



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



GIS-ImmoRisk Naturgefahren



Geoinformationssystem zur bundes-
weiten Risikoabschätzung von
zukünftigen Klimafolgen für Immobilien

GIS-ImmoRisk Naturgefahren

Geoinformationssystem zur bundesweiten
Risikoabschätzung von zukünftigen Klimafolgen für Immobilien

Das Projekt des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)“ des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und in Kooperation mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) durchgeführt.

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat II 13 - Wohnungs- und Immobilienwirtschaft
Ute Birk (Projektleitung)
ute.birk@bbr.bund.de

Begleitung im Bundesministerium

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Iris Gründemann, Andreas Schüring

Auftragnehmer

IIÖ – Institut für Immobilienökonomie GmbH
Prof. Dr. Sven Bienert (Projektleitung) und Dr. Jens Hirsch sowie Manuel Illmeyer (LFRZ)

Projektbegleitender Fachbeirat

Thomas Axer (Deutsche Rückversicherung AG), Dr. Thomas Beyerle (Catella Property Valuation GmbH), Markus Burgdorf (BBSR), Dr. Olaf Burghoff (GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft), Dr. Marcelo Cajias (Patrizia Immobilien AG), Sebastian Diebel (AIR Worldwide GmbH), Katharina Gerlach (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe), Inger Giwer-Gaul (Gewobag AG, zuvor: Vonovia SE), Prof. Dr. Thomas Glade (Universität Wien), Dr. Stefan Glossner (Patrizia Immobilien AG), Guido Halbig (DWD Deutscher Wetterdienst), Katja Heimanns (Stadt Wolfsburg, zuvor: BUWOG AG), Susanne Hепен (BMUBundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, WR I 1), Susanne Huckele (BMU, WR I 1), Dr. Michael Kasperski (Ruhr-Universität Bochum), Ralf Joachim Klann (ehem. Bilfinger Real Estate Asset Management GmbH), Wilfried Koch (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe), Alexander Kühnl (DI Deutsche Immobilien Baugesellschaft mbH), Prof. Dr. Michael Kunz (KIT Karlsruher Institut für Technologie), Prof. Dr. Thomas Lützkendorf (KIT), Prof. Dr. Thomas Naumann (Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, zuvor: IÖR, Dresden), Dr. Stefan Reese (Swiss Re), Marita Roos (ehem. DWD), Dr. Sven-Eric Ropeter-Ahlers (Ropeter-Ahlers Real Estate Consulting & Analysis), Dr. Reinhard Schinke (IÖR, Dresden), Coskun Selvan (BUWOG AG), Yörn Tatge (AIR Worldwide GmbH), Martin Vaché (IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt), Klaus Wagner (ehem. Tectareal Property Management GmbH), Dr. Andreas Walter (DWD), Dr. Mingyi Wang (GDV).

Stand

Dezember 2018

Gestaltung

IIÖ – Institut für Immobilienökonomie GmbH

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

Bestellungen

forschung.wohnen@bbr.bund.de; Stichwort: Endbericht GIS-ImmoRisk Naturgefahren

Bildnachweis

Titelfotos: Creative Commons Zero CC0

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Bitte senden Sie uns zwei Belegexemplare zu.

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der des Herausgebers identisch.



Liebe Leserinnen und Leser,

Immobilieeigentümer sind zunehmend von den Folgen des Klimawandels betroffen. Extremwetterereignisse wie Starkregen, Hagel oder Stürme können große Schäden an Gebäuden verursachen. Wie unsere Forschungen zum Klimawandel zeigen, wird in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft zwar grundsätzlich eine Betroffenheit gegenüber den Folgen des Klimawandels bestätigt. Diese werden allerdings in der Branche bei der Risikoanalyse wenig berücksichtigt – insbesondere auch aufgrund fehlender Basisinformationen.

