulrisikos und den entsprechend hohen Versicherungsprämien für Indexversicherungen war bis 2020 lediglich 0.02% der Ackerfläche in Deutschland gegen Trockenheit versichert. Dies ist im Vergleich zum europäischen Ausland ein verschwindend geringer Anteil. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die meisten EU-Länder Mehrgefahrenpolicen, welche alle Wetterrisiken einschließen, mit bis zu 70% bezuschussen und dadurch die Kosten für Landwirte erheblich verringert werden (GDV 2020). Indexbasierte Versicherungslösungen werden derzeit jedoch von der Versicherungsbranche vorangetrieben, da diese einfacher zu operationalisieren sind. Eine solche Lösung würde allerdings bewirken, dass keine eigentlichen Schadensdaten erhoben werden. Ein Schadenskataster müsste dann, analog zur indexbasierten Versicherungslösung, auf einer Modellierung der Schäden abstützen (auf der Basis von Klimaindikatoren und allenfalls Satellitendaten).

Derzeit sind solche Modellierungen Gegenstand der Grundlagenforschung wie z. B. am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Auch das Thünen-Institut forscht im Rahmen des KlimErtrag-Projekts an einer Modellierung zur Berechnung der klimawandelbedingten Ertragsveränderungen und Flächennutzung (siehe Söder et al. 2022, Kapitel 9.3.2). Es ist dabei zu beachten, dass die tatsächlichen Schäden von einer großen Anzahl Parameter abhängen (z. B. angebaute Kultur, Bodenbeschaffenheit, Anpassungsmaßnahmen (v. a. Bewässerung),

Vegetationsperiode zur Zeit der Dürre, Ausprägung der Dürre, regionale Differenzierung). Die Effekte einer Dürre können sich akzentuieren, wenn sie im Zusammenspiel mit anderen Extremereignissen auftreten.⁷⁹ Inwiefern diese Effekte in ein Modell aufgenommen werden können, ist derzeit unklar. Ein Teilnehmer des Workshops hat zudem darauf hingewiesen, dass für Deutschland keine offizielle Definition einer Dürre besteht (da diese in verschiedenen Ausprägungen stattfinden kann; siehe dazu auch Kapitel 4.2.1.3). Aussagen zu Schäden in der Landwirtschaft werden daher auf absehbare Zukunft unsicher bleiben.

7.4 Weitere relevante Projekte und Quellen

Es existieren folgende weitere Projekte, Monitoringsysteme bzw. Plattformen, die für das Erstellen eines Schadenskatasters in Bereich Trockenheit nützlich sein können:

Im „Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) Monitoring“ werden die Ertragsschwankungen für Weizen (LW-I-2) und Hagelschäden in der Landwirtschaft in Schadenssatz und Schadensaufwand für versicherte Schäden (LW-I-3) dargestellt (UBA 2023). Die Primärdaten zur Abweichung der Winterweizenerträge vom Mittel der sechs Vorjahre stammen vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), konkret aus den Erhebungen in Bezug auf die Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung. Für die Hagelschäden im Monitoringbericht 2019 stammen die Primärdaten vom Institut für Agribusiness⁸⁰.

Datenquellen für die Identifikation von Dürren sind der Dürremonitor des Helmholtz-Zentrum (UFZ 2024) für Umweltforschung sowie der Bodenfeuchte-Viewer des Deutschen Wetterdienstes (DWD) (DWD 2024d) (siehe auch Kapitel 4.2.1.3). Das „European Drought Observatory“ (EDO) der Europäischen Kommission umfasst Informationen zu Dürren wie Karten von Indikatoren, die aus verschiedenen Datenquellen abgeleitet sind (EDO 2024). Neben Niederschlagsmessungen und modelliertem Bodenfeuchtegehalt spielen dabei auch Copernicus Satellitendaten (siehe Kapitel 6.6 eine Rolle. Satellitengestützte Fernerkundungsdaten ermöglichen eine flächendeckende Beobachtung der Bodenfeuchte sowie der Landvegetation. Mithilfe dieser Daten lässt sich neben der Wasserverfügbarkeit der jeweiligen Bodenschichten auch der Zustand der Vegetation räumlich analysieren (Riedel et al. 2021). Das „Soil Moisture and Ocean Salinity“ (SMOS) Projekt der European Space Agency (ESA) ist seit 2009 aktiv und liefert täglich detaillierte Bodenfeuchteinformationen (ESA 2024, Mecklenburg et al. 2012). Um die Auswirkungen einer langanhaltenden Trockenheit auf die Vegetation direkt untersuchen zu können, wird dafür z. B. der Parameter „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) ermittelt.⁸¹ Dieser Parameter kann zur Analyse landwirtschaftlicher Ertragsrückgänge sowie Waldschäden im Nachgang der Trockenheitsphase hinzugezogen werden (Reinermann et al. 2019). Siehe Kapitel 8.4.2 für weitergehende Informationen zur Fernerkundung von Vegetation und Mooren. Die kontinuierlich verfügbaren Daten dieser unterschiedlichen Datenquellen könnten für indikatorbasierte Modellierungen oder allenfalls Schwellenwerte genutzt werden.

In enger Zusammenarbeit mit dem EDO existiert das „European Drought Observatory for Resilience and Adaptation“, welches eine Bewertung von Dürreerisiken auf verschiedenen

⁷⁹ Beispielsweise führt Spätfrost zu einer Vorschädigung der Pflanzen und somit zu höheren Schäden einer später allenfalls eintretenden Trockenheit. Ein anderes Beispiel ist, dass die Erosionswirkung eines Gewitters auf ausgetrockneten Böden grösser ist.

⁸⁰ Das Institut für Agribusiness steht aufgrund ihrer intransparenten Finanzierungsquellen in Kritik (Universität Gießen 2024)

⁸¹ Es gibt eine Vielzahl von spektralen Indizes. Der NDVI hat gerade bei Systemen mit hoher Biomasse ein Sättigungsproblem und wird daher bei Wäldern heutzutage eher weniger genutzt (stattdessen z.B. den Normalized Difference Moisture Index NDMI). In der Landwirtschaft nutzt man unter anderem auch den Soil-Adjusted Vegetation Index SAVI.

Ebenen anstrebt. Zudem sollen Daten über die Auswirkungen in verschiedenen Sektoren gesammelt werden und die Mitgliedstaaten der EU vernetzt werden (CIMA 2024).

Das „European Drought Center“ hat zum Ziel die Zusammenarbeit zwischen WissenschaftlerInnen und NutzerInnen zu fördern und dadurch die Bereitschaft und Widerstandsfähigkeit der Gesellschaft gegenüber Dürren zu verbessern. Es ist vor allem eine Plattform, um den Austausch zwischen diversen AkteurInnen zu fördern und ist somit dazu beitragen, ein wissenschaftlich fundiertes Schadenskataster zu erstellen (European Drought Centre 2024).

7.5 Indirekte Schäden

In der Landwirtschaft können Schäden aufgrund von Hitze- und Trockenheit sowohl direkt als auch indirekt auftreten. Direkte Schäden sind Minderernten aufgrund von Ernterückgängen und Qualitätseinbußen infolge von Hitze bzw. Trockenheitsperioden. Hitze- und Trockenheitsstress können das Wachstum der Nutzpflanzen beeinträchtigen und die Anfälligkeit für einen Schädlingsbefall erhöhen.

Indirekte Schäden als Folge der Minderernten treten sowohl in der Landwirtschaft selbst als auch in nachgelagerten Branchen auf. So verursacht z. B. ein Rückgang der Ernte von Futterpflanzen Probleme bei der Nutztierhaltung. Zu den indirekten Schäden gehören aufgrund des hohen Anteils der im Freien ausgeübten, körperlich belastenden Tätigkeiten auch Produktivitätsverluste sowie Verletzungen und Krankheiten aufgrund sehr heißer Sommertage (Prognos 2022a, Prognos 2022b). Das Verhältnis der direkten zu den indirekten Schäden in der Landwirtschaft aufgrund von Hitze- und Trockenheitsperioden wird in der Literatur mit Faktoren zwischen 0.6 (Horridge et al. 2003) und 0.85 (Martin-Ortega und Markandya 2012; Diersen et al. 2002) geschätzt. Jeder direkte Schaden von einem Euro führt folglich zu indirekten Schäden in Höhe von 60 bis 85 Eurocent. Die Faktoren beruhen auf dem Verhältnis der indirekten zu direkten Schäden historischer Extremwetterereignissen, in diesem Fall von Dürreperioden in Australien sowie Spanien. Die Faktoren stützen folglich einzelne Ereignisse ab und sind mit einer entsprechend hohen Unsicherheit verbunden. Zudem ist unklar, inwiefern die Resultate auf Deutschland übertragen werden können. Auch aus diesem Grund werden die indirekten Schäden im Rahmen des Schadenskatasters vorerst außer Acht gelassen.

7.6 Übersicht und Zwischenfazit

Die Analyse zur Datenverfügbarkeit landwirtschaftlicher Extremwetterschäden zeigt, dass im Vergleich zu den Schäden an Infrastrukturen (vgl. Kapitel 6) weniger Primärdatenquellen existieren. Als wichtigste Primärdatenquelle ist die Fachserie 3 des Statistischen Bundesamts zu nennen, welche sämtliche Angaben zu Ernteerträgen und zum Wachstum der Kategorien Feldfrüchte, Gemüse, Baumobst und Weinmost umfasst. Mithilfe der Ertragsveränderungen gegenüber einem normalen Jahr lassen sich die direkten Schäden bzw. Mindererträge eines Extremereignisses ermitteln. Auf Basis der direkten Schäden lassen sich grobe Hochrechnungen der indirekten Schäden mithilfe von Multiplikatoren erstellen (siehe auch Kapitel 9.3.2 Abschnitt KlimErtrag und Statistisches Bundesamt).

Eine weitere Primärquelle sind Daten des GDV. Diese sind in erster Linie auf Basis der beantragten und ausgezahlten Versicherungsleistungen in der Landwirtschaft ermittelt. Die Datenverfügbarkeit der versicherten Schäden ist hierbei je nach betrachtetem Ereignistyp sehr unterschiedlich. Für Trockenheit ist die Datenverfügbarkeit aufgrund der geringen Versicherungsabdeckung gegen Trockenheitsschäden beschränkt (für z. B. Hagelschäden ist die Datenlage aufgrund der weitaus höheren Versicherungsabdeckung wesentlich besser).

Um die Datenlage zu verbessern, werden in Zukunft vermehrt auch Fernerkundungsdienste wie Copernicus eingesetzt werden. Satellitengestützten Fernerkundungsdaten ermöglichen kurzfristige, detaillierte und kontinuierliche Analysen zu landwirtschaftlichen Schäden. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft technologische Fortschritte im Bereich der satellitengestützten Fernerkundung und der Auswertungsmethoden erreicht werden. Für das Schadenskataster ist es daher wichtig, einen regelmäßigen Austausch mit den Betreibenden und Forschenden zu pflegen, um Neuerungen in die Erhebung von Schäden einfließen lassen zu können bzw. diesbezüglich auch konkrete Bedürfnisse zu formulieren.

In Tabelle 9 findet sich eine Übersicht bestehender Datenbanken und -quellen, welche (unter anderem) Daten zu Schäden in der Landwirtschaft ausweisen.

Tabelle 9: Datenquellen Schäden in der Landwirtschaft

Datenbank/-quelle	Betreiber/ Herausgeber	Primär-/Sekundärdaten	Datenqualität	Relevanz für Schadenskataster	Kommentar
Schadensdaten deutscher Versicherungsgesellschaften	GDV	Primärdaten	Hoch	Hoch	
Daten zu Hektarerträgen und Verkaufspreisen der Feldfrüchte	DESTATIS/ Statistisches Bundesamt	Primärdaten	Hoch	Hoch	Wichtig für Abweichung der Erträge vom Mittelwert
NAT-CAT Service	Munich RE	Sekundärdaten	Mittel	Gering	ExpertInnen-schätzung für fast track vor-sehen
Sigma Explorer	Swiss RE	Sekundärdaten	Mittel	Gering	
Copernicus	EU/DLR	Primärdaten	Mittel/Hoch	Hoch	Datenqualität hoch falls technologi-scher Fort-schritt
EM-DAT International Disaster Data-base	Universität Louvain, Brüssel	Sekundärdaten	Mittel	Mittel	Primär als Praxisbeispiel
Copernicus Global Land Service	VITO NV	Primärdaten	Mittel	Mittel	Auswertung notwendig
Hydrologische Daten, Wasserqualität	Bundesländer	Primärdaten	Mittel	Mittel	

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

8 Datenquellen für nicht-monetäre Schäden

8.1 Einleitung

Wie in der Box „Abgrenzung zwischen monetären und nicht-monetären Schäden“ in Kapitel 4.1 beschrieben, lassen sich verschiedenen Schadensarten nicht mit monetären Werten erfassen oder es lassen sich nur einzelne Teilkomponenten der Schäden monetär abbilden. Diese Schadensarten werden in diesem Kapitel betrachtet sowie Datenquellen analysiert, mit denen diese in ein Schadenskataster integriert werden können.

8.2 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

8.2.1 Hitzebedingte Todesfälle

Mögliche Datenquelle: Robert-Koch Institut

Eine bedeutende Schadenskategorie, die nicht monetär abgebildet werden kann, sind durch Hitze verursachte Todesfälle. Insbesondere ältere Menschen und Menschen mit Vorerkrankungen sind von den Auswirkungen von Hitzewellen betroffen. Infolge des Klimawandels ist mit häufigeren, intensiveren und länger anhaltenden Hitzewellen in Deutschland zu rechnen (an der Heiden, 2020).

Eine empirische Erfassung der durch Hitze bedingten Todesfälle ist aktuell nicht möglich, da den im Zusammenhang mit Hitze eintretenden Todesfällen nur in wenigen Fällen die Hitze als Ursache zugewiesen wird. Meistens werden diese Fälle als durch vorliegende schwere Grunderkrankungen, beispielsweise des Herz-Kreislauf-Systems, oder andere Auslöser, die auf altersbedingten Beeinträchtigungen beruhen, als Ursache zugewiesen. Somit ist es notwendig, statistische Verfahren anzuwenden, um die hitzebedingten Todesfälle zu schätzen (an der Heiden, 2020).

Eine geeignete Datenquelle stellt hier das Robert-Koch Institut (RKI) zur Verfügung. Anhand eines statistischen Modells wird die Zahl der hitzebedingten Todesfälle als „Differenz des Verlaufs der beobachteten Mortalität und einem geschätzten Verlauf der Mortalität ohne Hitzewellen“ wiedergegeben (an der Heiden, 2020). Die Angaben können dabei differenziert nach Altersgruppen betrachtet werden. In diesem Modell wird mit Hilfe einer Expositions-Wirkungs-Kurve der nichtlineare Einfluss der Wochenmitteltemperatur auf die Mortalitätsrate quantifiziert. Die verwendeten Temperaturdaten stammen aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes. Weitere Datengrundlage sind wöchentlich aggregierte Daten des Statistischen Bundesamtes zur Gesamtmortalität. Diese Daten sind nach vier Altersgruppen (< 65 Jahre, 65–74, 75–84, ≥ 85) und nach Bundesland aggregiert (an der Heiden, 2020). Die Betrachtung erfolgt dabei für vier Regionen in Deutschland: Norden, Osten, Westen und Süden.

Die aktuellsten Zahlen liegen für den Sommer 2022 vor. Für dieses Jahr wurden rund 4.500 hitzebedingte Sterbefälle in Deutschland geschätzt (RKI 2022).

Ab dem Jahr 2021 beginnt eine offizielle Mortalitätsüberwachung am RKI, in deren Rahmen eine regelmäßige jährliche Berechnung der hitzebedingten Sterblichkeit des jeweiligen Sommers geplant ist. Diese Datenquelle wird auch für das Monitoring der DAS verwendet und eignen sich sehr gut für eine zeitnahe Integration in das Schadenskataster.

Für den Sommer 2023 (Juni bis September) wird der Bericht mit Schätzungen der hitzebedingten Mortalität sogar wöchentlich aktualisiert. Es liegen jedoch keine Informationen vor, ob dieses Vorgehen dauerhaft umgesetzt wird. Für das Monitoring zur Deutschen

Anpassungsstrategie wird diese Datenbasis ebenfalls für die Erfassung des Indikators „Hitzebedingte Todesfälle“ verwendet (UBA 2023).

8.2.2 Todesfälle durch andere Extremwetterereignisse (außer Hitze)

Mögliche Datenquelle: CAT-DAT, European Environmental Agency (EEA)

Neben dem Risiko von Hitzewellen, stellen auch andere Extremwetterereignisse wie Hochwasser, Waldbrände und Stürme eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Allein in den europäischen Ländern verloren zwischen 1980 und 2021 5584 Menschen ihr Leben in Hochwassern. Auch die Sturzflut im Ahrtal 2021 verdeutlicht die lebensbedrohliche Gefahr von Extremwetterereignissen. Auch schwere Stürme stellen ein Risiko für den Menschen dar. Beispielsweise sind dem Orkan „Kyrill“ im Januar 2007 in Europa 47 und dem Orkan „Christian“ im Herbst 2013 mindestens 16 Menschen zum Opfer gefallen (Quelle: [BMUV: Extremwetterereignisse](#)). Mit steigender Waldbrandgefahr in Deutschland nimmt auch hier das Risiko für die menschliche Gesundheit zu.

Eine Abbildung der menschlichen Todesfälle aufgrund verschiedener Arten von Extremwetterereignissen sollte daher im Schadenskataster integriert werden. Informationen hierzu können aus der „Catastrophe Dataset“ (CATDAT) Datenbank entnommen werden, die zudem von der EEA bereits für den europäischen Raum aufbereitet werden. Auf der Seite der [EEA](#) lassen sich die Angaben zu Todesfällen verursacht durch verschiedene Extremwetterereignisse (u. a. Hochwasser und Waldbrände) für jedes Kalenderjahr einsehen.

8.2.3 Gesundheitliche Einschränkungen durch Hitze und UV-Strahlung

Quelle: Krankenhausdiagnosestatistik, verfügbar über GENESIS Datenbank

Neben Todesfällen entstehen durch Hitze und auch durch UV-Strahlung gesundheitliche Einschränkungen und Erkrankungen für zahlreiche Personen. Diese Schadensart sollte nach Möglichkeit ebenfalls in einem Schadenskataster mit abgebildet werden. Zum einen werden wirtschaftliche (monetär abbildbare Schäden) verursacht: Durch Produktivitätseinbußen sowie durch die Kosten für ärztliche Behandlungen. Diese werden derzeit noch nicht dezidiert erfasst.

Bereits abbildbar sind hingegen die Hitze- und UV-bedingten Krankenhauseinweisungen. Hauptdatenquelle kann hier die Krankenhausdiagnosestatistik, die im Rahmen der GENESIS-Datenbank des Statistischen Bundesamtes zugänglich ist, darstellen. In dieser Diagnosestatistik werden die Hauptdiagnosen von KrankenhauspatientInnen festgehalten. Neben dieser Information enthält die Statistik unter anderem Angaben zur Verweildauer und zu soziodemographischen Merkmalen der PatientInnen (Statistisches Bundesamt 2024c).

Als Grundlage für die Klassifizierung der Diagnosen dient das „International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems“ (ICD) System, welches von der Weltgesundheitsorganisation veröffentlicht wurde. Für das Schadenskataster relevant sind die Informationen zu Krankenhausaufenthalten in einem Kalenderjahr mit der Diagnose „Schäden durch Hitze und Sonnenlicht“ (Diagnosecode T67). Auf dieser Basis kann sich festhalten lassen, wie viele Menschen durch Hitze und Sonnenlicht in ihrer Gesundheit so stark eingeschränkt sind, dass eine Krankenhauseinweisung notwendig wird.

Zwar beinhaltet diese Datenbank auch Angaben zur Anzahl der Personen, die mit der Hauptdiagnose „Schäden durch Hitze und Sonnenlicht“ gestorben sind. Wie bereits im Abschnitt zu hitzebedingten Todesfällen erläutert, ist diese Datenquelle für die Abbildung hitzebedingter Todesfälle ungeeignet, da nur jene Fälle festgehalten werden, die diese Hauptdiagnose aufweisen. Nicht erfasst werden jene hitzebedingten Todesfälle, die auf Herz-

Kreislaufeinschränkungen in der Hauptdiagnose zurückzuführen sind. So werden für das Jahr 2018, in dem eine langanhaltende Hitzewelle vorlag, lediglich 15 verstorbene Patienten mit der Hauptdiagnose "Schäden durch Hitze und Sonnenlicht" aufgeführt.

Weitere Daten zu Krankenhauseinweisungen stellen die wissenschaftlichen Institute der Krankenkassen zu Verfügung, so z. B. das Wissenschaftliche Institut der Allgemeinen Ortskrankenkasse (AOK) (WIdO). Dieses hat bereits in Zusammenarbeit mit dem Klimaforschungsinstitut „Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change“ (MCC) auf Basis der Versicherungsdaten der AOK untersucht, wie viele Krankenhauseinweisungen in den Jahren 2008 bis 2018 auf die Hitze zurückzuführen waren (Klauber und Koch, 2021). Hierfür wurden die Abrechnungsdaten aller vollstationären und ambulanten Krankenhausbehandlungen (§ 301 Abs. 1 SGB V bzw. § 295 SGB V) für Versicherte über 65 Jahre in den Jahren 2008 bis 2018 mit einbezogen. Durchschnittlich liegen dem WIdO jährlich Daten zu 5.8 Millionen Versicherten vor (Klauber und Koch, 2021). Eine kontinuierliche und öffentlich zugängliche Auswertung dieser Daten liegt jedoch nicht vor, so dass diese Quelle derzeit nicht als primäre Datenbasis genutzt werden kann. Zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich sollten jedoch verfolgt und in mögliche Weiterentwicklungen des Katasters einfließen.

8.2.3.1 Einbußen in der Arbeitsproduktivität

Quelle: Lancet Countdown

Vermehrte Hitzeeinwirkungen und Sonneneinstrahlung haben neben gesundheitlichen Effekten auch Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität, insbesondere bei Tätigkeiten, die im Freien stattfinden. Eine Möglichkeit, diese Einschränkungen im Kataster abzubilden besteht durch die Schätzung der potentiellen Arbeitsstunden, die aufgrund von Hitzeeinwirkungen verloren gehen. Der Lancet Countdown berechnet diesen Indikator, indem er die Wet-Bulb-Globe-Temperatur (einschließlich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung) mit der Energiemenge verknüpft, die typischerweise von Arbeitnehmenden in den vier Sektoren Landwirtschaft, Bauwesen, Dienstleistungen und Industrie verbraucht wird. Diese Berechnung wird im nächsten Schritt mit dem Anteil der Erwerbstätigen in diesen Sektoren kombiniert und auf dieser Basis die Anzahl der potentiell verlorenen Arbeitsstunden pro Jahr geschätzt (van Daalen et al 2022). Diese Schätzungen sind tendenziell konservativ, da davon ausgegangen wird, dass alle Arbeiten im Schatten ausgeführt werden. Außerdem wird der Einfluss der Sonneneinstrahlung nicht berücksichtigt. Es ist somit gut möglich, dass die tatsächlichen Verluste von Arbeitszeiten höher liegen.

Die Zahlen für Deutschland sind auf der Plattform des Lancet Countdown einsehbar und können als primäre Datenquelle für das Kataster verwendet werden. Die aktuellsten Schätzungen liegen für das Jahr 2021 bei 20,97 Millionen Stunden verlorener Arbeitszeit. Für 2018 liegt die Zahl bei 46,43 Millionen Stunden (Lancet Countdown 2019).

Eine monetäre Abbildung dieser Produktivitätsverluste könnte in Zukunft entwickelt werden, indem ein Durchschnittswert für eine geleistete Arbeitsstunde in den vier genannten Sektoren in Deutschland angewendet und mit den jeweils verlorenen Arbeitsstunden multipliziert wird. In der Summe ließe sich somit für die vier Sektoren abschätzen, wie hoch wirtschaftliche Schaden ist. Dabei ist klar darzustellen, dass es sich um eine grobe Schätzung und keine empirische Erfassung von wirtschaftlichen oder finanziellen Einbußen handelt.

8.3 Schäden an kulturellen Gütern und Verlust kulturellen Erbes

Durch den Klimawandel sind auch Kulturgüter und kulturelles Erbe bedroht. Insbesondere durch Extremwetterereignisse können diese einen erheblichen Schaden nehmen oder gar

verloren gehen. Es bestehen unterschiedliche Definitionen von kulturellem Erbe, welche sich stetig weiterentwickeln. Beispielsweise hat sich die Welterbe Konvention von einer anfangs materiellen Fokussierung auf Denkmäler und Stätten hin zu einem erweiterten Verständnis entwickelt, welches immaterielles Kulturerbe ebenso wie Naturerbe umschließt (Bierwerth, 2014). Im Folgenden umfasst die Bezeichnung kulturelles Erbe materielle wie immaterielle Kulturgüter, welche zum kulturellen Selbstverständnis sowie zum gesellschaftlichen Zusammenleben beitragen (Europäische Union 2019).

Materieller Güter umfassen dabei unter anderem historische Gebäude, Denkmäler, Kunstgegenstände, Museen und Archive (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2023). Hervorzuheben ist, dass auch natürliche Räume, wie Parks, Wälder und Landschaften nicht nur einen ökologischen Wert haben, sondern aufgrund ihrer großen Bedeutung für die Kultur eines Landes, wie im Falle Deutschlands, wo Wälder eine hohe kulturelle Bedeutung haben, einen intrinsischen Wert haben und daher auch zu Kulturstätten zählen können. Beispielsweise fallen unter „United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization“ (UNESCO) Kulturstätten in Deutschland neben dem Aachener Dom, dem Kloster Maulbronn und der Altstadt von Weimar auch der Bergpark Wilhelmhöhe in Kassel, das Erzgebirge und das obere Mittelrheintal (Europäische Union 2019). Darüber hinaus haben die Alten Buchenwälder Deutschlands, u.a. auf der Insel Rügen und im Müritz-Nationalpark, den Status als Weltnaturerbe. Somit können Schäden an Wäldern in Deutschland neben Schäden an Ökosystemen auch als Schäden an Gütern mit einem kulturellen Wert aufgefasst werden.

Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass materielle wie immateriell Kulturgüter Wertesysteme, Traditionen und Lebensweisen von vergangenen und zukünftigen Gemeinschaften widerspiegeln und einen wesentlichen Beitrag zum kulturellen Selbstverständnis sowie dem gesellschaftlichen Zusammenleben leisten (Europäische Union 2019; Kulturstiftung der Länder 2022).

Bei der wachsenden Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels auf Kulturgüter stehen meist Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen sowie die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen im Vordergrund. Es besteht ein Konsens, dass Kulturgüter auf der ganzen Welt durch die Auswirkungen des Klimawandels schwerwiegenden Risiken ausgesetzt und Schäden an diesen zu erwarten sind, jedoch existieren bisher keine Erhebungsverfahren von nicht-ökonomischen Schäden an kulturellen Gütern (Bonazza 2018; ICOMOS 2019; Europäische Kommission 2022; Simpson et al. 2022). Insbesondere auf EU-Ebene existieren Forschungsprojekte wie beispielsweise Noah's Ark, Climate for Culture oder das STORM Projekt, welche sich mit Risikoanalysen und Schadenspotentialen beschäftigen. Allerdings werden in diesen häufig nur räumlich begrenzten Pilotstudien durchgeführt. Besonders herausfordernd beim Versuch der Erfassung von Schäden sind die Vielfalt der Auswirkungen sowie der unterschiedliche Grad an Schwere, welche zusammen mit der herausragenden Diversität an kulturellen Gütern einen komplex zu erfassenden Nexus abbilden (Simpson et al. 2022).

Erste Ansätze, beispielsweise vom „International Council on Monuments and Sites“ (ICOMOS), heben das Potenzial einer wertebasierten Herangehensweise bei der Beurteilung von Schäden hervor (Fatorić und Seekamp 2017; Simpson et al. 2022). Ein erstes Praxisbeispiel für eine wertebasierte Herangehensweise lässt sich im STORM Projekt finden. In diesem europäischen Projekt wurde ein Instrument entwickelt, welches NutzerInnen auf lokaler Ebene bei der Bewältigung und Einschätzung von Risiken des Klimawandels für ihre Kulturstätte unterstützt. Im Rahmen einer Risikoanalyse wird eine Bewertung der Gefährdung („Exposure Analysis“) durchgeführt, welche Auskunft über den Wert des potentiell gefährdeten Kulturgutes gibt. Der Wert wird in den Kategorien ästhetischer Wert, architektonischer/technischer Wert, historischer Wert, archäologischer Wert, ökonomischer Wert, wissensvermittelnder Wert,

wissenschaftlicher Wert, sozialer Wert und ökologischer Wert beschrieben. Beispielsweise hat ein Kulturgut einen historischen Wert, wenn dieser durch eine historische Figur, ein Ereignis, eine Phase oder eine Aktivität geprägt wurde oder diese selbst mitgeprägt hat. Der ökonomischer Wert adressiert die monetäre Summe, welche durch das Kulturgut in der Region erwirtschaftet wurde, indirekte und direkte Investitionen sowie Beschäftigungsmöglichkeiten. Bei der Einschätzung des sozialen Wertes werden wiederum Vorteile für den sozialen Zusammenhalt und der Gruppenidentität berücksichtigt (Europäische Union 2018).

Eine ähnliche Bewertungsmatrix lässt sich auch in anderen Quellen, wie beispielsweise in der Forschung von Romão et al. (2016), wiederfinden. Der mögliche immaterielle Werteverlust wird hier anhand der Kategorien historischer Wert, ästhetischer Wert, gemeinschaftlicher Wert und beweisender Wert, welcher für die Beweiskraft menschlicher Aktivitäten eines Kulturgutes steht, erfasst. Bezüglich der Einordnung des Umfangs von entstandenen nicht-monetären Schäden ist auch entscheidend, ob die Integrität des kulturellen Gutes beschädigt wurde und somit ein vollständiger Verlust wahrscheinlich ist oder, ob der Schaden behoben werden kann (Romão et al. 2016). Auch wenn an dieser Stelle nicht weiter die Erhebung und Skalierung eingegangen wird, so heben die AutorInnen hervor, dass eine Bewertung durch ExpertInnen ein vielversprechender Erhebungsansatz ist. Die hier beschriebenen ersten Ansätze zur Erfassung von nicht-ökonomischen Werten können als Grundlage dienen, um in einen nächsten Schritt ein Verfahren zur Erhebung von entstandenen Schäden an Kulturgütern zu entwickeln (Kapitel 11.4). Es ist jedoch sehr umstritten, inwiefern die Schäden an Kulturgütern quantifizierbar sein sollten, da dies auch ausdrücken würde, welches kulturelle Gut mehr Wert hat als andere. Eine solche Einordnung ist aufgrund der Kontextabhängigkeit und nicht Vergleichbarkeit von immateriellem Wert fragwürdig.

Bei der Untersuchung des Nexus von Klimawandel und Kulturgütern und insbesondere bei der Erfassung von Schäden liegt ein großer Fokus auf materiellen Gütern wie historischen Bauobjekten, Kunstgegenständen oder Landschaften (Leissner et al. 2015; Fatorić und Seekamp 2017; Bonazza und Sardella 2023). Teils werden Angaben zu beschädigten oder zerstörten Denkmälern von Kommunen erhoben, wie etwa die Anzahl der betroffenen Denkmäler, die Höhe der Schadensbehebungskosten oder der Ausfall von Einnahmen durch BesucherInnen. Beispielsweise werden Schäden an Denkmälern oft im Rahmen der Schadenserfassung in Kommunen von der Unteren Denkmalbehörde gemeinsam mit ArchitektInnen geschätzt. Diese Daten stehen wie bereits beschrieben nach einer gewissen Zeit aggregiert auf Ebene der Bundesländer zur Verfügung und müssen abgefragt werden. Jedoch wird hiermit nur eine Teilkomponente der entstandenen Schäden erfasst, da der Wert über dem direkten Wert eines Gebäudes und der Schadensbehebungskosten liegt. Die oben beschriebenen Datensätze zu materiellen Kosten und Verlusten können Teil einer Schadenserfassung von Kulturgütern sein, jedoch geben diese nicht den bedeutsamen immateriellen Wert an. Somit ist die alleinige Erhebung von monetären Daten zur Erhebung von Schäden an kulturellen Gütern unzureichend (Reimann et al. 2018).

Nach derzeitigem Stand bieten jedoch die kommunal erhobenen Schäden an historischen Gebäuden und kulturell signifikanten Bauwerken nach Extremwetterereignissen die genaueste Datengrundlage. Zum jetzigen Zeitpunkt stellen diese Daten die einzige Annäherung an die Erfassung von Schäden an kulturellem Erbe dar. Für die Zukunft besteht Bedarf, hier eine Methodik für die Schätzung von Schäden und ggf. deren monetäre Bewertung zu entwickeln. Die auf kommunaler Ebene erfassten Daten bilden nur die Schadensbehebungskosten ab, jedoch nicht den möglicherweise deutlich höheren Verlust des kulturellen Wertes.

8.4 Schäden an Ökosystemen

8.4.1 Übersicht potentieller Schäden und ihrer Messbarkeit

Ökosystem-Schäden durch den Klimawandel können in natürlichen, terrestrischen und aquatischen Ökosystemen sowie in bewirtschafteten Ökosystemen durch Extremereignisse sowie durch „slow onset events“ (z. B. langfristiger Temperaturanstieg, Anstieg des Meeresspiegels) auftreten. Entsprechend der Datenverfügbarkeit und Relevanz wurde bei der Recherche ein Fokus auf die Ökosysteme Wald (natürlich und bewirtschaftet), Moor, Oberflächen- und Grundwasser gelegt. Eine Auswahl an potenziellen Schäden an diesen Ökosystemen und deren Ökosystemleistungen gibt Tabelle 10 wieder.

Tabelle 10: Potentielle Schäden an Ökosystemen und Ökosystemleistungen (relevant für Schadenskataster)

Ökosystem	Schäden durch Hitze und Trockenheit	Schäden durch Hochwasser und Starkregen
Wald / Forst (Baumbestand)	<p>ÖS: Verlust der Vitalität und Absterben von Bäumen durch Trockenstress, Schädlingsbefall und Krankheiten</p> <p>ÖSL: Geringere Holzqualität und -quantität, verringerte Funktion als Habitat, Wasserspeicher (Hochwasserschutz), CO₂ Senke und Klimaregulation, geringere Aufenthaltsqualität in Wäldern und Wegfall von Tourismus</p>	<p>ÖS: Verlust und Beschädigung von Bäumen durch Entwurzeln, Bruch und Staunässe, sowie Muren</p> <p>ÖSL: Geringere Holzqualität und -quantität (bei langer Staunässe/Muren), Verhinderung der Forstwirtschaft und Mobilität (temporär)</p>
Moor	<p>ÖS: Austrocknen von Mooren, Absterben der Vegetation</p> <p>ÖSL: eingeschränkte Funktion als Habitat und CO₂-Senke (nicht eindeutig)⁸²</p>	<p>ÖS: Überflutung von Mooren, Absterben der Vegetation</p> <p>ÖSL: eingeschränkte Funktion als Habitat und CO₂-Senke (temporär)</p>
Fluss / Fließgewässer	<p>ÖS: Niedrigwasser, erhöhte Wassertemperatur, Absterben/Beeinträchtigung von Flora und Fauna</p> <p>ÖSL: Einschränkungen der Habitatfunktion, Schifffahrt (Waren, Transport, Tourismus) und Trinkwasserversorgung</p>	<p>ÖS: Hochwasser, Verschmutzung durch Erosion und Schadstoffeinträge aus Landwirtschaft, Beeinträchtigung von Flora und Fauna</p> <p>ÖSL: Einschränkungen der Habitatfunktion, Schifffahrt (Waren, Transport, Tourismus) und Trinkwasserversorgung</p>
See / Stillgewässer	<p>ÖS: Niedrigwasser, erhöhte Wassertemperatur, Algenbildung, Absterben/Beeinträchtigung von Flora und Fauna</p> <p>ÖSL: Einschränkungen der Habitatfunktion und Nutzung als Badesee</p>	<p>ÖS: Hochwasser, Verschmutzung durch Erosion und Schadstoffeinträge aus Landwirtschaft, Beeinträchtigung von Flora und Fauna</p> <p>ÖSL: Einschränkungen der Habitatfunktion und Nutzung als Badesee</p>
Grundwasser	<p>ÖS: Verringerter Grundwasserpegel mit Auswirkungen auf die Bereitstellung für Ökosysteme</p> <p>ÖSL: Einbußen in Landwirtschaft, eingeschränkte Trinkwasserversorgung</p>	<p>ÖS: Grundhochwasser, Beeinträchtigung von Ökosystemen durch Vernässung/ Staunässe</p> <p>ÖSL: Verminderte Trinkwasserqualität, eingeschränkte Versickerung von Niederschlägen/Oberflächenwasser</p>

⁸² Auswirkungen eines temporären Austrocknens von Mooren sind noch nicht klar erforscht (Universität Rostock 2020)

Ökosystem (Ö), Ökosystemleistung (ÖSL)

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Insgesamt gilt für die Darstellung von Schäden an Ökosystemen sowie Ökosystemleistungen die Frage, ab wann es sich um einen Schaden handelt und ob man den direkten Schaden messen kann oder lediglich Stressoren? Beispielsweise können sich Wälder, Moore und Gewässer nach einem Schadensereignis in den kommenden Jahren wieder erholen. So könnte ihre Funktion als Habitat, CO₂-Senke, etc. für einige Zeit eingeschränkt sein. Diese Einschränkung stellt an sich den Schaden dar, ist jedoch nicht immer messbar. Bei der Einschätzung von Schäden an Ökosystemen wurde zudem erkannt, dass insbesondere Hitze und Trockenheit langfristige Schäden verursachen. Starkregen und Hochwasserereignisse sind eher temporär und Schäden sind im Vergleich geringer. Auch bei Extremereignissen wie der Sturzflut im Ahrtal sind bspw. Wälder nach Einschätzung des lokalen Forstamtes kaum beeinträchtigt worden, während Schäden eher die Infrastruktur im Wald betrafen. Vor diesem Hintergrund sollte sich das Schadenskataster insbesondere auf die Schadenstypen Hitze und Trockenheit fokussieren. Schäden durch extreme Sturmereignisse werden zudem im Kontext von Waldschäden mit in Betracht gezogen.

Zur Messung des Zustandes von Ökosystemen (inkl. Biodiversität) existieren derzeit insbesondere Langzeit-Monitoringdaten, beispielsweise die Waldinventur aller 10 Jahre (BMEL 2014) sowie das Natura-2000/ Fauna-Flora-Habitat (FFH) Monitoring aller 6 Jahre (Ellwanger et al. 2020). Schäden durch Klimawandelfolgen werden in den Monitoringberichten bisher nicht explizit erfasst (SMEKUL 2024). Die Ergebnisse dieser Erhebungen können jedoch teilweise als Baseline-Daten genutzt werden, um Veränderungen besser einschätzen zu können. Zudem können anhand der Definition von FFH-Gebieten (BfN 2022) Schäden an besonders schützenswerten Ökosystemen eine größere Gewichtung im Schadenskataster erhalten. In dieser Hinsicht sollten neben ökologisch schützenswerten Gebieten auch solche beachtet werden, die wichtige Ökosystemleistungen in Bezug auf Klimaanpassung und Klimaschutz erbringen, beispielsweise Moore und Wälder, die durch ihre Retentionsfunktion Hochwasserrisiken in besonders betroffenen Gebieten reduzieren.

Kurzfristig stehen für das Schadenskataster nur wenige Daten auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene zur Verfügung, die direkt nutzbar sind, um Ökosystemschäden zu erfassen. Daher ist zu überlegen, ob verfügbare Daten mit Fernerkundungsdaten kombiniert werden sollten. Mögliche Datenquellen sind in Folge für einzelne Ökosysteme sowie Ökosystemleistungen angegeben.

8.4.2 Waldzustand

Zur jährlichen Erfassung des Waldzustandes werden auf Landesebene Daten per Stichproben im Landesforst gesammelt, die den Kronenzustand der Waldbäume nach Baumart erfassen. Die Datensammlung erfolgt im August und der aggregierte Waldzustandsbericht auf Bundesebene wird im Dezember bis Januar veröffentlicht. Durch die Erhebung im Spätsommer eignen sich die Daten gut, um eventuelle Einflüsse von Hitze und Trockenheit auf die Wälder abschätzen zu können. Jedoch sind die Daten allein unzureichend, um Schäden durch den Klimawandel bzw. Extremereignisse umfassend darzustellen. Kronenschäden werden im Waldzustandsbericht prozentual für die Haupt-Baumarten angegeben (im Vergleich zum Vorjahr), jedoch sind dabei keine Aussagen zur betroffenen Waldfläche, der Biomasse (bzw. Holzvolumen) sowie zu einzelnen Standorten möglich. In Bezug auf das Holzvolumen wird als Quelle zur Erfassung von Schäden in forstwirtschaftlich genutzten Wäldern die jährliche Holzeinschlagstatistik genutzt.

Diese umfasst Angaben zum Holzeinschlag durch Schäden u. a. zu Wind/Sturm, Insekten und seit 2020 auch Trockenheit.