Das Geoinformationssystem *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* stößt in diese Lücke. Die Web-Anwendung ermöglicht Projektentwicklern, Kaufwilligen und Eigentümern auf Basis verfügbarer Datengrundlagen gegenwärtige und künftige Risiken für ihre Immobilien durch Naturgefahren qualitativ und quantitativ einzuschätzen. Sie werden mit dem Werkzeug sowohl bei der Standortwahl unterstützt als auch in die Lage versetzt, Investitionsentscheidungen für die bauliche Vorsorge zu treffen.

GIS-ImmoRisk Naturgefahren bildet die gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Gefährdungen und Klimarisiken auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse mit größtmöglicher Transparenz ab. Das Tool ist inhaltlich und strukturell erweiterbar konzipiert, so dass neue Erkenntnisse und Anforderungen laufend berücksichtigt werden können.

Das Geoinformationssystem wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens im „Experimentellen Wohnungs- und Städtebau“ entwickelt, dessen Ergebnisse der vorliegende Bericht dokumentiert.

Für die Unterstützung unseres Vorhabens danke ich dem Deutschen Wetterdienst, dem Karlsruher Institut für Technologie, dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., der Deutschen Rück, dem Climate Service Center Germany und dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung sowie allen Expertinnen und Experten des projektbegleitenden Fachbeirats aus Wissenschaft und Praxis.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Eltges'. The signature is fluid and cursive, with a large, sweeping flourish at the end.

Dr. Markus Eltges

Leiter des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Inhalt

Tabellenverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	7
Zusammenfassung	9
Abstract	11
1 Einordnung des Projektes	13
1.1 Hintergrund und Nutzen des <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> für die Immobilienwirtschaft	13
1.2 <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> im Kontext von <i>ImmoKlima</i>	16
1.3 Ergebnisse von <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> im Überblick	17
2 Klimafolgen im Kontext des immobilien wirtschaftlichen Risikomanagements	19
2.1 Relevanz von Naturgefahren für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft	19
2.2 Bestehende Instrumente des Risikomanagements der Immobilien- und Wohnungswirtschaft	19
3 Analytischer Ansatz zur Modellierung von Immobilienrisiken	22
3.1 Berücksichtigung der gegenwärtigen Gefährdungslage und der Folgen des Klimawandels	22
3.1.1 <i>Definition des Begriffs Klima</i>	22
3.1.2 <i>Beschreibung des Klimas mit Hilfe gemessener Daten</i>	22
3.1.3 <i>Klimamodellierung</i>	22
3.1.4 <i>Treibhausgaskonzentration</i>	24
3.2 Dreigliedriger Ansatz zur Ableitung erwarteter monetärer Verluste	25
3.2.1 <i>Gefährdung durch Naturgefahren</i>	25
3.2.2 <i>Widerstandsfähigkeit des Gebäudes</i>	27
3.2.3 <i>Kostenorientierter Wertansatz des Gebäudes</i>	29
3.3 Ableitung von jährlich erwarteten Schäden	31
3.4 Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der Risikoabschätzung	33
3.4.1 <i>Unsicherheit bei der Abschätzung des Schadenspotenzials</i>	33
3.4.2 <i>Kosten</i>	35
4 Funktionsumfang des <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i>	37
4.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i>	37
4.2 Im <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> berücksichtigte Naturgefahren: Hintergrund und Umsetzung	40
4.2.1 <i>Wintersturm</i>	40

4.2.2	<i>Hagel</i>	45
4.2.3	<i>Hitze</i>	48
4.2.4	<i>Starkregen</i>	52
4.2.5	<i>Erdbeben</i>	55
4.2.6	<i>Blitzschlag</i>	57
4.2.7	<i>Schneelast</i>	58
4.2.8	<i>Waldbrand</i>	60
5	Zusammenfassung der Projektergebnisse	63
	Anhang	65
Anhang 1:	Abkürzungsverzeichnis	66
Anhang 2:	Im <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> verwendete Daten und Quellen je Naturgefahr	67
Anhang 3:	Übersicht der im <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> erfassten Gebäudemerkmale und ihres Zusammenhangs mit Vulnerabilität und Wiederherstellungskosten	68
Anhang 4:	Mathematisches Vorgehen zur Berechnung des jährlich zu erwartenden Schadens	73
Anhang 5:	Verweis auf ergänzende Arbeitsunterlagen	73
Anhang 6:	Rückmeldungen und Anmerkungen des Fachbeirats	74
Anhang 7:	Testphase: Konzeption, Durchführung und Ergebnisse	74
Anhang 8:	Verwendeter Fragebogen im Praxistest und dem Abschlusstest durch den Fachbeirat	76
Anhang 9:	Objektsteckbrief	81
	Literaturverzeichnis	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die in Deutschland geltenden Windlast-Normen seit 1938	43
Tabelle 2:	Scoring-System zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Hagel	47
Tabelle 3:	Scoring-Modell zur Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Sommerhitze	51
Tabelle 4:	Starkregengefährdung-Änderungsklassen	53
Tabelle 5:	Ableitung der Starkregen-Gefährdungsstufen aus KOSTRA-Wiederkehrwerten	53
Tabelle 6:	Scoring-Modell zur Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Starkregen	54
Tabelle 7:	Klassifizierung von Erdbeben-Gefahrenzonen basierend auf der Peak-Ground-Acceleration (PGA) des 475-jährigen Ereignisses	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltweite Entwicklung der Anzahl von Naturkatastrophen (1980–2017)	14
Abbildung 2: Schadenaufwand der Sach- und Kfz-Versicherung für das Jahr 2016	17
Abbildung 3: Weiterentwicklung globaler Klimamodelle durch die Integration von Submodellen	25
Abbildung 4: Beispiel einer Extremwertstatistik für Windböengeschwindigkeiten in sieben deutschen Städten	27
Abbildung 5: Beispiel einer relativen Schadensfunktion	29
Abbildung 6: Sachwertermittlung gem. ImmoWertV – Relevanter Bereich für <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i>	30
Abbildung 7: Schematische Verknüpfung von Gefährdung, Vulnerabilität und Wert zum Risiko	33
Abbildung 8: Schematische Ableitung der Risikokurve aus Gefährdung, Vulnerabilität und Wert	34
Abbildung 9: Angabe zur Unsicherheit des jährlich zu erwartenden Schadens	35
Abbildung 10: Darstellung von Gefährdungskarten im <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i>	38
Abbildung 11: Objektsteckbrief mit Informationen zu Gefährdung und Risiko einer Immobilie	39
Abbildung 12: Portfolioansicht des <i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i>	39
Abbildung 13: Darstellung der gegenwärtigen (links, 1971–2008) und der zukünftigen (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Winterstürme	42
Abbildung 14: Windzonen Deutschlands nach DIN 1005-4 (2007)	44
Abbildung 15: Durchschnittliche jährlicher Anzahl von Hageltagen für die Zeiträume 1971–2000 (links) und 2021–2050 (rechts)	46
Abbildung 16: Durchschnittliche, jährliche Anzahl heißer Tage für die Zeiträume 1961–1990, 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2098 - Median-Werte	49
Abbildung 17: Darstellung des Hitze-Risiko in Form einer Risiko-Matrix	50
Abbildung 18: Erdbebengefährdungszonen in Deutschland	56
Abbildung 19: Durchschnittliche jährliche Anzahl von Blitzeinschlägen pro km ²	59
Abbildung 20: Schematische Darstellung der Verschneidung eines digitalen Geländemodells mit Schneelastzonen nach DIN 1055-5 zur Modellierung lokaler charakteristischer Schneelasten	61
Abbildung 21: Durchschnittliche jährliche Anzahl von Tagen mit einem FWI ≥ 4 (falls der Standort in der Nähe eines Waldes liegt) - Median-Werte	62