Tabelle 11: Holzeinschlagstatistik 2020

Land	Gesamt	Wind/ Sturm	Schnee/ Duft	Insekten	Trockenheit	Sonstige Ursachen für Schadholzeinschlag
Deutschland	60 127,4	10 163,8	265,8	43 295,3	3 139,1	3 263,5
Baden- Württemberg	6 043,9	2 791,6	30,2	2 273,5	0,2	948,4
Bayern	10 697,2	3 794,8	154,3	5 312,9	1 034,1	401,1
Berlin	1,4	0,5	-	0,1	-	0,9
Brandenburg	1 284,7	87,1	0,1	770,1	339,1	88,3
Hamburg	2,0	0,2	-	1,7	-	0,1
Hessen	8 111,1	878,0	2,9	6 507,9	180,9	541,6
Mecklenburg- Vorpommern	649,3	22,0	0,5	239,8	56,1	331,0
Niedersachsen	4 449,8	551,3	1,8	3 613,5	221,9	61,2
Nordrhein- Westphalen	14 224,5	540,1	10,7	13 366,1	127,6	180,1
Rheinland-Pfalz	6 142,8	744,9	2,8	5 161,0	2,7	231,4
Saarland	226,7	16,5	0,0	177,1	12,0	21,1
Sachsen	1 452,3	203,0	61,3	1 175,3	5,8	7,0
Sachsen-Anhalt	2 392,2	288,0	1,3	1 761,7	162,5	178,7
Schleswig-Holstein	118,2	16,3	0,1	67,3	8,9	25,7
Thüringen	4 331,1	229,5	-	2 867,3	987,4	246,9

Angaben der Einschlagursache und in 1000m³ (ohne Rinde)

Quelle: Destatis 2020, eigene Darstellung, INFRAS

Das Volumen des Holzeinschlags kann jedoch nur mittelbar als Schaden dargestellt werden, da das Holz zum einen weiter genutzt wird und sich zum anderen weitere Schäden für Forstwirtschaft und Natur ergeben. Eine aktuelle Studie von Prognos (Trenbczek et al, 2021) hat die monetären Schäden in der Forstwirtschaft durch Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019 erfasst. Die Studie nutzt als Datengrundlage die oben benannten Schadholzeinschläge und beziffert Verluste in Höhe von 8,5 Mrd. € durch Mehrkosten (z. B. Wiederaufforstung) und Mindererlöse (u. a. Hiebsunreife und Überangebot) bei Forstbetrieben. Des Weiteren werden für die Freisetzung von CO₂ durch abgestorbene bzw. gefällte Bäume Klimaschadenskosten von 2,8 Mrd. € errechnet (bei einem Kostensatz von 201 €/t CO₂).

Bei der Nutzung des Holzeinschlags als alleiniger Datenquelle zur Schadensbemessung muss beachtet werden, dass in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Wäldern ein Anteil an Totholz im Wald verbleibt und somit nicht in die Statistik eingeht. Ein Zuwachs an Totholz im Wald wird im Kontext klimaresilienter Bewirtschaftung u. a. vom Bundesministerium für

Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) empfohlen, wodurch dieser in der Statistik nicht enthaltene Anteil an "Schadholz" in Zukunft voraussichtlich ansteigen wird. Besonders in naturnahen Wäldern ist der Totholz-Anteil höher. Obwohl diese Wälder flächenmäßig weniger verbreitet sind, betrifft dies gerade die besonders schützenswerten Wälder, welche im Schadenskataster eine Priorität in der nicht-monetären Betrachtung einnehmen könnten.

Vor diesem Hintergrund ist es für das Schadenskataster wichtig, weitere Datenquellen einzubeziehen. Um Aussagen zu betroffenen Flächen (m²) und Standorten (bspw. FFH-Schutzgebiete) treffen zu können, müssten Fernerkundungsdaten herangezogen werden. Eine eigene Auswertung für das Schadenskataster wäre mit einem entsprechenden personellen Aufwand verbunden. Jedoch soll ab 2023 eine Waldschadenserfassung auf Bundesebene erfolgen, die u. a. auf Fernerkundungsdaten setzt. Diese Erfassung wird derzeit vom Thünen-Institut für Waldökosysteme entwickelt und kann in Zukunft in das Schadenskataster aufgenommen werden (Thünen Institut 2024a).

8.4.3 Waldbrand (und Sturmereignisse)

Für Schäden durch Waldbrände (und Sturmereignisse) werden Daten von den zuständigen Forstbehörden zeitnah nach einem Ereignis festgehalten. Das Meldeverfahren von Waldbränden an den Bund erfolgt jährlich und die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), wo die Daten vom Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) in einer Waldbrandstatistik aggregiert werden. Jedoch können Daten zu Brand- und Sturmschäden auch kurzfristig innerhalb weniger Wochen bei den Landesforstbehörden (für Landeswald), sowie bei kommunalen Forstämtern (für Gemeindewald) abgefragt werden. Dabei ist zu beachten, dass kommunale Wälder eigenständig verwaltet werden und die Daten nicht beim Landesforst aggregiert werden. Zudem gibt es in Bundesländern wie Brandenburg große Anteile Privatforst (ca. 59%), für die keine Daten zur Verfügung stehen.

8.4.4 Fernerkundungsdaten für Vegetation und Moore

Zur Erfassung von Umweltschäden sind weiterhin Sentinel-2 Vegetationsdaten für das Schadenskataster relevant. Diese stehen in einem 5-tägigen Intervall in einer 10 m Auflösung als Rohdaten frei zur Verfügung (u.a. beim Sentinel Hub) und können beispielsweise mit der Sentinel-2 Toolbox, dem Google Earth Engine oder CODE-DE (als Angebot für deutsche Behörden) weiterverarbeitet werden. Durch die kostenfreie und zeitnahe Bereitstellung sind die Sentinel-2 Aufnahmen mit ihren spektralen Aufnahmekanälen ideal zum Vegetationsmonitoring geeignet, jedoch benötigt die Schadensermittlung zunächst eine Erfassung und Verarbeitung von Rohdaten sowie eine Interpretation der Ergebnisse.

Relevante Vegetationsdaten umfassen „Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation“ (FAPAR), eine Messung der Photosynthese-Aktivität insbesondere von Bäumen, sowie den Blattflächenindex (*engl. leaf area index*), um das Vegetationsvolumen pro Fläche zu messen. Als dritte Messgröße kann der „Normalized Difference Vegetation Index“ (NDVI) herangezogen werden, um die Vegetationsbedeckung und Vitalität zu messen. Während der NDVI nicht zwischen kranker Vegetation und geringerer Vegetationsbedeckung unterscheidet, kann ein zeitlicher Abgleich mögliche Schäden durch Trockenheit und Hitze erfassen. Für Moore und Feuchtgebiete eignet sich der NDVI zusammen mit dem „Normalized Difference Water Index“ (NDWI), welcher Veränderungen der Wassermengen in Gewässern misst.

Die Nutzung von Fernerkundungsdaten für die Ermittlung von Schäden bei Ökosystemen würde zunächst ein Erfassungs- und Auswertungssystem benötigen. Eine Auswertung der Daten würde

beispielsweise den Vergleich zu einer Baseline betreffen. Hier ist es empfehlenswert, in Zukunft Baselines von Vegetationsdaten für FFH-Gebiete aufzubereiten. Insgesamt können Fernerkundungsdaten wertvolle Erkenntnisse zu Veränderungen der Vegetation nach Hitze- und Dürreperioden in kurzer Zeit liefern. Ein Abgleich mit Daten vor Ort und eine Einschätzung von Expertinnen sollte dabei jedoch nicht fehlen, insbesondere wenn es um die Abschätzung direkter Schäden durch Klimafolgen geht.

Die Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Monetarisierung von Schäden an bspw. Wäldern und Mooren in Bezug auf CO₂ Speicherkapazitäten ist grundlegend denkbar, jedoch sind bei Mooren die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu eventuellen Störungen noch unklar (siehe Fußnote 82). Hierfür müsste eine eigenständige Studie Schwellenwerte und Schäden ermitteln.

8.4.5 Wasserqualität

Daten zur Hydrologie und Qualität von Gewässern werden auf Landesebene in unterschiedlichen Messzyklen erfasst. Für Fließgewässer existiert eine sehr gute Datenbasis aktueller Pegelstände, jedoch sind direkte Schäden hoher oder niedriger Pegel auf ein Ökosystem nur bedingt darstellbar. Eine bessere Aussage zu ökologischen Schäden bieten Daten zur Wasserqualität. Diese werden zum Teil in monatlichen oder kürzeren Abständen erfasst (z. B. Schwebstoffe, Phytoplankton und trinkwasserrelevante Schadstoffe). Eine Kausalität von Wasserqualität und Extremwetterereignissen bzw. Klimawandelfolgen ist nur eingeschränkt gegeben, da die Qualität auch durch Einträge aus Landwirtschaft und Kläranlagen beeinflusst wird.

Auf Landesebene werden aggregiert und teilweise tagesaktuell Grundwasserpegelstände erfasst. Diese sind in einigen Bundesländern online abrufbar (z. B. Sachsen und Bayern). Auf Basis monatstypischer Mittelwerte werden von den Landesämtern Niedrigstände erfasst und sind online oder per Anfrage abrufbar. Eine Schwellendefinition für die Abweichung wäre mit den Landesämtern notwendig, um kritische Pegel für ausgewählte Gewässer zu erfassen, die eine Gefahr für Trinkwasserbereitstellung sowie für Ökosysteme darstellen.

Sowohl für Fließgewässer wie auch für Grundwasser stehen für das Schadenskataster keine Daten zur Verfügung, die direkte Schäden am Ökosystem als Habitat messen. Da solche Daten u. a. durch das FFH-Monitoring aller 6 Jahre erhoben werden, stehen diese Daten nur langfristig zur Verfügung, wobei eine Abgrenzung von Schäden durch klimatische Veränderungen bzw. Extreme oder durch anthropogene Einflüsse nicht erkennbar ist. Dennoch können kritische Pegelstände sowie die Wasserqualität eine Aussage zur Belastung der Ökosysteme liefern.

Für Stillgewässer können Daten von Badeseen zur Blaualgenbelastung oder weiteren Verunreinigungen als Indikator für mögliche Schäden herangezogen werden. Diese Daten werden von den Bundesländern online bereitgestellt, auf Basis regelmäßiger Proben während der Badesaison.⁸³ Schwankungen der Schließungen durch Cyanobakterien in Bademonaten mit Hitzeextremen können als Schaden im Schadenskataster aufgenommen werden, welche sich auf die Ökosystemleistung von Seen als Erholungs- und Tourismusort beziehen (jedoch nicht auf das Ökosystem als solches). Für diesen Schaden der ÖSL wäre auch eine Monetarisierung in Bezug auf die entgangene Erholungsleistung denkbar.

⁸³ 2021 umfasste dies beispielsweise 2.291 Badegewässer, davon 363 an der Küste von Nord- und Ostsee, 1.895 an Binnenseen und 33 an Flüssen. Während der Saison erfolgten 144 Schließungen aufgrund schlechter Wasserqualität, 65 Mal durch Cyanobakterien und 52 Mal aus anderen Gründen, größtenteils durch den Eintrag von Schmutzwasser in die Badegewässer durch Starkregen (UBA 2022).

8.4.6 Ökosystemleistungen

Schäden können durch die Beeinträchtigung einer Vielzahl von Ökosystemleistungen (ÖSL) auftreten (für das menschliche sowie natürliche Systeme). Abbildung 14 stellt eine Übersicht verschiedener ÖSL dar, die jedoch keine vollständige Auflistung umfasst.

Abbildung 14: Darstellung von Ökosystemleistungen



Quelle: metrovancouver, veröffentlicht unter Karimi (2017)

Von den hier genannten ÖSL ist die landwirtschaftliche Produktion im Schadenskataster bereits unter monetären Schäden abgedeckt. Weiterhin könnten die Bereitstellung von Trinkwasser, Erträge der Fischerei, Forstwirtschaft und Tourismus, sowie die Luftqualität, Bodenqualität und Kohlenstoffbindung erfasst werden. In Bezug auf die genannten Erträge (Fischerei, Forstwirtschaft und Tourismus), sowie für Trinkwasser könnte eine Monetarisierung in Frage kommen. Auch für Kohlenstoffbindung ist dies grob möglich, wie es in der Studie von Prognos für Waldschäden erfasst wurde (siehe 121).

Für die Ökosystemleistungen Biodiversität und Habitat liegen wie oben beschrieben nur langfristige Monitoringdaten der FFH-Gebiete vor. Es wäre möglich, diese Daten mit ins Schadenkataster aufzunehmen, jedoch stellen die Berichte insbesondere die Entwicklung von Arten und Lebensräumen dar und gehen nicht auf klimatisch oder anderweitig anthropogen verursachte Verluste bzw. Schäden ein. Es müsste daher eine zusätzliche Bewertung durch ExpertInnen erfolgen, die jedoch durch den langen Zeitraum und Vielzahl von Einflussfaktoren mit großen Unsicherheiten verbunden wäre.

Daten zu Böden werden flächendeckend auch langfristig von den Landesbehörden erhoben. Durch diesen Faktor und eine zudem fehlende Darstellung der Ursachen für Veränderungen in der Bodenqualität sind diese Daten für das Schadenkataster ähnlich wie die FFH-Daten begrenzt nutzbar. Hier können Fernerkundungsdaten hinzugezogen werden, jedoch erfassen diese lediglich die Bodenfeuchte und richten sich stark auf die Landwirtschaft aus. Bodenfeuchte kann als Indikator und Schwellenwert für Trockenheit hinzugezogen werden, um Schäden an Ökosystemen und auf betroffenen Flächen zu messen. Während Daten zur Luftqualität aktuell und flächendeckend erhoben werden, ist die Aussagekraft in Bezug auf Klimawirkungen zu

bedenken. Optional könnten daher Daten zu Feinstaub und Ozon zusätzlich im Schadenskataster aufgenommen werden.

8.5 Zwischenfazit

Einige der hier abgebildeten Schadenskategorien können ohne großen Aufwand in das Schadenskataster aufgenommen werden.

Unter anderem können Angaben zu hitzebedingten Todesfällen auf Basis statistischer Analysen des RKI direkt in das Kataster integriert werden. Hier bietet es sich an, ein jährliches Monitoring anzusetzen, das die Zahl der geschätzten hitzebedingten Todesfälle in Deutschland für jede Kalenderjahr festhält. Auch Todesfälle, die durch andere Extremwetterereignisse verursacht wurden, können im Kataster abgebildet werden.

Derzeit noch nicht gut in das Kataster integrierbar sind Schäden an kulturellem Erbe. Eine Erfassung dieser Schäden, die über die direkten Sachschäden an Gebäuden hinausgeht, ist derzeit noch nicht umsetzbar, da eine entsprechende Datengrundlage und Methodik zur Erfassung fehlen.

Basierend auf der obigen Darstellung, können folgende Datenquellen zur Abbildung von Ökosystemschäden für eine direkte Nutzung im Schadenskataster eingebunden werden:

- ▶ Holzeinschlagstatistik zur Erfassung von Schadholz durch Trockenheit und Sturm (ggf. Insekten), jährliche Verfügbarkeit oder direkte Abfrage auf Landes- und kommunaler Ebene;
- ▶ Walschadenserfassung des Thünen-Instituts, basierend auf Fernerkundungsdaten (Verfügbarkeit nicht bekannt, da in der Entwicklung);
- ▶ Waldbrandstatistik, jährliche Verfügbarkeit oder direkte Abfrage auf Landes- und kommunaler Ebene.

Folgende Schadensdaten können zusätzlich auf Landesebene kurzfristig abgerufen werden:

- ▶ Pegelstände und Wasserqualität von Fließgewässern, täglich und monatlich verfügbar;
- ▶ Belastung von Badegewässern durch Cyanobakterien, täglich bis wöchentlich in der Badesaison tlw. online verfügbar.

Über Fernerkundungsdaten können weiterhin Veränderungen des Wasserhaushalts und der Vitalität kritischer Ökosysteme erfasst werden. Beispielsweise beinhaltet der Copernicus Land Cover Viewer Daten zu „wetland degradation“, mit denen Feuchtgebiete und spezifisch Moore gemonitort werden können. Fernerkundungsdaten sind jedoch nicht direkt für das Schadenskataster nutzbar. Hier müssten zunächst Baseline-Daten von Referenz-Gebieten vorliegen, gefolgt von einer Auswertung der Daten durch ExpertInnen.

Perspektivisch können auch Langzeit-Daten ins Schadenskataster eingebunden werden, wobei jedoch eine zusätzliche Bewertung durch ExpertInnen über den Einfluss klimatischer Extreme und Veränderungen notwendig ist. Diese umfassen:

- ▶ Arten und Lebensräume des FFH-Monitorings aller 6 Jahre, letzter Erfassungszeitraum 2013-2018 (Bundesländer, sowie national durch das Bundesamt für Naturschutz)
- ▶ Bodenzustandserhebungen im Wald aller 15 Jahre, tlw. Bodendauerbeobachtungen der Länder davon abweichend, aktuelle Erhebung bis Ende 2024 geplant (Bundesländer, sowie national über das Thünen-Institut).

Abschließend ist zu betonen, dass bei der Kommunikation der im Kataster abgebildeten Schäden Wert darauf zu legen ist, die Bedeutung der nicht-monetären Schäden hervorzuheben. Da diese nur schwerlich in Geldwerten ausgedrückt und in die Gesamtsumme der (wirtschaftlichen) Schäden aufgenommen werden können bzw. dies nicht unbedingt anzuraten ist (siehe Diskussion in Kapitel 11.6), besteht die Gefahr, dass diese in der öffentlichen Wahrnehmung weniger Raum einnehmen.

Wie bereits an früheren Stellen in diesem Bericht angeklungen, ist für manche der nicht-monetären Schäden ein laufendes, für jedes Kalenderjahr erstellte, Monitoring sinnvoller als eine ereignisbezogene Betrachtung. Dies betrifft insbesondere Entwicklungen in Ökosystemen wie Wäldern, Mooren oder Gewässern. Darüber hinaus besteht für einzelne Schadenskategorien die Option, diese sowohl ereignisbezogen als auch in einem laufenden Monitoring abzubilden. Dies umfasst in erster Linie Schäden, die durch Hitze hervorgerufen werden. Diese Schäden können sowohl mit Blick auf eine bestimmte, zeitlich abgrenzbare Hitzewelle abgebildet werden, als auch in einem kontinuierlichen Monitoring. Im ersten Fall können diese Schäden in einen Kataster-Eintrag für das Ereignis mit aufgenommen werden. Die Daten des laufenden Monitorings können hingegen für jedes Kalenderjahr aufbereitet und separat von einer ereignisbezogenen Auswertung erfasst und dargestellt werden.

Tabelle 12: Übersicht der analysierten Schadenskategorien und Datenquellen: Schäden durch Extremwetter

Schadenskategorie	Unterkategorie	Indikator, Messgröße	Datenquelle	Zeitnah im Schadenskataster abzubilden
Nicht-monetarisierbar				
Menschliche Todesfälle	Hitzebedingte Todesfälle	Hitzebedingte Mortalität	Robert-Koch Institut	Ja
	Durch andere Extremereignisse verursachte Todesfälle		CATDAT	Ja
Menschliche Gesundheit	Gesundheitliche Einschränkungen durch Hitze	Krankenhausaufenthalte	Krankenhausstatistik, GENESIS Datenbank	Ja
Schäden an Ökosystemen	Schäden an Wäldern (Sturm, Waldbrände oder Dürre)	Kronenschäden (Waldzustand), Holzeinschlag, Waldbrandstatistik (Waldschadenserfassung)	Forstbehörden, Destatis, BMEL, BZL, Thünen Institut	Ja
	Schäden an Mooren	Copernicus-Daten zu Wetland Degradation	Fernerkundungsdaten	Nein
	Veränderung von Gewässern	Kritische Gewässerqualität (Schwebstoffe, Phytoplankton, Schadstoffe, Cyanobakterien)	Bundesländer, FFH-Monitoring	Ja
Schäden an kulturellem Gut	Schäden an materiellem Kulturgut			nein

Schadenskategorie	Unterkategorie	Indikator, Messgröße	Datenquelle	Zeitnah im Schadenskataster abbilden
	Schäden an Wäldern als Kulturgut			Nein
Monetär abbildbare Teilkomponenten				
Schäden an kulturellem Gut	Schäden an denkmalgeschützten Bauwerken		Kommunen	ja
Schäden an Ökosystemen	Schaden für Forstwirtschaft	Wirtschaftliche Einbußen durch Schadholz	Destatis Holzeinschlagstatistik	Nein (Berechnung notwendig)
Menschliche Gesundheit	Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze	Behandlungskosten	Krankenkassen (WIdO)	Nein
Menschliche Gesundheit	Verminderte Produktivität durch Hitze	Wirtschaftliche Einbußen von Unternehmen	Lancet Countdown	Ja

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 13: Übersicht der analysierten Schadenskategorien und Datenquellen: Schäden durch schleichenden Klimawandel

Schadenskategorie	Unterkategorie	Indikator/Messgröße	Datenquelle	Zeitnah im Schadenskataster abbildbar
Schäden an Ökosystemen	Waldzustand	Flächen- und artenmäßige Zusammensetzung der Bäume	Waldinventur (alle 10 Jahre)	nein
	Verlust von Arten	Vorkommen bzw. Veränderung einzelner (gefährdeter) Arten	Natura-2000/FFH-Monitoring (alle 6 Jahre)	nein

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

9 Drei Fallbeispiele

9.1 Einleitung

Im Folgenden werden drei konkrete Fallbeispiele bearbeitet, welche je einen der drei ausgewählten Ereignistypen gemäß Tabelle 2 abdecken. Betrachtet werden nur direkte monetäre Schäden.⁸⁴ Dies dient der exemplarischen Anwendung des Schadenskatasters. Dabei sollen mehrere Fragestellungen beantwortet werden. Zum einen gilt es in Erfahrung zu bringen, welche Schadensdaten zum jetzigen Stand zur Verfügung stehen und inwiefern diese als Eintrag in das Schadenskataster im konkreten Fall in Frage kommen. Wir wollen somit die allgemeine Datenverfügbarkeit und Qualität der Daten sowohl bezüglich monetärer Schäden als auch geschädigter physischer Einheiten untersuchen. Zum anderen sollen anhand der Fallbeispiele bestehende Hindernisse bzgl. der Übertragbarkeit und Kompatibilität zum Vorschein kommen. Diese sollten in Zukunft für eine effiziente und einfache Anwendung des Schadenskatasters beseitigt werden. Beispielsweise können Unterschiede zwischen Rohdaten und Kataster bezüglich der Definition von Elementen und Subelementen, der Aggregationstiefe sowie der Aktualisierungsfrequenz auftreten. Auf diese Weise lassen sich wertvolle Erkenntnisse gewinnen, die in der weiteren Entwicklung von Berichtspflichten im Zuge eines Klimaanpassungsgesetzes genutzt werden können. Diese sind in unsere Empfehlungen zur weiteren Umsetzung eines Katasters eingeflossen (siehe Kapitel 10).

Um möglichst geeignete und aussagekräftige Fallbeispiele auszuwählen, haben wir zeitnahe und große Ereignisse gewählt. Es ist bei diesen anzunehmen, dass die Schadensanalyse und -dokumentation detaillierter, differenzierter und umfassender ist als bei älteren bzw. kleinen Ereignisse.

In den folgenden Kapiteln analysieren wir die drei Fallbeispiele bzgl. der obigen Fragestellungen. Zu diesem Zweck gehen wir auf die einzelnen Quellen im Detail ein und bewerten diese hinsichtlich der Qualität, Kompatibilität und Aktualität. Übersichtstabellen stellen die verfügbaren Daten in einer kritischen Gegenüberstellung dar.

9.2 Fallbeispiel 1: Flussüberschwemmungen im Juni 2013

9.2.1 Ausmaße des Ereignisses

Die Flussüberschwemmungen von Ende Mai bis Anfang Juni 2013 ist das Ergebnis extremer, mehrere Tage andauernder Niederschläge im Einzugsgebiet der Flüsse Donau und Elbe. Der Mai 2013 war in Deutschland der bis dahin niederschlagsreichste seit Beginn der Wetteraufzeichnung mit gebietsweise 300% des monatlichen Niederschlagssolls (BMI 2013). Extreme Niederschläge von bis zu 400 Litern pro Quadratmeter innerhalb von 94 Stunden konnten vom durchnässten Erdreich nicht mehr aufgenommen werden (DWD 2013). Dies führte zur größten räumlichen Ausdehnung eines Flusshochwassers in Deutschland seit 1950. An Elbe und Donau wurden neue Wasserpegelhöchstwerte registriert (z. B. knapp 8 Meter über Normal in der Dreiflüssestadt Passau). Mit Ausnahme der stark betroffenen Stadt Passau weisen die Landkreise an der Donau eine hohe Resilienz gegenüber Flusshochwasser auf. Aus diesem Grund fielen die Schäden verhältnismäßig gering aus. Die Landkreise an der Elbe verzeichneten aufgrund einer vergleichsweise niedrigen Resilienz höhere Schäden (Khazai et al, 2013).

⁸⁴ Manche der im Kapitel 8 ausgewiesenen Quellen zu Klimaschäden geben sowohl direkte als auch indirekte Schäden an. Im Rahmen dieses Berichts berücksichtigen wir die indirekten Schäden. In den Fallstudieinträge des Schadenskatasters werden die indirekten Schäden jedoch bewusst ausgelassen, da diese derzeit noch kein Bestandteil des Katasters sind (aufgrund der eine hohe Unsicherheit bzgl. der Berechnungsmethodik).

Insgesamt 56 Gebietskörperschaften riefen den Katastrophenalarm aus, darunter nahezu alle Landkreise Sachsens und Sachsen-Anhalts (BMI 2013). Das Hochwasser forderte in Deutschland mehrere Tote und Verletzte. Zudem führte es zu Schäden an Tausenden Wohn- und Industriegebäuden in Milliardenhöhe. Auch an öffentlichen Infrastrukturen und insbesondere an der Verkehrsinfrastruktur entstanden hohe Schäden.

9.2.2 Quellen

Zum Hochwasserereignis im Sommer 2013 gibt es eine Vielzahl an Einträgen in verschiedenen Schadensdatenbanken. Hochwasserereignisse gehören zu den häufigsten bzw. relevantesten Einträgen in bestehenden Schadensdatenbanken. Im Folgenden werden bestehende Datenquellen und die zugrundeliegenden Erhebungsmethoden vorgestellt, eingeordnet und Empfehlungen für eine Nutzung der Daten für ein Schadenskataster gegeben.

9.2.2.1 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

Beschreibung der Daten

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) ermittelte im Rahmen des Naturgefahrenreports 2014 versicherte Schäden in Höhe von 1.8 Mrd. Euro bei rund 130'000 Einzelschadensfälle (GDV 2014a). Es handelt sich hierbei um Schäden, welche über eine Sachversicherung abgedeckt wurden.⁸⁵ Bei den Wohngebäuden lag der durchschnittliche Schaden je Wohngebäude bei 12'300 Euro (GDV 2014a, 2014b). Die weiteren Kategorien Hausrat, Industrie/Gewerbe sowie landwirtschaftliche Betriebe sind nicht weiter differenziert. Es liegen jedoch auch zusätzlich Daten zu den vom Hochwasser betroffenen Landkreise vor, und zwar zu Schadenssatz, Schadenshäufigkeit und Schadensdurchschnitt (siehe Kapitel 6.2 für Erklärungen). Das erlaubt eine detaillierte Analyse der verschiedenen Gebiete. Auswertungen zu absoluten Schäden je Landkreis sind aber leider nicht verfügbar.

Gemäß dem GDV-Naturgefahrenreport 2022 wird die Gesamtsumme der versicherten Sachschäden mit nunmehr 120'000 Einzelschadensfällen ausgewiesen (GDV 2022c). Die Schäden wurden – hochgerechnet auf den Bestand und die Preise 2021 hochgerechnet – auf rund 2.4 Mrd. Euro beziffert.

Der Naturgefahrenreport wird jedes Jahr im Herbst veröffentlicht. Der Vergleich der Daten zu einzelnen Ereignissen wie dem Juni-Hochwasser 2013 aus unterschiedlichen Reports zeigt, dass sich die Werte über die Zeit ändern können. Jüngere Schätzungen basieren oft initial auf Befragungen und unsicheren Vorabschätzungen (fast track). Diese werden über die Jahre aktualisiert und geschärft, womit nach einigen Jahren ein klareres Bild über das Ausmaß der Schäden (physisch wie monetär) vorliegt (slow track). Außerdem werden die monetären Werte inflationsbereinigt und sind auf den Bestand des jeweils neusten Jahres hochgerechnet, sodass eine Vergleichbarkeit der Zahlen ermöglicht wird.

Empfehlung zum Umgang

Die veröffentlichten versicherten Schäden des GDV werden aggregiert angegeben. Die Werte eignen sich somit vorrangig dafür, das Gesamtausmaß des Hochwasserereignisses im Sommer 2013 darzustellen. Weniger geeignet sind die vom GDV öffentlich verfügbaren Daten, um Schäden auf Subelementebene (mit Ausnahme der Schäden an privaten Wohngebäuden) zu beurteilen. Aussagen zu den versicherten Sachschäden im Wirtschaftssektor sind nicht ohne große Unsicherheit möglich. Bezüglich der Qualität ist von einer sehr hohen Qualität der GDV-Daten auszugehen, da die Schäden im Rahmen des Erfassungsprozesses von GutachterInnen

⁸⁵ Sachversicherungen decken Schäden an Gebäuden, Hausrat, Gebäudeinhalten sowie Fahrzeugen von Privatpersonen, Gewerbe/Industrie und der Landwirtschaft ab. Schäden an Kraftfahrzeugen werden separat abgebildet (GDV 2014a).

überprüft und aufgenommen werden. Der GDV ist eine relevante Quelle für versicherte Sachschäden in Deutschland. In ihrer heutigen veröffentlichten Aggregation bzw. Detailtiefe sind jedoch kaum Differenzierungen der versicherten Schäden in einzelne Elemente möglich. Es ist somit im Fall des Juni-Hochwassers 2013 mit Ausnahme der versicherten Schäden an privaten Gebäuden nicht ersichtlich, welche Schäden in den einzelnen Elementen zu verbuchen sind. Um möglichst detaillierte Aussagen aus einem Schadenskataster ziehen zu können, wäre eine Differenzierung in Elemente sowie Subelemente allerdings von Vorteil. Es gibt jedoch zusätzliche GDV-interne Daten, welche Schadenssatz, Schadenshäufigkeit und Schadensdurchschnitt jedes Landkreises auflisten. Es stehen folglich weitaus detailliertere GDV-Schadensdaten zur Verfügung als es die veröffentlichten Naturgefahrenreports sowie weitere Publikationen erahnen lassen.

Ein weiterer Faktor, welcher den Nutzen der GDV-Daten für ein Schadenskataster beeinflusst, ist der Anteil der gegen Naturgefahren versicherten Gebäude. Die GDV-Daten umfassen Schäden, welche über eine Elementarversicherung gedeckt sind. Somit decken die Daten des GDV nur einen Anteil der Schäden total ab. Eine Approximation der Schäden mithilfe der bekannten versicherten Schäden und eines Indikators – wie z. B. der prozentualen Abdeckung durch Elementarversicherungen – wäre möglich, aber mit gewissen Unsicherheiten verbunden: So unterscheidet sich die Versicherungsabdeckung nicht nur unter den Bundesländern, sondern auch unter den Gemeinden in Abhängigkeit von der Risikoeinschätzung zukünftiger Schadensereignisse.

Als eine erwähnenswerte Eigenschaft der GDV Daten sehen wir, dass die Schäden nach Extremwetterkategorien getrennt ausgewiesen werden. So stehen Schadensdaten zu den Ereignissen Sturm, Hagel und Hochwasser in klarer Abgrenzung zueinander zur Verfügung. Diese Differenzierung ist für den Betrieb eines Schadenskatasters hilfreich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Daten des GDV eine wertvolle Datenbasis für versicherte Schäden bilden können, die in der öffentlich verfügbaren Aggregation allerdings stark aggregiert sind. Zu prüfen wäre, inwiefern und unter welchen Bedingungen die Rohdaten der Versicherungsgesellschaften automatisiert und stets aktualisiert zur Verfügung gestellt werden können, um den Nutzen des Schadenskatasters zu maximieren.

9.2.2.2 Hochwasserschadendatenbank (HOWAS21) –Deutschland

Beschreibung der Daten

Die Hochwasserschadendatenbank HOWAS21 bildet objekt-spezifische Hochwasserschäden ab, welche im Falle des Juni-Hochwassers 2013 mithilfe von stichprobenartigen, computergestützten Befragungen per Telefon in den betroffenen Gebieten erhoben wurden. So gibt es Informationen über die standortspezifische Hochwasserwirkung, die Art und Anzahl der betroffenen Gebäude sowie direkte ökonomische Schäden auf Objektebene. Zum Hochwasserereignis im Sommer 2013 gibt die Datenbank insgesamt 2081 Schadensfälle an, welche anhand einer stichprobenartigen Befragung ermittelt wurden. Es handelt sich hierbei nicht nur um schwere Schadensfälle, sondern um all jene Fälle, die von den zufällig ausgewählten Befragten gemeldet wurden.

Ein Blick in die verfügbaren Daten offenbart, dass nahezu 20% der verzeichneten Schadensfälle weder eine Meldung über Schäden an Privatgebäuden oder Hausrat noch eine Meldung über Schäden an gewerblichen Gebäuden, Betriebsausrüstung oder Warenbeständen verzeichnen. Rund 300 Einträge enthalten daher weder für die Gebäudehülle als auch für den Hausrat Schadensangaben. Somit enthält die Datenbank für das betrachtete Extremwetterereignis nur in Teilen nutzbare Einträge.

Die Datenbank stellt für jedes registrierte Extremwetterereignis neben den Daten auch eine eigene Qualitätseinschätzung der Datensätze bereit. Diese hilft, die Qualität der Daten je nach Ereignis und Erhebungsmethode einschätzen zu können. Im Fall des Junihochwassers 2013 schätzen die HOWAS21-Verantwortlichen die Glaubwürdigkeit und Objektivität der Aussagen der interviewten Betroffenen als sehr gering bis gering ein. Eine nähere Erklärung dieser Einschätzung ist nicht dokumentiert. Die niedrige Qualitätseinstufung ist aber voraussichtlich darauf zurückzuführen, dass es sich im Fall des Juni-Hochwassers 2013 um eine reine Stichprobenerhebung handelt. Dies stimmt mit der Einschätzung von ExpertInnen überein, dass die HOWAS21-Datenbank als Primärquelle für ein Schadenskataster ungeeignet ist.

Empfehlung zum Umgang

Die 2081 vermerkten Schadensfälle decken nur einen Bruchteil der gesamten Schadensfälle ab.⁸⁶ Die Daten der HOWAS21-Datenbank schätzen wir grundsätzlich als kaum nützlich für ein Schadenskataster ein, da es sich nur um eine stichprobenbasierte Datenerhebung handelt. Es besteht überdies die Gefahr eines Bias, da nach Aussage einer der Verantwortlichen befragte Privathaushalte und Unternehmen aus verschiedenen (persönlichen) Gründen eine Auskunft verweigern oder aber Schäden zu hoch angeben werden. Die Übertragbarkeit der Schadenswerte auf das gesamte betroffene Gebiet wären mit einer großen Unsicherheit verbunden.

Eine weitere Problematik besteht darin, dass die geografische Verteilung der aufgenommenen Schadensfälle im Rahmen der HOWAS21-Befragung nicht dem tatsächlichen Schadensaufkommen entspricht. So werden auf Basis der Telefonbefragung die meisten Schadensfälle in Sachsen (687) und Sachsen-Anhalt (679) gemeldet. Dies entspricht den Zahlen des GDV, wonach in diesen beiden Bundesländern die höchsten Schäden ermittelt wurden (GDV 2014). An dritter Stelle folgt im Rahmen der Befragung der HOWAS21 jedoch der Stadtstaat Hamburg mit 317 Schadensfällen, dicht gefolgt von Bayern (304). Es wird so das Bild vermittelt, dass Hamburg nach Sachsen und Sachsen-Anhalt die drittmeisten Schadensfälle zu beklagen hat. Tatsächlich war Hamburg jedoch mit Schäden von rund 700 Tsd. Euro oder 0.01% der gesamten direkten Schäden in vergleichsweise geringem Maße vom Hochwasser betroffen (Deutscher Bundestag 2013).

Die Hochwasserschadendatenbank HOWAS21 eignet sich im Fall des Junihochwassers 2013 aufgrund ihrer beschränkten Repräsentativität nur bedingt als Primärdatenquelle. Es wurde in einem Interview mit einer Verantwortlichen der Datenbank bestätigt, dass eine Aggregation monetärer Schadenswerte nicht das Ziel der Datenbank ist. Daher wären die HOWAS21-Daten allenfalls für erste grobe Gesamtschadensabschätzungen anhand von ermittelten Indikatoren, also für eine fast track-Schätzung wenige Wochen nach dem Ereignis, brauchbar. Mithilfe einer geeigneten Berechnungsmethode (Schadenssumme pro betroffenem Gebäude, Anzahl betroffener Haushalte und Unternehmen innerhalb einer definierten Fläche etc.) ließen sich grobe Aussagen zu den Schäden treffen. Allerdings wären solche Approximationen mit großen Unsicherheiten behaftet, da bspw. die vorhandenen Vermögenswerte pro Quadratkilometer je nach Region variieren. Zusammenfassend empfehlen wir, aufgrund der niedrigen Zahl an registrierten Schadensfällen sowie der geringen Datenqualität auf die Verwendung der HOWAS21-Datenbank zu verzichten.

⁸⁶ Der GDV zählt allein über 140 Tsd. versicherte Schadensfälle (GDV 2014b). Die Zahl aller Schadensfälle ist folglich nochmals höher.

9.2.2.3 Emergency Events Database (EM-DAT)

Beschreibung der Daten

Die internationale Katastrophendatenbank EM-DAT weist sowohl Einträge über physische Schäden (Tote, Betroffene) als auch über monetäre Schäden für das Juni-Hochwasser 2013 in Deutschland auf. Die Primärquellen der Einträge in der Datenbank sind nicht aufgeführt. Für das Ereignis sind insgesamt vier Todesopfer sowie 6350 Betroffene in der Datenbank vermerkt.

Die versicherten Schäden werden auf 1.8 Mrd. USD beziffert. Die Quellen hierfür scheinen die GDV-Daten zu sein, welche 1.8 Mrd. Euro ausweisen. Die gesamten Schäden werden auf rund 12.9 Mrd. USD beziffert. Ob mit letzterem die gesamten wirtschaftlichen Schäden gemeint sind, ist nicht ersichtlich.

Die verfügbaren Schadenswerte sind stark aggregiert und es besteht keine Möglichkeit, diese in Elemente zu differenzieren. Zudem ist aufgrund fehlender Quellenangaben nicht nachvollziehbar, woher die Werte stammen. Darüber hinaus fehlen Angaben darüber, wann die Daten erhoben wurden, sodass keine Aussage über die Aktualität der Daten gemacht werden kann.

Empfehlung zum Umgang

Die Angabe der EM-DAT Datenbank zu Toten und betroffenen Personen weicht beträchtlich von anderen Angaben ab (siehe Tabelle 15). Zwar sind diese nicht explizit Teil der untersuchten Schadenskategorien, allerdings lassen sie allgemeine Aussagen über die Plausibilität der Daten zu. So sind nach Angaben des Bundesinnenministeriums über 85'000 Menschen allein am 10. Juni vor den Wassermassen evakuiert worden (BMI 2013). Hierbei gilt festzuhalten, dass evakuierte Personen nicht zwangsläufig (direkte) Schäden aufgrund eines Extremwetterereignisses zu verzeichnen haben und somit nicht jede evakuierte Person als (von Schäden) betroffene Person gezählt werden kann. Allerdings erscheint im Kontext dieses Ereignisses die Zahl von 6350 Betroffenen gemäß EM-DAT – insbesondere bei den historischen Flächenausmaßen des Hochwassers – als zu niedrig. Aufgrund fehlender Quellenangaben oder Hinweisen zur angewandten Datenerhebung kann die Diskrepanz der Toten- und Betroffenzahlen nicht näher aufgeklärt werden.

Für die monetären Schäden sollte die Währungsumrechnung überprüft werden. Fehlende Quellenangaben und allfällige Umrechnungsfehler der Währung verringern die Brauchbarkeit der Daten.

Die EM-DAT Datenbank ist daher für das angedachte Schadenskataster keine brauchbare Quelle. Auch für das Auffinden relevanter Primärdaten kann EM-DAT aufgrund fehlender Quellenangaben nicht genutzt werden.

9.2.2.4 Munich RE: NatCat Service

Beschreibung der Daten

Die Rückversicherungsgesellschaft Munich RE betreibt die globale Schadensdatenbank NatCat-Service und publiziert jedes Jahr im März eine globale Schadensbilanz zu Naturkatastrophen des vergangenen Jahres. Darin werden besonders schwere und schadensreiche Extremwetterereignisse betrachtet, so auch das Juni-Hochwasser 2013 (Munich RE 2014).

Für Deutschland werden versicherte Schäden in Höhe von 1.8 Mrd. Euro genannt. Darüber hinaus werden volkswirtschaftlichen Schäden von 10 Mrd. Euro ausgewiesen. Wir gehen davon aus, dass es sich hierbei um direkte und indirekte Schäden handelt. Abschätzungen der volkswirtschaftlichen Schäden beruhen i.d.R. auf dem Hinzuziehen weiterer Informationen aus

Medienberichten und Pressemitteilungen (Prognos 2022a, Prognos 2022b). Es werden ausschließlich stark aggregierte Schadenswerte genannt, sodass eine Differenzierung in einzelne Elemente und Subelemente des Schadenskatasters nicht möglich ist.

Die Schadenswerte werden auf Basis verschiedener Primärquellen wie Angaben aus der Presse, Publikationen des GDV sowie Regierungsinformationen errechnet. Die Angaben versicherter Schäden werden mittels Indikatoren auf Schäden total hochgerechnet. Die konkrete Berechnungsmethodik ist allerdings proprietär und uns daher nicht bekannt.

Empfehlung zum Umgang

Dass sich die Schadensdaten der Munich RE vorwiegend auf GDV-Daten beziehen, spricht für eine hohe Qualität der Daten. Die versicherten Schäden scheinen den gesamten versicherten Sachschäden auf Basis des GDV zu entsprechen. Die volkswirtschaftlichen Schäden lassen sich aufgrund der proprietären Berechnungsmethodik nicht vollständig nachvollziehen, befinden sich allerdings in einer ähnlichen Größenordnung wie jene Schadenssummen anderer Datenquellen (siehe Tabelle 15).

Als Angabe für stark aggregierte Schadenssummen eignen sich die Angaben der Munich RE. Im Vergleich zu den Angaben des GDV umfasst die Schadensbilanz der Munich RE neben den direkten auch die indirekten Schäden eines Extremwetterereignisses. Es wird somit ein volkswirtschaftlicher Gesamtschaden aufgezeigt. Die Daten der Munich RE ermöglichen allerdings keine Differenzierung in kleinere einzelne Elemente, sodass sich diese Datenquelle vorwiegend zur Plausibilisierung vorhandener, stärker differenzierter Schadenswerte eignet.

9.2.2.5 Swiss Re: Sigma Explorer

Beschreibung der Daten

Die Sigma Explorer-Datenbank der Rückversicherungsgesellschaft Swiss Re enthält Angaben über die volkswirtschaftlichen Schäden, die versicherten Schäden sowie die Toten. Die Zahl der Toten wird mit 26 angegeben.