Zusammenfassung

Die Auswirkungen des Klimawandels und die damit einhergehenden Schadensereignisse stellen insbesondere die Immobilien- und Wohnungswirtschaft vor neue Herausforderungen und erfordern zeitnahe und zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen der Marktteilnehmer. **Insbesondere der in Zukunft zu erwartende weitere Anstieg von Extremwetterereignissen erhöht potenziell die monetären Gesamtschäden an Immobilien** durch Naturereignisse und wirkt sich somit negativ auf Werte und allgemein die Rendite auf das eingesetzte Kapital aus. Der wachsende Anteil an zu versichernden Gebäuden führt mittelfristig potenziell zu höheren Versicherungsprämien und somit zu steigenden Kosten für die Versicherten bzw. deren Mieter. Immobilien mit einem besonders hohen Risiko sind ggf. gar nicht mehr versicherbar. Dementsprechend ist die langfristige Beobachtung der zukünftigen Entwicklungen des Klimawandels – speziell der Entwicklung von Naturkatastrophen – mit starkem Fokus auf deren Häufigkeit und Intensität – für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft von hoher Relevanz. Proaktives Handeln, eine hohe Transparenz über die individuelle Gefährdung und breite Informationsgrundlagen für mögliche Reaktionsstrategien können in dieser Situation helfen, gezielt **„passende“ Adaptionsmaßnahmen vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels einzuleiten**. Investitionen in klimaangepasste Bauweisen sind eine mögliche Voraussetzung für eine Verringerung der Risiken und tragen dadurch letztlich auch dazu bei, die negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren. Die Vermeidung der Entwicklung neuer Objekte in besonders gefährdeten Lagen wäre eine weitere zielführende Reaktion der Marktteilnehmer.

Der Forschungsbereich der Risikoidentifizierung, -analyse und -bewertung von Klimafolgen aus Sicht der Immobilienwirtschaft wurde bisher stark vernachlässigt. In der jüngeren Vergangenheit stand die Branche primär im Fokus der Intensivierung von Mitigationsmaßnahmen – also der Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen. Im Rahmen des vom *BBSR* in Auftrag gegebenen Vorgängerprojektes *ImmoRisk* wurden daher gezielt verfügbare Informations- und Datenquellen zur quantitativen Abschätzung von Klimarisiken aus Sicht der Branche aufbereitet und ein benutzerfreundliches Online-Werkzeug für 15 Pilotstandorte zur Identifikation von Gefahrenpotenzialen und Risiken, die von Stürmen, Hagel, Hochwasser und anderen Naturgefahren ausgehen, entwickelt. Das Web-

tool des Vorgängerprojektes unterstützte die Akteure der Immobilien- und Wohnungswirtschaft bei der Abschätzung gegenwärtiger und zukünftiger Klimafolgen und ermöglichte es erstmals, ein monetär quantifizierbares Risiko an einem bestimmten Standort auf der Ebene einzelner Immobilien abzuleiten.

Das räumlich noch auf die Pilotstandorte begrenzte Werkzeug *ImmoRisk* wurde durch das gegenständliche Folgeprojekt *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* mit dem Ziel erweitert, ein **bundesweites und frei zugängliches Online-Tool zur Quantifizierung gegenwärtiger und insbesondere zukünftiger Klimafolgen für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft** umzusetzen. Die Software ist nunmehr in der Lage, die wesentlichen Akteure bei zentralen Entscheidungen wie der Standortwahl oder hinsichtlich ihres Investitionsverhaltens in Bezug auf Adaptionsmaßnahmen zu unterstützen. Das Werkzeug stellt auf Gebäudeebene für ganz Deutschland flächendeckend relevante Informationen für die Umsetzung verschiedener Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung und leitet dabei auch objektspezifische Aussagen zu konkreten monetären Risiken an einem Standort ab.

Der zentrale Fokus des Projektes lag auf den Erfordernissen der Wohnungswirtschaft. Jedoch sind grundsätzlich alle in der Software abrufbaren Informationen zur standortabhängigen Gefährdungssituation auf sämtliche Nutzungsarten von Immobilien (Büroimmobilien, Einzelhandel, Logistik etc.) anwendbar und lassen wichtige Schlüsse hinsichtlich der Gefährdungssituation vor Ort sowie insbesondere deren zukünftigen Entwicklung zu.

Das Werkzeug wurde auf Grundlage unterschiedlicher Daten aus der Klimaforschung, der Versicherungswirtschaft sowie nicht zuletzt der Immobilienwirtschaft realisiert. Es wurden umfangreiche Beobachtungs- und Modelldaten zur heutigen und zukünftigen Klimasituation intensiv analysiert und aufbereitet. Nur hierdurch war es erstmals möglich, eine Kombination mit den derzeit verfügbaren Kenntnissen zur Schadenswirkung der Naturgefahren bei unterschiedlichen Immobilien zu ermöglichen. Zunächst erfolgte eine Analyse bisheriger Ansätze und Werkzeuge zur Abschätzung klimabedingter Risiken für Immobilien sowie der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen. Um eine möglichst große Handlungsrelevanz sicherzustellen, fand ein breites Spektrum der unterschiedlichen in Deutschland auftretenden Natur-

schiedlichen in Deutschland auftretenden Naturgefahren Berücksichtigung. Ebenso wurden die Anforderungen der zentralen Zielgruppe, der Immobilien- und Wohnungswirtschaft, bei der Entwicklung des Produktes miteinbezogen und die Berücksichtigung der Perspektiven unterschiedlicher Nutzergruppen durch einen externen Praxistest und die Konsultation immobilienwirtschaftlicher Akteure aus der Praxis wie der Wissenschaft im projektbegleitenden Fachbeirat sichergestellt.

Zur Quantifizierung der Risiken wurde im Projekt *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* die allgemeine **Gefährdung an einem Standort** mit der **Anfälligkeit einer Immobilie** (Vulnerabilität) für Schäden durch eine spezifische Naturgefahr wie bspw. Hagel in Verbindung gesetzt. Für die Naturgefahren Hagel und Winterstürme bietet das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dem Nutzer dank dieses Ansatzes **konkrete Angaben zum jährlich zu erwartenden Schaden (monetäres bzw. quantitatives Risiko)** einzelner Immobilien. Für die Naturgefahren Starkregen und Sommerhitze erhält der Nutzer Informationen zur speziellen Risikosituation seines eigenen Objektes durch eine *qualitative* Verknüpfung der **örtlichen Gefährdungssituation** mit der **gebäudespezifischen Widerstandsfähigkeit**. Für die übrigen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dargestellten Naturgefahren kann aktuell aufgrund des Forschungsstandes im Bereich der Klimatologie keine derartige Verknüpfung mit hinreichender Sicherheit in Bezug auf die Aussagekraft der Ergebnisse vollzogen werden. Die Software ist jedoch derart erweiterbar, dass jederzeit neue Erkenntnisse aus den Bereichen Klimatologie und Versicherungswirtschaft in die hinterlegten Datenbanken eingearbeitet werden können. In den letzten Jahren gab es im Bereich der Erforschung künftiger Naturgefahren in Deutschland bereits große Fortschritte. Eine Gefährdungsabschätzung anhand von deutschlandweiten räumlich hochauflösenden Gefährdungskarten kann für jede der hinterlegten Naturgefahren für jeden Standort erfolgen.