Die volkswirtschaftlichen Schäden werden mit 17.5 Mrd. USD angegeben. Wie beim NatCat Service der Munich Re ist auch hier davon auszugehen, dass es sich hierbei um die Summe der direkten und indirekten Schäden handelt. Die Sigma Explorer-Datenbank weist die Schäden lediglich als „economic losses“ aus. Die versicherten Schäden werden auf insgesamt 4.4 Mrd. USD beziffert. Die angegebenen Werte sind so stark aggregiert, dass es nicht möglich ist, die versicherten Schadenswerte auf einzelne Elemente des Schadenskatasters herunterzubrechen. In der Sigma Datenbank ist zu den Schadenswerten keine Quellenangaben vermerkt, sodass nicht überprüft werden kann, ob die Einträge auf einer vertrauenswürdigen Quelle beruhen und wie die Werte zustande kommen. Es ist ebenfalls nicht ersichtlich, wann die Schadensdaten in die Schadensdatenbank eingetragen wurden, um grobe Aussagen über die Aktualität der Werte treffen zu können.

Empfehlung zum Umgang

Die Angabe von 26 Todesopfern entspricht nahezu dem Doppelten dessen, was von anderen Stellen veröffentlicht wurde. Es ist aufgrund fehlender Quellenangaben nicht möglich, die dafür zugrundeliegende Quelle zu überprüfen. Allerdings könnte es sich hierbei um eine ungenaue Differenzierung zwischen der Opferzahl in allen betroffenen Ländern und der Opferzahl in Deutschland handeln. Zwar gibt die Sigma-Datenbank explizit Deutschland als Bezugsland an, doch gibt die Munich RE die Gesamtopferzahl in Europa für das Juni-Hochwasser mit 25 an (Munich RE 2014). Die in der Sigma Explorer-Datenbank angegebene Zahl könnte somit anstelle der Opfer auf deutschem Boden die gesamte Opferzahl in ganz Europa darstellen.

Sowohl die volkswirtschaftlichen Schäden als auch die versicherten Schäden der Sigma Explorer-Datenbank sind höher als jene, welche von anderen Quellen veröffentlicht wurden (siehe Tabelle 15). Wir vermuten, dass sich der Unterschied zu den versicherten Schäden, dadurch erklären lässt, dass auch europäische Schäden angegeben werden. Als Vergleichswert lassen sich die europäischen Schäden total der EM-DAT hinzuziehen: Für Deutschland, Österreich und Tschechien werden zusammen 14.7 Mrd. USD ausgewiesen. Für Ungarn und die Slowakei sind physische Schäden hinterlegt, jedoch keine monetären Schäden. Aufgrund der meteorologischen Ereignisse und Ausdehnung ist nicht davon auszugehen, dass in Ungarn und der Slowakei weitere rund 2.8 Mrd. USD Schaden entstanden sind. Die Angaben des Sigma Explorers sind aus der Beschreibung der Daten nicht nachvollziehbar.

Die Angaben zu den gesamten versicherten Schäden können als aggregierte Schadensdaten in einem Schadenskataster verwendet werden, sobald geklärt ist, welchen geografischen Umfang die Daten haben. Sie eignen sich allerdings aufgrund der nicht nachvollziehbaren Herleitung und der daraus resultierenden Unsicherheit lediglich für eine Plausibilisierung.

Da nicht ersichtlich ist, zu welchem Zeitpunkt nach einem Ereignis Daten in der Sigma Explorer-Datenbank zur Verfügung gestellt werden, ist eine Aussage bzgl. der Verwendung der Daten für eine fast track- oder slow track-Erhebung nicht möglich.

9.2.2.6 Ad-hoc Schadensschätzungen der Bundesländer

Beschreibung der Daten

Der Deutsche Bundestag hat einen Bericht zur Flutkatastrophe mit Ad-hoc Schadensschätzungen der Bundesländer (Deutscher Bundestag 2013) veröffentlicht. Der Bericht zur Flutkatastrophe enthält Details bzgl. der geleisteten Katastrophenhilfe, Entschädigungszahlungen sowie Mittel für den Wiederaufbau der Infrastruktur. Ad-hoc Schätzungen der Bundesländer dienen hierbei als Datengrundlage für die benötigten Wiederaufbaumittel der Infrastruktur, z. B. mit einem neu verankerten Fluthilfefonds.

Die Veröffentlichung des Berichts erfolgte drei Monate nach dem Hochwasserereignis im September 2013. Die im Wirtschaftsplan enthaltenen Mittel für die Wiederherstellung der Infrastruktur des Bundes belaufen sich zu diesem Zeitpunkt auf 1.32 Mrd. Euro. Sie teilen sich wie folgt auf die einzelnen Bereiche der Infrastruktur des Bundes auf: 725 Mio. Euro für Eisenbahnen des Bundes und Bundeseisenbahnvermögen, 405 Mio. Euro für Bundesfernstraßen, 100 Mio. Euro für Liegenschaften des Bundes sowie 90 Mio. Euro für Bundeswasserstraßen (Deutscher Bundestag 2013). Die Quellen dieser Zahlen sind erste, grobe Schätzungen der Bundesländer. Dies führt dazu, dass diese Summen keine verlässlichen Schadenswerte darstellen.

Empfehlung zum Umgang

Die Ad-hoc Schätzungen der Bundesländer könnten zunächst als Platzhalter für Schäden an der Verkehrsinfrastruktur im Rahmen einer fast track-Erhebung verwendet werden. Dabei sollte sichergestellt werden, dass kein Anreiz besteht, die Ad-hoc Schätzungen möglichst hoch auszuweisen. Es zeigt sich im Vergleich zu den Daten des nachfolgenden Kapitels, dass erste Schätzungen bzgl. Schäden an der Infrastruktur zu hoch angesetzt werden können.

9.2.2.7 Ist-Mittelabflüsse der Bundesländer

Beschreibung der Daten

Der Deutsche Bundestag hat nach mehreren Kleine Anfragen einzelner Abgeordneter und Fraktionen bezüglich des Mittelabflusses aus dem Fluthilfefonds 2013 für Aufbaumaßnahmen (Deutscher Bundestag 2014; Deutscher Bundestag 2016) einen weiteren Bericht veröffentlicht.

Gegenüber den ad-hoc Schätzungen der Bundesländer stellen die Ist-Mittelabflüsse aus dem Fluthilfefonds 2013 für Aufbaumaßnahmen der bis zum Jahr 2014 beantragten Maßnahmen eine aktualisiert Datenquelle dar. Die voraussichtlichen Gesamtfördersummen für Bundesfernstraßen im Juni 2014 betragen 49 Mio. Euro und belaufen sich somit nur auf 12% der ursprünglich zur Verfügung gestellten Mittel. Auch für die Eisenbahnen des Bundes und das Bundeseisenbahnvermögen wird im Juni 2014 nur noch mit 80 Mio. Euro an Wiederaufbauförderung gerechnet. Dies entspricht lediglich 11% der ursprünglichen Schadensschätzung. Gemäß der letzten Antwort des Deutschen Bundestags aus dem August 2016 beläuft sich die genehmigte Mittelverwendung für Bundesfernstraßen sogar nur noch auf 39.3 Mio. Euro und jene für Eisenbahnen des Bundes und das Bundeseisenbahnvermögen nur noch auf 42.6 Mio. Euro. Die genehmigte Mittelverwendung für Liegenschaften des Bundes ist weiterhin um ein Vielfaches geringer als die Ad-hoc Schätzungen der Bundesländer unmittelbar nach dem Hochwasserereignis (Deutscher Bundestag 2016).

Empfehlung zum Umgang

Der Wiederaufbau beschädigter oder zerstörter Verkehrsinfrastruktur kann über mehrere Jahre andauern. Die tatsächlichen Mittelabflüsse sind folglich erst Monate oder Jahre nach dem Schadensereignis bekannt. Dadurch sind die abgerufenen Mittel erst nach einigen Jahren aussagekräftig und mit den Schadenswerten gleichsetzbar. Im Fall dieses Ereignisses weichen die Ist-Mittelabflüsse (Stand August 2016) stark von den ursprünglichen Ad-hoc Schätzungen (Stand September 2013) ab. Nach Aussagen einer Fachperson des Bundesministeriums der Finanzen (BMF) sei die große Diskrepanz darauf zurückzuführen, dass die politischen Entscheidungsträger gewollt waren, möglichst schnell eine erste Schadensbilanz zu veröffentlichen, um einen umfassenden Fluthilfe-Fonds zu schaffen. Da im Fall dieses Ereignisses eine Fläche so groß wie der Bodensee überflutet wurde, erwiese sich die kurzfristige Schadensermittlung nach Aussage der Fachperson herausfordernd: Noch bevor alle Flächen (insbesondere Verkehrswegeflächen) frei von Überflutungen waren, wurden Wiederaufbaukosten geschätzt. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine genauen Schadensermittlungen möglich waren, seien die Schäden von den Ressorts bewusst vorsichtig geschätzt und in diesem Fall höher angesetzt worden als sie sich im Nachhinein herausgestellt hätten: So seien die teils sehr stark überfluteten Bahntrassen am Ende weitaus geringer beschädigt gewesen als ursprünglich vermutet.

Im Fall der Bundesfernstraßen und der Bundeseisenbahnen wurde im Vergleich der Ist-Mittelabflüsse im Juni 2014 und im August 2016 eine wertemäßige Korrektur durchgeführt. Nach Aussage der Fachperson des BMF sei die Differenz der Schäden an der bundeseigenen Bahninfrastruktur wie folgt zu erklären: Zwischen den Berichten sei vonseiten des Eisenbahn-Bundesamts (EBA) eine Nachkorrektur vollzogen worden. Im Zuge einer Verwendungsprüfung sei festgestellt worden, dass gewisse Mittel als Wiederaufbaukosten verbucht worden seien, welche aber tatsächlich zu vorherigen Schäden zuzuordnen waren. Aus diesem Grund seien die Ist-Mittelabflüsse nachträglich in Teilen reduziert worden. Für die Differenz der Ist-Mittelabflüsse der Bundesfernstraßen sei nach Aussage der Fachperson eine vergleichsweise Prüfung vonseiten der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) verantwortlich.

Tabelle 14 ermöglicht eine direkte, nach Subelementen gegliederte Gegenüberstellung der Ad-Hoc Schätzungen im September 2013 und der Ist-Mittelabflüsse im August 2016.

Es gilt abzuwägen, ob die bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Dokuments bekannten Ad-hoc Schätzungen oder die Ist-Mittelabflüsse einen Eintrag in das Schadenskataster erhalten sollten. Im Fall neuerer Schätzungen sollten Ad-hoc Schätzungen sukzessive mit Ist-Mittelabflüssen ersetzt werden. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass zukünftige

Wiederaufbaumaßnahmen noch nicht vollständig erfasst sind. Aus diesem Grund ist eine fortlaufende Aktualisierung der Schadensschätzungen bzw. -werte unerlässlich, um eine möglichst korrekte Datenlage im Schadenskataster hinterlegen zu können.

Tabelle 14: Gegenüberstellung Ad-hoc Schätzungen der Infrastruktur und Ist-Mittelabruf, in Mio. Euro

Subelement	Ad-hoc Schätzungen (Stand Sept. 2013)	Ist-Mittelabflüsse (Stand Aug. 2016)
Eisenbahnen des Bundes und Bundeseisenbahnvermögen	725	42.6
Bundesfernstraßen	405	39.3
Bundeswasserstraßen	90	k.A.
Liegenschaften des Bundes	100	7.9

Quelle: Deutscher Bundestag 2013; Deutscher Bundestag 2016, eigene Darstellung, INFRAS

9.2.2.8 Copernicus

Beschreibung der Daten

Eine Auswertung des Elbehochwassers mithilfe von Fernerkundungsdaten, welche im Jahr 2018 vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) durchgeführt wurde (BBK 2019b), nutzt Satellitendaten. Hierzu wurde der „Copernicus Emergency Management Service“ (CEMS) des Europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus aktiviert. Mithilfe der vom CEMS bereitgestellten Satellitendaten sollte das gesamte Ausmaß des Juni-Hochwassers entlang der Elbe untersucht werden. Schäden entlang der Donau wurden in der Auswertung nicht untersucht. Es standen allerdings lediglich für die drei Interessensgebiete⁸⁷ Lauenburg, Arneburg und Dessau Daten zur Verfügung. Eine Auswertung des Schadensausmaßes entlang der gesamten Elbe war daher nicht möglich. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Siedlungsstruktur entlang des Elbeflusslaufs lassen sich aus den vorhandenen Daten keine verlässlichen Angaben zu den Gesamtausmaßen bzw. -schäden aller betroffenen Regionen ziehen.

Die satellitengestützte Auswertung ergab unter anderem, dass in den drei beobachteten Gebieten insgesamt 6452 Gebäude betroffen waren. Zudem wurde ermittelt, dass in den Gebieten 15.75 km Gleise und 37.71 km Fernstraßen von den Wassermassen betroffen waren. Hierbei gilt es hervorzuheben, dass es sich um Angaben zu einer physischen, nicht aber einer monetären Betroffenheit handelt. Demnach weist die Auswertung keine monetären Schadenswerte aus. Es gibt zudem keine weiteren Informationen darüber, welche Kriterien angewandt wurden, um eine (physische) Betroffenheit zu vermerken. Ebenfalls ist keine Unterscheidung in verschiedene Betroffenheitskategorien anhand der ortsspezifischen Flutintensität vorgenommen worden.

Empfehlung zum Umgang

Die Nutzung satellitengestützter Fernerkundungsdienstleistungen wie Copernicus ermöglichen es, bei Extremereignissen wie Hochwasser einen ersten, schnellen Überblick bzgl. der Betroffenheit und physischen Schäden vor Ort zu bekommen. Im Fall des Rapid Mapping stehen

⁸⁷ Interessensgebiete umfassten in dieser Auswertung einzelne Ausschnitte der Landkreise entlang der Hochwasserflächen

die Auswertungen innerhalb von 48 Stunden zur Verfügung, sodass diese Dienstleistung eine wertvolle fast track-Quelle darstellt.

Jedoch lassen die ausgewerteten Copernicus-Daten nicht immer direkte Aussagen über die tatsächlichen Schäden zu: So führt bspw. eine Überflutung der Verkehrsinfrastruktur nicht zwangsläufig zu einer starken Beschädigung der Straßen und Gleise. Wenn Flächen langsam überflutet werden und das Hochwasser auch langsam wieder abfließt, sodass keine Unterspülungen der vorhandenen Bausubstanz eintreten, ist mit geringeren Schäden wie z. B. Verunreinigungen zu rechnen als bei stark unterspülten Infrastrukturabschnitten. Satellitengestützte Angaben über die Länge der betroffenen Verkehrsinfrastruktur in Kilometern lassen somit noch keine genauen Aussagen über tatsächliche monetäre Schäden zu.

9.2.2.9 Ratingagentur Fitch

Beschreibung der Daten

Bezüglich der direkten und indirekten Schäden sowie der gesamten versicherten Schäden bezogen sich Medien bei der Berichterstattung zum Juni-Hochwasser 2013 oftmals auf Angaben der Ratingagentur Fitch (z. B. DW 2013). In einer Veröffentlichung von Fitch Ratings kurz nach dem Schadensereignis werden direkten und indirekten Schäden über 12 Mrd. Euro sowie versicherte Schäden über 2.5 bis 3 Mrd. Euro geschätzt (Fitch Ratings 2013). Eine konkrete Herleitung, wie ein gesamtwirtschaftlicher Schaden von 12 Mrd. Euro zustande kommt, fehlt. Zudem gab es vonseiten der Ratingagentur im weiteren Zeitverlauf keine Aktualisierung oder Korrektur der veröffentlichten Schätzungen.

Empfehlung zum Umgang

Gemäß persönlicher Aussage des zuständigen Director of Insurance bei Fitch Ratings verfügt die Ratingagentur über keine eigenen Schadensdaten. Als Hauptquelle dienten Schadenswerte des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), welche zu diesem Zeitpunkt noch nicht veröffentlicht wurden. Zudem basiere die aktuelle Schätzung zu Katastrophen i.d.R. auf Erfahrungswerten der Vergangenheit, welche in erster Linie durch einen „Vergleich aus dem Bauchgefühl heraus abgeleitet“ würden. Detailliertere Daten würden im Nachgang auf vertraulicher Basis von Versicherungsgesellschaften zur Verfügung gestellt. Die groben, kurzfristig ermittelten Schadensschätzungen sollten daher als Platzhalter für spätere Schadenswerte eingestuft werden. Sie eignen sich als ein Richtwert, um die grobe Dimension des Ereignisses einschätzen zu können. Sobald Schadensdaten zur Verfügung stehen, welche auf effektiven Schadensgutachten beruhen, sollten damit die groben ersten Schätzungen der Ratingagenturen ersetzt werden.

9.2.3 Gegenüberstellung der verfügbaren Daten

Tabelle 15: Gegenüberstellung der Datenquellen im konkreten Fall Juni-Hochwasser 2013

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
GDV – Naturgefahrenreport 2014 (mit Serviceteil)	aggregierte versicherte Sachschäden	1.8 Mrd. Euro 130'000 Schadensfälle	Primärdaten	Abruf und Aggregation der Schadensbilanzen der Versicherungen	hoch derzeit beste Primärdatenquelle	geringe Unsicherheit	Veröffentlichung der Bilanz des Jahres t im September des Jahres t+1 für schwere Ereignisse beschleunigter Prozess mit geringer Detailtiefe	aktuelle Daten zum jeweiligen Veröffentlichungszeitpunkt aktualisierte Zahlen in darauffolgenden Naturgefahrenreports	prinzipiell gegeben aber: nur durch Elementarversicherung abgedeckte Sachschäden, d. h. nicht alle versicherten Schäden enthalten
	... davon private Wohngebäude (ohne Hausrat)	513.5 Mio. Euro ca. 42'000 Schadensfälle							
HOWAS21 Hochwasserschadendatenbank	Anzahl Schadensfälle	2'081 Schadensfälle	Primärdaten	stichprobenartige (Telefon-)Befragung betroffener Privathaushalte und Unternehmen	momentan eher gering potenziell hoher Nutzen durch Anpassung der Methodik	gewisse Unsicherheit, da nicht repräsentativ	nicht bekannt abhängig von Erhebungsmethodik	keine Aktualisierung/Ergänzung bekannt	nicht gegeben nicht repräsentative Stichprobenerhebung
EM-DAT Katastrophen-datenbank	aggregierte versicherte Schäden	1.8 Mrd. USD	Sekundärdaten	Medienberichten, Pressemit-	mittel bis gering zur Plausibilisierung	hohe Unsicherheit	nicht bekannt	tägliche Aktualisierung	nicht sichergestellt

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
	Schäden total	10 Mrd. USD		teilungen, Berichte von Versicherungsgesellschaften			abhängig von Verfügbarkeit Primärquellen und Personalressourcen Datenbank		
	Anzahl Tote	4							
Munich RE – NatCat Naturkatastrophen-datenbank	aggregierte versicherte Schäden	1.8 Mrd. Euro	Sekundärdaten	nicht im Detail bekannt, da proprietär	mittel zur Plausibilisierung	gewisse Unsicherheit, da volkswirtschaftliche Schäden geschätzt	nicht bekannt abhängig von Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Primärquellen	Aktualisierung vermutlich, aber unbekannt	nicht sichergestellt
	Volkswirtschaftliche Schäden	10 Mrd. Euro							
Swiss Re – Sigma-Explorer Katastrophen-datenbank	aggregierte versicherte Schäden	4.4 Mrd. USD	Sekundärdaten	nicht im Detail bekannt, da proprietär	mittel zur Plausibilisierung	gewisse Unsicherheit aufgrund fehlender Quellenangaben	nicht bekannt abhängig von Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Primärquellen	Aktualisierung vermutlich, aber unbekannt	nicht sichergestellt womöglich europäische Volkswirtschaftliche Schäden
	Volkswirtschaftliche Schäden	17.5 Mrd. USD							
	Anzahl Tote	26							
Ad-hoc Schadensschätzungen der Bundesländer	Schäden an Bundesinfrastruktur	1.32 Mrd. Euro	Primärdaten	Abfrage der Schadensschätzungen der Bundesländer	mittel bis hoch gute Quelle für Schäden an der öffentlichen Infrastruktur	gewisse Unsicherheit, da erste grobe Schadensschätzungen	in diesem konkreten Fall: Veröffentlichung drei Monate danach	Aktualisierung vorgesehen (erfolgt in Berichten zu Ist-Mittelabflüssen)	prinzipiell gegeben aber: tendenziell zu hohe Schadenseinschätzungen
	... davon Eisenbahnvermögen	725 Mio. Euro							

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
	... davon Fernstraßen	405 Mio. Euro							
	... davon Liegenschaften	100 Mio. Euro							
	... davon Wasserstraßen	90 Mio. Euro							
Ist-Mittelabflüsse der Bundesländer	Ist-Mittelabflüsse aus dem Fluthilfefonds 2013 für Bundesinfrastruktur	89.8 Mio. Euro	Primärdaten	Abfrage der bis dato erfolgten Mittelabflüsse	mittel bis hoch gute Quelle für Schäden an der öffentlichen Infrastruktur	mittlere Unsicherheit, da sich Ist-Mittelabflüsse im Laufe des Wiederaufbaus erhöhen	nicht bekannt Datenabfrage abhängig von Anfragen vonseiten der PolitikerInnen oder Fraktionen	aktuellste verfügbare Angaben zu Ist-Mittelabflüssen mit Stand 01. Juli 2016 Aktualisierung des vorherigen Berichts aus 2014	nicht gegeben Momentaufnahme zu Veröffentlichungsdatum spätere Wiederaufbaumaßnahmen nicht berücksichtigt
	... davon Bahninfrastruktur	42.6 Mio. Euro							
	... davon Fernstraßen	39.3 Mio. Euro							
	... davon Liegenschaften	7.9 Mio. Euro							
	Direkte Schäden total	8.2 Mrd. Euro							
Copernicus Fernerkundungsdaten	Betroffene Infrastruktur	53.41 km	Primärdaten	Auswertung der betroffenen Infrastruktur	momentan gering zukünftig potenziell hoch	gewisse Unsicherheit, da Auswertungsmetho-	innerhalb weniger Tage möglich Voraussetzung: Aktivie-	einmalig angewendet generell Automatisierung möglich und	nicht gegeben Auswertung nur über drei Gebiete
	... davon Bahninfrastruktur	15.75 km							

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
	... davon Straßeninfrastruktur	37.71 km		mithilfe aktueller und historischer Satellitendaten		dik unbekannt	abung des CEMS	Verbesserung durch mehrmalige Anwendung	
Ratingagentur Fitch	aggregierte versicherte Schäden	2.5 - 3 Mrd. Euro	Sekundärdaten	auf Basis Erfahrungswerten der Vergangenheit	gering	Für Erfahrungswerte: hohe Unsicherheit GDV Daten: geringe Unsicherheit	in diesem konkreten Fall: Schätzung wenige Tage danach	keine Aktualisierung/ Ergänzung bekannt	nicht sichergestellt
	Schäden total	12 Mrd. Euro		konkrete Berechnungsmethodik nicht bekannt					

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

9.3 Fallbeispiel 2: Dürresommer 2018 und 2019

9.3.1 Ausmaße des Ereignisses

Die Hitzewellen und langanhaltende Trockenheit im Frühling und Sommer des Jahres 2018 führten zu einer starken Austrocknung der Böden bis weit in tiefere Schichten (Vautard et al. 2020; Bastos et al. 2020). Das Jahr 2018 war eines der regenärmsten Jahre in Deutschland seit Beginn der Wetteraufzeichnung im Jahr 1881 (DWD 2018a, 2018b). Das Folgejahr 2019 war ebenfalls geprägt von überdurchschnittlich hohen Temperaturen und niedrigen Niederschlägen im Sommer. Infolge des trockenen Sommers 2018 kam es zu einem Rückkopplungseffekt, da sich Bodentrockenheit über lange Zeit entwickelt und Trockenheit in tiefe Bodenschichten über eine lange Zeitspanne andauert. Dadurch können sich die Auswirkungen eines zu trockenen Jahres weit in das Folgejahr ziehen und im Fall ausbleibender nennenswerter Niederschläge zu einer Verschärfung der Trockenheit führen. Für das Jahr 2019 bedeutete dies: Die ausgetrockneten Böden konnten trotz der überdurchschnittlich regenreichen Monate Januar und Februar nicht ausreichend Regenwasser speichern, um das Defizit aus dem vergangenen Jahr auszugleichen. Die Folge war ein stark ausgeprägter Trockenheitsstress in der Landwirtschaft in ganz Deutschland (DWD 2019). Besonders stark von der Dürre betroffen waren die östlichen und nordöstlichen Bundesländer (BMEL 2018). Aufgrund der starken Interdependenz der Trockenheit in den Jahren 2018 und 2019 (Bastos et al. 2020) wird auf eine isolierte Betrachtung des Jahres 2018 verzichtet. Vielmehr werden im Rahmen dieses Fallbeispiels die Auswirkungen von Trockenheit in den Jahren 2018 und 2019 untersucht.

9.3.2 Quellen

Zu den Trockenheitsereignissen in den Jahren 2018 und 2019 gibt es in den internationalen Schadensdatenbanken wie EM-DAT, NatCat-Service oder Sigma Explorer kaum Einträge. Schadensausmaße von Hitze- und Trockenheitsereignissen sind in Datenbanken allgemein stark unterrepräsentiert, da sie i.d.R. nicht systematisch erfasst werden (Prognos 2022b). Im Folgenden werden die vorhandenen Datenquellen und die zugrundeliegenden Erhebungsmethoden diskutiert und Empfehlungen für eine Nutzung der Daten für ein Schadenskataster geäußert.

9.3.2.1 Indexversicherungen

Beschreibung der Daten

Das Thünen-Institut wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) damit beauftragt, eine Bewertung der betriebswirtschaftlichen Folgen einer staatlichen Förderung von Versicherungsprämien in der Landwirtschaft durchzuführen (AMK 2019). Die Ergebnisse wurden weder vom Thünen-Institut noch vom BMEL direkt veröffentlicht. Jedoch wurde ein Bericht der Amtschef- und Agrarministerkonferenz (AMK) im September 2019 veröffentlicht, welcher sich auf grobe Ergebnisse der Berechnung bezieht (Söder 2023). Die Fragestellung der einmalig vorgenommenen Berechnung war, welche Auswirkung eine flächendeckende Indexversicherungen gegen Trockenheit in der Landwirtschaft im Fall festgelegter Mindererträge hätte. Die untersuchte Indexversicherung, welche auf einer auf dem Markt verfügbaren Indexversicherung einer führenden deutschen Agrarversicherungsgesellschaft basiert, weist folgende Merkmale auf:

- ▶ Die Versicherung zieht zur Feststellung möglicher Schadenszahlungen sowohl die durchschnittliche Bodenfeuchte im jeweiligen Landkreis als auch den jeweiligen durchschnittlichen Landkreisertrag heran.

- Die untersuchte Versicherung leistet an versicherte landwirtschaftliche Betriebe eine Entschädigung, wenn der Landkreisertrag um mehr als 20% unter dem arithmetischen Mittel der fünf vorhergehenden Jahre liegt und die durchschnittliche Bodenfeuchte im Landkreis an wenigstens einem Tag einen kulturartspezifischen Grenzwert unterschritten hat (Söder 2023).

Die Berechnung ergab für das Jahr 2018 kalkulierte Schadensauszahlungen in Höhe von über 500 Mio. Euro, wenn alle landwirtschaftlichen Betriebe ihre Anbauflächen für Getreide (inkl. Körnermais), Raps und Silomais nach diesem hypothetischen Versicherungsmodell gegen Dürre abgesichert hätten. Insgesamt deckt die Modellierung rund 82% der gesamten landwirtschaftlichen Anbaufläche ab (AMK 2019, Söder 2023).

Empfehlung zum Umgang

Die Berechnung der Schadenszahlungen beruht auf dem Indexversicherungsmodell. Indexversicherungen haben im Kontext eines Schadenskatasters den Nachteil, dass die Schadenszahlungen nicht an einen tatsächlich eingetretenen Schaden geknüpft sind und landwirtschaftliche Betriebe mit Versicherungsschutz Auszahlungen erhalten, sobald die Indexbedingung (z. B. mind. 30 Tage in Folge kein Niederschlag) lokal erfüllt ist (GDV 2016). So kann es dazu kommen, dass Anbauflächen als stark geschädigt eingestuft werden, diese aber trotz ausbleibendem Niederschlag nicht in dem Ausmaß betroffen sind, wie es die Schadenszahlungen vermuten lassen. Andererseits kann es auch dazu kommen, dass Anbauflächen von extremer Trockenheit betroffen sind und infolgedessen stark beschädigt werden, die Indexversicherung aber nicht greift, da vor Ablauf einer hypothetischen 30 Tage-Frist ein messbarer Niederschlag verzeichnet wird. In solchen Fällen haben die versicherten landwirtschaftliche Betriebe keinen Anspruch auf Schadenszahlungen, selbst wenn sie nachweislich große Ernteschäden vorweisen können (GDV 2016). Ob bei Indexversicherungen tendenziell mehr Unter- oder Überschätzungen auftreten, ist nicht bekannt und hängt von der konkreten Ausgestaltung der Versicherung aus. Aus diesen Gründen ist eine Schadensermittlung auf Basis von Indexversicherungsmodellen mit großen Unsicherheiten verbunden.

Bei der vorgestellten Berechnung des Thünen-Instituts handelt es sich um ein einmaliges Projekt im Auftrag des BMEL. Eine Aktualisierung oder regelmäßige Durchführung der Berechnung ist derzeit weder vonseiten des BMEL noch vonseiten des Thünen-Instituts vorgesehen.

9.3.2.2 KlimErtrag

Beschreibung der Daten

Ein weiteres Projekt des Thünen-Instituts ist jenes zur Berechnung der klimawandelbedingten Ertragsveränderungen und Flächennutzung, kurz KlimErtrag (Söder et al. 2022). Die KlimErtrag-Studie wurde im August 2022 veröffentlicht und hatte unter anderem das Ziel, eine Projektion der Ertragsveränderungen der relevantesten deutschen Feldfrüchte bis zum Jahr 2060 zu modellieren. Beispielhaft wurden auch die konkreten Ertragsverluste in der Landwirtschaft im Jahr 2018 für ausgewählte Feldfrüchte ermittelt. Die Modellierung erfolgt hierbei mithilfe einer modellbasierten, quantitativen und räumlich differenzierten Simulation (Söder et al. 2022), welche in einem separaten Exkurs näher beschrieben wird.

Die Landwirtschaft war im Jahr 2018 sowohl von einer extremen Frühjahrs- als auch Sommertrockenheit geprägt und wies nach Berechnung des KlimErtrag-Projekts folgende Ertragsveränderungen auf: Für die Feldfrüchte Winterweizen, Wintergerste, Körnermais und Zuckerrüben wurden für das Jahr 2018 Schäden der extremen Frühjahrs- und Sommertrockenheit in Höhe von rund 285 Mio. Euro zusammengetragen. Die größten

Ertragsverluste wurden hierbei beim Winterweizen erzielt: Mit rund 206 Mio. Euro Ertragsverlust entfallen fast dreiviertel der gesamten Ertragsverluste des Frühjahrs und Sommers 2018 auf die Ackerkultur Winterweizen.⁸⁸ Die Feldfrüchte Wintergerste und Körnermais weisen rund 32 bzw. 34 Mio. Euro Ertragsverluste auf und entsprechen jeweils rund 12 Prozent der Schäden der Frühjahrs- und Sommertrockenheit. Die durchschnittlichen Ertragsverluste je Hektar und die Schäden je Ackerkultur im Frühjahr und Sommer 2018 sind im oberen Teil der Tabelle 16 dargestellt.

Im Vergleich zu den Schäden von 2018 fallen die durchschnittlichen errechneten Ertragsverluste aufgrund von Trockenheit der Jahre 1995 bis 2019 geringer aus (siehe Tabelle 16). So gab es bei Winterweizen zwischen 1995 und 2019 im Mittel Trockenheitsschäden in Höhe von 42 Mio. Euro im Jahr. Bei Körnermais beliefen sich die durchschnittlichen Ertragsverluste zwischen 1995 und 2019 auf 5.3 Mio. Euro im Jahr, wohingegen sich die Verluste der Wintergerste im Mittel auf 7.5 Mio. Euro betragen.

Tabelle 16: Durchschnittliche Schäden in Hektar und Schäden je Ackerkultur im Frühjahr und Sommer 2018 ggü. Jahresdurchschnitt 1995-2019

Frühjahr und Sommer 2018		
Ackerkulturen	Schäden in €/ha	Schäden (in Mio. Euro)
Winterweizen	22.1 – 44.2	205.7
Wintergerste	6.3 – 44.3	31.9
Körnermais	25.3 – 84.5	33.8
Zuckerrüben	34.8	13.9
gesamt	-	285.3
Jahresdurchschnitt 1995-2019		
Ackerkulturen	Schäden in €/ha	Schäden (in Mio. Euro)
Winterweizen	5.9 – 7.7	42.0
Wintergerste	3.5 – 8.3	7.5
Körnermais	5.3 – 8.0	5.3
Zuckerrüben	8.5	3.4
gesamt	-	58.2

Schäden in €/ha geben die Spanne zwischen der Frühjahrs- und Sommertrockenheit an, z. B. 22.10 Euro Schaden je Hektar Winterweizen aufgrund von extremer Frühlingstrockenheit und 44.20 Euro Schäden je Hektar Winterweizen aufgrund von extremer Sommertrockenheit. Belastbare Schadenswerte zu Zuckerrüben sind nur bzgl. extremer Sommertrockenheit vorhanden. Für die Schäden werden die Verluste der extremen Frühjahrs- und Sommertrockenheit addiert.

Quelle: Söder et al. 2022

Exkurs: Verbundprojekt KlimErtrag

Das Verbundprojekt Klimawandelbedingte Ertragsveränderungen und Flächennutzung (KlimErtrag) wurde vom Thünen-Institut zusammen mit dem Julius-Kühn-Institut, dem Deutschen Wetterdienst

⁸⁸ Entspricht nicht dem Anteil der gesamten landwirtschaftlichen Ertragsverluste, da nur die vier erwähnten Feldfrüchte berücksichtigt wurden. Der tatsächliche Anteil des Winterweizens an den gesamten landwirtschaftlichen Ertragsverlusten liegt daher tiefer.

und dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung erarbeitet. Das Ziel des Projekts ist unter anderem eine Projektion der Ertragsveränderungen der relevantesten deutschen Feldfrüchte bis zum Jahr 2060. Dies erfolgt mithilfe einer modellbasierten, quantitativen und räumlich differenzierten Simulation (Söder et al., 2022). Dafür werden auch Ertragsdaten zu den ausgewählten Feldfrüchten in Deutschland gesammelt. Die Quantifizierung der Ertragseffekte erfolgt mithilfe der jährlichen Daten des Testbetriebsnetzes des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Dieses listet neben der Landwirtschaft auch für die Forstwirtschaft und Fischerei detaillierte Buchführungsergebnisse auf. Im Fall der Landwirtschaft beinhaltet dies Angaben über die Anbaufläche in Hektar, den Ertrag pro Hektar sowie die Preise in Euro pro Dezentonne (dt) je Ackerkultur (BMEL 2024). Für die Bestimmung der Schäden pro Hektar und Schäden der extremen Trockenheit im Frühjahr und Sommer des Jahres 2018 wurden die durchschnittlichen Ertragsverluste (Schäden) pro Jahr/Hektar der Jahre 1995-2019 zugrunde gelegt und diese Größe mit der Anbaufläche verrechnet. Da in jedem Jahr eine Variation der Anbauflächen zu verzeichnen ist, wurde hierfür die durchschnittliche Anbaufläche je Ackerkulturen der Jahre 2016-2020 verwendet. Für die Quantifizierung der ökonomischen Schäden wurden neben den Angaben des Testbetriebsnetzes auch die durchschnittlichen historischen Interventionspreise⁸⁹ einzelner Ackerkulturen vom „*Agricultural Member State Modelling*“ (AGMEMOD) Modell⁹⁰ verwendet. Konkrete Werte über die Schäden der extremen Trockenheit im Frühjahr und Sommer 2018 wurden in der Studie nur von jenen Feldfrüchten konkretisiert, dessen Ertragseffekte unter dem striktesten statistischen Modell ein hohes Vertrauen bei einem einprozentigen Signifikanzniveau ausweisen. Aus diesem Grund wurden Ertragsverluste der wichtigen Feldfrüchte Wintererbsen und Kartoffeln nicht spezifiziert. Für die Feldfrüchte Winterweizen, Wintergerste, Körnermais und Zuckerrüben sind hingegen Schäden ausgewiesen worden. Während einer Frühjahrstrockenheit werden das Wachstum der Haupttriebe sowie die Ausbildung der Blütenstände beeinträchtigt. Im Sommer führt eine extreme Trockenheit vor allem zu Beschädigungen der Fruchtentwicklung und eine reduzierte Frucht- und Samenreife.

Die KlimErtrag-Studie umfasst nur die Ertragsverluste aufgrund extremer Trockenheit im Frühjahr und Sommer 2018. Schäden für das Folgejahr 2019 sind bisher nicht verfügbar. Die Schäden der Frühjahrs- und Sommertrockenheit ließen sich jedoch nach Aussage des Thünen-Instituts analog zu den publizierten Werten des Jahres 2018 berechnen. Und auch zukünftige Trockenheitsperioden ließen sich mit dieser Methode monetarisieren (Söder, 2023).

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass sich die Schadenswerte nicht auf das gesamte Jahr 2018 beziehen, sondern nur die Schäden infolge der extremen Frühjahrs- und Sommertrockenheit umfassen und somit Schäden in einer bestimmten phänologischen Phase (z. B. während der Blüte) betrachtet wurden. Um alle dürre- und trockenheitsbedingten Schäden eines ganzen Jahres in der Landwirtschaft zu berücksichtigen, wäre eine Berücksichtigung aller Schäden in den unterschiedlichen phänologischen Phasen nötig.

Empfehlung zum Umgang

Die KlimErtrag-Studie des Thünen-Instituts beruht auf einer Regressionsanalyse und die Schadenswerte werden nach Grad des Vertrauens der statistische signifikanten Ertragseffekte (mittleres bis hohes Vertrauen) sowie der räumlichen Untersuchung (Großregionen bis Gesamtdeutschland) ausgewiesen. Für das Extremwetterereignis im Frühjahr und Sommer 2018

⁸⁹ Interventionspreise sind die von der EU festgelegten Mindestpreise, welche für einzelne landwirtschaftliche Produkte branchenweit garantiert werden.

⁹⁰ Das AGMEMOD-Modell ist ein Konsortium des Thünen-Instituts und des Wageningen Economic Research Institute. Unter anderem werden so Daten zu agrarpolitischen Instrumenten (wie z.B. Interventionspreise) für alle EU-Mitgliedstaaten einzeln bereitgestellt (Thünen Institut 2024b).

wurden statistisch signifikante Ertragseffekte mit mittlerem Vertrauen nach Aussage des Thünen-Instituts bewusst ausgelassen. (Söder, 2023). Aus diesem Grund gibt es keine Aussagen über Ertragsverluste der Ackerkulturen Wintertraps und Kartoffeln. In Summe sind lediglich vier Ackerkulturen, nämlich Winterweizen, Wintergerste, Körnermais und Zuckerrüben, für das Jahr 2018 verfügbar.

Nach Aussage des Thünen-Instituts wäre eine Aufnahme weiterer Kulturen in die Berechnung in der Theorie möglich. Jedoch bestehen in der Praxis gewisse Schwierigkeiten bzgl. der Datenverfügbarkeit der weniger häufig angebauten Kulturen in den Testbetriebsnetzdaten und der entsprechend weniger belastbaren statistischen Zusammenhänge: Je weniger die Kulturen in Deutschland angebaut werden, desto schwieriger ist es, statistisch signifikante Zusammenhänge herzustellen (Söder, 2023). Ob eine Ausweitung der Berechnung auf Basis des Testbetriebsnetzes für weitere Kulturen und für eine zukünftige Replizierbarkeit gelingt, müsste vonseiten des Thünen-Instituts weitergehend geprüft werden (Söder, 2023).

Die Ertragsverluste des Jahres 2018, welche in der KlimErtrag-Studie des Jahres 2022 veröffentlicht wurden, sind somit dahingehend unvollständig, dass eine Vielzahl an Ackerkulturen (bewusst) nicht berücksichtigt wurde und folglich nur ein Teil der landwirtschaftlichen Gesamtverluste darstellbar ist. Das Vertrauen und die Qualität der angegebenen Ertragsverluste sind jedoch als hoch anzusehen und die Methodik des KlimErtrag-Projekts kann einen wertvollen Beitrag für das Schadenskataster leisten. Eine vertiefte Kooperation mit dem Thünen-Institut und eine gemeinsame inhaltliche Ausrichtung im Rahmen eines langfristigen Dauerauftrags erscheint sinnvoll. So ließen sich nach Aussage des Thünen-Instituts so bspw. Doppelungen mit Analysen im Rahmen der Ernteberichterstattung und auch dem Monitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) vermeiden (Söder, 2023). Eine mögliche langfristige Einspeisung der Analysen in ein Schadenskataster und eine Veröffentlichung der Berechnungsergebnisse wäre nach Aussage des Thünen-Instituts grundsätzlich möglich. Da die Daten des Deutschen Testbetriebsnetzes jedoch den Nutzungsbedingungen des BMEL unterliegen, wäre eine umfassendere Datenverwendung und Veröffentlichung der Ergebnisse nur unter Berücksichtigung der entsprechenden Datenschutzauflagen des BMEL und des Thünen-Instituts möglich. Auch weitere verwendete Daten wie Witterung und Phänologie obliegen den Nutzungsrechten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), welche hingegen frei verfügbar sind. Nach Aussage des Thünen-Instituts sollten auf lange Sicht neue Berechnungen der Analysen (zuzüglicher Aktualisierungen) jährlich stattfinden (Söder, 2023).