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist demnach zum aktuellen klimatologischen Forschungsstand das einzige frei zugängliche bundesweite Webtool

zur immobilienwirtschaftlichen Identifizierung von Naturgefahren und -risiken auf Objektebene. Im Einzelnen werden im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* die folgenden acht Naturgefahren berücksichtigt:

- **Sturm** (Gefährdung und monetäres Risiko in Gegenwart und Zukunft),
- **Hagel** (Gefährdung und monetäres Risiko in Gegenwart und Zukunft),
- **Hitze** (Gefährdung und qualitatives Risiko in Gegenwart und Zukunft),
- **Starkregen** (Gefährdung und qualitatives Risiko in Gegenwart und Zukunft),
- **Erdbeben** (Gefährdung),
- **Blitzschlag** (Gefährdung),
- **Schneelast** (Gefährdung),
- **Waldbrand** (Gefährdung in Gegenwart und Zukunft).

Der Klimawandel betrifft jeden Einzelnen. Insbesondere die Immobilienwirtschaft muss sich intensiv in Bezug auf die Vermeidung von Treibhausgasen engagieren. Daneben wird der hier erstmals intensiv aufbereitete Bereich der Anpassung von Investitionsmaßnahmen zunehmend wichtiger. Marktteilnehmer müssen sich dabei verstärkt über aktuelle und künftige Gefährdungen und deren potenzielle Auswirkungen auf Ebene einzelner Objekte informieren. Im Rahmen der Informationsverarbeitung ist es jedoch ebenso wichtig, dass Klarheit über die Aussagekraft von Klimaprognosen besteht. Auch wenn grundlegende Tendenzen sich immer deutlicher abzeichnen, sind deterministische Aussagen über die Zukunft nicht möglich, weshalb es besonders wichtig ist, die mit den Daten einhergehende Unsicherheit transparent zu kommunizieren. Dies erfolgt im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* einerseits durch entsprechende Hinweise zur Unsicherheit der konkret im Tool für einzelne Standorte und Immobilien dargestellten Aussagen zu Gefährdung und Risiko, sowie allgemein in den unterschiedlichen, bereitgestellten Dokumenten mit Hintergrundinformationen.

Abstract

The effects of climate change and the concomitant damage events pose particular challenges for the real estate and housing industry and require prompt and purposive adaptation measures by the market participants. **Especially the further increase in extreme weather events that has to be expected in the future, potentially increases the overall monetary damage to properties**, due to natural events and may thus exert a negative impact on values, and generally on the return on invested capital. The rising number of buildings that need to be insured will potentially lead, in the medium term, to higher premiums and thus rising costs for the policyholders or their tenants. Properties with a particularly high risk may even no longer be insurable at all. Thus, a long-run view of climate-change developments and especially the development of natural disasters – with a strong focus on their frequency and intensity – is essential to the real estate and residential industry. A proactive approach, high degree of transparency regarding individual risk, and a broad informational basis for possible reaction strategies, can all help to **initiate 'suitable' adaption measures against the background of progressive climate change**. Investments in climate-adjusted construction methods are one of the potential prerequisites for reducing risk and finally helping to reduce the negative economic impact of climate change. Avoiding the development of new properties, particularly at endangered sites, would be another expedient reaction on the part of market participants.

From a real estate point of view, the research area of risk identification, analysis and assessment of climate impacts has so far been neglected. In the recent past, the industry has focused primarily on intensifying mitigation measures, i.e. the reduction of emitted greenhouse gases. As part of the predecessor project *ImmoRisk* commissioned by the *BBSR*, available information and data sources for the quantitative evaluation of climate risks were prepared from an industry perspective, and an easy-to-use online application for 15 pilot locations developed to identify exposure and risk emanating from storms, hail, floods and other natural hazards. The online tool of the previous project supported stakeholders of the real estate and housing industry in estimating current and future climate impacts and enabled, for the first time, deriving a monetarily quantifiable risk at a specific location for individual properties.

The *ImmoRisk* tool, which remained spatially limited to the pilot sites, was supplemented by the *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* tool with the aim of implementing a **nationwide and freely accessible online tool for quantifying current and especially future climate impacts for the real estate and residential industry**. The software is now able to assist major stakeholders with crucial decisions such as site selection or investment behaviour regarding adaption measures. At the building level, the tool provides relevant nationwide information for the implementation of various adaption measures and also derives object-specific statements on specific monetary risks at a particular location.