9.3.2.3 Statistisches Bundesamt (DESTATIS)

Beschreibung der Daten

Das Statistische Bundesamt (DESTATIS) erhebt viermal jährlich Daten zum Wachstum und der Ernte von landwirtschaftlichen Anbauprodukten (siehe Kapitel 7). So enthält die Reihe 3.2.1 der Fachserie 3 «Land- und Forstwirtschaft, Fischerei» genaue Angaben zu den Ernteerträgen von Feldfrüchten der Jahre 2018 und 2019 (Statistisches Bundesamt 2019, 2020). Auf Basis der Hektarerträge der Jahre 2018 und 2019 und den durchschnittlichen Hektarerträgen der Jahre 2012 bis 2017 lassen sich die (direkten) Ertragseinbußen der Landwirtschaft errechnen (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Rückgang der Hektarerträge in den Jahren 2018 und 2019 gegenüber dem Durchschnitt von 2012-2017

Ackerkulturen	2018	2019
Winterweizen	-15%	-6%
Silomais	-20%	-12%
Raps	-21%	-13%
Zuckerrüben	-15%	-2%
Kartoffeln	-21%	-12%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Statistisches Bundesamt 2019, 2020, eigene Darstellung, INFRAS

Die Hektarertragsdaten des DESTATIS für die Jahre 2018 und 2019 lassen sich mit den durchschnittlichen Verkaufspreisen der einzelnen Feldfrüchte in den beiden Jahren verrechnen. Mithilfe der so errechneten tatsächlich erzielten Erlöse können die Schäden der Dürreperiode ermittelt werden, indem den tatsächlichen Erlösen die zu erwartenden Erlöse gegenübergestellt werden. Diese Methodik hat Prognos (2022a, 2022b) genutzt: Der zu erwartende Verkaufserlös entspricht dem Produkt der Anbaufläche in Hektar einer Ackerkultur mit den durchschnittlichen Hektarerträgen der vorangegangenen fünf Jahre von 2012 bis 2017 und dem durchschnittlichen Verkaufspreis der jeweiligen Ackerkultur in den Jahren 2018 und 2019. Auf diese Weise wurden von Prognos für das Jahr 2018 Schäden bzw. Erlöseinbußen beim Winterweizen in Höhe von 680 Mio. Euro, beim Silomais in Höhe von 529 Mio. Euro und bei allen weiteren Feldfrüchten in Höhe von 1.78 Mrd. Euro ermittelt. Die direkten Verluste beziffern sich somit für 2018 auf 2.99 Mrd. Euro. Zudem errechnet Prognos (2022a, 2022b) indirekte bzw. nachgelagerte Verluste und Schäden in Höhe von 1.79 bis 2.54 Mrd. Euro.⁹¹ Die direkten und indirekten Schäden im Jahr 2018 betragen somit zwischen 4.78 und 5.83 Mrd. Euro. Analog dazu ergeben sich für das Jahr 2019 direkte Schäden in Höhe von 1.44 Mrd. Euro und direkte und indirekte Schäden zwischen 2.3 und 2.66 Mrd. Euro. Die Summe der Schäden der Jahre 2018 und 2019 in der landwirtschaftlichen Produktion beträgt somit zwischen 7.08 und 8.18 Mrd. Euro (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Direkte und indirekte Schäden nach Ackerkulturen

Jahr	Ackerkulturen	Direkter Schaden (in Mio. Euro)	Indirekter Schaden (in Mio. Euro)	Schäden total (in Mio. Euro)
2018	Winterweizen	680	408 - 578	1'088 - 1'258
	Silomais	529	318 - 450	847 - 979
	Weitere Feldfrüchte	1'778	1'067 - 1'511	2'845 - 3'289
2019	Winterweizen	312	187 - 265	499 - 577
	Silomais	298	179 - 253	477 - 551
	Weitere Feldfrüchte	826	495 - 702	1'321 - 1'528
2018 - 2019	Alle Feldfrüchte	4'423	2'654 - 3'759	7'077 - 8'182

⁹¹ Die indirekten Schäden errechnet sich durch Multiplikation der direkten Schäden mit den Faktoren 0.6 bzw. 0.85.

Die indirekten Schäden errechnen sich durch Multiplikation der direkten Schäden mit den Faktoren 0.6 bzw. 0.85 (vgl. dazu auch Kapitel 6.15).

Quelle: Prognos 2022a, Prognos 2022b, Statistisches Bundesamt 2020, Eurostat 2021, eigene Darstellung, INFRAS

Empfehlung zum Umgang

Da die Angaben des Statistischen Bundesamts auf einer sehr großen und qualitativ hochwertigen Datenbasis zu den Erlösverlusten der einzelnen Feldfrüchte basieren, sind die ermittelten direkten Schäden als wertvolle und qualitativ hochwertige Datenbasis zu sehen. Nichtsdestotrotz handelt es sich hierbei um eine Approximation, welche sich auf Durchschnittswerte der vorangegangenen fünf Jahre abstützt. Darüber hinaus werden die Schäden bzw. Ernteverluste bis zum jeweiligen Berichtsmonat, d. h. Juni, Juli/August und August/September sowie Dezember, ermittelt. Es handelt sich somit um Verluste pro vordefiniertem Berichtsmonat bzw. Kalenderjahr, jedoch nicht pro Extremwetterereignis.

Der Einsatz der Schadenswerte im Rahmen des Schadenskatasters ist – mit einem Hinweis zur Berechnungsmethodik und den verwendeten Faktoren – empfehlenswert.

9.3.2.4 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

Beschreibung der Daten

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) kann bei Trockenheitsereignissen für Schäden in der Landwirtschaft nur wenige Daten bereitstellen. Dies ist vor allem auf die marginale Versicherungsabdeckung von 0.02% (oder rund 50'000 Hektar) in der deutschen Landwirtschaft zurückzuführen (vgl. Kapitel 7.3). Entsprechend ist lediglich für das Jahr 2018 eine Schadensschätzung auf Basis der landwirtschaftlichen Mindererträge über 2.5 Mrd. vorhanden (GDV 2018). Für das Jahr 2019 gibt es keine vergleichbaren Angaben des GDV.

Empfehlung zum Umgang

Die Schätzung der Schäden beruht auf den Mindererträgen der landwirtschaftlichen Betriebe in Hektar im Jahr 2018 und den dadurch entgangenen Erlösen. Diese Angaben stammen vom Statistischen Bundesamt, sodass die Schätzungsmethodik mit jener von Prognos (2022a, 2022b) zu vergleichen ist. Inwiefern auch die konkreten Schadenswerte der geringen versicherten Anbauflächen in diese Hochrechnung miteingeflossen sind, ist nicht nachvollziehbar. Es ist davon auszugehen, dass es sich um eine reine Hochrechnung auf Basis der Ertragsdaten des Statistischen Bundesamts handelt. Insgesamt sollte die differenziertere Berechnungsmethode von Prognos (2022a, 2022b) auf Basis der Angaben vom Statistischen Bundesamt den sehr stark aggregierten Angaben des GDV vorgezogen werden, welche vielmehr als Plausibilisierungsgrößen Verwendung finden könnten.

9.3.2.5 Bundesrechnungshof

Beschreibung der Daten

Der Bundesrechnungshof hat im Frühjahr 2021 eine abschließende Mitteilung über die Prüfung der Beteiligung von Bundes- und Landesmitteln an der Dürrebeihilfe 2018 veröffentlicht (Bundesrechnungshof 2021). Darin werden zugewiesene und tatsächlich veräußerte Mittelabflüsse des Bundes und der Länder für landwirtschaftliche Betriebe angegeben, die durch die Folgen der extremen Trockenheit im Jahr 2018 in ihrer Existenz gefährdet sind. Stand 03. Dezember 2019 belief sich die Summe der zu gleichen Teilen aus Bundes- und Landesmitteln stammenden vergebenen Dürrebeihilfen für das Jahr 2018 auf rund 292 Mio. Euro.

Aufgrund der festgelegten Fördergrundsätze waren nur jene landwirtschaftlichen Betriebe für die Dürrebeihilfe antragsberechtigt, welche eine zentrale Bedingung erfüllten: Es musste nachweislich ein Ertragsrückgang von mindestens 30% im Vergleich zu dem vorangegangenen Dreijahreszeitraum vorliegen. Von diesem Schadensvolumen mussten wiederum die aufgrund der Trockenheit nicht entstandenen Kosten (z. B. Aufwendungen für Ernte und Distribution) abgezogen werden (Bundesrechnungshof 2021). Somit sind Landwirte, die vergleichsweise geringe, aber dennoch substanzielle Ertragseinbußen vorzuweisen hatten, von Auszahlungen aus der Dürrebeihilfe ausgeschlossen worden. Es ist daher wahrscheinlich, dass eine große Anzahl von Landwirten keine Auszahlungen erhalten haben und somit viele Schäden nicht in den Daten auftauchen.

Des Weiteren waren Hilfszahlungen auf Betriebe beschränkt, welche aufgrund der Ernteauffälle existenzgefährdet waren. Antragsberechtigte Betriebe konnten mit mindestens 2'500 und höchstens 500'000 Euro Beihilfe rechnen, höchstens aber mit einer Entschädigung von 50% der Schäden (Bundesrechnungshof 2021). Betriebe, welche ihre gesamte Ernte verloren haben, sind somit nur zu 50% in den Dürrebeihilfen berücksichtigt. Dies zudem nur für jene Betriebe, die aufgrund der extremen Trockenheit in ihrer Existenz gefährdet wurden. Auch wenn davon auszugehen ist, dass ein (Komplett-)Verlust der Ernte nahezu jeden landwirtschaftlichen Betrieb in seiner Existenz gefährden lässt, könnten vereinzelte Betriebe trotz immenser Schadenswerte keine Dürrebeihilfe erhalten haben, falls die EigentümerInnen oder AnteilseignerInnen über ausreichend finanzielle Mittel verfügten.⁹²

Empfehlung zum Umgang

Es wird ersichtlich, dass aufgrund der strengen Förderungsgrundsätze die vergebenen Mittel der Dürrebeihilfe 2018 die wahren Schäden unterschätzen. Die ausgezahlten Bundesmittel im Rahmen der Dürrebeihilfe 2018 geben somit ein unvollständiges Abbild der tatsächlichen Trockenheitsschäden in der Landwirtschaft ab. Diese Daten sollten für das Schadenskataster lediglich zur Plausibilisierung genutzt und im Falle einer Existenz detaillierterer Schadenswerte durch diese ersetzt werden.

Hinzu kommt, dass sich die veräußerten Mittel auf Beihilfen für Schäden aus dem Jahr 2018 beschränken. Somit gilt auch bei dieser Datenquelle, dass sich die Daten nur bedingt für das Fallbeispiel mit dem Zeitintervall 2018-2019 eignen.

⁹² Ab einer Einkommensgrenze von 120'000 Euro bei Ehe- oder LebenspartnerInnen oder 90'000 bei Ledigen sowie einem kurzfristig verfügbaren Privatvermögen der UnternehmerInnen oder AnteilseignerInnen von mehr als dem 1.5-fachen des Schadens liegt für den Betrieb nach der Verwaltungsvereinbarung keine Existenzgefährdung vor (Bundesrechnungshof 2021).

9.3.3 Gegenüberstellung der verfügbaren Daten

Tabelle 19: Gegenüberstellung der Datenquellen im konkreten Fall Dürresommer 2018 und 2019

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
Indexversicherungen	Modellierung bei 100%iger Versicherungsabdeckung auf Basis Indexversicherung	500 Mio. Euro (nur 2018)	Primärdaten	proprietär	eher gering	hohe Unsicherheit, da Pauschalbeiträge	in diesem konkreten Fall: ein Jahr danach	einmalige Untersuchung	nicht sichergestellt grobe Hochrechnung
KlimErtrag	Ertragsverluste der Feldfrüchte Winterweizen, Wintergerste, Körnermais und Zuckerrüben in 2018	Ertragsrückgang (nur 2018, in Mio. Euro) gesamt: 285.3 davon Winterweizen: 205.7 davon Wintergerste: 31.9 davon Körnermais: 33.8 davon Zuckerrüben: 13.9	Primärdaten	Statistische Modellierung Abweichung 2018 von Jahresdurchschnitt 2016-2020	hoch wichtige Datenquelle für landwirtschaftliche Schäden	geringe Unsicherheit	in diesem konkreten Fall: Veröffentlichung vier Jahre danach zukünftige, kurzfristige Berechnungen durch das Thünen-Institut möglich	einmalige Untersuchung Daten als final abgeschlossen einzuschätzen automatisierte Berechnungen durch das Thünen-Institut möglich	nicht vollständig gegeben nicht alle Feldfrüchte untersucht aber: Einbindung weiterer Feldfrüchte potenziell möglich, jedoch Datenbasis Problem (statistische Relevanz)

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
Statistisches Bundesamt	1) Ertragsrückgang der Feldfrüchte	Ertragsrückgang ggü. Ø 2012-2017: um 15-21% in 2018 um 2-13% in 2019	Primärdaten	statistische Erhebungen und Meldepflicht Betriebe	hoch wichtige Angaben zu Ernteerträgen	geringe Unsicherheit	Zwischenstände jeweils Anfang August, Ende August und Ende September verfügbar Jahresbericht im Februar des Folgejahres	mehrere Aktualisierungsschritte zudem Jahresbericht	prinzipiell gegeben
	2) Mindererträge Landwirtschaft für 2018 und 2019: direkte Schäden indirekte Schäden (nachgelagert)	direkte Schäden: 4'423 Mio. Euro indirekte Schäden: 2'654-3'759 Mio. Euro Schäden total: 7'077-8'182 Mio. Euro	Weiterverarbeitung der Primärdaten vom Statistischen Bundesamt	Methode Prognos (2022a, 2022b): Direkte Schäden: Monetarisierung von Mindererträgen Indirekte Schäden: Skalierungsparameter	hoch wichtige Schätzung zu direkten und indirekten Schäden in der Landwirtschaft	mittlere Unsicherheit aufgrund Hochrechnungsverfahren	in diesem konkreten Fall: Veröffentlichung zwei Jahre danach	einmalige Erhebung Daten als final abgeschlossen einzuschätzen	direkte Schäden: prinzipiell gegeben indirekte Schäden: nicht sichergestellt, da Hochrechnung

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
GDV	Mindererträge in der Landwirtschaft in 2018	Direkte Schäden 2018 (Schätzung): 2.5 Mrd. Euro	Verwendung von Primärdaten	vergleichbares Vorgehen wie bei Prognos (2022a, 2022b) (nur 2018)	hoch wichtige Schätzung zu direkten Schäden in der Landwirtschaft	mittlere Unsicherheit aufgrund Hochrechnungsverfahren	in diesem konkreten Fall: bis zu ein Jahr danach abhängig von Datenbasis des Statistischen Bundesamts	einmalige Erhebung Daten als final abgeschlossen einzuschätzen	nicht sichergestellt basiert vorwiegend auf Angaben des Statistischen Bundesamts
Bundesrechnungshof	Ausgezählte Dürrebeihilfen für 2018	Summe: 292 Mio. Euro (2018) Anteil direkt und indirekt unbekannt	Primärdaten	Abfrage zugewiesener und tatsächlich veräußerter Mittelabflüsse des Bundes und der Länder für landwirtschaftliche Betriebe	eher gering, da wenig repräsentativ	geringe Unsicherheit	2.5 Jahre danach abschließende Mitteilung für 2018	Aktualisierung vermutlich, aber unbekannt	nicht sichergestellt

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

9.4 Fallbeispiel 3: Sturzfluten im Juli 2021

9.4.1 Ausmaße des Ereignisses

Das Tiefdruckgebiet „Bernd“ führte im Juli 2021 zu massiven Schäden in Deutschland, Frankreich sowie den Benelux-Ländern. Dem extremen Starkregenereignis gingen in den drei Wochen zuvor bereits mehrere Starkregenepisoden voraus, sodass regional die Speicherkapazität der Böden für weitere Wassermengen ausgereizt war. Insbesondere in Rheinland-Pfalz und Südwestfalen waren die Böden fast vollständig gesättigt, bevor das Extremwetterereignis am 12. Juli 2021 über Deutschland zog. Spezielle meteorologische Gegebenheiten führten regional zu anhaltenden Starkniederschlägen über einen Zeitraum von bis zu 72 Stunden. Die stärksten Niederschläge wurden vom 14. Juli an bis zum Morgen des 15. Juli in dem Gebiet zwischen Dortmund, Köln, Euskirchen, Gerolstein, Bitburg und Trier registriert. Im Einzugsgebiet der Erft fielen am 14. Juli maximale Niederschläge in Höhe von 169 Litern pro Quadratmeter. In drei Tagen fiel im Mittel die doppelte durchschnittliche Niederschlagsmenge des gesamten Monats Juli⁹³. In den teils engen Flusstälern der Eifel und des Bergischen Landes sammelten und kanalisiert sich die enormen Niederschlagsmengen, sodass sich aus den kleinen und mittleren Flüssen reißende Sturzfluten bildeten (DWD 2021a). Besonders stark von den Sturzfluten betroffen war das Ahrtal im Landkreis Ahrweiler: Der maximale Pegelstand der Ahr lag mit geschätzten 7 bis 8 Metern doppelt so hoch wie der bisherige Rekordstand von 3.71 Metern aus dem Jahr 2016. Eine Abflussmenge der Wassermassen von bis zu 700m³ pro Sekunde übertraf den bisherigen Rekord sogar um den Faktor drei (Mohr et al, 2021). Neben der besonders stark betroffenen Südhälfte Nordrhein-Westfalens und dem Westen von Rheinland-Pfalz waren auch das Ostergebirge, die Lausitz und das Berchtesgadener Land von späteren Ausläufern des Tiefdruckgebiets „Bernd“ und lokalem Hochwasser betroffen. Erst ab dem 19. Juli 2021 entspannte sich die Wetterlage bundesweit etwas (DWD 2021a).

Das Tiefdruckgebiet „Bernd“ sorgte somit zu einer der verheerendsten Naturkatastrophen in Deutschland mit über 180 Todesopfern (davon allein 134 im Ahrtal) und einer versicherten Schadenssummen in Höhe von rund 8.5 Mrd. Euro (GDV 2022c; ZEIT Online 2022).

9.4.2 Quellen

Zum Tiefdruckgebiet „Bernd“ steht eine Vielzahl an Schadensdaten zur Verfügung. So gibt es Angaben zu den versicherten Schäden der Versicherungswirtschaft, Angaben zu den direkten Schäden total vom deutschen Innen- bzw. Finanzministerium sowie Schadensschätzungen auf Basis von Fernerkundungsdaten. Im Folgenden werden die vorhandenen Datenquellen und die zugrundeliegenden Erhebungsmethoden vorgestellt, eingeordnet und Empfehlungen für eine Nutzung der Daten für ein Schadenskataster geäußert.

9.4.2.1 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

Beschreibung der Daten

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) hat seit dem Sturzflutereignis im Juli 2021 mehrmals Angaben zu den versicherten Schäden veröffentlicht.

⁹³ Referenzzeitraum 1991-2021

- ▶ Im GDV Naturgefahrenreport 2021 mit Stand September 2021 werden die versicherte Schäden auf rund 7 Mrd. Euro beziffert, davon 6.5 Mrd. Euro Sachschäden an Wohngebäuden, Hausrat und Betrieben (GDV 2021d).
- ▶ Im Mai 2022 wurden in einer GDV-Mitteilung die versicherten Schäden auf rund 8.2 Mrd. aktualisiert, davon 7.7 Mrd. an Wohngebäuden, Hausrat und Betrieben (GDV 2022a).
- ▶ Im Juli 2022 wurden erneut aktualisierte Zahlen mit mehr Details veröffentlicht (GDV 2022b). So wurden insgesamt 213'000 Schadensfälle gemeldet. Davon 173'000 Sachschadensfälle und 40'000 Schadensfälle an Kraftfahrzeugen. Die Sachschadensfälle unterteilten sich in
 - ▶ 54'000 Schadensfälle an Hausrat,
 - ▶ 91'000 Schadensfälle an beschädigten oder zerstörten Wohngebäuden,
 - ▶ 28'000 Schadensfälle an betroffenen Unternehmen.
- ▶ Die versicherten Schäden beliefen sich auf 8.5 Mrd. Euro. Davon entfielen 8.2 Mrd. Euro auf Sachschäden und weitere 0.3 Mrd. Euro auf Schäden an Kraftfahrzeugen. Die Sachschäden entfielen zu
 - ▶ 3.6 Mrd. auf Wohngebäude,
 - ▶ 0.7 Mrd. Euro auf Hausrat und
 - ▶ 3.9 Mrd. Euro auf Firmen aus Gewerbe und Industrie, konkret Schäden an Gebäude und Inventar sowie Betriebsunterbrechungen.

Der Vergleich zeigt, dass bereits kurz nach dem Ereignis die meisten Schäden erfasst wurden (siehe auch Tabelle 20).

Tabelle 20: Fortlaufende Präzisierung der versicherten Schäden

Datum Veröffentlichung	Versicherte Schäden total	Darunter Sachschäden
September 2021	7.0 Mrd. Euro	6.5 Mrd. Euro
Mai 2022	8.2 Mrd. Euro	7.7 Mrd. Euro
Juli 2022	8.5 Mrd. Euro	8.2 Mrd. Euro

Sachschäden umfassen Schäden an Wohngebäuden, Hausrat und Betrieben. Schäden an Kraftfahrzeugen werden separat aufgelistet.

Quelle: GDV 2021d, GDV 2022a, GDV 2022b, GDV 2022c, eigene Darstellung, INFRAS

Empfehlung zum Umgang

Die Versicherungswirtschaft hatte bereits wenige Tage nach dem Ereignis rund 16'000 interne und 2'500 externe GutachterInnen im Einsatz, um die Schäden präzise aufzunehmen. Die Qualität der GDV-Daten ist somit als hoch einzuordnen. Die Schadenswerte des GDV sollten aufgrund der hohen Qualität und Aktualität sowie der guten Differenzierungstiefe für das Schadenskataster genutzt werden. Allerdings erfasst der GDV nur versicherte Schäden.

9.4.2.2 Bund und Länder

Beschreibung der Daten

Vom Bund und den Ländern wurden mehrere, unterschiedlich detaillierte Schadensberichte veröffentlicht. Bereits wenige Tage nach dem Extremwetterereignis wurden vom Bundeskabinett und dem Land Nordrhein-Westfalen erste Soforthilfen auf den Weg gebracht. Das Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) und das Bundesministerium für Finanzen (BMF) haben Ende September 2021, also etwa zweieinhalb Monaten nach der Flutkatastrophe, einen ersten offiziellen Zwischenbericht sowie ein halbes Jahr später im März 2022 einen Abschlussbericht veröffentlicht. Die Berichte beinhalteten Angaben zu den entstandenen Schäden, welche von den betroffenen Ländern (Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Bayern, Sachsen) sowie den relevanten Ressorts des Bundes zusammengetragen wurden. Im November 2021 wurde von der Bundesregierung ein Antrag auf Finanzhilfen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF) an die EU-Kommission gestellt. Hierzu wurden umfassende Schadensabfragen mehrerer Bundesressorts durchgeführt und die Ergebnisse zusammengestellt.

1. Soforthilfen und Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“

Am 21. und 22. Juli wurde vom Bundeskabinett und dem Land Nordrhein-Westfalen finanzielle Soforthilfe auf den Weg gebracht. Hierzu wurden zwischen dem Bund und den betroffenen Ländern eine Verwaltungsvereinbarung abgeschlossen. Der Bund beteiligte sich hälftig mit bis zu 200 Mio. Euro und Nordrhein-Westfalen mit nochmals 200 Mio. Euro. Die insgesamt 400 Mio. Euro Soforthilfe wurden zur Verfügung gestellt, um vor Ort wichtigste Sofortmaßnahmen ergreifen zu können. Die Summe entspricht hierbei nicht zuvor erhobenen Schäden, sondern vielmehr Kosten von Maßnahmen zugunsten besonders von der Notlage betroffenen BürgerInnen, Unternehmen, LandwirtInnen und Kommunen (BMF 2021a).

Zeitgleich mit dem Beschluss der Soforthilfe wurde vom Bund die Errichtung eines Sondervermögens für den Wiederaufbau vorbereitet. Auf Grundlage kommunaler Schadensschätzungen wurde dann ein Monat nach dem Ereignis, am 18. August 2021, das Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“ vom Bundeskabinett beschlossen. Der Fonds umfasst bis zu 30 Mrd. Euro, mithilfe dessen umfangreiche Wiederaufbaumaßnahmen umgesetzt werden sollen. Zum einen sollen so die Kosten zur Beseitigung der Hochwasser- und Starkregenschäden von betroffenen Privathaushalten, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen finanziert werden. Zum anderen soll hiermit auch der Wiederaufbau der beschädigten Infrastruktur des Bundes, der Länder und der Gemeinden entrichtet werden. (BMF 2021b). An den zu finanzierenden Wiederaufbauprogrammen der Länder beteiligt sich der Bund zur Hälfte. Der Anteil des Bundes umfasst somit 14 Mrd. Euro und der Anteil der Länder weitere 14 Mrd. Euro. Den Ländern und Kommunen kamen somit rund 28 Mrd. Euro Finanzhilfe zugute. Der Bund finanziert darüber hinaus weitere 2 Milliarden zur Behebung von Schäden an der Infrastruktur des Bundes. Die Gesamthöhe des Sondervermögens umfasst somit rund 30 Milliarden Euro.

Der Bund hat für die 16 Mrd. Euro Finanzhilfe konkrete Zweckbestimmungen festgelegt (Bundesregierung 2021). Eine detaillierte Auflistung der zweckgebundenen Finanzierungspakete des Bundes findet sich in Tabelle 21.

2. Antrag auf Finanzhilfen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF)

Das BMF stellte im Oktober 2021 einen Antrag auf Finanzhilfen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF). Alle Schäden, welche für den EUSF anrechenbar waren und zuvor von den Bundesländern und den Bundesressorts ermittelt wurden, beliefen sich auf rund

29.2 Mrd. Euro (BMI und BMF 2022). Mit 28.9 Mrd. Euro handelt es sich überwiegend um (direkte) materielle Schäden, während rund 300 Mio. Euro den Einsatzkosten des Technischen Hilfswerks (THW), der Bundeswehr und anderer Institutionen zuzuordnen sind. Von den rund 29.2 Mrd. Euro Schaden gehören laut Antragsstellung rund 4.9 Mrd. Euro zu den zuschussfähigen Kosten⁹⁴. Davon gehören rund 3.9 Mrd. Euro zu den Kosten an der Netzinfrastruktur und den öffentlichen Einrichtungen (BMF 2021c). Eine Übersicht aller differenziert verfügbaren Schäden ist in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Gegenüberstellung des Sondervermögens 2021 und des Antrags für den EU-Solidaritätsfond (EUSF)

	Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“	Antrag auf Finanzhilfen aus dem EUSF
Zeitliche Einordnung	eine Woche nach Ereignis: Erhebung in Auftrag gegeben zwei Monate nach Ereignis: Sondervermögen vom Bund beschlossen	vier Monate nach Ereignis: Antragstellung durch die Bundesregierung
Schäden total bzw. Geldbereitstellung für Wiederaufbau	bis zu 30 Mrd. Euro	29.2 Mrd. Euro
davon für Infrastruktur des Bundes	2 Mrd. Euro	1.9 Mrd. Euro
... Bundesautobahnen	25 Mio. Euro	
... Bundesstraßen	25 Mio. Euro	
... bundeseigene Eisenbahn	150 Mio. Euro	
... Bundeswasserstraßen	40 Mio. Euro	
... Liegenschaften	31.5 Mio. Euro	
... restliche Infrastrukturmittel des Bundes	1.7 Mrd. Euro	
davon restliche Netzinfrastruktur		1.8 Mrd. Euro
... Energieversorgung		200 Mio. Euro
... Wasser- und Abfallwirtschaft		400 Mio. Euro
... Telekommunikation		500 Mio. Euro
... nicht zugeordnet		700 Mio. Euro
davon öffentliche Einrichtungen	605 Mio. Euro	6.1 Mrd. Euro
... Infrastruktur der Gemeinden	400 Mio. Euro	
... Infrastruktur der Länder	200 Mio. Euro	
... Forschungseinrichtungen	5 Mio. Euro	

⁹⁴ Zuschussfähige Kosten sind jene Kosten, die im Fall einer Genehmigung der Antragstellung über den EU-Solidaritätsfonds bezuschusst werden.

	Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“	Antrag auf Finanzhilfen aus dem EUSF
... Gesundheitssektor		400 Mio. Euro
... Bildungssektor		500 Mio. Euro
... nicht zugeordnet		5.2 Mrd. Euro
davon Beseitigung von Schäden in den Ländern	11.8 Mrd. Euro	
davon Privathaushalte und Wohnungsbaugesellschaften		14.8 Mrd. Euro
davon gewerbliche Unternehmen	510 Mio. Euro	3 Mrd. Euro
davon land- und forstwirtschaftliche Betriebe sowie Binnenfischerei	530 Mio. Euro	370 Mio. Euro
... nur Landwirtschaft		300 Mio. Euro
... nur Forstwirtschaft		70 Mio. Euro
davon kulturelle Einrichtungen und Denkmäler	30 Mio. Euro	250 Mio. Euro
davon Einsatzkosten		300 Mio. Euro
davon Säuberungskosten		740 Mio. Euro
davon Zuteilung der Länder ohne Zweckbindung	14 Mrd. Euro	

Quelle: BMF 2021a, BMF 2021b, Bundesregierung 2021, BMF 2021c, eigene Darstellung, INFRAS

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Definition der Schäden auf EU-Ebene von der nationalen Ebene in Teilen unterscheidet. Der Grund dafür ist die Abweichung der antragsfähigen Schäden für Hilfsgüter des EUSF von den Schäden. Die ausgewiesenen 29.2 Mrd. Euro Schäden sind somit antragsfähige Schäden, sodass die tatsächlichen Schäden nochmals höher einzuschätzen sind.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass der seinerzeit beim Bundesministeriums des Innern und für Heimat (BMI) und Bundesministerium für Finanzen (BMF) angesiedelte Stab Hochwasserhilfe Bund, welcher für die Erhebung der Schäden zuständig war, seit der Veröffentlichung des Berichts zur Hochwasserkatastrophe 2021 (vgl. BMI und BMF 2022) nicht mehr existiert (vgl. auch Kapitel 6.12.2.2).

3. Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021

Der Zwischenbericht enthält Angaben zu den entstandenen Schäden, welche von den betroffenen Ländern (Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Bayern, Sachsen) sowie den relevanten Ressorts des Bundes zusammengetragen wurden. Nach vorliegendem Kenntnisstand beziehen sich diese Schadenswerte auf die direkten Schäden, welche sich laut Zwischenbericht auf 31.6 Mrd. Euro betragen (BMI und BMF 2021).

Je nach Bundesland und Ressort wurden hierbei detailliertere oder aber stärker aggregierte Angaben zu den Schäden gemacht. Die direkten Schäden des besonders stark betroffenen Bundeslandes Rheinland-Pfalz werden auf rund 17.2 Mrd. Euro beziffert. Im zweiten, ebenfalls sehr stark betroffenen Bundesland Nordrhein-Westfalen wurden direkte Schäden

in Höhe von 12.1 Mrd. Euro zusammengetragen. Aber auch die Bundesländer Bayern und Sachsen waren von den Sturzfluten betroffen. Die direkten Schäden summierten sich hier auf rund 468 Mio. Euro, von denen 323 Mio. Euro aus Bayern und 145 Mio. Euro aus Sachsen stammten. Die Schäden an der Infrastruktur des Bundes waren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nur grob zu ermitteln. Für den Bund wurden Schäden in Höhe von mindestens 1.95 Mrd. Euro beziffert.

Eine detaillierte Auflistung der Schäden in den betroffenen Bundesländern auf Ebene der Subelemente findet sich in Tabelle 22.

4. Abschlussbericht zur Flutkatastrophe 2021

Der Abschlussbericht enthält im Vergleich zum sechs Monate zuvor veröffentlichten Zwischenbericht neue und aktualisierte Angaben zu Schäden und Hilfskosten infolge der Flutkatastrophe im Juli 2021. Der Abschlussbericht wurde hierbei analog zum Zwischenbericht aufgebaut, sodass die neuen Angaben über Schäden vergleichbar und konsistent sind. Die Schäden betragen sich laut Abschlussbericht nun auf 33.1 Mrd. Euro, wobei wir die Gesamtsumme über das Addieren der Einzelschäden der Länder und des Bundes erstellten, ohne dass eine explizite offizielle Gesamtschadenssumme genannt wird (BMI und BMF 2022). Nach vorliegendem Kenntnisstand beziehen sich diese Schadenswerte weiterhin auf die direkten Schäden und ohne Einsatzkosten.

Die direkten Schäden in Rheinland-Pfalz werden im Abschlussbericht nunmehr auf rund 18.2 Mrd. Euro beziffert. Für Nordrhein-Westfalen wurden die direkten Schäden nach der Aktualisierung auf 12.3 Mrd. Euro angepasst. Im Vergleich zum Zwischenbericht wird im Abschlussbericht für Nordrhein-Westfalen erstmals die Anzahl betroffener Privathaushalte und Unternehmen, nämlich 20'000 bzw. 7'000, angegeben. Eine weitere Änderung bei den Angaben aus Nordrhein-Westfalen ist die zusätzliche Kategorie „noch nicht zugeordnet“, welche sich auf rund 3 Mrd. Euro umfassen. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei diesem Eintrag um Schäden an den Bereichen der Telekommunikation, Energie und Entsorgung handelt. Diese wurden im Zwischenbericht mit damals 2.3 Mrd. Euro ausgewiesen, wohingegen im Schlussbericht keine dieser drei Bereiche erneut aufgezählt werden. Die Schäden in Bayern und Sachsen summieren sich nunmehr auf rund 550 Mio. Euro. Die Schäden an Bundesautobahnen, -straßen, -schienenwegen und -wasserstraßen werden laut Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) weiterhin auf rund 2 Mrd. Euro geschätzt. Mit etwa 1.3 Mrd. Euro beziffert davon ferner die Deutsche Bahn AG den Großteil der Schäden.

Der Abschlussbericht umfasst im Gegensatz zum Zwischenbericht neben den konkreten (direkten) Schäden auch noch Angaben über die Hilfsleistungen der Einsatzkräfte des Bundes, der Länder sowie von Hilfsorganisationen. Zu vereinzelt Institutionen wurden konkrete Einsatzkosten angegeben, so z. B. für die Bundeswehr (45.8 Mio. Euro). Für die Mehrzahl der Einsatzkräfte wurden jedoch nur das Einsatzmaterial und/oder die Einsatzstunden angegeben. Die Gesamteinsatzkosten sind folglich nicht bekannt. Eine detaillierte Auflistung der Schäden (mit Ausnahme der Einsatzkosten) und eine Gegenüberstellung der Angaben aus dem Zwischen- und Schlussbericht findet sich in Tabelle 22.

Tabelle 22: Gegenüberstellung der Schäden des Zwischen- und Schlussberichts zur Flutkatastrophe 2021

	Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021	Abschlussbericht zur Flutkatastrophe 2021
Zeitliche Einordnung	zweieinhalb Monate nach Ereignis: Veröffentlichung des Zwischenberichts	acht Monate nach Ereignis: Veröffentlichung des Endberichts
Schäden total	31.6 Mrd. Euro	33.1 Mrd. Euro
davon Infrastruktur des Bundes	2 Mrd. Euro	2 Mrd. Euro
... Bundesfernstraßen	650 Mio. Euro	
... Bahninfrastruktur	1.3 Mrd. Euro	1.3 Mrd. Euro
davon in Rheinland-Pfalz	17.2 Mrd. Euro	18.2 Mrd. Euro
... öffentliche Infrastruktur	6 Mrd. Euro	7 Mrd. Euro
... Privathaushalte und Wohnungsbaugesellschaften	10 Mrd. Euro	10 Mrd. Euro
... gewerbliche Unternehmen sowie Forst- und Landwirtschaft	1.2 Mrd. Euro	1.2 Mrd. Euro
davon in Nordrhein-Westfalen	12.1 Mrd. Euro	12.3 Mrd. Euro
... Infrastruktur der Gemeinden und Landesbehörden	5 Mrd. Euro	
... nur Infrastruktur der Gemeinden		4.5 Mrd. Euro
... nur Infrastruktur der Landesbehörden		250 Mio. Euro
... Privathaushalte und Unternehmen	4 Mrd. Euro	
... nur Privathaushalte		3 Mrd. Euro
... nur gewerbliche Unternehmen		1.5 Mrd. Euro
... nur Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei		30.5 Mio. Euro
... Telekommunikation, Energie, Entsorgung	2.3 Mrd. Euro	
... kulturelle Einrichtungen und Archive		61 Mio. Euro
... nicht zugeordnet	800 Mio. Euro	3 Mrd. Euro
davon in Bayern	323 Mio. Euro	298 Mio. Euro
... öffentliche Infrastruktur	135 Mio. Euro	135 Mio. Euro
... Privathaushalte	90 Mio. Euro	90 Mio. Euro

	Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021	Abschlussbericht zur Flutkatastrophe 2021
... gewerbliche Unternehmen, Land- und Forstwirtschaft	73 Mio. Euro	73 Mio. Euro
... nicht zugeordnet	25 Mio. Euro	
davon in Sachsen	145 Mio. Euro	256.1 Mio. Euro
... Infrastruktur der Gemeinden	133 Mio. Euro	228 Mio. Euro
... Infrastruktur der Länder	10 Mio. Euro	10 Mio. Euro
... Privathaushalte und Wohnungsbaugesellschaften		4.7 Mio. Euro
... gewerbliche Unternehmen		10 Mio. Euro
... Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei		2.2 Mio. Euro
... nur Forstwirtschaft	2 Mio. Euro	
... Archive, Vereine und Stiftungen		0.7 Mio. Euro

Im Vergleich zu den verwendeten Subelementen in der Tabelle 21 wurden die Schäden in dieser Tabelle bewusst auf Ebene der Bundesländer unterteilt. Grund dafür ist, dass die einzelnen Bundesländer teils sehr unterschiedliche Subelemente gewählt haben und somit eine Vergleichbarkeit der Schäden erschwert wird. Die Verwendung einer einheitlichen Kategorisierung auf Ebene von Subelementen wäre nur mit einer gewissen Unsicherheit möglich, sodass die Wahl auf die Kategorisierung auf Bundesländerebene fiel.

Quelle: BMI und BMF 2021, BMI und BMF 2022, eigene Darstellung, INFRAS

Empfehlung zum Umgang

1. Die Soforthilfen des Bundes und des Landes Nordrhein-Westfalen basieren auf einer ersten Schadensbilanz von Kommunen und Landes- bzw. Bundesressorts und adressieren bewusst akut überlebenswichtige und infrastrukturelevante Sofortmaßnahmen. Sofortzahlungen (bzw. die darauf basierenden Schadenserhebungen) zeigen folglich nur einen gewissen Teil der Schäden auf, selbst wenn bereits zum Zeitpunkt der Veröffentlichung weitaus mehr Schadenswerte bekannt sind. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass bei Katastrophenereignissen die PolitikerInnen auf Landes- und Bundesebene ein Interesse daran haben, die Gunst der WählerInnen zu bedienen und sich im Krisenmanagement zu behaupten. Dies kann zur Ankündigung hoher Sofortzahlungen führen, wodurch Soforthilfen als Quelle mit geringerer Datenqualität und hoher Unsicherheit einzuschätzen sind.
2. Die vom Bund in Auftrag gegebene und von den einzelnen Bundesressorts und Ländern erhobene Schadensbilanz, welche die Grundlage für einen Antrag für Finanzhilfen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF) bildete, ist für das Schadenskataster wertvoll. Aufgrund der Detailtiefe (Differenzierung in Kosten der Bundesressorts und der einzelnen Länder einerseits und Unterteilung in Subelemente wie Netzinfrastruktur, Verkehr, Bildung etc. andererseits) erlaubt die Datenquelle eine Vielzahl an differenzierten Einträgen in das Schadenskataster. Da die Dateneinträge von einem eigens beim Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) und beim Bundesministerium der Finanzen (BMF) angesiedelten Stab Hochwasserhilfe Bund stammen, sind die Daten als stichhaltig einzuschätzen.

Die Schäden an Privathaushalten und Wohnungsbaugesellschaften, welche von der Bundesregierung an die EU-Kommission gemeldet wurden, sind um ein Vielfaches höher als

die Angaben des GDV. Wir gehen davon aus, dass es sich um die gesamten Schäden an Privathaushalten und Wohnungsbaugesellschaften handelt, auch wenn diese aus den Angaben nicht klar ersichtlich ist. Vermutlich wurde diese Schäden aus den Angaben des GDV ermittelt. Die Methode ist allerdings unklar. Der Datensatz des EU-Antrags sollte aus diesem Grund zwar für das Schadenskataster verwendet werden, jedoch bedürfen die Daten einer Abstimmung mit weiteren Datensätzen wie jene des GDV und weiterer Veröffentlichungen des Bundes.

3. und 4. Die veröffentlichten Zwischen- und Abschlussberichte des BMI und BMF stellen ebenfalls wichtige Datenquellen für ein Schadenskataster dar. Die Angaben basieren auf primären Daten der zuständigen Ressorts und Bundesländer und sind als qualitativ hochwertig einzuordnen. Beim Vergleich der Daten des Zwischenberichts (etwa drei Monate nach dem Ereignis) und des Abschlussberichts (neun Monate nach dem Ereignis) ist erkennbar, dass einzelne Schadenskategorien der Länder bereits schnell ausgewertet wurden, während selbst neun Monate nach dem Ereignis Schäden in Höhe von rund 3 Mrd. Euro als "noch nicht zugeordnet" angegeben werden. Da infolge der Aktualisierungen neben Erhöhungen der Schadenswerte auch Anpassungen nach unten ermittelt wurden (z. B. in Bayern), ist es wichtig, die jeweils aktualisierte Fassung zu berücksichtigen. Zudem weisen die Berichte eine teils unterschiedliche Detailtiefe auf: So sind die Schäden manchen Kategorien sehr detailliert, während der Großteil der Schäden stark aggregiert ausgewiesen ist. Da die Bundesländer eine unterschiedliche Detailtiefe aufweisen⁹⁵, ist für die Vergleichbarkeit der Schadenswerte eine sorgfältige Abgrenzung notwendig. Vorschläge zu einer zukünftigen besseren Erfassung könnten vonseiten des Umweltbundesamtes (UBA) auf Grundlage dieser Projekterkenntnisse initiiert werden.

9.4.2.3 Prognos

Beschreibung der Daten

Prognos hat die indirekten monetären Schäden der Sturzfluten ermittelt (Prognos 2022c). Als Datenbasis wurden die Schadensdaten des Hilfszahlungsantrags des EUSF und des Schlussberichts des BMI und BMF (vgl. Unterkapitel Bund und Länder des Kapitels 9.4) verwendet. Zur Unterteilung der Sektoren wurden dafür die offiziellen DAS-Handlungsfelder⁹⁶ angewandt. Die von BMI und BMF veröffentlichten Schäden wurden schließlich den einzelnen DAS-Handlungsfelder zugeteilt. Mithilfe von literaturbasierten Skalierungsparametern, welche das Verhältnis zwischen direkten und indirekten Schäden einzelner Subelemente⁹⁷ abbilden, wurden dann Spannbreiten der indirekten Schäden je Handlungsfeld bestimmt. Die Spannbreiten ergeben sich aus den in der Literatur unterschiedlich ausfallenden Parametern zur Ermittlung indirekter Schäden (Sieg et al. 2019).

Im Fall der Industrie und des Gewerbes umfassen die indirekten Kosten Umsatzeinbußen aufgrund von Verzögerungen oder Ausfälle. Bei den Privathaushalten hat Prognos (2022c) keine indirekten Schäden ausgewiesen.

Prognos (2022c) verwendete als Basis der Hochrechnung der indirekten Schäden die vom Bund genannten direkten Schäden in Höhe von 33.4 Mrd. Euro⁹⁸. Daraus wurden indirekte

⁹⁵ Für Rheinland-Pfalz und Bayern wurden Schäden an der öffentlichen Infrastruktur als übergeordnete Kategorie ausgewiesen, wohingegen für Nordrhein-Westfalen und Sachsen detailliertere Angaben zu Schäden an der Infrastruktur der Länder, der Infrastruktur der Länder, kulturellen Einrichtungen, Archiven und Vereinen vorliegen.

⁹⁶ Die DAS-Handlungsfelder umfassen die Sektoren: Bauwesen, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz, menschliche Gesundheit, Weitere Handlungsfelder

⁹⁷ Subelemente wie z.B. Verkehr und Verkehrsinfrastruktur der Industrie und Gewerbe

⁹⁸ Summe aus (i) 33.1 Mrd. Euro direkten Schäden total des Schlussberichts des BMI und BMF (BMI und BMF 2022) und (ii) 300 Mio. Euro Einsatzkosten aus dem Antrag für Hilfszahlungen aus dem EU-Solidaritätsfonds (BMF 2021c)

Gesamtkosten von rund 7.1 Mrd. Euro⁹⁹ ermittelt. In Tabelle 23 sind detailliertere Angaben zu den Schäden auf Ebene der DAS-Handlungsfelder zu finden.

Tabelle 23: Übersicht der direkten und indirekten Schäden

DAS-Handlungsfelder	Direkte Schäden (gemäß Bund)	Indirekte Schäden (Berechnung Prognos)
Schäden total	33.4 Mrd. Euro	7.1 Mrd. Euro
davon...		
Privathaushalte	14 Mrd. Euro	k.A.
Bauwesen	5.5 Mrd. Euro	1.4 Mrd. Euro
Verkehr und Verkehrsinfrastruktur	4.8 Mrd. Euro	2 Mrd. Euro
Industrie und Gewerbe	2.8 Mrd. Euro	2.2 Mrd. Euro
Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz	2.2 Mrd. Euro	0.3 Mrd. Euro
Menschliche Gesundheit	1.3 Mrd. Euro	0.4 Mrd. Euro
Weitere Handlungsfelder	2 Mrd. Euro	0.4 Mrd. Euro
Nicht zugeordnet	0.7 Mrd. Euro	0.5 Mrd. Euro

Quelle: Prognos 2022c, BMI und BMF 2022, BMF 2021c, eigene Darstellung, INFRAS

Laut Prognos (2022c) beliefen sich die direkten und indirekten Schäden somit auf total rund 40.5 Mrd. Euro, davon 21.1 Mrd. Euro in Rheinland-Pfalz, 15.8 Mrd. Euro in Nordrhein-Westfalen und 0.7 Mrd. Euro Sachsen und Bayern. Weitere 2.9 Mrd. Euro konnten keinem Bundesland zugeordnet werden.

Empfehlung zum Umgang

Die indirekten Schäden wurden mithilfe einfacher Skalierungsparameter abgeleitet. Die Methodik stellt wegen der transparenten Hochrechnungsmethodik einen wertvollen Beitrag für die Berechnung der indirekten Schäden dar. Die ermittelten indirekten Schäden sind allerdings sehr unsicher und daher für die direkte Verwendung im Schadenskataster nicht zu empfehlen.

9.4.2.4 Copernicus und weitere Fotoaufnahmen

Beschreibung der Daten

Das „Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology“ (CEDIM) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) hat rund eine Woche nach dem Extremwetterereignis eine Schätzung der Schäden in den besonders stark betroffenen Gebieten des Kreises Ahrweiler und des Rhein-Erft-Kreises durchgeführt (Mohr et al, 2021). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass in den Tälern der Flüsse Ahr und Erft rund 19'400 Gebäude mit einem Wert von 8.92 Mrd. Euro¹⁰⁰ von den Sturzfluten betroffen waren, wobei nicht genauer bzgl. der Betroffenheit bzw. Zerstörung differenziert wurde. Insgesamt gibt der Bericht einen Gesamtschaden (inklusive Infrastruktur) für das Ahr- und Erfttal in Höhe von 11 bis 29 Mrd. Euro an. Es gibt jedoch auch weitere

⁹⁹ im Median

¹⁰⁰ ohne Infrastruktur

Angaben auf Basis des Copernicus Rapid Mapping zu physischen Schäden im Ahrtal bzw. dem Landkreis Ahrweiler (Schmid-Johannsen et al 2023): So wurden im Landkreis Ahrweiler 467 Gebäude vollständig zerstört, 717 Gebäude mit Sicherheit beschädigt und weitere 3'055 Gebäude möglicherweise beschädigt.¹⁰¹ Von den 467 zerstörten Gebäuden waren 192 Wohnhäuser. Entlang der Ahr wurden 3.9 Kilometer Verkehrsinfrastruktur¹⁰² vollständig zerstört. Weitere 52 Kilometer wurden mit Sicherheit und mehr als 88 Kilometer möglicherweise beschädigt. Die größten Schäden in Kilometer wurden hierbei bei Gemeindewegen verzeichnet. Es gilt hierbei hervorzuheben, dass diese fast track-Schätzwerte nicht die gesamte betroffene Fläche umfassen, sondern nur einen Teil der Betroffenheit – in diesem konkreten Fall das Ahrtal bzw. den Landkreis Ahrweiler – abdeckt.

Mohr et al 2021 bedienten sich für die Schadensschätzung an kurzfristig verfügbaren Fotoaufnahmen und Fernerkundungsdaten. Dazu gehörten zunächst insbesondere Privataufnahmen aus Social-Media-Kanälen sowie (private) Drohnenaufnahmen und Aufnahmen von Polizeihelikoptern, welche das Geschehen und die Ausmaße während der ersten beiden Tage seit Ereignisbeginn dokumentierten. Anhand dieser Aufnahmen wurde ein erstes Lagebild in den am stärksten betroffenen Gebieten erstellt werden. Ab dem dritten Tag nach Ereignisbeginn gab es erste Sentinel-1-Aufnahmen des Copernicus-Dienstes¹⁰³. Es handelte sich dabei um Radaraufnahmen, welche lediglich Schätzungen über überflutete Freiflächen, d. h. unbebaute Flächen, ermöglichten. Ab dem Eintreffen erster Fotoaufnahmen des Sentinel-2-Satelliten am vierten Tag wurde auch eine Schätzung der betroffenen bebauten Flächen möglich. Durch die Kombination aller verfügbaren Foto-, Luft- und Fernerkundungsaufnahmen konnte eine möglichst detaillierte Zählung der betroffenen Gebäude durchgeführt werden. In Kombination mit Daten über den Grundstücks- und Gebäudewert ließ sich der Wert der betroffenen Gebäude und Grundstücke (ohne Infrastruktur) ermitteln. Die Schäden des Ereignisses in den beiden besonders exponierten Gebieten wurden schließlich mithilfe der Angaben zum betroffenen Kapitalstock in Kombination mit empirischen Daten zu Infrastruktur- und Elementarschäden vergangener Hochwasserereignisse geschätzt. Auf diese Weise ergab sich die grobe Schätzung mit großem Intervall zwischen 11 und 29 Mrd. Euro.

Neben dem CEDIM des KIT hat auch eine weitere Hochschule Copernicus-Fernerkundungsdaten verwendet, um die Auswirkungen der Sturzfluten im Sommer 2021 zu ermitteln: So gründete der Fachbereich Geographie und Naturrisikenforschung der Universität Potsdam ein Projekt zur Ableitung der wirtschaftlichen Schäden im Ahrtal infolge der Sturzfluten im Sommer 2021 (Mohor et al. 2024). Ziel des laufenden Projektes ist die systematische Kartierung sämtlicher struktureller Gebäudeschäden im nahezu gesamten Ahrtal (von Müsch bis Sinzig). Dazu wurde versucht, eine Vor-Ort-Begehung mithilfe von Fernerkundungsdaten zu reproduzieren. Dafür wurde einerseits ein texturiertes 3D-Mesh-Modell aus Oblique-Schrägluftfotos und Orthofotos zusammengestellt. Diese Daten wurden innerhalb von 10 Tagen mithilfe eines photogrammetrischen Verfahrens auf Basis von Luftbildern von Drohnen, Helikoptern und Flugzeugen ermittelt. Da Schrägluft- und vor allem auch Orthofotos allein für die Schadensbeurteilung betroffener Strukturen nur bedingt geeignet sind, wurden andererseits auch satellitengestützte Fernerkundungsdaten des „Copernicus Emergency Management Service“ (CEMS) hinzugezogen. Für das Projekt wurden somit unterschiedliche

¹⁰¹ Werte basieren auf einer Erstanalyse vom 21. Juli 2021.

¹⁰² Verkehrsinfrastruktur umfasst in diesem Kontext Brücken und Trassen, Hauptverkehrswege, Gemeindestrassen und Schienenverkehrswege.

¹⁰³ Der Grund für die Verzögerung ist, dass entsprechend ausgestattete Fernerkundungssatelliten i.d.R. nicht zum Zeitpunkt des Ereignisses auf die betroffenen Gebiete ausgerichtet sind, sondern mehrere Tage bis zur Neupositionierung und -ausrichtung der Satelliten benötigt werden können (vgl. Kapitel 6.6).

Fernerkundungsdaten zusammengetragen, wobei die satellitengestützten Copernicus-Daten die wichtigste Datenquelle darstellen.

Zusammen mit den schematischen Schadensklassen des „Earthquake Damage Analysis Centers“ (EDAC) der Bauhaus-Universität Weimar lassen sich den betroffenen Strukturen ökonomische Schäden zuzuordnen. Das Schema des EDAC unterscheidet hierbei nicht nur zwischen nicht-zerstörten, zerstörten und beschädigten Strukturen, sondern auch mithilfe weiterer Unterkategorien. Wie bei vergleichbaren vergangenen Studien kommt es bei diesem Projekt jedoch auch zu gewissen Limitationen durch fehlende Informationen zur räumlichen Verteilung von Vermögenswerten (Bauhaus Universität Weimar 2024).

Empfehlung zum Umgang

Die Methodik von Mohr et al 2021, welche zur ersten Schätzung der betroffenen Gebiete angewandt wurde, beinhaltet Unsicherheiten. So zeigten bspw. die Radaraufnahmen des Sentinel-1-Satelliten neben überfluteten Freiflächen auch See und weitere Flüsse, welche bei der Abschätzung nachträglich herausgerechnet werden müssen. Bei entsprechenden Satellitenaufnahmen bedarf es folglich stets einer manuellen Interpretation. Eine weitere Herausforderung stellt die Übersetzung der überfluteten Flächen in physische und monetäre Schäden dar. In diesem Fall führte die Verwendung historischer Hochwasserschäden dazu, dass die möglichen Schäden mit 11 bis 29 Mrd. Euro weit auseinanderklaffen. Auch der Einbezug privater Fotoaufnahmen aus Social-Media-Kanälen ist mit Unsicherheiten bzgl. Qualität, Vollständigkeit und Aktualität der Aufnahmen verbunden. Darüber hinaus umfasst die Untersuchung nur die beiden am stärksten betroffenen Gebiete, nämlich das Ahr- und das Erfttal. Eine Hochrechnung der lokalen und ortsspezifischen Schäden auf das gesamte betroffene Bundesgebiet wäre aufgrund der unterschiedlichen Betroffenheitsstärken mit sehr großen Unsicherheiten verbunden und nicht zu empfehlen. Dennoch könnten die Angaben des CEDIM als wertvolle fast track-Schätzwerte und Platzhalter im Schadenskataster verwendet werden. Sobald präzisere und regionenübergreifende Schadensdaten verfügbar sind, sollten die CEDIM-Schätzwerte durch diese ausgetauscht werden.

Die Ergebnisse des laufenden Projekts der Universität Potsdam sind bis zur Veröffentlichung des wissenschaftlichen Artikels nicht einsehbar. Dementsprechend ist eine Beurteilung dieses Vorhabens schwierig und nur mit entsprechender Unsicherheit verbunden. Nach Aussage des Projektleiters sind die bisherigen Berechnungen¹⁰⁴ vielversprechend, sodass von einem Mehrwert für das Schadenskataster auszugehen ist. Nach Veröffentlichung des wissenschaftlichen Artikels des Projekts sollte eine detaillierte Untersuchung der Methodik und Daten durchgeführt werden. Hierbei sollte insbesondere auch untersucht werden, ob die Methodik für (teil)automatisierte Analysen bei zukünftigen Extremereignissen geeignet ist.

9.4.2.5 Rückversicherungsgesellschaften

Beschreibung der Daten

Die Rückversichererungsgesellschaften Munich RE und Swiss Re gaben in Medienmitteilung Angaben zu den Schäden total und den versicherten Schäden infolge des Sturzflutereignisses an. Munich RE beziffert mit Stand Oktober 2021 die direkten Schäden auf 33 Mrd. Euro und die versicherten Schäden auf über 7 Mrd. Euro (Munich RE 2021). Die Gesamtschäden der Munich RE decken sich demnach mit den Angaben des BMI-Berichts von März 2022. Da die

¹⁰⁴ Stand Juni 2023 wurden fünf Ortsteile bzw. rund 600 Gebäude untersucht und die Daten werden zurzeit validiert. Falls die Methodik plausible Daten ermittelt und die Daten erfolgreich validiert wurden, kommen weitere betroffene Gemeinden hinzu.

Schadensbilanzen der Munich RE über eine proprietäre Erhebungsmethode ermittelt werden, ist nicht weiter bekannt, ob es sich um dieselbe Datenbasis handelt.

Swiss Re gibt mit Stand Dezember 2021 für alle betroffenen Länder in Mitteleuropa einen wirtschaftlichen Gesamtschaden in Höhe von rund 40 Mrd. USD¹⁰⁵ und versicherte Schäden von bis zu 13 Mrd. Euro¹⁰⁵ an (Swiss Re 2021). Die Schäden für Deutschland werden nicht separat ausgewiesen.

Empfehlung zum Umgang

Die Angaben der Rückversicherungsgesellschaften liegen nur in stark aggregierter Form vor. Darüber hinaus werden keine Angaben bzgl. der Primärquellen oder der angewandten Hochrechnungsmethodik gemacht, sodass nicht nachvollziehbar ist, wie die angegebenen Schadenswerte zustande kommen. Zumindest bei der Angabe zu den versicherten Schäden von Munich RE ist davon auszugehen, dass hierfür als Primärquelle die veröffentlichten Daten des GDV verwendet wurde: Die Schadenssumme entspricht grob den Angaben der GDV-Medienmitteilungen vom September 2021. Bei allen weiteren Schadensangaben der beiden Rückversicherungsgesellschaften ist keine Überprüfung möglich.

Bezüglich der Angaben über versicherte Schäden empfiehlt sich im Fall dieses Ereignisses die Verwendung der GDV-Werte, da sie nachvollziehbar und als qualitativ hochwertig einzuschätzen sind. Die Werte der Munich RE und Swiss Re könnten hierbei als Plausibilisierungsgrundlage hinzugezogen werden. Die wirtschaftlichen Gesamtkosten, welche von den Rückversicherungsgesellschaften veröffentlicht wurden, könnten als Platzhalter und Richtwert verwendet werden, falls bis dahin keine konkreteren und nachvollziehbare Angaben vorliegen.

9.4.2.6 Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) Rheinland-Pfalz

Beschreibung der Daten

Das Deutsche Komitee Katastrophenvorsorge (DKKV) hat im Februar 2022 ein Dokument veröffentlicht, in dem es die Ergebnisse einer Anfrage bei der rheinland-pfälzischen Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD)¹⁰⁶ zu den Schäden der Sturzfluten im Ahrtal auflistet (DKKV 2022). So wurden im Ahrtal rund 8'800 Gebäude und sämtliche 103 Brücken stark beschädigt oder zerstört. Rund 106 Kilometer Bundes-, Landes- und Kreisstraßen und rund 30 Kilometer Schienen wurden stark beschädigt oder zerstört. In ganz Rheinland-Pfalz waren rund 115 Schienenkilometer betroffen. Darüber hinaus wurden im Ahrtal insgesamt 17 Schulen zerstört. Die Gesamtschadenssumme wird auf bis zu 20 Mrd. Euro geschätzt, von denen nur rund 5 Mrd. Euro versichert sind (DKKV 2022). Ob sich die Angabe zu den Schäden nur auf das Ahrtal oder auf das ganze Bundesland Rheinland-Pfalz bezieht, ist nicht genauer angegeben.

Empfehlung zum Umgang

Die Anfrage und Erarbeitung der ADD wurde wegen eines spezifischen, folgenschweren Schadensereignis angestoßen. Es handelt sich somit um keine regelmäßige Abfrage, welche auch bei kleineren Schäden untersucht wird. Die Angaben des ADD sind im Fall der Sturzfluten im Juli 2021 jedoch insbesondere für Einträge physischer Schäden hilfreich: So gibt es neben Angaben zu betroffenen Gebäuden auch differenzierte Angaben zu betroffenen Infrastrukturen (in Straßen-, Schienenkilometer, Anzahl Brücken). Allerdings beschränken sich die Angaben in diesem Fall auf das Ahrtal, was auf die regionalspezifische Anfrage des DKKV zurückzuführen ist. Das ADD verfügt zwar voraussichtlich über Angaben zu den Schäden im ganzen Bundesland

¹⁰⁵ Zum Wechselkurs von 0.88USD je Euro im Dezember 2021 entsprach dies rund 35 Mrd. bzw. 11.5 Mrd. Euro.

¹⁰⁶ Das ADD ist eine Mittelbehörde (obere Landesbehörde) mit Zuständigkeiten in den Verwaltungsbereichen Kommunales, Soziales, Schulen und Wirtschaft sowie Landwirtschaft und Weinbau.

Rheinland-Pfalz, jedoch bilden diese trotzdem nur einen Teil der bundesweiten Schäden ab. Eine Hochrechnung der betroffenen Infrastruktur auf das gesamte betroffene Bundesgebiet ist nicht empfehlenswert: In den engen Flusstälern der Ahr und Erft führten die stark kanalisierten Wassermassen zu sehr viel höheren Schäden an Infrastruktur als in vorwiegend von stehenden Hochwassern betroffenen Gebieten. Auch wenn Angaben, welche nur das Ahrtal berücksichtigen, ein unvollständiges Bild abbilden, sind sie für den Einsatz in einem Schadenskataster – unter Verwendung entsprechender Hinweise – geeignet.

9.4.2.7 Deutsche Bahn AG

Beschreibung der Daten

Die Deutschen Bahn AG schätzt die Schäden an der Schieneninfrastruktur, d. h. am Schienennetz und den Bahnhöfen, total auf rund 1.3 Mrd. Euro (Heeg, 2021). Für interne Zwecke erhebt die Deutschen Bahn AG die Schäden zudem in hohem Detailierungsgrad. Erfasst werden Schäden z. B. an Brücken, Bahnübergängen, Stellwerken, Gleisanlagen, Oberleitungen oder Bahnhofsgebäuden. Diese Daten, die nicht öffentlich zugänglich sind, wurden uns von der Deutschen Bahn zur Einsichtnahme zur Verfügung gestellt. Veröffentlicht wurden starke Beschädigungen und Zerstörung gemäß Deutsche Bahn AG an 50 Eisenbahnbrücken, 180 Bahnübergängen, fast 40 Stellwerken sowie mehr als 1000 Oberleitungen und Strommasten infolge der Sturzfluten. Aus öffentlichen Quellen ist darüber hinaus bekannt, dass mehrere Dutzend Bahnhöfe und Haltepunkte teils stark beschädigt wurden (DB 2021a). Bundesweit wurden rund 600 Kilometer Gleise unbefahrbar oder sogar zerstört (DB 2021b).

Empfehlung zum Umgang

Erste interne Schadensangaben der Deutschen Bahn AG bzw. DB Netz AG waren bereits wenige Tage nach dem Ereignis verfügbar. Die Hochwasserschadensbilanz wurde fünf Wochen nach dem Ereignis angelegt und die Daten wurden sodann regelmäßig aufdatiert. Laut Aussage eines der Verantwortlichen bei der DB Netz AG musste jede Abweichung der Schadenswerten bzw. Wiederaufbaukosten gegenüber den bisherigen Angaben an die zuständigen Verantwortlichen der Schadensbuchhaltung berichtet. Die Daten waren folglich auf einem bestmöglich aktuellen Stand. Mithilfe des Einsatzes interner GutachterInnen ist die Datenqualität als qualitativ hochwertig einzuordnen. Für das Schadenskataster sind die differenzierten Angaben über physische Schäden im Bereich Bahninfrastruktur wertvoll. Auch die monetäre Schadenssumme sollte Verwendung im Rahmen des Schadenskataster finden. Es müsste jedoch abgeklärt werden, inwiefern ähnliche Daten regelmäßig für ein Schadenskataster genutzt werden können. Die öffentlich zugänglichen aggregierten Daten sind nützlich für Angaben zu den Schäden, erlaubt jedoch keine Unterteilung entlang der oben genannten Subelemente.

9.4.3 Gegenüberstellung der verfügbaren Daten

Tabelle 24: Schäden Sturzflut Bernd 2021

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
GDV	versicherte Schäden an Wohngebäuden, Hausrat und Betrieben	Wohngebäude: 3.6 Mrd. Euro / 91'000 Fälle Hausrat: 700 Mio. Euro / 53'000 Fälle Betriebe: 3.9 Mrd. Euro / 28'000 Fälle	Primärdaten	Schadensermittlung mithilfe interner und externer Gutachten	hoch wichtigste Datenquelle für (versicherte) Schäden	geringe Unsicherheit	erste Gesamtschadensbilanz zwei Monate danach	laufende Aktualisierung der Schadensdaten (unregelmäßig) letztmalige Aktualisierung 12 Monaten danach	prinzipiell gegeben
1a) Soforthilfen	Erfassung vordringlicher Sofortmaßnahmen	400 Mio. Euro (Hinweis: nur Teil der Schäden total)	Primärdaten	Schadenschätzungen der Bundesressorts und Länder	gering, da nicht repräsentativ	hohe Unsicherheit, da nur vordringliche Maßnahmen im Fokus	Veröffentlichung bereits wenige Tage nach Ereignis	einmalige Erhebung	nicht gegeben keine vollständige Schadensbilanz (Fokus vordringliche Maßnahmen)

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
1b) Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“	Erfassung der bundesweiten Wiederaufbaukosten	bis zu 30 Mrd. Euro, davon 14 Mrd. von den Ländern und 16 Mrd. vom Bund (Details: siehe Tabelle 21)	Primärdaten	Grundlage: kommunale Schadensschätzungen	hoch bis mittel als erste Gesamtübersicht nützlich	gewisse Unsicherheit, da Schadensbilanz vermutlich zu hoch angesetzt («bis zu 30 Mrd. Euro»)	Veröffentlichung der Daten einen Monat danach	einmalige Erhebung	nicht sichergestellt keine Schlussbilanz
2) Antrag auf Finanzhilfen aus dem EUSF	Ermittlung der direkten Schäden für Antrag auf Finanzhilfen aus EUSF	Direkte Schäden: 29.2 Mrd. Euro (Details: siehe Tabelle 21)	Primärdaten	Schadensermittlung der Bundesresorts, Länder und Kommunen	hoch wertvoll für Gesamtbilanzierung	geringe Unsicherheit	Fertigstellung der Antragstellung vier Monate danach Schadensbilanz nicht öffentlich zugänglich	einmalige Erhebung für spezifische Antragsstellung keine Aktualisierung bekannt	nicht sichergestellt vorläufige Schadensbilanz

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
3) Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021	Ermittlung der bundesweiten direkten Schäden	Direkte Schäden bundesweit: 31.6 Mrd. Euro (Details: siehe Tabelle 22)	Primärdaten	Schadensermittlung der Bundesresorts, Länder und Kommunen	hochwertvoll für Gesamtbilanzierung	geringe Unsicherheit	Veröffentlichung zwei Monate danach	als Zwischenbericht erstellt, somit Aktualisierung vorgesehen	nicht sichergestellt stellt nur Zwischenbericht
Schlussbericht zur Flutkatastrophe 2021	Ermittlung der bundesweiten direkten Schäden	Direkte Schäden bundesweit: 33.1 Mrd. Euro (Details: siehe Tabelle 22)	Primärdaten	Schadensermittlung der Bundesresorts, Länder und Kommunen	hochwertvoll für Gesamtbilanzierung	geringe Unsicherheit	Veröffentlichung acht Monate danach	Schlussbericht federführender „Stab Hochwasserhilfe Bund“ aufgelöst	prinzipiell gegeben finale Schadensbilanz

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
Copernicus und weitere Fotoaufnahmen	regionale Schätzung der Schäden (Mohr et al, 2021) in den besonders stark betroffenen Gebieten des Kreises Ahrweiler und des Rhein-Erft-Kreises	19'400 betroffene Gebäude Schaden mit Infrastruktur: 11 bis 29 Mrd. Euro Schaden ohne Infrastruktur: 8.92 Mrd. Euro	Primärdaten	grobe Schadensschätzung mittels Fotoaufnahmen (Social Media) und Fernerkundungsdaten (Sentinel-Satelliten) in Kombination mit historischen Schadensdaten	momentan eher gering in Zukunft potenziell hoher Nutzen durch Verbesserung der Methodik	physische Schäden: mittlere Unsicherheit monetäre Schäden: hohe Unsicherheit	Veröffentlichung eine Woche danach	keine Aktualisierung/Ergänzung bekannt	nicht gegeben nur regionale Abdeckung
Rückversicherungsgesellschaften (Munich RE und Swiss Re)	versicherte Schäden und Schäden total	Munich RE (für Deutschland): gesamt: 33 Mrd. Euro versichert: 7 Mrd. Euro Swiss RE (für Europa): gesamt: 40 Mrd. Euro versichert: 13 Mrd. Euro	Sekundärdaten	proprietärer Hochrechnungsmethodik auf Basis u. a. der GDV-Daten	hoch bis mittel für Vergleich mit anderen Datenquellen sinnvoll	versicherte Schäden: geringe Unsicherheit (analog GDV) Schäden total: mittlere Unsicherheit aufgrund intransparenter Hochrechnung	Munich RE: Veröffentlichung drei Monate danach Swiss Re: Veröffentlichung fünf Monate danach	Aktualisierung vermutlich, aber unbekannt	volkswirtschaftlicher Schäden: nicht sichergestellt, da Hochrechnung unklar versicherte Schäden: prinzipiell gegeben

Verfügbare Datenquelle	Was wird erfasst?	Schaden (monetär/ physisch)	Primär-/Sekundärdaten	Erhebungsmethodik	Potenzieller Nutzen für Schadenskataster	Unsicherheit	Verfügbarkeit nach Ereignis	Fortlaufende Aktualisierung	Vollständigkeit
ADD Rheinland-Pfalz	Anfrage zu den Schäden der Sturzfluten im Ahrtal bei der rheinland-pfälzischen ADD	Geschätzte monetäre Schäden: 20 Mrd. Euro davon rund 5 Mrd. Euro versichert Physische Schäden: siehe Kapitel 9.4.2	physische Schäden: Primärdaten monetäre Schäden: Sekundärdaten	Anfragen bei Kommunen und Landesressorts	mittel Angaben zu physischen Schäden wertvoll (wenn auch nur regional) Angaben zu monetären Schäden zu unsicher	physische Schäden: geringe Unsicherheit monetäre Schäden: hohe Unsicherheit	Veröffentlichung sieben Monate danach	keine Aktualisierung/Ergänzung bekannt	physische Schäden: nicht gegeben, da nur Ahr- und Erfttal monetären Schäden: nicht sichergestellt, da Perimeter unklar
Deutsche Bahn AG / DB Netz AG	Schaden der gesamten bundesweiten Schieneninfrastruktur	Schäden total Schieneninfrastruktur: 1.3 Mrd. Euro Physische Schäden: siehe Kapitel 9.4.2	Primärdaten	konzerninterne Gutachten und Abfragen	hochwertvolle Datenquelle zu monetären und physischen Schäden der Bahnverkehrsinfrastruktur	geringe Unsicherheit	Veröffentlichung bereits wenige Tage danach	laufende Aktualisierung der Schadensdaten (unregelmäßig)	Schienenverkehrsinfrastruktur: prinzipiell gegeben

Quelle:: eigene Darstellung, INFRAS

9.5 Fazit der Recherchen

Neben den eigenen Erfahrungen des AutorInnenenteams im Rahmen umfangreicher Recherchen und ExpertInneninterviews lässt sich mithilfe der Bearbeitung der analysierten Fallbeispiele ein erstes Fazit ziehen: Zwar werden bereits heute eine Reihe von Daten zu Extremwetterereignissen erhoben und veröffentlicht, jedoch bestehen derzeit keine Vorgaben für eine konsistente und systematische Erhebung von Schadensdaten über verschiedene Bereiche hinweg. Die Daten werden für eine Vielfalt von Zwecken gesammelt und vermitteln somit ein unvollständiges Bild und sind oft nur schwer miteinander vergleichbar (vgl. auch Ballio et al. 2018). Die föderale Struktur Deutschlands und die Vielzahl von AkteurInnen, welche nützliche Daten besitzen, stellen ein erhebliches Problem für eine systematische und kombinierbare Erfassung dieser Daten dar. Daten werden von staatlichen und nicht-staatlichen AkteurInnen sowie auf der Ebene Bund, Länder oder Kommunen erhoben. Daher ist die Datenerfassung selten einheitlich, oft kleinteilig und es stehen in der Regel nur geringe finanzielle Mittel zum systematischen Sammeln von Daten zur Verfügung. Der Zugang zu Daten im Privatbesitz ist zudem oft eingeschränkt. Der Aufwand, alle verfügbaren Daten zu identifizieren, flächendeckend zu erheben und konsistent aufzubereiten ist daher erheblich. Außerdem ist in den meisten Fällen eine deutschlandweite Abdeckung nicht gegeben.

Vor allem bei kurzfristigen (fast track) Schätzungen sind Schadensangaben oft nicht stichfest und weichen am Ende von den tatsächlichen Schäden ab. Die finale (slow track) Erhebung der Daten dauert dann mitunter Jahre. Dies hängt unter anderem auch mit dem teils langwierigen Wiederaufbau zusammen (insbesondere bei Infrastrukturmaßnahmen).

Von InterviewpartnerInnen wurden vielfach Quellen, welche diese aber nicht im Detail kannten, als eventuell nützlich empfohlen. Bei näherer Analyse zeigt sich jedoch leider oft, dass die entsprechenden Quellen für ein Schadenskataster kaum brauchbar sind.

Schließlich ist jedes Ereignis einzigartig. Das bedeutet, dass sich auch bei scheinbar analogen Ereignissen die Schäden stark voneinander unterscheiden können. Es ist eine Herausforderung, diese Heterogenität in einer Datenbank geeignet abzubilden.¹⁰⁷

Tabelle 25 zeigt eine quantitative Zusammenfassung der Schäden je Fallstudie bzw. Extremwetterereignis. Hierbei wird unterteilt in direkte Schäden, versicherte direkte Schäden und indirekte Schäden.

Tabelle 25: Zusammenfassung der Schäden je Fallstudie

Extremereignis	Direkte Schäden total	Versicherte direkte Schäden	Indirekte Schäden
Flussüberschwemmungen 2013	8.2 Mrd. Euro	1.8 Mrd. Euro	k.A.
Dürresommer 2018/2019	4.4 Mrd. Euro	k.A.	bis zu 3.8 Mrd. Euro
Sturzfluten 2021	33.4 Mrd. Euro	8.5 Mrd. Euro	7.1 Mrd. Euro

Angabe „k.A.“ bei zu hoher Unsicherheit der Datenlage.

¹⁰⁷ So ist bspw. die hohe Anzahl von Todesfällen eines vergangenen Hochwasserereignisses in Österreich darauf zurückzuführen, dass Jugendliche absichtlich eine River-Rafting-Tour auf dem vom Hochwasser betroffenen Fluss unternommen haben. Ein Quervergleich mit einem analogen Ereignis ist daher nicht trivial.

Quelle: Flussüberschwemmungen 2013: Deutscher Bundestag 2016, GDV 2014a; Dürresommer 2018/2019: Prognos 2022a, Prognos 2022b, Statistisches Bundesamt 2020, Eurostat 2021; Sturzfluten 2021: BMI und BMF 2022, BMF 2021c, Prognos 2022c, eigene Darstellung, INFRAS

Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus den drei untersuchten Fallbeispiele (vgl. Kapitel 9.2, 9.3, und 9.4) wiedergegeben.

Fallbeispiel 1: Hochwasserereignis im Juni 2013

Für das Hochwasserereignis im Juni 2013 ist eine Vielzahl an Datenquellen verfügbar. Internationale Schadensdatenbanken (wie EM-DAT, Sigma Explorer, NatCat Service) weisen jedoch nur stark aggregierte Schadenwerte aus. Darüber hinaus sind oftmals weder die verwendeten Primärquellen noch die Hochrechnungsmethodik angegeben. Letzteres wird teils bewusst nicht bekannt gegeben (z. B. proprietäre Methode von Munich RE). Sodann ist bei anderen Datenbanken davon auszugehen, dass Angaben schlicht fehlen (wie z. B. bei EM-DAT). Eine weitere Herausforderung ist bei der Verwendung internationaler Schadensdatenbanken das Problem, dass die aggregierten Daten i.d.R. stark voneinander abweichen. Jedoch ist nicht ersichtlich, woher die jeweiligen Abweichungen stammen und welche der Daten aktualisierter oder präziser sind, da nicht angegeben wird, auf welchem Stand die Daten sind.

Weitaus transparenter und differenzierter sind die Angaben des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV). Während internationale Datenbanken keine Differenzierung in Subelemente ermöglichen, sind GDV-Daten wertvoll für (versicherte) Schäden an Wohngebäuden, Hausrat und Unternehmen. Der GDV stellt eine der wertvollsten Datenquellen bei Hochwasserereignissen dar, wenngleich die öffentlich verfügbaren Daten nur eingeschränkt nach Subelementen differenzieren. Es bräuchte hierfür eine vertiefte Kooperation zwischen dem Bund und dem GDV, um eine spezifische, auf die Bedürfnisse des Schadenskatasters und deren Nutzenden zugeschnittene Schadensdatenabfrage zu ermöglichen. So ließen sich bestenfalls zuvor definierte Extremwetterereignisse und Subelemente für zukünftige Schadensbilanzen von den Versicherungsgesellschaften abfragen. Auch eine automatisierte Einpflegung der GDV-Daten in das Schadenskataster wäre wünschenswert.

Auch der Bund und die Bundesländer sind wertvolle Datenquellen. Einerseits aufgrund der geringen Unsicherheit und Transparenz, andererseits dank der teils stark differenzierten Datenerhebung. Staatliche Berichterstattungen sind für die Schadensermittlung an kommunaler, Landes- sowie bundeseigener Infrastruktur und deren Verwendung im Schadenskataster essenziell. Gleichzeitig ist im Laufe der Recherche nochmals klarer geworden, dass es sowohl auf kommunaler als auch Landes- und Bundesebene keine einheitlichen Definitionen und Kategorisierung gibt. Diese Tatsache erschwert die Vergleichbarkeit der Daten und die Verwendbarkeit im Rahmen des Schadenskatasters erheblich. Letztlich sind vor allem die aggregierten Angaben besonders belastbar (wie z. B. Schäden an bundeseigener Infrastruktur), wohingegen auf Subelementebene (wie z. B. Schäden an kommunaler Infrastruktur) große Abweichungen bestehen. Eine Zusammenfassung der Schäden auf Subelementebene über alle betroffenen Bundesländer ist folglich mit hoher Unsicherheit behaftet.

Darüber hinaus muss jede staatliche Berichterstattung über Schäden oder Wiederaufbaukosten eingeordnet werden: Handelt es sich hierbei um Soforthilfen, ein bundesweites Wiederaufbaufonds oder Gesamtschadensbilanzen? So bilden z. B. Soforthilfen nur die Geldmittel für die zeitkritischsten und überlebenswichtigsten Maßnahmen vor Ort des Geschehens ab. Dies sind aber nur einen (Bruch)-Teil der Schäden. Die unterschiedlichen Berichte des Bundes sind aufgrund ihrer Variation und Intention mitunter herausfordernd zu interpretieren.

Eine weitere Klasse von Datenquellen bilden satellitengestützte Fernerkundungsdienstleistungen ab. Die daraus errechneten Fernerkundungsdaten sind äußerst wertvoll und können in Zukunft noch relevanter werden: Sowohl physische und monetäre Schäden können innerhalb weniger Tage, also fast track, ermittelt werden. Hierbei besteht allerdings die Herausforderung, den betroffenen Flächen und Gebäuden einen monetären Schaden zuzuordnen.

Die Abdeckung der Schäden ist dieser Fallstudie wie folgt einzuschätzen: Für die versicherten Schäden an Privathaushalten, Gewerbe und Industrie ist eine vollständige Abdeckung der monetären Schäden anzunehmen. Jedoch weist jedes Bundesland eine unterschiedlich hohe Versicherungsabdeckung für Extremwetterereignisse auf. Die tatsächliche Abdeckung aller Schäden an Privathaushalten, Gewerbe und Industrie je nach Bundesland ist als weit unterhalb von 100%. Die größte Schadensabdeckung stammt von Berichten des Bundesministeriums des Innern und für Heimat (BMI) und des Bundesministeriums für Finanzen (BMF). Eine konkrete prozentuale Einschätzung ist allerdings nicht trivial. Die monetären Schäden an Kommunen, Landes- und Bundesinstitutionen sowie Infrastrukturen sind nahezu vollständig abgedeckt.

Viele der genannten Punkte gelten auch allgemein für die folgenden beiden Fallbeispiele, so dass wir nur noch die spezifischen weiteren Punkte aufführen.

Fallbeispiel 2: Dürresommer 2018 und 2019

Bei der Recherche zu den landwirtschaftlichen Schäden aufgrund der Dürreperioden 2018 und 2019 ergab sich, dass in den internationalen Schadensdatenbanken wie EM-DAT, NatCat-Service oder Sigma Explorer kaum Einträge zu Dürreschäden zu finden sind. Wichtigste Quellen sind daher die ermittelten Ertragseinbußen der Landwirtschaft vom Statistischen Bundesamt, welche die Ernteerträge gegenüber dem langjährigen Mittel errechnet hat. Dies ist erst nach vollständiger Erfassung der Ernte möglich.

Eine spezielle Quelle für die Landwirtschaft sind Indexversicherungen, die allerdings im Wesentlichen auf Modellen beruhen und noch wenig genau sind. Schließlich können auch Daten von Fernerkundungssatelliten hinzugezogen, die eine fast track Schätzungen ermöglichen.

Die Abdeckung der landwirtschaftlichen Schäden ist wie folgt einzuschätzen: Die Versicherungsabdeckung für Extremwetterereignisse ist in der Landwirtschaft sehr niedrig. Unversicherte Schäden, welche somit die Mehrheit der landwirtschaftlichen Schäden darstellen, lassen sich nur durch Modellierungen wie bspw. dem KlimErtrag-Modell abbilden. Die Unsicherheit der Ergebnisse ist hierbei hoch. Mit Einbezug zusätzlicher Feldfrüchte in die Modellierung ist davon auszugehen, dass sich so der überwiegende Großteil der landwirtschaftlichen Schäden abdecken lässt, mindestens jedoch die relevantesten bzw. flächenmäßig am meisten kultivierten Feldfrüchte.

Fallbeispiel 3: Sturzfluten im Juli 2021

Angesichts der Größe des Ereignisses stehen eine Vielzahl an Schadensdaten zur Verfügung. Die wichtigsten Daten stammen vom GDV sowie dem Bund, insbesondere dem Innen- und Finanzministerium. Der Bund veröffentlichte mehrere detaillierte Schadensbilanzen und Details von Wiederaufbaufonds.

Der Bund hat mit Hilfe der Bundes- und Länderressorts sowie den Kommunen mit dem Sondervermögen «Aufbauhilfe 2021», der Antragsstellung für Hilfszahlungen aus dem EU-Solidaritätsfonds (EUSF) sowie dem Zwischen- und Abschlussbericht zur Flutkatastrophe 2021 mehrere wertvolle Datenzusammenstellungen erstellt. Die unterschiedliche Kategorisierung der Datensätze auf Ebene der Subelemente stellt allerdings eine Herausforderung dar: Eine Vergleichbarkeit der Datensätze daher teilweise nicht oder nur mit erheblicher Unsicherheit

möglich. Nichtsdestotrotz fällt auf, dass die angegebenen (direkten) Schäden sehr ähnlich und die Abweichung zwischen den Datensätzen mit rund 10%¹⁰⁸ erstaunlich niedrig ausfallen. Darüber hinaus werden in manchen Bundesberichte Restkategorien (Residual) aufgelistet, welche vermutlich in anderen Berichten jeweils konkreten Subelementen zugeordnet wurden. Ob dies tatsächlich der Fall ist, bleibt allerdings unklar (vgl. Tabelle 21 zu „öffentliche Infrastruktur“).

Fernerkundungsdaten sind auch für Sturzfluten eine nützliche Datenquelle, können aber oft nicht schnell genug positioniert, um die Sturzfluten direkt zu erfassen. Die Daten sind somit zumeist erst dann verfügbar, wenn das Wasser schon wieder abgeflossen ist.

Die Abdeckung der Schäden ist dieser Fallstudie ähnlich wie in der Fallstudie Flussüberschwemmung 2013 anzusehen, da die Quelle die gleiche ist.

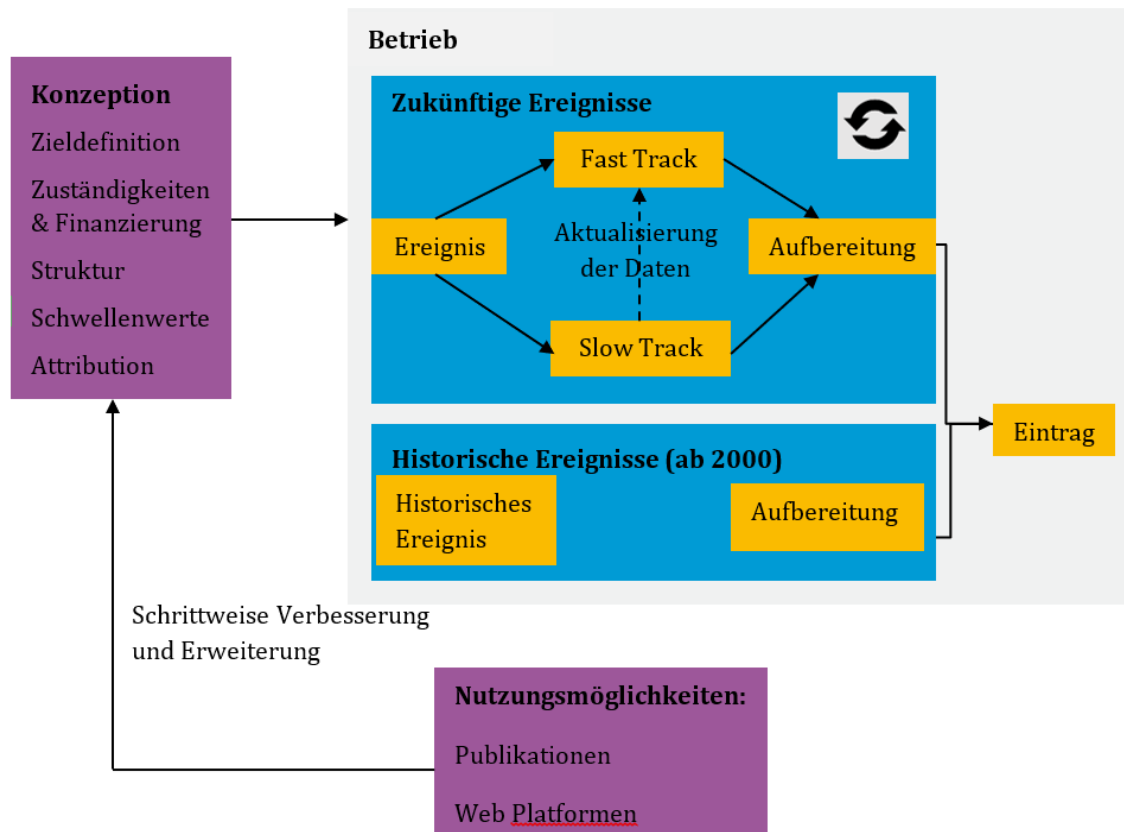
¹⁰⁸ Antrag auf Finanzhilfen aus dem EUSF: 29.2 Mrd. Euro, Schlussbericht zur Flutkatastrophe 2021: 33.4 Mrd. Euro (inkl. Einsatzkosten)

10 Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskataster

10.1 Einleitung

Dieses Kapitel beinhaltet Empfehlungen für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskatasters. Die Empfehlungen umfassen die Bereiche Konzeption, Betrieb und Nutzungsmöglichkeiten.

Abbildung 15: Konzeption, Betrieb und Nutzung Kataster



Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Wir stützen uns dabei auf Erkenntnisse der vorangegangenen Kapitel, der Fallbeispiele und der im Rahmen dieses Projekts durchgeführten bilateralen Gespräche und Workshops. Weil mit der Umsetzung des Schadenskataster möglichst schnell begonnen werden soll, liegt der Fokus auf einer pragmatischen Umsetzung ausgehend vom gegenwärtigen Zustand (v.a. existierende Daten). Das heißt, wir beschreiben, wie bereits vorhandenen Datenquellen und Möglichkeiten der Datenerfassung für eine erste Phase des Katasters effizient genutzt werden können. Dies beinhaltet eine Abwägung, welche Detailtiefe realistisch umsetzbar und methodisch sinnvoll ist. Die nachfolgende Beschreibung soll dem Auftraggeber Umweltbundesamt (UBA) nach Ende des vorliegenden Forschungsauftrags ermöglichen, mit dem Aufbau des Katasters zu beginnen.

Für zukünftig folgende Phasen sollte das Kataster schrittweisen verbessert und erweitert werden. Die entsprechenden Empfehlungen sind Gegenstand von Kapitel 11. Dabei gilt es, die Erfahrungen der Umsetzung systematisch einzubeziehen.

10.2 Konzeption

10.2.1 Zieldefinition

Die Ziele des Schadenskatasters müssen klar definiert und kommuniziert werden, um die vorhandenen Mittel möglichst effizient einzusetzen. Im Vordergrund stehen die Erhebung und die Monetarisierung von Schäden von durch den Klimawandel beeinflussten Extremwetterereignissen in Deutschland.¹⁰⁹ Zudem sollte kommuniziert werden, welche Ziele das Schadenskataster nicht verfolgt (z. B. ist das Kataster rein retrospektiv ausgelegt, so dass zukünftige Schäden nicht explizit abgeschätzt werden¹¹⁰) und, dass das Kataster derzeit nur einen Teil der Klimaschäden erfasst und den Gesamtschaden somit systematisch unterschätzt.

10.2.2 Zuständigkeiten und Finanzierung

Das Schadenskataster sollte zentral verwaltet und von professionellem Personal betrieben werden. Nötig sind fixe und fortwährende Zuständigkeiten, um die Anforderungen hinsichtlich Vollständigkeit, Konsistenz und Qualität zu erfüllen.¹¹¹ Das bedingt Leistungsaufträge für staatliche AkteurInnen, die Sicherstellung von langfristigen und adäquaten finanzielle Ressourcen sowie einen klar definierten institutionellen Rahmen. Wichtig ist zudem eine professionelle IT-Lösung¹¹³ sowie eine regelmäßige Überprüfung der Zielerfüllung (Review Prozess).

10.2.3 Struktur

Die Tabelle im Anhang enthält einen Vorschlag für eine Struktur des Katasters. Einträge erfolgen nach einem fixen Raster. Dabei ist eine Unterteilung in Schadenskategorien vorgesehen (z. B. Gebäude und Infrastruktur; siehe Tabelle 2). Schadenskategorien sind differenziert nach Element (Private Wohngebäude, Infrastruktur, Industrie/Gewerbe, Landwirtschaft) und Subelemente (z. B. Gebäudeschäden an Gebäudehülle und Schäden am Hausrat). Ab einem gewissen Grad an Detailierung bzw. Differenzierung sind Einträge optional (z. B. Differenzieren nach Schadensträger und Kostenträger). Wichtig für eine konsistente Erfassung ist eine klare Definition der verwendeten Begriffe. Überlappungen zwischen verschiedenen Datenquellen/Schadensarten müssen identifiziert werden, um Doppelzählungen von Schäden zu vermeiden. Zur eindeutigen Identifikation eines Ereignisses muss jeweils eine eindeutige ID erstellt werden. Falls verfügbar, sollte zudem ergänzend die Nomenklatur wichtiger internationaler Systeme angegeben werden (z.B. von „United Nations Office for Disaster Risk Reduction“ (UNDRR), dessen Datenbank Stand September 2023 im Aufbau ist) (UNDRR 2024a).

Prinzipiell sind die Schadenskategorien für alle Ereignis-Typen anwendbar, allerdings unterscheidet sich die Relevanz (z. B. verursachen Sturzfluten vor allem Schäden an Gebäuden und Infrastruktur, während diese bei Hitzewellen eher geringen Schaden nehmen). Zudem hat jeder Ereignistyp eigene geographische und zeitliche Skalen, welche berücksichtigt werden

¹⁰⁹ Wir empfehlen dem UBA weitere Ziele z.B. aus der Bedürfnisanalyse in Kapitel 2 abzuleiten.

¹¹⁰ Die Werte des Schadenskataster können aber von Dritten als Grundlage zur Abschätzung zukünftiger Klimaschäden verwendet werden.

¹¹¹ Eine zeitliche und finanzielle Begrenzung (in Rahmen von Einzelprojekten) ist hingegen nicht nachhaltig, da bei ständig wechselnden Projekten erfahrungsgemäß viel Ressourcen für Einarbeitung aufgewendet werden, statt auf vorherige Erfahrungen aufzubauen.

¹¹³ Die in diesem Projekt entwickelt Excel-Files sind nicht als Dauerlösung konzipiert, sondern dienen lediglich als Vorlage für eine professionelle IT-Lösung.

müssen (z. B. sind Dürren eher großflächig und haben eine längere Dauer; Starkregen fällt kleinskalig und innerhalb von Stunden).

Die Struktur soll es erlauben, Daten einfach von tieferen auf höhere Ebenen zu aggregieren (von Landkreis auf Bundesland und von Bundesland auf Bund) oder gewisse Bereiche auszuwählen (z. B. nur Schäden durch Ereignis-Typ Starkregen). Dies ist einerseits für eine effiziente Nutzung wichtig. Zudem erlaubt es eine solche Struktur, Zugriffsrechte unterschiedlich zu definieren und zum Beispiel nur aggregierte Daten allgemein zugänglich zu machen, wenn dies aus Gründen des Datenschutzes nötig ist.

Die Einträge sollen Vorgaben für internationale Berichtspflichten erfüllen und den Datenaustausch mit anderen Ländern ermöglichen. Um Synergien zu nutzen, sollten bestehende oder geplante Typologien und Monitoringaufgaben berücksichtigt werden.¹¹⁴

10.2.4 Schwellenwerte

Für Extremereignisse müssen Schwellenwerte definiert werden, ab denen ein Ereignis in die Datenbank aufgenommen wird. Die Schwellenwerte müssen gängigen Normen entsprechen, sodass deren Erhebung in der Praxis umsetzbar ist. Wir empfehlen, gefahrenbasierte Schwellenwerte zu verwenden, welche für jeden Ereignis-Typ separat definiert werden müssen. Für Dürren und Hitze empfehlen wir ein kontinuierliches Monitoring. Die schlussendlich verwendeten Schwellen müssen im Dialog mit wichtigen AkteurInnen definiert werden (siehe Kapitel 4.4.2).

Für die praktische Umsetzung ist zu beachten, dass bei geringeren Schwellenwerten gesamthaft mehr Schäden erfasst werden. Gleichzeitig erhöht sich auch der Erfassungsaufwand vermutlich nicht-linear. In der ersten Phase sollten die Schwellen daher eher hoch angesetzt werden, da für kleine Ereignisse die Datenlage tendenziell schlechter ist. Unser konkreter Vorschlag bezüglich der Schwellenwerte befindet sich in Kapitel 4.4.1. Für den fast track ist ein spezielles Verfahren vorzusehen, dass sich primär aus dem Bedürfnis für kurzfristig verfügbare Daten ableitet.

Es ist davon auszugehen, dass viele Ereignisse zwar eine Schwelle überschreiten, dann aber zu sehr kleinen Schäden führen (z. B. ein Flusshochwasser, bei dem die Deiche halten oder ein Starkregen über unbewohntem Gebiet). Solche Ereignisse sollten zwar der Vollständigkeit halber in das Kataster aufgenommen werden, es ist aber nicht zwingend nötig, Einträge bei den Schäden zu machen (Eintrag: marginale Schäden).

10.2.5 Attribution

Extremereignisse treten auch ohne anthropogenen Klimawandel auf. Der Klimawandel verstärkt allerdings deren Häufigkeit und Intensität. Somit ist nur ein Teil des Schadensausmaßes dem Klimawandel zuzuordnen (Attribution) und Extremwetterschäden müssen mit einem spezifischen Attributionsfaktor korrigiert werden. Derzeit existierende Datenbanken bzw. Richtlinien beschäftigen sich aber ausschließlich mit der Erfassung von Extremwetterschäden. Wir haben darin keine konkreten Empfehlungen zur Attribution gefunden bzw. in welcher Form Klimaschäden ausgewiesen werden sollten.

Wir empfehlen in jedem Fall eine Attribution durchzuführen, auch wenn diese mit hohen Unsicherheiten behaftet ist. Ohne Attribution besteht die Gefahr, dass Extremwetterschäden von NutzerInnen als Klimaschäden interpretiert werden, was inkorrekt wäre. Alternativ müssten NutzerInnen die Attribution selbstständig durchführen, was nicht effizient ist und zwangsläufig

¹¹⁴ Beispielsweise Synergien mit dem Sendai Monitoring. Auch das BBK hat eine Arbeitsgruppe zu kritischen Infrastrukturen. Zudem sollte das Kataster die neue EU-Taxonomie Richtlinie berücksichtigen (Europäische Union 2021)

zu Inkonsistenz führt. Zudem ist zu hoffen, dass die Attributionsforschung weiter Fortschritte macht, so dass die Unsicherheiten in der Zukunft wohl sinken werden. Angesichts der hohen Unsicherheiten der Attribution ist es wichtig, für jedes Ereignis die Extremwetterschäden und den dazugehörigen Anteil an Klimaschäden separat auszuweisen, so dass NutzerInnen je nach Anwendungsfall wählen können, welchen Wert sie verwenden. Unsere konkreter Vorgehensvorschlag für die Attribution ist in Kapitel 5 beschrieben.

10.3 Betrieb

10.3.1 Datenerfassung

Alle verfügbaren Daten müssen konsistent und systematisch in das Kataster aufgenommen werden. Wichtig ist es, relevante AkteurInnen und BesitzerInnen von Primärdaten in den Aufbau und Unterhalt eines Schadenskatasters einzubeziehen. Versicherungen spielen derzeit eine zentrale Rolle, da sie detaillierte Daten zu versicherten Schäden besitzen. Des Weiteren sind auch Kommunen (für Schäden an kommunaler Infrastruktur) und andere Infrastrukturbesitzende (z. B. Deutsche Bahn) wichtige Datenquellen.

Generell müssen Datenlieferungen durch PartnerInnen in geeigneter Form formalisiert werden und die richtigen Anreize gesetzt werden. Die Datenbeschaffung kann auch extern vergeben werden (mittels klarem Pflichtenheft), wie dies auf EU-Ebene bei der European Environmental Agency (EEA) der Fall ist. Dabei hat es sich bewährt, ein Absichtserklärung über Inhalt, Umfang, Zeitraum, Frequenz und Qualität von Datenlieferungen abzuschließen.

Falls ein Extremwetterereignis über dem Schwellenwert stattgefunden hat, muss es in das Kataster aufgenommen werden. Hierzu braucht es einen klar definierten Prozess, der von einer entsprechenden Meldung angestoßen wird (Trigger). Die Verantwortlichkeiten hierfür sind klar zu definieren. Im slow track ist dieser Prozess allerdings nicht zeitkritisch.

Daten sollten so erfasst bzw. übermittelt werden, dass sie möglichst einfach in die Struktur des Katasters integriert werden können (im Idealfall teilautomatisiert). Dies erfordert eine Koordination der verschiedenen an der Datenerfassung beteiligten AkteurInnen, sowie das Festsetzen von allgemeingültigen Standards, nach denen Daten erfasst und dokumentiert werden. Diese ermöglicht ein über die Jahre homogenes Kataster. Den spezifischen Datenschutz-Vorgaben der DatenlieferantInnen muss Rechnung getragen werden. So muss beispielsweise die Anonymität der Geschädigten gewährleistet werden.

Verwendet werden sollten ausschließlich Primärquellen. Dies sind Quellen, die direkt bei den Geschädigten erhoben wurden oder direkt darauf zurückzuführen sind. Auch ExpertInnenschätzungen sind Primärquellen. Sekundärquellen sollten hingegen nicht verwendet werden, sondern wo möglich immer möglich die zugrundeliegende Primärquelle. Ist die Primärquellen nicht ersichtlich (z.B. Zeitungsartikeln) und keine andere Quelle verfügbar, muss dieser Umstand in der Klassifizierung der Datenunsicherheit berücksichtigt werden.

Die Erhebungsmethodik (inklusive Verantwortlichkeiten) sollte mit den DatenlieferantInnen abgesprochen werden (z. B. Identifikation Ereignis, Aufnahmekriterien (Schwellenwerte), Rohdatenerhebung). Die Kontakte / Schnittstellen mit Behörden, Verbänden, sowie mit der Privatwirtschaft (z. B. Versicherungen) müssen definiert und gepflegt werden, sodass langfristig dieselben Datenquellen zur Verfügung stehen. Für staatliche AkteurInnen können allenfalls gesetzliche Vorgaben genutzt werden (Berichterstattungspflichten), um eine Zusammenarbeit sicherzustellen.

Für staatliche und vor allem private AkteurInnen sind geeignete Anreizstrukturen zu setzen, um DatenlieferantInnen zur Bereitstellung von Daten zu motivieren bzw. den Wert der Daten zu würdigen. Als Anreiz profitieren DatenlieferantInnen von einem qualitativ hochwertigen Schadenskataster. Auch würden Datenlücken in gewissen Gebieten darauf schließen lassen, dass die entsprechenden Kommunen keine Daten liefern bzw. in ungenügender Qualität. Das könnte dazu führen, dass diese Kommunen eher geneigt sind, zukünftig Daten zu erheben und weiterzugeben. Schließlich ist auch denkbar, dass DatenlieferantInnen monetär oder nicht-monetär entschädigt werden. Um geeignete Anreizstrukturen zu schaffen, bedarf es eines individuellen Dialogs zwischen den BetreiberInnen des Schadenskatasters und den DatenlieferantInnen. Für Überlegungen zur Erhebung von Daten aus Kommunen siehe auch Kapitel 11.5.

Da sich die verfügbaren Primärquellen mit der Zeit ändern können (und sich die Unsicherheit idealerweise auch verringern), müssen die besten verfügbaren Primärquellen regelmäßig eruiert werden. Liegen neue Daten vor, muss die Datenbeschaffungsprozess angepasst und allfällige Inkonsistenzen mit älteren Daten berücksichtigt werden. Die Institutionen, die Daten erfassen, sollen dazu angehalten werden, neue Datenquellen zu melden.

Hinsichtlich Datenbeschaffung und -aufbereitung bietet das Klimavorsorge (KliVo) Portal eine interessante Vorlage. Dort übermitteln InhaberInnen von Daten die Informationen einer zuständigen Person beim Umweltbundesamt (UBA)/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), welche deren Qualität prüft und die Daten bei Bedarf aufbereitet. Bei einer ähnlichen Umsetzung stünde hinter dem Schadenskataster ein Netzwerk von AkteurInnen, das Daten an eine oder zwei zuständige Personen liefert. Das Schadenskataster bietet in diesem Fall eine zentrale Plattform, die dezentrale Daten bündelt und bei Bedarf aufbereitet. Zum Aufbau eines solchen Netzwerks ist ein strukturierter Prozess nötig. AkteurInnen, die regelmäßig Daten an die Plattform liefern bzw. zu Daten angefragt werden können, müssen eine zuständige Kontaktperson benennen. Dieses Netzwerk würde zunächst die wichtigsten in dieser Studie identifizierten DatenlieferantInnen umfassen: Versicherungsgesellschaften, Länder und Kommunen sowie verschiedene Bundesbehörden (Robert-Koch Institut (RKI), Thünen Institut, DESTATIS etc.). Mit Ausbau des Schadenskatasters würde dieses Netzwerk stetig erweitert.

10.3.2 Fristigkeiten

Die Bedürfnisanalyse hat gezeigt, dass die Einträge des Katasters in unterschiedlichen Fristigkeiten gewünscht sind. Zudem sind auch die Daten mit unterschiedlichen Fristigkeiten verfügbar. Wir sehen daher zwei Pfade vor (siehe auch Kapitel 4.4.1):

Fast track: Dieser Pfad wird nur für Großereignisse umgesetzt. Er liefert eine zeitnahe Grobschätzung mit hoher Unsicherheit (indikative Größenordnungen). Der fast track muss durch einen speziellen Mechanismus aktiviert werden. (z. B. Katastrophenfall). Falls nötig, können für spezielle Großereignisse noch regelmäßigen Aktualisierungen erfolgen (z. B. alle 3-6 Monate).

Slow track: Dieser Pfad wird immer umgesetzt. Er liefert belastbarere und stärker differenzierte Einträge nach Vorliegen aller verfügbaren Daten. Bis alle Daten vorliegen, vergehen in der Regel 0.5 bis 2 Jahre. Sobald verfügbar, werden Daten des fast track-Pfads durch Daten des slow track-Pfads aktualisiert.

10.3.3 Datenaufbereitung

Idealerweise können Rohdaten der Primärdatenquellen direkt in das Kataster integriert werden. Oftmals ist aber eine Aufbereitung nötig. So zeigen Daten der Versicherungen nur versicherte Schäden. Die gesamten Schäden lassen sich auf dieser Basis unter Annahme des Versicherungsgrads abschätzen, der in unterschiedlichem Detailgrad für Versicherungskategorien verfügbar sind. Zur Aufbereitung müssen Umrechnungsmethoden von Rohdaten (in diesem Zusammenhang oft Indikator genannt) auf Schäden definiert werden. Das Erheben von Schadensdaten ist somit oft eine Kombination aus Primärdaten und Methoden.¹¹⁵ Dies gilt speziell für indirekte Erhebungsmethoden wie z. B. der Fernerkundung. Auch Methoden zum Füllen von Datenlücken müssen definiert werden. Diese ist v.a. für historische Ereignisse relevant, da in Zukunft die obligatorischen Einträge durch die Quellen abgedeckt sein dürften. Methoden zum Füllen sind sehr fallspezifisch. Eine Rückfalloption ist es, vorhandenen Daten ähnlicher Ereignisse zu verwenden.

Es ist vor allem in der Anfangsphase des Katasters wichtig, die Methoden der Datenaufbereitung regelmäßig zu überprüfen (ExpertInnen-Review) und wo nötig anzupassen. Allfällige Brüche in der Methodik müssen klar kommuniziert werden, so dass diese bei der Nutzung berücksichtigt werden können. Idealerweise wird die gesamte Zeitreihe nach einer konsistenten Methodik erfasst, was allenfalls eine Neuerfassung früherer Datenpunkte bzw. Monitoringperioden bedarf. Generell ist die Analyse von Zeitreihen im Kontext des Schadenskataster allerdings auch in einem solchen Fall problematisch (siehe dazu Box Zeitreihen in Kapitel 4.4.1).

Indirekte Wirkungen lassen sich in der Regel nicht messen, sondern nur mittels Berechnungsmethoden abschätzen (z. B. nachgelagerte Kosten von Schäden an Infrastruktur durch Produktionsausfälle). Dazu ist eine erhebliche Expertise nötig und oft sind solche Methoden noch Teil der Grundlagenforschung und daher speziell unsicher.

Schließlich kann es sein, dass es verschiedene Datenquellen für den gleichen Schaden gibt. In einem solchen Fall sollten die verlässlichsten Daten verwendet werden. Die anderen Daten sollten ebenfalls in das Kataster aufgenommen werden, jedoch mit einem Hinweis auf die höhere Unsicherheit. Solche Daten können zur Plausibilisierung verwendet werden.

Die letzten Abschnitte zeigen, dass das Kataster die Unsicherheiten der Datenerhebung und Datenaufbereitung transparent wiedergeben muss. Daher sind Angaben zur Unsicherheit vorzusehen.

10.3.4 Historische Ereignisse

Wir empfehlen, auch historische Ereignisse rückwirkend zu erfassen. Dabei sollten dieselben Schwellen und Methoden angewandt werden, die auch für zukünftige Ereignisse verwendet werden, wie das zum Beispiel auch für die drei Fallbeispiele dieses Berichts geschehen ist. Somit können per sofort Einträge eingepflegt werden, ohne dass auf das nächste Ereignis gewartet werden muss. Zudem sind Klimaschäden der Vergangenheit für diverse NutzerInnen relevant. Für Ereignisse vor dem Jahr 2000 dürfte die Datenlage zunehmend schlechter werden, so dass wir empfehlen, vorerst keine Daten vor dem Jahr 2000 zu erheben.

¹¹⁵ Beispiele sind Einbußen der Arbeitsproduktivität während einer Hitzewelle oder Reduktion landwirtschaftlicher Produktion bei Dürren. Für beide Schadenskategorien müssen messbare meteorologische Indikatoren definiert werden, die als Input der Berechnungsmethodik genutzt werden können.

10.4 Nutzungsmöglichkeiten

Die Daten des Katasters sollten möglichst frei verfügbar sein (open data). Ein freier Zugang kann allerdings die Datenbeschaffung erschweren (Datenschutz, Vertraulichkeit und Nutzungsbedingungen). Falls DatenlieferantInnen einem offenen Zugang zu ihren Daten nicht zustimmen, könnten solche Daten trotzdem für das Kataster genutzt werden, wenn die öffentlich verfügbaren Daten geeignet anonymisiert werden (z. B. durch Aggregation). Alternativ können Zugangsbeschränkungen vorgesehen werden: Vollen Zugriff erhalten nur NutzerInnen, welche eine Vertraulichkeitserklärung abschließen und/oder nachweisen können, dass sie ein besonderes Interesse an den detaillierten Daten haben. Das geeignete Vorgehen ist mit den DatenlieferantInnen individuell zu klären.

Die räumliche Auflösung der Informationen des Katasters kann in der Anfangsphase nur der verfügbaren Auflösung der Primärdaten entsprechen. Diese ist teilweise schon sehr hoch (z. B. sind GDV-Daten prinzipiell auf Landkreisebene verfügbar; kommunale Daten sind per Definition pro Gemeinde). Eine Erhöhung der Auflösung würde den Aufwand der Datenbeschaffung und – Aufbereitung signifikant erhöhen.

Die Datenbank sollte auch in Englisch verfügbar sein, um dem internationalen Publikum den Zugriff zu erleichtern und besser als Referenz für andere Länder genutzt werden zu können.

Wir empfehlen, in regelmäßigen Abständen (z. B. jährlich) eine optisch ansprechende Zusammenfassung zu veröffentlichen, um die Erkenntnisse des Katasters möglichst breit zu streuen und einem breiteren Publikum zugänglich zu machen. Diese Zusammenfassung muss die Anforderungen an den Datenschutz berücksichtigen.

11 Verstetigung, schrittweise Verbesserung und Erweiterung

11.1 Übersicht

Bisher wurde erst ein illustrativer Prototyp diskutiert, auf beschränkter Datengrundlage und ohne Vollständigkeitsanspruch. Daher sollte in nächsten Umsetzungsphasen der Umfang, Vollständigkeit und Detaillierungsgrad des Katasters schrittweise verbessert werden. Zudem ist eine institutionelle Verankerung auf Behördenebene in Deutschland (v. a. bezüglich der Datenerhebung und -Aggregation) anzustreben, so dass der Betrieb des Katasters verstetigt wird.

Alle bisher beschriebenen Prozesse sollten daher regelmäßig überprüft und allenfalls verbessert werden. Tabelle 26 zeigt, dass bereits jetzt eine Reihe von Verbesserungspotenzialen erkennbar sind. Angesichts der begrenzten finanziellen, personellen und technischen Ressourcen müssen jedoch Prioritäten gesetzt werden.

Tabelle 26: Verbesserungspotenziale Kataster

Potenzial Verbesserung	Erklärung (Beispiele)	Einschätzung Priorität
Datenerhebung verbessern (für bereits berücksichtigte Ereignistypen und Schadenskategorien)		
Datenerhebungen	Bessere Primärdaten erheben (z. B. geringere Unsicherheiten) Datenlücken beseitigen (z. B. mehr Daten aus Kommunen, Gewerbe, Landwirtschaft oder unversicherte Schäden) Datenlieferung und Qualitätssicherung automatisieren	Hoch
Prozess für kommunale Datenerhebung	Kommunen zur Datenerhebung motivieren Einheitliche Prozesse und Bewertungsgrundlagen für Schäden etablieren Strukturen für Aggregation der kommunalen Daten auf Ebene der Länder und des Bundes etablieren	Hoch
Höhere regionale Auflösung	Durchgängig Erhebung auf NUTS3-Level (Landkreise) einführen	Mittel
Datenaufbereitung	Bessere Methoden zur Umrechnung von Rohdaten auf Schadensdaten und Qualitätssicherung identifizieren und umsetzen	Hoch
<i>Kataster vervollständigen</i>		
Weitere Typen Extremereignisse I	Hagel & Stürme (GDV-Daten verfügbar) aufnehmen	Sehr hoch
Weitere Typen Extremereignisse II	Weitere Ereignistypen (z. B. Hitzewellen, Sturmfluten) aufnehmen	Hoch
Reduktion Schwellwerte bestehender Ereignistypen	Auch «weniger extreme» Ereignisse aufnehmen	Mittel

Potenzial Verbesserung	Erklärung (Beispiele)	Einschätzung Priorität
Indirekte Schäden	Indirekte Auswirkungen von Extremereignissen (z. B. Produktionsausfälle entlang der Wertschöpfungskette) berücksichtigen	Mittel
Langsam eintretende Klimaschäden	Langsam eintretende Klimaschäden aufnehmen (z. B. Änderung Ökosysteme, Meeresspiegelanstieg)	Mittel
Umgang mit nicht-monetären Schäden präzisieren (v.a. Ökosystemschäden)	Erhebung verbessern und Bewertungsschema erstellen Ökosystemschäden besser abbilden und qualitativ bewerten	Mittel
Monetarisierung andeuten	Monetarisierung von nicht-monetären Schäden andeuten	
<i>Weitere Aspekte</i>		
Nutzerfreundliche Plattform	Excel-Vorlage dieser Studie zeitnah durch eine professionelle IT-Lösung ersetzen	Hoch
Verbesserte Attribution	Neue Forschungsergebnisse zur Attribution im Auge behalten und Methodik falls sinnvoll anpassen	Hoch
Standard-Methodiken für fast track	Abläufe für erste Schadensschätzungen im fast track standardisieren	Mittel

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

11.2 Datenerhebung verbessern

Die Qualität des Katasters hängt stark von der Güte der zugrundeliegenden Daten ab. Daher ist es zentral, die Datenerfassung und Datenaufbereitung stetig zu verbessern. Dies gilt explizit auch für bereits berücksichtigte Ereignistypen und Schadenskategorien. Eine Verbesserung ist mit einem erheblichen finanziellen und organisatorischen Aufwand verbunden, da derzeit eine kleinteilige und heterogene Datenlage vorherrscht.

Die Analysen im Rahmen dieser Studie haben gezeigt, dass Aktivitäten zur Schätzung und Aggregation von Informationen in Kommunen nach einem Ereignis ad hoc umgesetzt werden und keiner vorher definierten Leitlinie folgen. Ein wichtiger Fortschritt wäre es daher, einen einheitlichen Prozess zur Schadenserfassung, Aggregation und Weitergabe durch Kommunen und Landkreise zu etablieren. Idealerweise erfolgt die Datenlieferung in der Zukunft größtenteils automatisiert. Weitere Überlegungen hierzu finden sich in Kapitel 11.5.

Ehrlich et al. 2017 empfehlen, die Schäden getrennt nach der dritten Stufe der „Nomenclature of Territorial Units for Statistics“ (NUTS) von Eurostat auszuweisen (entspricht in Deutschland der Landkreisebene). Zwar gibt es in Deutschland insgesamt 402 NUTS3-Einheiten, es ist jedoch davon auszugehen, dass nur eine begrenzte Anzahl von NUTS3-Einheiten je Schadensfall betroffen ist (Europäische Union 2024a). Die Verantwortung für Datenlieferung- und Pflege könnte dabei aggregierter erfolgen (z. B. auf NUTS2-Ebene, d. h. auf Ebene der Bundesländer). Verantwortlich für die initiale Erhebung der Schadensdaten wären aber die Kommunen. Um eine homogene und reproduzierbare Datenverfügbarkeit zu gewährleisten, bedarf es konkreter staatlicher Vorgaben, welche die Erhebungsmethodik und Definitionen sowie Schwellenwerte bei Extremwetterereignissen vereinheitlichen und verbindlich vorgeben. Eine solche

Verantwortung könnte im Rahmen der Berichtspflicht auf Basis des neuen Klimaanpassungsgesetzes definiert werden.

Für die Datenaufbereitung ist oft eine Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen sinnvoll, um robuste Methoden zu entwickeln. Dies gilt besonders für die (Weiter-)Entwicklung von Erhebungsmethoden und Modellen, für die teils noch Grundlagenforschung nötig ist. Verschiedene derzeit in der Umsetzung oder Planung befindliche Forschungsarbeiten müssen regelmäßig beobachtet und geeignete Erkenntnisse in das Schadenskataster aufgenommen werden.¹¹⁶ Forschung kann auch explizit in Auftrag gegeben werden. Diese sollte in einem vernünftigen Zeitraum abgeschlossen werden und darauf fokussieren, Methoden zu entwickeln, die langfristig und praktikabel angewandt werden können.¹¹⁷

Schließlich sollten Detail-Anforderungen an die Datenbeschaffenheit bzw. entsprechende Umrechnungsmethoden definiert werden, um möglichst konsistente Daten zu erhalten (z. B. mit oder ohne Mehrwertsteuer, Wiederherstellungswert oder Wiederbeschaffungswert, Zeitwert oder Neuwert, Transport- und Handelsmargen). Auch das Sicherstellen der Datenqualität ist in diesem Kontext wichtig.

11.3 Kataster vervollständigen

In dieser Studie haben wir nur eine vorab festgelegte Kombination aus Ereignistypen und Schadenskategorien berücksichtigt (siehe Tabelle 2). Für die nächsten Phasen empfehlen wir daher, das Kataster sukzessive um weitere Elemente zu ergänzen. In der Zwischenzeit sollte klar kommuniziert werden, dass das Kataster nur ausgewählte Klimaschäden erfasst, in diesem Sinne unvollständig ist, und somit die Schäden unterschätzt.

Höchste Priorität hat es, weitere wichtige Typen an Extremereignissen aufzunehmen (z. B. Hitzewellen, Hagel & Stürme, Sturmfluten). Hierzu müssten wiederum geeignete DatenlieferantInnen identifiziert und allenfalls Methoden zur Datenaufbereitung definiert werden. In einem ersten Schritt könnten Schäden durch Hagel & Stürme erfasst werden, da hierzu schon Daten des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) vorliegen. Auch hier müssten wiederum Fragen zur Attribution geklärt werden.

Idealerweise umfasst eine Datenbank alle Ereignisse, die zu Schäden führen, um ein vollständiges Bild zu erhalten. Derzeit haben wir die Schwellenwerte eher hoch gewählt, um den Aufwand der Erhebung zu begrenzen. In weiteren Phasen sollten die Schwellen individuell überprüft und allenfalls gesenkt werden, um auch weniger extreme Ereignisse zu berücksichtigen. Eine Schwelle kann dann gesenkt werden, wenn die entsprechenden Daten auch mit vernünftigem Aufwand zu erheben sind. Eine Herausforderung hierfür dürfte sein, dass die Datengrundlage kleinerer Ereignisse schlechter ist. So rufen kleinere Ereignisse oft keine versicherungsrelevanten Schäden hervor (z. B. wegen Selbsthalten). Das Kataster sollte nach den älteren Definitionen von Schwellenwerten filterbar gestaltet werden, um konsistente Zeitreihen zu ermöglichen.

Ereignisse ziehen oft eine Vielzahl indirekter Schäden nach sich. So kann ein Extremereignis die Produktion eines Zwischenprodukts unterbrechen, was wiederum zu Produktionsausfällen entlang der Wertschöpfungskette führt. Ein anderes Beispiel ist eine zerstörte Brücke oder Bahnlinie, welche den Transport von Waren einschränkt. Indirekte Schäden können eine

¹¹⁶ Dies betrifft beispielsweise das vom DLR umgesetzte Projekt zur «Pilotierung eines Prototyps für ein Instrument zur zeitnahen Bewertung wirtschaftlicher Schäden durch Überschwemmungen und Dürren in Deutschland mit Hilfe satellitengestützter Erdbeobachtung» (vgl. Kapitel 3.2.4).

¹¹⁷ Explizit raten wir von Projekten mit begrenzter Laufzeit ab, die dann nicht weiterverfolgt werden.

ähnliche Größenordnung wie direkte Schäden erreichen und sollten daher mittelfristig im Kataster berücksichtigt werden, um die Klimaschäden nicht zu unterschätzen.

Sieg et al. (2019) hat in einer Untersuchung das Verhältnis der direkten zu indirekten Schäden infolge des Juni-Hochwassers 2013 modelliert. Dafür wurden auf Basis eines Input-Output-Modells für insgesamt 19 Wirtschaftszweige branchenscharfe Verhältnisse (Multiplikatoren) der direkten zu indirekten Schäden bestimmt. Grundlage dafür waren Multiplikatoren aus der Literatur (u. a. Horridge et al. 2003; Martin-Ortega und Markandya 2012). Prognos (2022d) wandte die Erkenntnisse von Sieg et al. (2019) für eine Modellierung der indirekten Schäden infolge der Sturzfluten im Juli 2021. Die Unsicherheiten dieser Methode sind allerdings hoch und die Übertragbarkeit einer Abschätzung der indirekten Schäden eines Ereignisses auf ein anderes Ereignis ist oft nicht möglich, da die indirekten Schäden besonders stark von den lokalen Gegebenheiten abhängen (z. B. Anwesenheit von Industriebetrieben oder Infrastrukturen von überregionaler Bedeutung).

Der Aufwand für Erhebung indirekter Schäden ist daher hoch und die Unsicherheiten sind beträchtlich. Als ersten Schritt empfehlen wir daher, eine qualitative Übersicht möglicher indirekter Wirkungspfade zu erstellen. Für die einzelnen Wirkungspfade können sodann sukzessive Berechnungsmethoden entwickelt werden (z. B. im Rahmen von Forschungsprojekten).

Langsam eintretende Klimaschäden sind derzeit nicht im Kataster erfasst. Dies sind Klimaschäden, welche nicht durch Extremereignissen verursacht werden, sondern sich graduell manifestieren (z. B. zum Beispiel durch Temperaturanstieg bzw. saisonale Verschiebungen verursachte Schäden an Ökosystemen). Auch für diese Schäden sollten langfristig Strukturen, Prozessen und Zuständigkeiten für die Datenerhebung bzw. Datenaufbereitung etabliert werden. Nur so kann das Kataster die Klimaschäden möglichst vollständig abbilden. Eine Erfassung solcher Schäden bedingt kontinuierliches Langzeitmonitoring¹¹⁸. Ähnliches gilt auf für andere Arten von nicht-monetären Schäden. Speziell für Ökosystemschäden ist ein sukzessiver Aufbau von Datenquellen für diverse Arten von Schäden angebracht (bisher gibt es gute Datenquellen nur für Wälder). Dazu sollte ein System für die Datenaufbereitung- und Auswertung erstellt werden (insbesondere mit Fernerkundungsdaten). Siehe dazu auch die detaillierte Diskussion in Kapitel 11.6. Die Erfassung solcher Schäden würde – wie auch die Erfassung von landwirtschaftlichen Schäden – nicht auf Ereignissen basieren, sondern auf regelmäßigen Eintragungen. Das Kataster hätte somit diesbezüglich eine andere Struktur.

Derzeit ist keine Monetarisierung nicht-monetärer Schäden angedacht. Eine Monetarisierung würde auch denjenigen Schäden ein Gewicht geben, welche keinen direkten Marktwert haben. Andererseits ist jede Monetarisierung methodisch komplex und teils ethisch umstritten (für eine Diskussion dieser Punkte siehe das Ende von Kapitel 11.6).

11.4 Nutzungsmöglichkeiten verbessern

Im Rahmen dieser Studie haben wir eine Vorlage auf Excelbasis erstellt. Dies ist keine optimale Lösung. Wir empfehlen daher, zeitnah eine professionelle Lösung in Auftrag zu geben, um eine nutzerfreundliche web-basierte Plattform zu erstellen. Einerseits sollte es diese Plattform den Betreibenden erlauben, Eintragungen in das Kataster strukturiert und effizient umzusetzen. Andererseits sollte die Plattform den NutzerInnen eine einfache und nutzerfreundliche Interaktion mit den Daten ermöglichen. Beispielsweise sollten verschiedene Filter- und Suchoptionen bereitgestellt werden. Durch die Filteroptionen können Informationen nach

¹¹⁸ Beispielsweise satellitengestützte Datenerhebung von ausgewählten Gebieten mithilfe des Copernicus-Programms (z.B. besonders gefährdete Fauna-Flora-Habitat-Gebiet).

verschiedenen Charakteristika ausgesucht werden, beispielsweise nach Ereignistyp, Jahr, Bundesland oder Schadenskategorie. Auch eine grafische Aufbereitung ist vorstellbar (z. B. eine räumlich visualisierte GIS-Datenbank). Eine Verknüpfung mit anderen Plattformen bzw. Applikationen (z. B. mit Deutscher Wetterdienst (DWD) Warnwetter App verbinden) würde die Reichweite des Katasters noch weiter erhöhen.

Weiter ist die Möglichkeit des Downloads der Daten (über csv-Download oder besser auch noch über Application Programming Interface (API)) vorzusehen.

Da das Kataster Klimaschäden dokumentieren soll, ist eine Schadensattribution für die Ereignisse unumgänglich. Weil dies jedoch nur mit großer Unsicherheit möglich ist, sollten sowohl die Gesamtschäden (ohne Attribution) als auch die attribuierten Schäden angegeben werden (mit einem Hinweis auf die hohe Unsicherheit). Derzeit kann vermutlich nur ein pauschaler Faktor Schadensattribution pro Ereignistyp hinterlegt werden, der bei einem entsprechenden Ereignis angewandt wird (siehe ausführliche Diskussion in Kapitel 5). Es ist wichtig, diesen lebendigen Forschungszweig weiter zu verfolgen oder gar aktiv maßgeschneiderte Lösungen für ein Schadenskataster in Auftrag zu geben.

Derzeit werden die ersten Grobschätzungen quasi ad hoc durchgeführt. Es wäre daher sinnvoll, standardisierte Methoden zur Schadenserhebung auch für den fast track zu entwickeln. Dies könnte von örtlichen Behörden wie Wasserwirtschaftsämtern, Straßenbauämtern bzw. auch den Versicherungsgesellschaften nach einem Extremwetterereignis genutzt werden, um erste Schadensschätzungen zu erstellen.

11.5 Prozess für kommunale Datenerhebung

Wie bereits weiter oben erläutert, werden von Kommunen im direkten Nachgang an bestimmte Extremwetterereignisse kurzfristig grobe Schätzungen bezüglich der eingetretenen Schäden und Kosten für die Schadensbehebung umgesetzt. Jedoch besteht hierfür bislang kein einheitliches Vorgehen oder eine standardisierte methodische Basis. Auch die Zusammenführung der gesammelten Daten innerhalb von Kommunen oder Landkreisen folgt einheitlichen klaren Schema. Gleiches gilt für die Weitergabe von Daten an die Ebene der Länder oder darüber hinaus. Hinzu kommt, dass die Kategorisierung von Schadensarten ebenfalls keiner einheitlichen Systematik folgt. Die Erarbeitung einer solchen Systematik, der alle kommunalen AkteurInnen bei der Kategorisierung von Schäden folgen, würde daher einen großen Fortschritt nicht zuletzt zur Sicherstellung der Daten bedeuten. Bei wiederholter Nutzung dieser Systematik würde auch die Vergleichbarkeit von Schadensdaten über verschiedene Ereignisse hinweg verbessert werden. Ähnliches gilt für die Prozesse zur Datenerhebung und -weitergabe: Es existieren keine klaren Strukturen, Prozesse oder Zuständigkeiten, nach denen bei Eintritt eines Ereignisses agiert wird. Ein Erheben konsistenter Daten ist somit derzeit stark erschwert und bedarf wohl eines gesetzlichen Rahmens.

Eine wichtige Weiterentwicklung im Kontext des Schadenskataster ist daher die Etablierung einer klaren Struktur und einheitlicher Prozesse für die Erfassung von Extremwetterschäden durch kommunale AkteurInnen. Ein praktischer Ansatz könnte der Aufbau einer Online-Plattform sein, ggf. verlinkt mit dem Schadenskataster, bei dem Kommunen ihre erfassten Schäden eintragen können. Auf dieser kommunalen Daten Plattform werden somit alle Daten zentral gesammelt und können automatisch verarbeitet werden.

Ein solcher zentraler Ort, an dem Daten abgelegt und gesammelt werden können, sollte in Zukunft bundesweit zur Verfügung gestellt werden. Eine einheitliche Eingabemaske mit Vorgaben dazu, welche Informationen zu welchen Schadenskategorien geschätzt werden sollen,

fördert gleichzeitig ein einheitliches Vorgehen in den Kommunen. Ein Beispiel, wie eine solche Maske aussehen kann, ist in der folgenden Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Vorschlag für eine Eingabemaske für die kommunale Datenerhebung

Schadenskategorie	Unterkategorie	Ausmaß	Einordnung des Schadens	Kosten-schätzung	Weitere Informationen
Straßeninfrastruktur	Landstraße	Quantitative Beschreibung, z. B. in Kilometern	leicht beschädigt bis vollständiger Verlust	Euro	z. B. Einschätzung zu Gefährdung, Versicherungsschutz
	Fernstraße/Bundesstraße				
Brücken	Fußgängerbrücke				
	Bahnbrücke				
	Straßenbrücke				
Kommunale Gebäude und Einrichtungen	Kindergärten				
	Schulen				
	Bibliotheken				
	Krankenhäuser				
	Verwaltungsgebäude				
Kulturell relevante Einrichtungen	Sportanlagen				
	Archive				
	Museen (inklusive Ausstellungsstücke)				
Weitere Infrastruktur	Denkmalgeschützte Gebäude und Denkmäler				
	Energieinfrastruktur				
	Telekommunikationsinfrastruktur				
	Wasserversorgung und Abwasser				

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Um eine einheitliche Schätzung von Schäden zu fördern, sollten beim Aufbau der skizzierten Plattform für jede Schadenskategorie erläuternde Informationen zugänglich gemacht werden, im Rahmen der oben erwähnten strukturieren Prozess zur Schadenserfassung. Diese sollten methodische Informationen zum Vorgehen bei der Schadensschätzung umfassen.

Gegebenenfalls können einheitliche Kosten-Richtwerte für die verschiedenen Schadenskategorien definiert und den NutzerInnen an die Hand gegeben werden, beispielsweise ein Standard-Schätzwert, welche Kosten pro Kilometer beschädigter Landstraße anzunehmen sind.

Gleichzeitig sollten verschiedenen Schadensstufen definiert und mit Hilfen zur Einordnung hinterlegt werden. Diese Schadensstufen können von einer ersten Stufe „leicht beschädigt“ (bei der maximal 30% des Objekts betroffen sind) bis zur Stufe „vollständiger Verlust“ gehen.

Ein solches System zur einheitlichen Schadenserfassung sollte getestet und pilotiert werden, bevor es in die breite Anwendung kommt. Im Zuge einer solchen Pilotierung sollte unter anderem überprüft werden, ob die vorgeschlagene Differenzierung von Schadenskategorien für AkteurInnen in Kommunen sinnvoll und praktikabel ist. Was ebenfalls aus Gesprächen mit ExpertInnen hervorging ist die Tatsache, dass vor Ort entsprechende Expertise für die Schätzung von Schadenswerten erforderlich ist. Ein Prozess zur Etablierung von Strukturen und Verfahren zur Schadenserfassung sollte daher auch die Bereitstellung von Informations- und Trainingsmaterialien sowie Veranstaltungen mit Ausrichtung auf diese Zielgruppe umfassen.

Ein zentraler Punkt für die Weiterentwicklung der Schadenserfassung auf kommunaler Ebene ist zudem die Etablierung von klaren Zuständigkeiten für die Schadenserfassung und für die Aggregation von Daten. Wie in vorherigen Kapiteln geschildert, waren nach der Sturzflut im Juli 2021 viele verschiedene Institutionen an der Schadensschätzung beteiligt. Auf kommunaler Ebene sollten die Zuständigkeiten in Anlehnung an die bereits praktizierten Prozesse etabliert werden, bei denen die jeweils einschlägige Behörde die Schäden ihrem Kompetenzbereich erfasste. Eine Leitlinie, welche Behörde für welche Schadenskategorie zuständig ist, kann den Kommunen vom Bund an die Hand gegeben werden. Ein solches Vorgehen ermöglicht eine effiziente Arbeitsteilung der verschiedenen Stellen direkt nach einem Ereignis. Für die Koordination der Arbeiten und das Zusammentragen der erfassten Informationen bedarf es wiederum einer zentralen Stelle. Eine Vorgabe des Bundes, wo diese anzusiedeln ist, dürfte aufgrund der stark variierenden Zuständigkeits-Zuschnitten in unterschiedlichen Kommunen kaum erfolgsversprechend sein. Jedoch kann vom Bund eine Empfehlung ausgesprochen werden, wo diese Stelle angesiedelt sein könnte. Eine solche Empfehlung sollte auf weiteren Rücksprachen mit Kommunen aufbauen, um zunächst ein klareres Gesamtbild zu erhalten und hieraus eine fundierte Empfehlung abzuleiten. Gleichzeitig bietet es sich an, den Prozess der Implementierung des Klimaanpassungsgesetzes des Bundes und der entsprechenden Zuständigkeitsfestlegung für Anpassungskonzepte in Kommunen und Landkreisen zu nutzen, um die Zuständigkeit für Schadenserhebungen in Kommunen zu thematisieren.

Ebenfalls klar zu strukturieren sind die Prozesse der Weitergabe und Aggregation von Daten (inklusive einer Definition von APIs). Diese variieren je nach Bundesland und können nur im Dialog mit den Ländern vereinheitlicht werden. Ein solcher Dialogprozess sollte vom Bund angeregt und koordiniert werden, bedarf aber der Zusammenarbeit über die Ebenen Bund-Länder-Kommunen hinweg. Diese Prozesse und entsprechende Zuständigkeiten könnten mit den Verpflichtungen des Klimaanpassungsgesetz des Bundes verknüpft werden. Laut Regierungsentwurf des Gesetzes werden die Bundesländer verpflichtet, eigene Klimaanpassungskonzepte zu erarbeiten sowie zu verschiedenen Aspekten der Klimaanpassung an den Bunde Bericht zu erstatten. Darüber hinaus werden die Länder verpflichtet, diejenigen öffentlichen Stellen zu bestimmen, die für die Gebiete der Gemeinden oder Landkreise

Klimaanpassungskonzepte aufzustellen haben. Auch wenn eine Berichterstattung von Schadensdaten keine gesetzlich verpflichtende Aktivität der Kommunen oder der Bundesländer darstellt, könnte dies als ergänzender Aspekt bei den im Rahmen des Gesetzes zu etablierenden Strukturen verankert werden, möglicherweise durch eine nachgelagerte Verordnung oder Verwaltungsvereinbarung.

Die bisher in diesem Kapitel beschriebenen Prozesse fokussieren in erster Linie auf die kurzfristige Schätzung von Schäden im Nachgang an ein Extremwetterereignis und somit als Grundlage für das fast track Verfahren des Schadenskatasters. Die ersten Schätzungen lagen bereits ca. zwei Wochen nach Ereigniseintritt vor, haben aber entsprechend eine hohe Ungenauigkeit. Die kurzfristig erhobenen Daten sollten anschließend kontinuierlich aktualisiert und vervollständigt werden können, um jeweils ein aktuelles Bild der vorhandenen Informationen abzugeben.

Für das slow track Verfahren sind insbesondere die abgerufenen Hilfs- und Fördergelder als Datengrundlage relevant, um genaue und zuverlässige Angaben zur Schadenshöhe zu erhalten. Um einen wiederholt umsetzbaren Prozess zur Beschaffung dieser Daten zu etablieren, braucht es zunächst eine Übersicht der verschiedenen zuständigen Institutionen. Diese variieren je nach Bundesländern:

In Nordrhein-Westfalen spielten nach der Ahrtal-Sturzflut die Bezirksregierungen eine wichtige Rolle als Bewilligungsbehörde. Die Aufgabe als auszahlende Stelle nahm die NRW.BANK wahr. Die Bewilligungsbehörde für Aufbauhilfen in der Landwirtschaft war hingegen die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, für die Forstwirtschaft was es der Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen.

In Rheinland-Pfalz waren die Zuständigkeiten verteilt über die Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion, die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz, die Kreisverwaltungen und das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel.

Es sollte also eine bundesweite Übersicht erarbeitet werden, welche Stellen in welchen Bundesländern für verschiedenen Bewilligungen zuständig sind. Gleichzeitig sollte auf Ebene der Bundesländer darauf hingewirkt werden, dass diese Zuständigkeiten institutionalisiert werden und somit bestehen bleiben. Eventuell könnte dies innerhalb der Berichterstattung der Bundesländer im Rahmen des Klimaanpassungsgesetzes des Bundes verankert werden. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass nach einem weiteren Ereignis die Zuständigkeiten neu zugeteilt werden.

11.6 Umgang mit nicht monetären Schäden

Für die Weiterentwicklung des Schadenskataster im Bereich der nicht-monetären Schäden ist zum einen eine Erweiterung der betrachteten Schadensarten und zum anderen eine Vertiefung bzw. Verbesserung der Datengrundlage entscheidend.

Gesundheitliche Auswirkungen

Neben den in Kapitel 8 beschriebenen Schadensarten (d.h. Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Schäden an kulturellen Gütern und Schäden an Ökosystemen) können bei einer Erweiterung des Katasters verschiedene, durch den Klimawandel vermehrt auftretende Krankheiten erfasst werden. Hier sind insbesondere vermehrtes Auftreten von Hautkrebs sowie Fälle von Dengue-Fieber und andere durch Moskitos übertragene Viruskrankheiten zu nennen. Diese werden sich voraussichtlich durch den Klimawandel weiter ausbreiten. Perspektivisch sollte daher in Betracht gezogen werden, die Datenbank zum Monitoring dieser schleichenden Veränderung durch den Klimawandel zu verwenden. Für beides können aus der

Krankenhausstatistik Informationen zu Todesfällen und zu Krankenhausbehandlungen entnommen werden.

Auch Auswirkungen auf die psychologische Gesundheit durch Klimawandelfolgen könnten bei einer Weiterentwicklung bedacht werden. Derzeit gibt es hierzu keine geeignete Datengrundlage, jedoch werden Forschungsvorhaben in diesem Bereich umgesetzt (z.B. Lawrence et al, 2021). Neue Erkenntnisse zu psychologischen Auswirkungen, sowohl durch das Erleben von Extremwetterereignissen als auch durch die Sorge vor einem bevorstehenden Klimawandel, sollten in das Kataster integriert werden.

Die Mortalität stellt nur eine Komponente der klimabedingten Gesundheitsrisiken dar und sollte um weitere Informationen ergänzt werden. Neben der hitzebedingten Mortalität wäre somit auch die Analyse der hitzebedingten Morbidität sinnvoll (Epidemiologisches Bulletin, 2022). Morbidität betrifft zudem einen deutlich größeren Personenkreis und wäre somit im Sinne der möglichst vollständigen Abbildung von Klimaschäden eine wichtige Messgröße.

Eine weitere Komponente kann die soziale Relevanz von Schäden sein, wenn etwa Schulschließungen oder verschobene ärztliche Behandlungen zu indirekten, gesellschaftlichen Auswirkungen führen.

Kulturelles Erbe

Trotz der ersten Ansätze und Forschungen zur Erfassung von Schäden an kulturellen Gütern ist hervorzuheben, dass die Forschung sich noch am Anfang befindet. Eine umfassende Abbildung dieser Schadenskategorie bedarf zahlreicher weiterführender Informationen und Analysen bezüglich der diversen Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedliche Kulturgüter. In der weiteren Erforschung ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit entscheidend, um ein möglichst umfangreiches Verständnis der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Kontexte von Kulturgütern zu erhalten.

Ökosystemschäden

Insgesamt besteht für die Erfassung von Ökosystemschäden im Schadenskataster eine Notwendigkeit, Daten auszuwerten und zu bewerten. Hierfür wird eine grundlegende Erfassung von Baseline-Daten notwendig sein, auf deren Basis Indikatoren inklusive der entsprechenden Schwellenwerte ermittelt werden können. Werden bestimmte Schwellen erreicht, bspw. der Verschmutzungsgrad eines Gewässers, ab dem es für bestimmte Arten lebensbedrohlich wird, können Schäden eingeschätzt werden. Auch rein quantitative Daten zum Volumen von Schadholz oder der Fläche trockener Moore sagen noch wenig über die "Höhe" des Schadens aus, da ohne den monetären Wert eine Bezugsgröße fehlt. Hier sind Indikatoren wichtig, um Schäden von besonders schützenswerten Ökosystemen zu erfassen und Schwellenwerte zur Gewichtung von Schäden anzugeben.

Einige Bundesländer, wie Sachsen, Thüringen und Nordrhein-Westfalen führten in den Jahren 2016 und 2017 ein Klimafolgenmonitoring mit spezifischen Umweltindikatoren durch. Dieses Monitoring könnte etabliert werden und Indikatoren zu Schäden aufnehmen, sowie eine Bewertung dieser. Bisher wird keine Bewertung in dieser Hinsicht vorgenommen.

Ein auf Schwellenwerten basierendes Bewertungsschema wird insgesamt für alle nicht-monetären Schäden von Bedeutung sein, um Aussagen über die Höhe der Schäden treffen und entsprechend kommunizieren zu können. Somit könnte für einzelne Indikatoren (bspw. "Fläche ausgetrockneter Fauna-Flora-Habitat (FFH) Moore") auf Basis unterschiedlicher Schwellenwerte eine Skalierung von geringen bis schwerwiegenden Schäden festgelegt werden.

Weiterentwicklung der Betrachtung nicht-monetärer Schäden

Während für einzelne Schäden eine Monetarisierung fachlich möglich ist, ist dies aufgrund der folgenden Überlegungen nicht unbedingt anzuraten:

- ▶ Methoden zur Monetarisierung verschiedener Schäden, insbesondere menschlicher Todesfälle, ist aus ethischen Gründen hoch umstritten;
- ▶ Eine Monetarisierung von Ökosystemschäden bildet immer nur einen Teil des Schadens ab (bspw. Holzeinbußen in der Forstwirtschaft) und ist damit nicht umfassend;
- ▶ Nicht-monetäre Schadenskategorien können durch eine nicht umfassende Erhebung, aber auch durch fehlende reale Marktwerte geringer ausfallen im Vergleich zu bspw. Infrastruktur, was eine geringere Bewertung zur Folge hätte;
- ▶ Die Kommunikation monetarisierter Schäden, insbesondere von Ökosystemen, kann durch die Vielzahl einbezogener Faktoren bzw. Annahmen intransparent werden, sowie auf fehlende Akzeptanz stoßen (bspw. Frage sozialer Gerechtigkeit beim Willingness-to-pay Ansatz).

Andererseits kann eine Monetarisierung trotz dieser Probleme dann sinnvoll sein, wenn die Kommunikation der Klimaschäden rein auf Geldwerten basiert (z.B. in stark aggregierten Zusammenfassungen). In einem solchen Fall werden nicht monetarisierte Schäden, auch wenn diese qualitativ beschrieben sind, schlussendlich nicht angemessen berücksichtigt.

Wie in diesem Bericht beschrieben, lassen die derzeit vorliegenden Daten eine monetäre Abbildung verschiedener Schadensarten nur in Einzelfällen zu. Eine monetäre Schätzung umzusetzen, würde daher einen erheblichen Arbeitsaufwand bedeuten, um annähernd belastbare Ergebnisse zu erhalten. Für eine zeitnahe Umsetzung des Schadenskatasters ist ein solches Vorgehen daher nicht geeignet. Bei der Weiterentwicklung des Katasters und Ergänzung neuer Schadensdaten liegt es im Ermessen der zuständigen Stelle, ob eine ergänzende monetäre Abbildung angestrebt werden soll. Wird eine Monetarisierung umgesetzt, muss das Vorgehen mit der UBA-Methodenkonvention koordiniert werden.

12 Quellenverzeichnis

AJDA (2024): AJDA.

<https://ajda.projekti.si/AjdaAuth/account/login?ReturnUrl=%2FAjdaAuth%2F%3FReturnUrl%3D%252fweb> (18.07.2024)

Allen, M. (2003): Liability for climate change. Will it ever be possible to sue anyone for damaging the climate? In: Nature, Volume 421, S. 891 – 892. <https://www.nature.com/articles/421891a>

AMK (2019): Agrarministerkonferenz am 27.09.2019 in Mainz, Anlagen zum endgültigen Ergebnisprotokoll, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin 2019.

https://www.agrarministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-ergebnisprotokoll-amk-mainz_1570787484.pdf (28.05.2024)

Amt für Statistik Berlin Brandenburg (2020): Krankenhausstatistik. Diagnosen der Krankenhauspatientinnen und -patienten. Berichtsjahr ab 2018. EVAS:23131. Potsdam. Diagnosen der Krankenhauspatienten.

https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/Metadaten/MD_23131_2018.pdf

An der Heiden, M.; Muthers, S.; Niemann, H.; Buchholz, U.; Grabenhenrich, L.; Matzarakis, A. (2020): Heat-related mortality—an analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. Deutsches Ärzteblatt Int 2020; 117: 603–9. DOI:10.3238/arztebl.2020.0603.

<https://www.aerzteblatt.de/int/archive/article/215301>

ASU (2024): SHELDUS. <https://cemhs.asu.edu/sheldus> (18.07.2024)

BAFU (2024a): PLANAT. Bundesamt für Umwelt. <https://www.planat.ch/de/planat-1> (18.07.2024)

BAFU (2024b): Naturereigniskataster StorMe.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahregrundlagen/naturereigniskataster-storme.html> (12.06.2024)

Ballio, F., D. Molinari, G. Minucci, M. Mazuran, C. Arias Munoz, S. Menoni, F. Atun, D. Ardagna, N. Berni, und C. Pandolfo (2018): The RISPOSTA Procedure for the Collection, Storage and Analysis of High Quality, Consistent and Reliable Damage Data in the Aftermath of Floods. In: Journal of Flood Risk Management 11 (S2), S. 604–15, <https://doi.org/10.1111/jfr3.12216>

Bastos, A.; Ciaï, P.; Friedlingstein, P.; Sitch, S.; Pongratz, J.; Fan, L.; Wigneron, JP.; Weber, U.; Reichstein, M.; Fu, Z.; Anthoni, P.; Arneeth, A.; Haverd, V.; Jain, AK.; Joetzjer, E.; Knauer, J.; Lienert, S.; Loughran, T.; McGuire, PC.; Tian, H.; Viovy, N.; Zaehle, S. (2020): Direct and seasonal legacy effects of the 2018 heat wave and drought on European ecosystem productivity. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2724>

Bauhaus Universität Weimar (2024): EDAC-Hochwasserschadensmodell.

<https://edac.biz/forschung/hochwasser/edac-hochwasser-schadensmodell> (24.07.2024)

BBK (2019a): Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015 – 2030. Nationale Kontaktstelle für das Sendai Rahmenwerk beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)

https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fremd-Publikationen/SENDAI/sendai-rahmenwerk-2015-2030.pdf;jsessionid=5ABBD259C7045AB8384929AE4C750CB3.live132?_blob=publicationFile&v=4 (28.05.2024)

BBK (2019b): Auswertung des Elbehochwassers 2013 mit Fernerkundungsdaten. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Unveröffentlichter Bericht

BfN (2022): Schutzgebiete. <https://www.bfn.de/schutzgebiete> (28.05.2024)

Bierwerth, G. (2014): Kulturerbe. In: Online-Lexikon zur Kultur und Geschichte der Deutschen im östlichen Europa. URL: ome-lexikon.uni-oldenburg.de/p32713. (13.06.2023)

- BMEL (2014): Der Wald in Deutschland: ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (28.05.2024)
- BMEL (2018): Erntebericht 2018 - Mengen und Preise. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin 2018. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (28.05.2024)
- BMEL (2024): Archiv Buchführungsergebnisse Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/testbetriebsnetz-landwirtschaft-buchfuehrungsergebnisse/archiv-buchfuehrungsergebnisse-landwirtschaft> (24.07.2024)
- BMF (2021a): Soforthilfen Hochwasser: Bund und Länder sorgen für schnelle finanzielle Unterstützung der Betroffenen. Pressemitteilung.
<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2021/07/soforthilfen-hochwasser.html> (28.05.2024)
- BMF (2021b): Aufbauhilfe für vom Hochwasser betroffene Regionen.
<https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2021/08/2021-08-18-aufbauhilfe-fuer-vom-hochwasser-betroffene-regionen.html> (28.05.2024)
- BMF 2021c: Übersicht zu erfassten Schäden durch Tief Bernd durch das BMF (nicht veröffentlicht)
- BMI (2013): Bericht zur Flutkatastrophe 2013: Katastrophenhilfe, Entschädigung, Wiederaufbau.
<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/bevoelkerungsschutz/kabinettsbericht-fluthilfe.html> (28.05.2024)
- BMI und BMF (2021): Zwischenbericht zur Flutkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Soforthilfen und Wiederaufbau. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2021/09/zwischenbericht-Flutkatastrophe.html> (28.05.2024)
- BMI und BMF (2022): Bericht zur Hochwasserkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Wiederaufbau und Evaluierungsprozesse.
<https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2022/abschlussbericht-hochwasserkatastrophe.html> (28.05.2024)
- BMUV (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_gesamt_bf.pdf (03.07.2024)
- BMUV (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (03.07.2024)
- BMUV (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Downloads/Broschueren/fortschrittsbericht_anpassung_klimawandel_bf.pdf (03.07.2024)
- BMUV (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_2_fortschrittsbericht_bf.pdf (03.07.2024)
- Bonazza, A. (2018): Cultural Heritage in the Italian Strategy for Adaptation to Climate Change. In: Cultural heritage facing climate change. Experiences and ideas for resilience and adaptation. – Scienze e materiali del patrimonio culturale 12. S. 9–14, Bari. <https://www.preventionweb.net/media/94226/download>

- Bonazza, A.; Sardella, A. (2023): Climate Change and Cultural Heritage: Methods and Approaches for Damage and Risk Assessment Addressed to a Practical Application. *Heritage* 6 (4), S. 3578–3589.
<https://doi.org/10.3390/heritage6040190>
- BRF (2019): Pilotprojekt: Post soll auch Wetterdaten sammeln. <https://brf.be/national/1241853/> (24.07.2024)
- Brönnimann, S.; Stucki, P.; Franke, J.; Valler, V.; Brugnara, Y.; Hand, R.; Slivinski, L. C.; Compo, G. P.; Sardeshmukh, P. D.; Lang, M.; Schaeffli, B. (2022): Influence of warming and atmospheric circulation changes on multidecadal European flood variability. In: *Clim. Past*, 18, S.919–933. <https://doi.org/10.5194/cp-18-919-2022>
- Bronstert et al (2017): Hochwasser und Sturzfluten an Flüssen in Deutschland. In: Brasseur, G.; Jacob, D.; Schuck-Zöllner, S. [Hrsg.]: *Klimawandel in Deutschland*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg,
https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_10
- Brown, P. T. (2023): When the fraction of attributable risk does not inform the impact associated with anthropogenic climate change. In: *Climatic Change* (2023) 176:115 <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03591-4>
- BSH (2022): Sturmfluten.
https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html
(28.05.2024)
- Bubeck, P., Kienzler, S., Dillenhardt, L., Mohor, G. S., Thielen, A., Sauer, A., Neubert, M., Blazejczak, J., Edler, D. (2020): Bewertung klimawandelgebundener Risiken: Schadenspotenziale und ökonomische Wirkung von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bewertung-klimawandelgebundener-risiken> (24.07.2024)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2024): Geoportal. <https://www.geoportal.de/portal/main/>
(17.07.2024)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023): Kulturelles Erbe und Forschungsmuseen.
https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/geistes-und-sozialwissenschaften/kulturelles-erbe-und-forschungsmuseen/kulturelles-erbe-und-forschungsmuseen_node.html (13.06.2023)
- Bundesrechnungshof (2021): Abschließende Mitteilung an das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Prüfung der Dürrebeihilfe 2018. Bundesrechnungshof, Bonn,
https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/2021/duerrebeihilfe-2018-volltext.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (28.05.2024)
- Bundesregierung (2021): Verordnung über die Verteilung und Verwendung der Mittel des Fonds "Aufbauhilfe 2021".
https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze_Gesetzesvorhaben/Abteilungen/Abteilung_II/19_Legislaturperiode/2021-09-15-AufbhV-2021/0-Verordnung.html (28.05.2024)
- CarbonBrief (2022): Mapped: How climate change affects extreme weather around the world.
<https://www.carbonbrief.org/mapped-how-climate-change-affects-extreme-weather-around-the-world/>
(24.07.2024)
- CASCADES (2024): Cascading climate risks: towards adaptive and resilient European societies.
<https://www.cascades.eu/> (24.07.2024)
- CEDIM (2013): Juni-Hochwasser 2013 in Mitteleuropa - Fokus Deutschland Bericht 2: Auswirkungen und Bewältigung. https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_Juni_Hochwasser_Bericht2.pdf (24.07.2024)
- CEDIM (2021): Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland). Bericht Nr. 1 „Nordrhein-Westfalen & Rheinland-Pfalz“. https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_HochwasserJuli2021_Bericht1.pdf

CIMA (2024): EDORA. <https://www.cimafoundation.org/en/project/european-drought-observatory-for-resilience-and-adaptation-edora/> (24.07.2024)

Clarke, B. J.; Otto, F. E. L.; Jones, R. G. (2021): Inventories of DMextreme weather events and impacts: Implications for loss and damage from and adaptation to climate extremes. In: Climate Risk Management 32 (2021) 100285. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100285>

ClimaMeter (2024): ClimaMeter. Understanding Extreme Weather in a Changing Climate. <https://www.climameter.org/home> (24.07.2024)

ClimXtreme (2020): ClimXtreme. A research network on climate change and extreme events. <https://www.climxtreme.net/index.php/en/> (24.07.2024)

Corbane, C.; De Groeve, T.; Ehrlich, D.; Poljansek, K. (2015): A European Framework for Recording and Sharing Disaster Damage and Loss Data. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-3/W3 (August), S. 277–83, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-277-2015>

DB (2021a): Zerstörungen in historischem Ausmaß: DB zieht nach Flutkatastrophe Zwischenbilanz. https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Zerstoerungen-in-historischem-Ausmass-DB-zieht-nach-Flutkatastrophe-Zwischenbilanz-6868360#:~:text=Etwa%20eine%20Woche%20nach%20den,nie%20auf%20einen%20Schlag%20zerst%C3%B6rt (28.05.2024)

DB (2021b): Deutsche Bahn - Integrierter Bericht 2021. <https://ibir.deutschebahn.com/2021/de/start/> (28.05.2024)

De Groeve T, Poljansek K, Ehrlich D, Corbane C. (2014): Current status and Best Practices for Disaster Loss Data recording in EU Member States: A comprehensive overview of current practice in the EU Member States. EUR 26879. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union DOI: [10.2788/18330](https://doi.org/10.2788/18330) (28.05.2024)

De Groeve, T.; Corbane, C.; Ehrlich, D. (2015): Guidance for Recording and Sharing Disaster Damage and Loss Data: Towards the Development of Operational Indicators to Translate the Sendai Framework into Action. Luxemburg, European Commission. Joint Research Centre. Institute for the Protection and the Security of the Citizen. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/186107> (28.05.2024)

DESTATIS (2020): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Forstwirtschaftliche Bodennutzung. Holzeinschlagsstatistik. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz/Publikationen/Downloads-Wald-und-Holz/holzeinschlag-2030331207004.pdf?__blob=publicationFile

Deumlich, D.; Gericke, A. (2020): Frequency Trend Analysis of Heavy Rainfall Days for Germany. In: Water 2020, 12, 1950; <https://doi.org/10.3390/w12071950>

Deutscher Bundestag (2013): Unterrichtung durch die Bundesregierung - Bericht zur Flutkatastrophe 2013: Katastrophenhilfe, Entschädigung, Wiederaufbau. Drucksache 17/14743. <https://dserver.bundestag.de/btd/17/147/1714743.pdf> (22.06.2024)

Deutscher Bundestag (2014): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Sven-Christian Kindler, Peter Meiwald, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 18/1889, Drucksache 18/2124. <https://dserver.bundestag.de/btd/18/021/1802124.pdf> (22.06.2024)

Deutscher Bundestag (2016): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Sven-Christian Kindler, Peter Meiwald, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 18/9137, Drucksache 18/9354.

<https://www.bundestag.de/resource/blob/855918/b60c095da0bb03d4a4b36f7cf279b809/WD-7-082-21-pdf-data.pdf> (22.06.2024)

Diersen, M.; Taylor, G.; May, A. (2002): Direct and Indirect Effects of Drought on South Dakota's Economy. South Dakota State University, Department of Economics. Economics Commentator. Paper 423.

https://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1422&context=econ_com

DKKV (2022): DKKV Anfrage Informationen zur Flutkatastrophe im Ahrtal. https://dkkv.org/wp-content/uploads/2023/02/Anfrage_Opfer- und Schadensdaten der Flut 2021.pdf (28.05.2024)

DLG (2018): Mehrgefahrenversicherungen in der Landwirtschaft. DLG-Merkblatt 434 1. Auflage, Stand: 5/2018. <https://www.dlg.org/mediacenter/dlg-merkblaetter/dlg-merkblatt-434-mehrgefahrenversicherungen-in-der-landwirtschaft> (24.07.2024)

DWD (2013): Das Hochwasser an Elbe und Donau im Juni 2013 - Wetterentwicklung und Warnmanagement des DWD Hydrometeorologische Rahmenbedingungen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Ausgabe 242.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/201306xx_hochwasser_juni2013.html (28.05.2024)

DWD (2018a): 2018 wärmster Sommer im Norden und Osten Deutschlands.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180906_waermstersommer_nordosten2018.pdf?__blob=publicationFile&v=7#:~:text=Im%20August%202018%20setzte%20sich,der%20systematische%20Aufzeichnungen%201881 (28.05.2024)

DWD (2018b): Erste Bilanz des Deutschen Wetterdienstes zum Jahr 2018 in Deutschland.

https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20181220_jahr2018_rekord_news.html (28.05.2024)

DWD (2019): Ursachen und Folgen der Trockenheit in Deutschland und Europa ab Juni 2019.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/duerre/20190712_trockenheit_juni_juli_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (28.05.2024)

DWD (2020): Fakten zum Klimawandel: Was die Wissenschaft heute weiß.

https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/200910/fakten_zum_klimawandel.html (24.07.2024)

DWD (2021a): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.html (28.05.2024)

DWD (2021b): Ereignisselektion in CatRaRE.

https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/event_catalogues/germany/precipitation/CatRaRE_v2021.01/CatRaRE_Ereignisdetektion.pdf (24.07.2024)

DWD (2021c) Niederschlagsklimatologie: Daten und Produkte.

https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/wasserwirtschaft/radarniederschlag/radklim_broschuere.pdf;jsessionid=C3AFBD10B1EDC38479EBA2E99541FBF5.live11053?__blob=publicationFile&v=2 (10.06.2024)

DWD (2021d): CatRaRE v2021.01: Catalogues of heavy precipitation events based on RADKLIM-RW Version 2017.002.

https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/help/landing_pages/doi_landingpage_CatRaRE_V2021.01-en.html (24.07.2024)

DWD (2022a): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Glossar - H – Hitzewelle.

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=624852&lv2=101094> (28.05.2024)

- DWD (2022b): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen – Hitzewarnung. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html> (28.05.2024)
- DWD (2022c): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Glossar – Starkregen. [https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html#:~:text=Von%20Starkregen%20spricht%20man%20bei,oder\)%20zu%20%C3%9Cberschwemmungen%20f%C3%BChren.](https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html#:~:text=Von%20Starkregen%20spricht%20man%20bei,oder)%20zu%20%C3%9Cberschwemmungen%20f%C3%BChren.) (28.05.2024)
- DWD (2024a): Warnkriterien. https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnkriterien.html (24.07.2024)
- DWD (2024b): Warnstufen und Farbskala. https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnstufen.html (24.07.2024)
- DWD (2024c): Kataloge der Starkregenereignisse (CatRaRE). <https://www.dwd.de/DE/leistungen/catrare/catrare.html> (24.07.2024)
- DWD (2024d): Interaktive Bodenfeuchtekarten und -profile. https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/appl/bf_view/_node.html (24.07.2024)
- DWD (2024e): KlamEx. https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/wasserwirtschaft/kooperationen/klamex/klamex_themen_node.html (24.07.2024)
- DWD (2024f): Radarklimatologie (RADKLIM). <https://www.dwd.de/DE/leistungen/radarklimatologie/radarklimatologie.html> (24.07.2024)
- EDO (2024) European Drought Observatory. <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000> (24.07.2024)
- EEA (2022): RiskLayer. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-providers-and-partners/risklayer> (24.07.2024)
- EEA (2023): Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/direct-losses-from-weather-disasters-4/assessment> (03.07.2024)
- EG (2007): Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/richtlinie_management_hochwasserrisiken.pdf (28.05.2024)
- Ehrlich, D.; Corbane, C.; De Groeve, T. (2017): Technical Recommendations for Standardizing Loss Data. In Flood Damage Survey and Assessment, S. 17–29, American Geophysical Union (AGU), <https://doi.org/10.1002/9781119217930.ch2>
- Ellwanger, G.; Droschmeister, R.; Vischer-Leopold, M. (2020): Die Lage der Natur in Deutschland, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin/Bonn, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/bericht_lage_natur_2020_bf.pdf (28.05.2024)
- EM-DAT, CRED UCLouvain (2024a): EM-DAT. The international database. <https://www.emdat.be/> (17.07.2024)
- EM-DAT, CRED UCLouvain (2024b): Disaster Classification System. <https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/> (17.07.2024)
- EM-DAT, CRED UCLouvain (2024c): Introduction. <https://doc.emdat.be/docs/introduction/> (17.07.2024)
- EM-DAT, CRED UCLouvain (2024d): Database License Agreement (Commercial Use). <https://doc.emdat.be/docs/legal/database-license-agreement/#article-2-license-conditions-of-the-database> (17.07.2024)

Epidemiologisches Bulletin (2022): Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022.
https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2022/Ausgaben/42_22.pdf?__blob=publicationFile
(24.07.2024)

ESA (2024): About SMOS. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos> (24.07.2024)

ESWD (2024): European Severe Weather Database. <https://www.eswd.eu/> (24.07.2024)

Europäische Kommission (2013): Data Specification on Natural Risk Zones – Technical Guidelines“. INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe. European Commission Joint Research Centre
<https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/nz>

Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur, (2022). Stärkung der Resilienz des Kulturerbes gegen den Klimawandel : der europäische Grüne Deal trifft Kulturerbe, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/604948> (28.05.2024)

Europäische Kommission (2024a): Beyond GDP Publications.
https://ec.europa.eu/environment/beyond_gdp/index_en.html (03.07.2024)

Europäische Kommission (2024b): INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe.
<https://inspire.ec.europa.eu> (03.07.2024)

Europäische Kommission (2024c): The Emergency Management Service – Mapping.
<https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/emergency-management-service-mapping> (24.07.2024)

Europäische Kommission (2024d): European Flood Awareness System. <https://european-flood.emergency.copernicus.eu/en> (24.07.2024)

Europäische Kommission (2024e): EMSN076: Germany BEAM update.
<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN076> (24.07.2024)

Europäische Kommission (2024f): DRMKC Risk Data Hub. <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/risk-data-hub/#/>
(24.07.2024)

Europäische Union (2015): Copernicus: Europas Blick auf die Erde.
https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_brochure_DE_web_Oct2017.pdf
(24.07.2024)

Europäische Union, 2018: Safeguarding Cultural Heritage through Technical and Organisational Resources Management. D5.2 STORM Risk Management Tool.

Europäische Union (2019): Culture statistics. 2019 edition. Statistical books.
<https://data.europa.eu/doi/10.2785/118217> (28.05.2024)

Europäische Union (2021): Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R2139&from=EN#d1e32-346-1>
(24.07.2024)

Europäische Union (2024a): NUTS – Systematik für die Gebietseinheiten für die Statistik.
<https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/nuts> (03.07.2024)

Europäische Union (2024b): Welcome to the project homepage of FPCUP. <https://www.copernicus-user-uptake.eu/> (24.07.2024)

European Drought Centre (2024): About Us. <http://europeandroughtcentre.com/> (24.07.2024)

Eurostat (2021): Selling prices of crop products (absolute prices) - annual price (from 2000 onwards). In: Knowledge for policy. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/dataset/beo-apriapcrpouta_en (28.05.2024)

Fatorić, S.; Seekamp, E. (2017): Are cultural heritage and resources threatened by climate change? A systematic literature review. Climatic Change 142 (1-2), S. 227–254, <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1929-9>

Fitch Ratings (2013): German Flood Claims May Hit EUR3bn; Credit Impact Limited. <https://www.fitchratings.com/redirect/?q=/site/pr/793326> (28.05.2024)

GDV (2014a): Naturgefahrenreport 2014. <https://www.gdv.de/resource/blob/20462/320abd98a62289a46d628c59b234f982/publikation-naturgefahrenreport-2014-data.pdf> (28.05.2024)

GDV (2014b): Online-Serviceteil Naturgefahrenreport 2014. <https://www.gdv.de/resource/blob/22704/7a1c8c513b014620b4117a6e3fe784da/online-serviceteil-zum-naturgefahrenreport-2014-data.pdf> (28.05.2024)

GDV (2016): Landwirtschaftliche Mehrgefahrenversicherung für Deutschland. https://vereinigte-hagel.net/de/wp-content/uploads/GDV_Sonderheft_Landwirtschaftliche-Mehrgefahrenversicherung-fuer-Deutschland.pdf (28.05.2024)

GDV (2018): Positionen, Das Magazin der Deutschen Versicherer, Ausgabe 3, Jahr 2018. <https://www.allgemeiner-fachverlag.de/hefte/2018-03/> (28.05.2024)

GDV (2019): Forschungsprojekt Starkregen. <https://www.gdv.de/gdv/themen/klima/forschungsprojekt-starkregen-52866> (24.07.2024)

GDV (2020): Ernteeinbußen wegen Dürre: Versicherer fordern mehr staatliche Unterstützung für Landwirte. <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/ernteeinbuessen-wegen-duerre-versicherer-fordern-mehr-staatliche-unterstuetzung-fuer-landwirte-61362> (28.05.2024)

GDV (2021a): Naturgefahrenreport 2021. <https://www.gdv.de/resource/blob/71294/ebaad3ff1563be2b92e0dd0ce4c0751c/download-naturgefahren-report-data.pdf> (28.05.2024)

GDV (2021b): Online-Serviceteil zum Naturgefahrenreport 2021. <https://www.gdv.de/resource/blob/71296/4682dd50c4ffdedb048e56020213f35e/download-serviceteil-naturgefahren-report-data.pdf>

GDV (2021c): Versicherung gegen Naturgefahrenereignisse in Deutschland - Gesamtkonzept der deutschen Versicherer. <https://www.gdv.de/resource/blob/71796/6769b9563c300db77d026d963cd45cc6/positionspapier-versicherung-gegen-naturgefahrenereignisse-in-deutschland-data.pdf> (28.05.2024)

GDV (2021d): Naturgefahren - Teuerstes Naturgefahrenjahr überhaupt - Schaden- und Unfallversicherer rutschen in die roten Zahlen. <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/teuerstes-naturgefahrenjahr-ueberhaupt-schaden-und-unfallversicherer-rutschen-in-die-roten-zahlen--70148#:~:text=Naturgefahren-,Teuerstes%20Naturgefahrenjahr%20C3%BCberhaupt%20%2D%20Schaden%2D%20und%20Unfallversicherer%20rutschen%20in%20die%20roten,Sch%C3%A4den%20seit%20mindestens%2050%20Jahren> (28.05.2024)

GDV (2022a): Regionale Naturgefahrenbilanz 2021 - Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz mit höchsten Unwetter-Schäden. <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/nordrhein-westfalen-und-rheinland-pfalz-mit-hoechsten-unwetter-schaeden-84702> (28.05.2024)

GDV (2022b): Zahlen und Fakten Flutkatastrophe „Bernd“ 13.-18. Juli 2021. <https://www.gdv.de/resource/blob/85468/5d36e1c4913dbd0214cea9f0f78ff932/zahlen-und-fakten-data.pdf> (28.05.2024)

- GDV (2022c): Naturgefahrenreport 2022. <https://www.gdv.de/resource/blob/105828/0e3428418c45df91f7ee5f280a5a9bff/download-naturgefahrenreport-2022-data.pdf> (28.05.2024)
- GDV (2024): Starkregen. <https://gdv.pageflow.io/starkregen#203393> (24.07.2024)
- GFZ (2024): Hochwasserschadendatenbank HOWAS 21. <https://howas21.gfz-potsdam.de/> (24.07.2024)
- GLIDENumber (2024) <https://glidenummer.net> (03.07.2024)
- Heeg, T. (2021): Hochwasserkatastrophe - Deutsche Bahn schätzt Flutschäden auf 1,3 Milliarden Euro. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/hochwasserkatastrophe-deutsche-bahn-schaetzt-flutschaeden-auf-1-3-milliarden-euro-17450435.html#:~:text=Die%20Kosten%20durch%20Flutsch%C3%A4den%20im,an%20mehr%20als%2050%20B%C3%BCcken.> (28.05.2024)
- Horrige, M.; Madden, J.; Wittwer, G. (2003): Using a highly disaggregated multi-regional single-country model to analyse the impacts of the 2002-03 drought on Australia. Centre of Policy Studies, IMPACT Centre Working Papers, Victoria University. <https://ideas.repec.org/p/cop/wpaper/g-141.html> (13.06.2024)
- ICOMOS (2019): The Future of Our Pasts: Engaging Cultural Heritage in Climate Action. <https://civvih.icomos.org/wp-content/uploads/Future-of-Our-Pasts-Report-min.pdf> (28.05.2024)
- IPCC (2012): Glossary of terms. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Edited by: Field, C.B.; Barros, V. et al. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf
- IPCC (2021): Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou. Edited by Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi:10.1017/9781009157896.013. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-11/>
- IRD (2014): DATA. Peril Classification and Hazard Glossary. <https://irdrinternational.org/news/114> (03.07.2023)
- Integrated Research on Disaster Risk (2015): Guidelines on Measuring Losses from Disasters: Human and Economic Impact Indicators (IRD DATA Publication No. 2). Beijing, Integrated Research on Disaster Risk, <http://www.irdrinternational.org/wp-content/uploads/2015/03/DATA-Project-Report-No.-2-WEB-7MB.pdf>
- IRD (2024) What We Do. <https://www.irdrinternational.org/> (03.07.2024)
- Karimi, J. (2017): A Step to Sustainability; MAES Mapping and Assessment of Ecosystem Services in European cities and Italy. IUCN. EESP News <https://www.iucn.org/news/commission-environmental-economic-and-social-policy/201702/step-sustainability-maes-mapping-and-assessment-ecosystem-services-european-cities-and-italy> (19.06.2023)
- Kellermann, P.; Schröter, K.; Thieken, A. H.; Haubrock, S. N.; Kreibich, H. (2020): The object-specific flood damage database HOWAS21. Preprint, Databases, GIS, Remote Sensing, Early Warning Systems and Monitoring Technologies, <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-420>

- Kellermann, P., Schröter, K., Thieken, A. H., Haubrock, S.-N., Kreibich, H. (2020): The object-specific flood damage database HOWAS 21. - *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS)*, 20, 2503-2519. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2503-2020>
- Khazai, B., Besel, T., Möhrle, S., Dittrich, A., Schröter, K., Mühr, B., Elmer, F., Kunz-Plapp, T., Trieselmann, W., Kunz, M. (2023): DECIM Forensic Disaster Analysis, „Juni-Hochwasser 2013 in Mitteleuropa - Fokus Deutschland Bericht 2: Auswirkungen und Bewältigung“. https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_Juni_Hochwasser_Bericht2.pdf (13.06.2023)
- KIRAS (2018): CollEction, Standardization and Attribution of Robust disaster Event information (CESARE) <https://www.kiras.at/en/financed-proposals/detail/Cesare> (18.07.2024)
- Klauber, H.; Koch, N. (2021): Individuelle und regionale Risikofaktoren für hitzebedingte Hospitalisierungen der über 65-Jährigen in Deutschland. Günster, C. et al. [Hrsg.]: *Versorgungs-Report: Klima und Gesundheit*, Berlin, Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, DOI: <https://doi.org/10.32745/9783954666270-5>
- Kreibich, H., Thieken, A., Haubrock, S.-N., Schröter, K. (2017): HOWAS21, the German Flood Damage Database. - In: Molinari, D., Menoni, S., Ballio, F. (Eds.), *Flood Damage Survey and Assessment: New Insights from Research and Practice*, New York, NY : Wiley, 65-75. <https://doi.org/10.1002/9781119217930.ch5>
- Kulturstiftung der Länder (2022): *Kunst und Kultur bewahren. Kulturelles Erbe*. <https://www.kulturstiftung.de/kulturelles-erbe/> (13.06.2023)
- Lancet Countdown (2019): Explore our data. <https://www.lancetcountdown.org/data-platform/health-hazards-exposures-and-impacts/1-1-health-and-heat/1-1-4-change-in-labour-capacity> (24.07.2024)
- Landesregierung Rheinland-Pfalz (2021): MINISTERIALBLATT der Landesregierung von Rheinland-Pfalz. *Gewährung staatlicher Finanzhilfen zur Beseitigung der Schäden aufgrund des Starkregens und des Hochwassers am 14. und 15. Juli 2021 in den Landkreisen Ahrweiler, Bernkastel-Wittlich, Cochem-Zell, Eifelkreis Bitburg-Prüm, Mayen-Koblenz, Trier-Saarburg und Vulkaneifel sowie der kreisfreien Stadt Trier (VV Wiederaufbau RLP 2021)*, 73. Jahrgang, 01.10.2021, Nummer 10. https://wiederaufbau.rlp.de/fileadmin/wiederaufbau/2024/MinBlatt_Nr._05_vom_26.03.2024.pdf
- Lawrance, E.; Thompson, R.; Fontana, G.; Jennings, N. (2021): The impact of climate change on mental health and emotional wellbeing: current evidence and implications for policy and practice. *International review of psychiatry (Abingdon, England)*, 34(5), 443–498. <https://doi.org/10.1080/09540261.2022.2128725>
- Leissner, J.; Kilian, R.; Kotova, L.; Jacob, D.; Mikolajewicz, U.; Broström, T.; Ashley-Smith, J.; Schellen, H. L.; Martens, M.; van Schijndel, J.; Antretter, F.; Winkler, M.; Bertolin, C.; Camuffo, D.; Simeunovic, G.; Vyhliđal, T. (2015): Climate for Culture: assessing the impact of climate change on the future indoor climate in historic buildings using simulations. *Herit Sci* 3 (1), DOI:10.1186/s40494-015-0067-9
- LFU (2024): *Starkregen und Sturzfluten*. https://www.lfu.bayern.de/wasser/starkregen_und_sturzfluten/index.htm (24.07.2024)
- LFU (2024b): *Überflutungen infolge von Starkregen*. <https://www.hios-projekt.de/de> (24.07.2024)
- LHP (2024): *Hinweise zum Internetangebot*. <https://www.hochwasserzentralen.de/info> (24.07.2024)
- Martin-Ortega, J.; Markandya, A. (2012): *The costs of drought: the exceptional 2007-2008 case of Barcelona*. Basque Centre for Climate Change. <https://climatescience.ru/uploads/pubs/9/97/972/9727860e85d2993dea80cf7f36ca43a2.pdf>
- Mecklenburg, S., Drusch, M. Kerr, Y., Font, J., Martin-Neira, M., Delwart, S., Buenadicha, G., Reul, N., Daganzo-Eusebio, E., Oliva, R., Capolicchio, R. (2012): *ESA's Soil Moisture and Ocean Salinity Mission: Mission*

Performance and Operations. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 50, no. 5, pp. 1354-1366, DOI:10.1109/TGRS.2012.2187666. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6175118?tp=&signout=success>

MHKBG (2021): Richtlinie über die Gewährung von Billigkeitsleistungen des Landes Nordrhein-Westfalen zur Beseitigung von Schäden an öffentlicher und privater Infrastruktur sowie zum Wiederaufbau anlässlich der Starkregen- und Hochwasserkatastrophe im Juli 2021 (Förderrichtlinie Wiederaufbau Nordrhein-Westfalen), MBl. NRW. Ausgabe 2021 Nr. 27 vom 13.9.2021 S. 715 – 736.

https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=7&vd_id=19755&vd_back=N716&sg=0&menu=0

MLUK (2024): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). <https://www.lawa.de/Ausschuesse-361.html> (24.07.2024)

Mohor, G. S.; Sieg, T.; Koch, O.; Buhrmann, A.; Maiwald, H.; Schwarz, J.; Thielen, A. H. (2024): Remote sensing-based mapping of structural building damage in the Ahr valley. *Journal of Flood Risk Management*, March 2024. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12983>

Munich RE (2014): Topics Geo - Naturkatastrophen 2013 Analysen, Bewertungen, Positionen. Ausgabe 2014. https://www.munichre.com/content/dam/munichre/contentlounge/website-pieces/documents/delete-natcat/302-08120_de.pdf/jcr_content/renditions/original./302-08120_de.pdf (28.05.2024)

Munich RE (2021): Munich Re erwartet steigende Rückversicherungspreise in Europa. <https://www.munichre.com/de/unternehmen/media-relations/medieninformationen-und-unternehmensnachrichten/medieninformationen/2021/medieninformation-18-10-2021.html> (28.05.2024)

Munich RE (2024): Daten zu Naturkatastrophen seit 1980. <https://www.munichre.com/de/loesungen/fuer-industriekunden/natcatservice.html> (24.07.2024)

Mohr, S., Küpfer, K., Wisotzky, C., Ehmele, F., Mühr, B. (2021): Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland). Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology. https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_HochwasserJuli2021_Bericht1_Erg%C3%A4nzung.pdf (13.06.2023)

Newman, R.; Noy, I. (2023): The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. In: *Nature Communications* 14:6103. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>

OECD (2014): Improving the Evidence Base on the Costs of Disasters. https://www.oecd-ilibrary.org/improving-the-evidence-base-on-the-costs-of-disasters_5j8qsq1plk8p.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fcomponent%2F9789264298798-4-en&mimeType=pdf (03.07.2024)

Otto, F. E. L. (2017): Attribution of Weather and Climate Events. In: *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2017. 42:627–46. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060847>

Paprotny, D.; Morales-Nápoles, O.; Jonkman, S. N. (2018): HANZE: a pan-European database of exposure to natural hazards and damaging historical floods since 1870. <https://doi.org/10.5194/essd-10-565-2018>

PERILS (2024): Home. <https://www.perils.org/> (24.07.2024)

Perkins-Kirkpatrick, S.E.; Stone, D.A.; Mitchell, D.M.; Rosier, S.; King, A.D.; Lo, Y.T.E.; Pastor-Paz, J.; Frame, D.; Wehner, M. (2022): On the attribution of the impacts of extreme weather events to anthropogenic climate change. In: *Environ. Res. Lett.* 17 (2022) 024009. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac44c8/pdf>

Pfahl, S.; O’Gorman, P.A.; Fischer, E.M. (2017): Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation. In: *NATURE CLIMATE CHANGE*. <https://doi.org/10.1038/nclimate3287>

Philip, S.; Kew, S.; van Oldenborgh, G.J.; Otto, F.; Vautard, R.; van der Wiel, K.; King, A.; Lott, F.; Arrighi, J.; Singh, R.; van Aalst, M. (2020): A protocol for probabilistic extreme event attribution analyses. In: *Adv. Stat. Clim. Meteorol. Oceanogr.*, 6, 177–203, 2020, <https://doi.org/10.5194/ascmo-6-177-2020>

PLANAT (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018. Bern, http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/Strategie2018/Strategie_de.pdf

PLANAT (2020): Auf dem Weg zur risikokompetenten Gesellschaft. Tätigkeitsbericht 2016 – 2019 der Nationalen Plattform Naturgefahren PLANAT. Bern, http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/Jahres-_und_Taetigkeitsberichte/T%C3%A4tigkeitsbericht_2016-2019.pdf

PROGNOS (2022a): Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland - Eine ex-post-Analyse der Schäden der Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Hitzesommer%2018_19_AP2_3a_.pdf (28.05.2024)

PROGNOS (2022b): Übersicht vergangener Extremwetterschäden in Deutschland - Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_%C3%9Cbersicht%20vergangener%20Extremwettersch%C3%A4den_AP2_1.pdf (28.05.2024)

PROGNOS (2022c): Schäden der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021 in Deutschland Eine ex-post-Analyse. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Flut_AP2_3b_.pdf (28.05.2024)

PROGNOS (2022d): Extremwetterschäden in Deutschland seit 2018. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Kurzzusammenfassung_Extremwettersch%C3%A4den%20seit%202018_AP2_3d_.pdf (28.05.2024)

Reimann, L.; Vafeidis, A. T.; Brown, S.; Hinkel, J.; Tol, R. S. J. (2018): Mediterranean UNESCO World Heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea-level rise. *Nature communications* 9 (1), S. 4161. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06645-9>

Reinermann, S.; Gessner, U.; Asam, S.; Kuenzer, C.; Dech, S. (2019): The effect of droughts on vegetation condition in Germany: An analysis based on two decades of satellite earth observation time series crop yield statistics, *Remote Sensing* 11, 1783. <https://doi.org/10.3390/rs11151783>

Riedel, T., Nolte, C., aus der Beek, T., Liedtke, J., Sures, B., Grabner, D. (2021): Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/niedrigwasser-duerre-grundwasserneubildung> (28.05.2024)

Robert Koch Institut (2022): Hitzebedingte Mortalität in Deutschland In: *Epidemiologisches Bulletin*. 42/ 2022. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2022/42/Art_01.html (28.05.2024)

Romão, X.; Paupério, E.; Pereira, N. (2016): A framework for the simplified risk analysis of cultural heritage assets. *Journal of Cultural Heritage* 20, S. 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.05.007>

Rözer, V.; Peche, A.; Berkhahn, S.; Feng, Y.; Fuchs, L.; Graf, T.; Haberlandt, U.; Kreibich, H.; Sämann, R.; Sester, M.; Shehu, B.; Wahl, J.; Neuweiler, I. (2021): Impact-Based Forecasting for Pluvial Floods. In: *Earth's Future*, Volume 9, Issue2, February 2021, <https://doi.org/10.1029/2020EF001851>

Rudari, R.; Massabò, M.; Bedrina, T. (2017): Overview of Loss Data Storage at Global Scale. In: *Flood Damage Survey and Assessment*, S. 31–51, American Geophysical Union (AGU), <https://doi.org/10.1002/9781119217930.ch3>

Sairam, N.; Brill, F.; Sieg, T.; Farrag, M.; Kellermann, P.; Nguyen, V. D.; Lüdtkke, S.; Merz, B.; Schröter, K.; Vorogushyn, S.; Kreibich, H. (2021): Process-Based Flood Risk Assessment for Germany. In: *Earth's Future*, Volume 9, Issue10 October 2021. <https://doi.org/10.1029/2021EF002259>

Samaniego L., R. Kumar, S. Attinger (2010): Multiscale parameter regionalization of a grid-based hydrologic model at the mesoscale. *Water Resour. Res.*, 46,W05523. <https://doi.org/10.1029/2008WR007327>

Schmid-Johannsen, J., Lang, U., Heiliger, N. (2023): Noch ein Vermisster – Aktuelle Daten und Fakten. SWR. <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/flut-in-ahrweiler-so-gross-ist-der-schaden-104.html>

Schmitt, T.; Krüger, M.; Pfister, A.; Becker, M.; Mudersbach, C.; Fuchs, L.; Hoppe, H.; Lakes, I. (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. 65. 113-120. https://www.researchgate.net/publication/322930727_Einheitliches_Konzept_zur_Bewertung_von_Starkregenereignissen_mittels_Starkregenindex

Schumacher, D.L.; Zachariah, M.; Otto, F.; Barnes, C.; Philip, S.; Kew, S.; Vahlberg, M.; Singh, R.; Heinrich, D.; Arrighi, J.; van Aalst, M.; Thalheimer, L.; Raju, E.; Hauser, M.; Hirschi, M.; Gudmundsson, L.; Beaudoin, H.K.; Rodell, M.; Li, S.; Yang, W.; Vecchi, G.A.; Vautard, R.; Harrington, L.J.; Seneviratne, S.I. (2022): High temperatures exacerbated by climate change made 2022 Northern Hemisphere soil moisture droughts more likely. In: *World Weather Attribution*. <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/WCE-NH-drought-scientific-report.pdf>

Serdeczny, O.; Waters, E.; Chan, S. (2016): Non-economic Loss and Damage: Addressing the Forgotten Side of Climate Change Impacts. https://www.idos-research.de/uploads/media/BP_3.2016_neu.pdf

Serdeczny, O. (2019): Non-economic Loss and Damage and the Warsaw International Mechanism. In: Mechler, R. et al. (2019): *Loss and Damage from Climate Change*. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-72026-5_8

Serje, J. (2017): Overview of the United Nations Global Loss Data Collection Initiative. In: *Flood Damage Survey and Assessment*, S. 1–16, American Geophysical Union (AGU), <https://doi.org/10.1002/9781119217930.ch1>

Sieg, T.; Schinko, T.; Vogel, K.; Mechler, R.; Merz, B.; Kreibich, H. (2019): Integrated assessment of short-term direct and indirect economic flood impacts including uncertainty quantification. *PLoS ONE* 14(4): e0212932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212932>

Simpson, N.; Orr, S.; Sabour, S.; Clarke, J.; Ishizawa, M.; Feener, M.; Ballard, C.; Mascarenhas, P.; Pinho, P.; Bosson, J.; Morrison, T.; Zvobogo, L. (2022): ICSM CHC White Paper II: Impacts, vulnerability, and understanding risks of climate change for culture and heritage. Contribution of Impacts Group II to the International Co-Sponsored Meeting on Culture, Heritage and Climate Change. <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2718/>

SMEKUL (2024): Monitoring Klimawandel und Biodiversität. <https://www.natur.sachsen.de/monitoring-klimawandel-und-biodiversitat-8083.html> (24.07.2024)

Söder (2022): Mailverlauf mit Frau Söder zu KlimErtrag

Söder (2023): Mailverlauf mit Frau Söder zu Indexversicherungen und KlimErtrag

Söder, M.; Berg-Mohnicke, M.; Bittner, M.; Ernst, S.; Feike, T.; Frühauf, C.; Golla, B.; Jänicke, C.; Jorzig, C.; Leppelt, T.; Liedtke, M.; Möller, M.; Nendel, C.; Offermann, F.; Riedesel, L.; Romanova, V.; Schmitt, J.; Schulz, S.; Seserman, D. M.; Rahman Shawon, A. (2022): Klimawandelbedingte Ertragsveränderungen und Flächennutzung (KlimErtrag). *Thünen Working Paper* 198. <https://doi.org/10.3220/WP1659347916000>

Spinoni, J.; Barbosa, P.; Bucchignani, E.; Cassano, J.; Cavazos, T.; Cescatti, A.; Christensen, J. H.; Christensen, O. B.; Coppola, E.; Evans, J. P.; Forzieri, G.; Geyer, B.; Giorgi, F.; Jacob, D.; Katzfey, J.; Koenigk, T.; Laprise, R.; Lennard, C. J.; Kurnaz, M. L.; Li, D.; Llopart, M.; McCormick, N.; Naumann, G.; Nikulin, G.; Ozturk, T.; Panitz, H.-J.; Porfirio da Rocha, R.; Solman, S. A.; Syktus, J.; Tangang, F.; Teichmann, C.; Vautard, R.; Vogt, J. V.; Winger, K.; Zittis, G.; Dosio, A. (2022): Global exposure of population and land-use to meteorological droughts under different warming levels and SSPs: A CORDEX-based study. <https://doi.org/10.1002/joc.7302>

- Statistisches Bundesamt (2019): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Wachstum und Ernte «Feldfrüchte». Fachserie 3 Reihe 3.2.1., 2018. https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft_mods_00083476
- Statistisches Bundesamt (2020): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Wachstum und Ernte «Feldfrüchte». Fachserie 3 Reihe 3.2.1., 2019. https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft_mods_00124230
- Statistisches Bundesamt (2024a): Ziel 11 - Nachhaltige Städte und Gemeinden. German Indicators for the Sustainable Development Goals, <https://sdg-indikatoren.de/11/> (03.07.2024)
- Statistisches Bundesamt (2024b): Indicators of the UN Sustainable Development Goals. <https://sdg-indikatoren.de/en/> (03.07.2024)
- Statistisches Bundesamt (2024c): GENESIS. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (24.07.2024)
- STMUV (2024): Förderprogramme für Konzepte zum Hochwassermanagement. https://www.hochwasserinfo.bayern.de/aktiv_werden/kommunen/foerderung/index.html (03.07.2024)
- Swain, D.L.; Singh, D.; Touma, D.; Diffenbaugh, N.S. (2020): Attributing Extreme Events to Climate Change: A New Frontier in a Warming World. In: One Earth 2, June 19, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.05.011>
- Swiss Re (2021): Swiss Re Institute schätzt weltweite versicherte Schäden aus Katastrophen im Jahr 2021 auf 112 Mrd. USD – die bisher vierthöchste Jahressumme, Medienmitteilung. <https://www.swissre.com/dam/jcr:6776dacf-2f6a-4939-bee2-bdbae18c85b8/nr-20211214-sigma-full-year-preliminary-natcat-loss-estimate-2021-de.pdf> (28.05.2024)
- Swiss RE (2024a): sigma explorer. <https://www.sigma-explorer.com/> (24.07.2024)
- Swiss RE (2024b): CatNET. <https://www.swissre.com/reinsurance/property-and-casualty/solutions/property-solutions/catnet.html> (24.07.2024)
- Thünen Institut (2024): Fernerkundungsbasiertes Nationales Erfassungssystem für Waldschäden. <https://www.fnews-wald.de/> (30.04.2024)
- Thünen Institut (2024b): Modellsteckbrief AGMEMOD. <https://www.thuenen.de/de/thuenen-institut/verbundstrukturen/thuenen-modellverbund/modelle/agmemod> (24.07.2024)
- Tilch, N.; Kociu, A.; Haberler, A.; Melzner, S.; Schwarz, L.; Lotter, M. (2011): The Data Management System Georios of the Geological Survey of Austria (GBA); Geological Survey of Austria—Department of Engineering Geology. https://www.geologie.ac.at/fileadmin/user_upload/dokumente/pdf/poster/poster_2011_tilch_georios.pdf
- Tradowsky, J.S.; Philip, S.Y.; Kreienkamp, F.; Kew, S.F.; Lorenz, P.; Arrighi, J.; Bettmann, T.; Caluwaerts, S.; Chan, S.C.; De Cruz, L.; de Vries, H.; Demuth, N.; Ferrone, A.; Fischer, E.M.; Fowler, H.J.; Goergen, K.; Heinrich, D.; Henrichs, Y.; Kaspar, F.; Lenderink, G.; Nilson, E.; Otto, F.E.L.; Ragone, F.; Seneviratne, S.I.; Singh, R.K.; Skålevåg, A.; Termonia, P.; Thalheimer, L.; van Aalst, M.; Van den Bergh, J.; Van de Vyver, H.; Vannitsem, S.; van Oldenborgh, G.J.; Van Schaeybroeck, B.; Vautard, R.; Vonk, D.; Wanders, N. (2022): Attribution of the heavy rainfall events leading to severe flooding in Western Europe during July 2021. In: Climatic Change (2023) 176:90, <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03502-7>
- Trebczek, J.; Lühr, O.; Eiserbeck, L.; Sandhövel, M. (2021): Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Eine ex-post-Analyse der Schäden der Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019. Prognos. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Hitzesommer%2018_19_AP2_3a_.pdf (19.06.2023)
- UBA (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA) für Deutschland: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung> (03.07.2024)

- UBA (2022): Wasserqualität in Badegewässern. <https://www.umweltbundesamt.de/wasserqualitaet-in-badegewaessern#wie-erhalte-ich-informationen-zur-aktuellen-badegewasserqualitaet> (28.05.2024)
- UBA (2023): Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2023> (24.07.2024)
- UFZ (2024): Dürremonitor Deutschland. <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> (24.07.2024)
- UN (2024): System of environmental Accounting (SEEA). <https://seea.un.org/ecosystem-accounting> (03.07.2024)
- UNDP (2013) Post-Disaster Needs Assessment Guidelines. <https://www.preventionweb.net/media/14049/download?startDownload=20240703> (03.07.2024)
- UNDRR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. <https://www.undrr.org/media/16176/download> (24.07.2024)
- UNDRR (2024a): Disaster losses and damages tracking. <https://www.undrr.org/building-risk-knowledge/disaster-losses-and-damages-tracking-system-dldt> (24.07.2024)
- UNDRR (2024b): DesInventar. <https://www.desinventar.net/> (24.07.2024)
- UNFCCC (2013): Non-economic losses in the context of the work programme on loss and damage. Technical paper. FCCC/TP/2013/2 <https://unfccc.int/documents/7954> (24.07.2024)
- UNISDR (2017) Technical Guidance for Monitoring and Reporting on Progress in Achieving the Global Targets of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. https://www.preventionweb.net/files/54970_techguidancefdigitalhr.pdf (03.07.2024)
- Universität Freiburg (2024): AVOSS. Auswirkungsbasierte Vorhersage von Starkregen und Sturzfluten auf verschiedenen Skalen: Potentiale, Unsicherheiten und Grenzen. <https://www.avoss.uni-freiburg.de/> (24.07.2024)
- Universität Gießen (2024): Untersuchungen zum "Institut für Agribusiness". auch <https://www.uni-giessen.de/de/ueber-uns/pressestelle/aktuelles/6122019> (24.07.2024)
- Universität Rostock (2020): Artikel zeigt unerwartete Auswirkungen von Dürre auf wiedervernässte Moore. <https://www.auf.uni-rostock.de/fakultaet/ueber-uns/aktuelles/detailansicht-der-news/n/artikel-zeigt-unerwartete-auswirkungen-von-duerre-auf-wiedervernaesste-moore-73685/#:~:text=Neue%20Studie%20in%20Kooperation%20der,langfristige%20Entwicklung%20der%20Zielvegetation%20beschleunigen> (24.07.2024)
- URBAS (2024): URBAS – urbane Sturzfluten. <http://www.urbanesturzfluten.de/> (24.07.2024)
- van Daalen, K. R.; Romanello, M.; Rocklöv, J.; Semenza, J. C.; Tonne, C.; Markandya, A.; Dasandi, N.; Jankin, S.; Achebak, H.; Ballester, J.; Bechara, H.; Callaghan, M. W.; Chambers, J.; Dasgupta, S.; Drummond, P.; Farooq, Z.; Gasparyan, O.; Gonzalez-Reviriego, N.; Hamilton, I.; Hänninen, R.; Kazmierczak, A.; Kendrovski, V.; Kennard, H.; Kiesewetter, G.; Lloyd, S. J.; Lotto Batista, M.; Martinez-Urtaza, J.; Milà, C.; Minx, J. C.; Nieuwenhuijsen, M.; Palamarchuk, J.; Quijal-Zamorano, M.; Robinson, E. J. Z.; Scamman, D.; Schmoll, O.; Sewe, M. O.; Sjödin, H.; Sofiev, M.; Solaraju-Murali, B.; Springmann, M.; Triñanes, J.; Anto, J. M.; Nilsson, M.; Lowe, R. (2022): The 2022 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: towards a climate resilient future. The Lancet. Public health 7 (11), 1619–54. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00197-9)
- van Oldenborgh, G.J.; van der Wiel, K.; Kew, S.; Philip, S.; Otto, F.; Vautard, R.; King, A.; Lott, F.; Arrighi, J.; Singh, R.; van Aalst, M. (2021): Pathways and pitfalls in extreme event attribution. In: Climatic Change (2021) 166: 13, <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03071-7>
- Vautard, R.; van Aalst, M.; Boucher, O.; Drouin, A.; Haustein, K.; Kreienkamp, F.; van Oldenborgh, G. J.; Otto, F.; Ribes, A.; Robin, Y.; Schneider, M.; Soubeyroux, J.; Stott, P.; Seneviratne, S.; Vogel, M. Wehner, M. (2020):

Human contribution to the record-breaking June and July 2019 heatwaves in Western Europe. In: Environmental Research Letters, Volume 15, Number 9. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aba3d4/pdf>

Vicedo-Cabrera, A.M.; de Schrijver, E.; Schumacher, D.L.; Ragettli, M.S.; Fischer, E.M.; Seneviratne, S.I. (2023): The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. In: Environ. Res. Lett. 18 (2023) 074037, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0d0>

Wetterdienst (2024): CatRaRE. <https://wetterdienst.maps.arcgis.com/apps/dashboards/a490b2b390044ff0a8b8b4c51aa24c60> (24.07.2024)

WMO (2018): Extremereigniskarte. https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/descriptions/eev/pds_eev_de.pdf;jsessionid=1E86486B00AE9C6556D5805E69C8C830.live21071?__blob=publicationFile&v=8

WMO (2024): Welcome to WMO RA VI RCC Node-CM!. https://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/home/home_node.html (24.07.2024)

WorldWeatherAttribution (2021): Heavy rainfall which led to severe flooding in Western Europe made more likely by climate change. <https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/> (24.07.2024)

WorldWeatherAttribution (2024): Home. <https://www.worldweatherattribution.org/> (24.07.2024)

ZEIT Online (2022): Ahrtal. Jeder vierte Versicherungsfall nach Flutkatastrophe noch offen. <https://www.zeit.de/gesellschaft/2022-07/flutkatastrophe-versicherung-auszahlung>

A Annex

A.1 Unsicherheiten Attribution

Das Folgende ist eine unvollständige Liste von Elementen, die in der Literatur genannt werden und zu Unsicherheit in der Attribution führen.

A.1.1 Klimaattribuion

- ▶ Datenqualität der Messdaten
- ▶ Wahl Indikator
- ▶ Wahl $I = I_{\text{Ereignis}}$ oder $I \geq I_{\text{Ereignis}}$
- ▶ Wahl Perimeter
- ▶ Wahl der Art Extremwertstatistik
- ▶ Unsicherheit Klimamodelle bei der Darstellung von Extremereignissen, speziell im Zusammenhang mit Niederschlägen.
- ▶ Wahl Klimamodelle

A.1.2 Schadensfunktion

- ▶ Datenverfügbarkeit und -qualität
- ▶ Schäden hängen stark von Exposition und Vulnerabilität (inklusive Adaptation) ab, welche sich räumlich als auch im Zeitverlauf ändert. Zudem steigen Schäden oft stark an, wenn gewisse Schwellen überschritten sind (z.B. Dambruch)
- ▶ Schäden im Zusammenhang mit Niederschlag hängen u.a. von der bestehenden Bodensättigung ab (Regenmenge in der Vorperiode) sowie von der Erosivität bzw. dem Versiegelungsgrad.

B Annex

B.1 Vorschlag Schadenskataster Tabelle

Tabelle 28: Blatt 1: Identifikation Ereignis

Element	Erklärung	Wert	Kommentar
Ereignis-ID	Zur eindeutigen Identifizierung des Ereignisses.	Jahr-fortlaufende Nummer	
Optional: Event ID anderer Quellen (sofern verfügbar)	- EM-DAT: Jahr-fortlaufende Nummer-Länderkürzel - UUID WMO (sobald verfügbar)		
Version	Es kann mehrere Versionen geben, z. B. durch Aktualisierungen und Korrekturen. Hier auch angeben, falls Eintrag Fast-Track ist.	Version x, Datum	
Metadaten	Informationen zu Erfassungsdatum und Autor	Datum, Kürzel MitarbeiterIn	
Kategorie Ereignis	- A: Starkregen und Sturzfluten (Schäden an Gebäuden und Infrastruktur) - B: Flussüberschwemmungen (Schäden an Gebäuden und Infrastruktur) (- C: Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Produktion durch Trockenheit) - D: Hitzewellen		
Geographische Ausdehnung	Allenfalls könnten differenzierte Eingaben (d.h. eine getrennte Erfassung) für bestimmte geographische Gebiete (z.B. Bundesländer oder Landkreise) vorgenommen werden.	Betroffene Bundesländer, Gemeinden etc.	
Beginn	Beginn Ereignis	Datum	
Ende	Ende Ereignis	Datum	

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 29: Blatt 2: Meteorologische Indikatoren

Ereignis	Meteorologische Indikatoren	Quelle	Wert	Kommentar
Starkregen und Sturzfluten	DWD-Warnstufe	Abgeleitet aus CatRaRe-Katalog		
	SRI-Index (1-12)	CatRaRe-Katalog		
	Vorregenindices (V3: 21 Tage, V4: 30 Tage)	CatRaRe-Katalog		
	Versiegelungsgrad (%)	CatRaRe-Katalog		
Flusshochwasser	Jährlichkeit oder Alarmstufe	Länderübergreifendes Hochwasser Portal (LHP)		
Trockenheit	Einzelne Indikatoren nicht sinnvoll, da Dürren komplex sind und sich in Raum und Zeit verändern. Optional: Link zu meteorologischer Studie			

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 30: Blatt 3: Direkte monetäre Schäden

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Geldwert [Mio. €]	Klimaschäden [Mio.€]	Attributionsfaktor	Physische Schäden
Gesamtschäden (Bottom-Up)			Gesamt	0	0		
			Versichert	0	0		
Private Wohngebäude	Summe		Gesamt	0	0		
	Summe		Versichert	0	0		
	Wohngebäude (Gebäudehülle)		Gesamt		0		
	Wohngebäude (Gebäudehülle)		Versichert		0		

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Geldwert [Mio. €]	Klimaschäden [Mio.€]	Attributionsfaktor	Physische Schäden
	Wohngebäude (Hausrat)		Gesamt		0		
	Wohngebäude (Hausrat)		Versichert		0		
Infrastruktur von Bund, Länder oder Kommunen	Summe		Gesamt	0	0		
	Bildungseinrichtungen	Schulen, Kindergärten			0		
	Gesundheitseinrichtungen	Gesundheitszentren, Kliniken, Krankenhäuser			0		
	Gemeindeinfrastruktur	Sporthallen und -anlagen, Schwimmbäder, Spielplätze			0		
	Infrastruktur im Außenbereich der Gemeinden	Verbindungswege, Feldwege			0		
	Verwaltungsgebäude	Nationale, regionale oder lokale Regierungs- und Verwaltungsgebäude			0		
	Öffentliche Sicherheit	Bevölkerungsschutz, Polizei, Verteidigung usw.			0		
	Verkehr und Verkehrsinfrastruktur	Straßen (Land, Bund, Autobahnen), Brücken, Schieneninfrastruktur			0		
	Energiewirtschaft	Kraftwerke, Erzeugungsanlagen			0		
	Kommunikation	Rundfunk, Internet			0		

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Geldwert [Mio. €]	Klimaschäden [Mio.€]	Attributionsfaktor	Physische Schäden
	Stoffliche Ver- und Entsorgung	Müllentsorgung, Abwasser			0		
	Küsten- und Hochwasserschutz	Deiche, Dämme, Rückhaltebecken, Polder			0		
Gewerbliche Wirtschaft	Gesamtschäden		Gesamt	0	0		
	Gesamtschäden		Versichert	0	0		
	Aggregierte Werte	Falls differenzierte Zahlen nicht vorliegen	Gesamt		0		
	Aggregierte Werte		Versichert		0		
	Gebäude (Gebäudehülle)	Gebäude, Produktionshallen	Gesamt		0		
	Gebäude (Gebäudehülle)		Versichert		0		
	Betriebseinrichtungen	Maschinen	Gesamt		0		
	Betriebseinrichtungen		Versichert		0		
	mobile Güter	Waren, Produkte, Lagerbestände	Gesamt		0		
	mobile Güter		Versichert		0		
	Produktionsausfälle / Betriebsunterbrechung	Durch beschädigte Maschinen etc. im Betrieb	Gesamt		0		
	Produktionsausfälle / Betriebsunterbrechung		Versichert		0		
Landwirtschaft	Gesamtschäden		Gesamt	0	0		

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Geldwert [Mio. €]	Klimaschäden [Mio.€]	Attributionsfaktor	Physische Schäden
	Landwirtschaftliche Produktion	Minderproduktion	Gesamt		0		
<i>Allenfalls duplizieren für verschiedene Kulturen, Produkte oder versicherte Schäden</i>							
Monetär abbildbare Teilkomponenten von nicht-monetären Schäden							
Gesundheitliche Beeinträchtigungen	Gesamtschäden			0			
	Behandlungskosten	<i>nur für Schäden durch Hitze einschlägig</i>	Behandlungen aufgrund von Hitze- und UV-bedingten Schäden				
	Einbußen in Arbeitsproduktivität	<i>nur für Schäden durch Hitze einschlägig</i>	Wirtschaftliche Einbußen von Unternehmen				
Schäden an kulturellen Gütern	Schäden an denkmalgeschützten Gebäuden		Gesamt				
			Versichert				
Schäden an Ökosystemen	Schaden für die Forstwirtschaft	Wirtschaftliche Einbußen durch Schadholz					

Legende der Farben: **Monitoringwerte Schäden**; **Berechnete Werte**; **Eintrag für berechnete Werte (falls verfügbar)**; **Sonstige obligatorische Angaben**; **Optionale Einträge**

Betrachtete Komponenten: (bei Bedarf Zeilen duplizieren)

Hinweis Attributionsfaktor: Wert muss noch festgelegt werden.

Physische Schäden: (Anzahl zerstört, Anzahl beschädigt, Kilometer zerstört, etc.) Spalte für weitere Schäden ggf. duplizieren

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 31: Blatt 4: Nicht-monetäre Schäden, ereignisbezogen

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Indikator, Messgröße	Schadenswert gesamt	Schadenswert Klimaschaden	Attributions faktor	Quellen und Hinweise
Menschliche Schäden	Todesfälle		alle Ereignisse außer Hitzewellen	Anzahl der Todesfälle				
			hitzebedingte Todesfälle	Anzahl der Todesfälle				
	gesundheitliche Einschränkungen, Erkrankungen	Krankenhaus- aufenthalte aufgrund von Hitze und UV- Strahlung	Anzahl Tage von Krankenhausaufenthalte n mit Diagnosecode T67					
Schäden an Ökosystemen	Schäden an Wäldern	Schäden aufgrund von Waldbrand oder Sturmereignis		Hektar verbrannter oder beschädigter Fläche				

Legende der Farben: **Monitoringwerte Schäden**; **Berechnete Werte**; **Eintrag für berechnete Werte (falls verfügbar)**; Sonstige obligatorische Angaben; Optionale Einträge

Betrachtete Komponenten: (bei Bedarf Zeilen duplizieren)

Hinweis Attributionsfaktor: Wert muss noch festgelegt werden.

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

B.2 Vorlage Erfassung laufend

Tabelle 32: Blatt 1: Direkte monetäre Schäden – laufendes Monitoring

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Geldwert [Mio. €]	Klimaschäden [Mio.€]	Attributionsfaktor	Physische Schäden
Gesamtschäden (Bottom-Up)			Gesamt				
			Versichert				
Landwirtschaft	Gesamtschäden		Gesamt	0	0		
	Landwirtschaftliche Produktion	Minderproduktion	Gesamt		0		
<i>Allenfalls duplizieren für verschiedene Kulturen, Produkte oder versicherte Schäden</i>							

Monetär abbildbare Teilkomponenten von nicht-monetären Schäden

Gesundheitliche Beeinträchtigungen	Gesamtschäden			0			
	Behandlungskosten	<i>nur für Schäden durch Hitze einschlägig</i>	Behandlungen aufgrund von Hitze- und UV-bedingten Schäden				
	Einbußen in Arbeitsproduktivität	<i>nur für Schäden durch Hitze einschlägig</i>	Wirtschaftliche Einbußen von Unternehmen				
Schäden an Ökosystemen	Schaden für die Forstwirtschaft	Wirtschaftliche Einbußen durch Schadholz					

Legende der Farben: **Monitoringwerte Schäden**; **Berechnete Werte**; **Eintrag für berechnete Werte (falls verfügbar)**; **Sonstige obligatorische Angaben**; **Optionale Einträge**

Betrachtete Komponenten: bei Bedarf Zeilen duplizieren

Hinweis Attributionsfaktor:: Wert muss noch festgelegt werden.

Physische Schäden: (Anzahl zerstört, Anzahl beschädigt, Kilometer zerstört, etc.) Spalte für weitere Schäden ggf. duplizieren

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS

Tabelle 33: Blatt 2: Nicht-monetarisierbare Schäden – laufendes Monitoring

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Indikator, Messgröße	Schadenswert gesamt	Schadenswert Klimaschaden	Attributionsfaktor	
Menschliche Schäden	hitzebedingte Todesfälle			Anzahl der Todesfälle				
	gesundheitliche Einschränkungen, Erkrankungen		Krankenhausaufenthalte aufgrund von Hitze und UV-Strahlung	Anzahl Tage von Krankenhausaufenthalten mit Diagnosecode T67				
Schäden an Ökosystemen	Waldzustand	Kronenschäden, Holzeinschlag	Flächen- und artenmäßige Zusammensetzung der Bäume	Hektar Fläche beschädigter Wälder				
	Biodiversität		Verlust von Arten	Vorkommen bzw. Veränderung einzelner (gefährdeter) Arten				
	Schäden an Mooren			Hektar Fläche beschädigter Moore				
	Veränderung des Gewässerzustands			Niedriger Pegelstand			Anzahl Gewässer mit Pegelstand unter Schwellenwert	
				Konzentration Schwebstoffe			Ausmaß Gewässer mit Konzentration über Schwellenwert	
			Konzentration von Cyanobakterien	Ausmaß Gewässer mit Konzentration über Schwellenwert				

Element	Subelement	Beispiele	Betrachtete Komponenten	Indikator, Messgröße	Schadenswert gesamt	Schadenswert Klimaschaden	Attributionsfaktor
			Konzentration von Phytoplankton	Ausmaß Gewässer mit Konzentration über Schwellenwert			

Legende der Farben: **Monitoringwerte Schäden;** **Berechnete Werte;** **Eintrag für berechnete Werte (falls verfügbar);** **Sonstige obligatorische Angaben;** Optionale Einträge

Betrachtete Komponenten: (bei Bedarf Zeilen duplizieren)

Schadenswert gesamt (in Messgröße aus Spalte F)

Hinweis Attributionsfaktor: Wert muss noch festgelegt werden.

Quelle: eigene Darstellung, INFRAS