Its central focus was based on the needs of the residential industry, although all information on the location-dependent risk situation available within the software is applicable to all property types (office, retail, logistic etc.) and yields important conclusions regarding the hazardous situation on-site and in particular, their future development.

The tool was developed on the basis of various data originating from climate research, the insurance industry and not least, the real estate industry. Extensive observation and model data on the current and future climate situation were intensively analysed and processed. Only by so doing, was it possible for the first time to enable a combination of these climate data with currently available knowledge on the damage caused by natural hazards to different properties. Initially, an analysis of existing approaches and tools for the estimation of climate-related risks for properties, as well as the available data bases, was carried out. In order to ensure the greatest possible action relevance, a broad range of natural hazards occurring in Germany was taken into account. Similarly, the needs of the key stakeholders, namely the real estate and residential industry, were included in the development of the product, as well as in considering the perspectives of different user groups. This was achieved through an external field test and the consultation of real estate industry actors from practice and academia, **in the advisory board accompanying the project**.

In order to quantify the risks in the context of the *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* project, the **general hazard at a site** was linked to the **vulnerability of the property** to damage caused by a specific natural hazard such as hail. Through this approach, the *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* of-

fers user **specific information on the expected annual damage (monetary and quantitative risk)** to individual properties caused by the natural hazards of hail and winter storms. For the natural hazards of intense rain and summer heat, users receive information about the unique risk situation of their own property through a *qualitative* linkage between the **local hazard situation** and the **building-specific resilience**. For all other natural hazards described in the *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, due to the insufficient state of research in the field of climatology, no such link can currently be made with sufficient certainty with regard to the significance of the results. Nevertheless, the software can be expanded in such a way that new insights from the fields of climatology and the insurance industry can be incorporated into the database at any time. In recent years, substantial progress has been made in the field of research on future natural hazards in Germany. A risk assessment based on Germany-wide spatially high-resolution hazard maps can be made for each of the natural hazards identified for each location.

The *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* tool is therefore the only up-to-date freely accessible nationwide web tool for economically identifying natural hazards and risks at the property level. Specifically, the following eight natural hazards are taken into account in *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*:

- **Storm** (Hazard and monetary risk, present and future),
- **Hail** (Hazard and monetary risk, present and future),

- **Heat** (Hazard and monetary risk, present and future),
- **Intense rain** (Hazard and qualitative risk, present and future),
- **Earthquake** (Hazard),
- **Lightning strike** (Hazard),
- **Snow load** (Hazard),
- **Wildfire** (Hazard, present and future).

Climate change affects everyone. However, the real estate industry in particular, must be intensively and extensively involved in the prevention of greenhouse gases. Besides the area of adaptation of investment measures, which is considered intensively here for the first time, is increasingly gaining importance. Market participants need to be more aware of current and future threats and their potential impact at the level of individual properties. In the context of information processing, nevertheless, it is equally important to ensure clarity on the validity of climate forecasts. Even if fundamental tendencies become more apparent, deterministic statements about the future are not possible, which is why it is particularly important to transparently communicate the uncertainty associated with the data. In the *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, this is taken into account both by providing appropriate information on the uncertainty of the specific hazards and risk statements presented in the tool for individual locations and properties, and also by providing various general documents containing information.

1 Einordnung des Projektes

1.1 Hintergrund und Nutzen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren für die Immobilienwirtschaft*

Die Auswirkungen des Klimawandels sind heute in einer nie dagewesenen Deutlichkeit auf dem ganzen Planeten zu beobachten: die Schmelze der arktischen Eisfläche, zunehmende Waldbrände und steigende Temperaturen sind nur ausgewählte alarmierende Signale des immer weiter fortschreitenden Klimawandels. Der Juli 2016 war global betrachtet der wärmste Monat seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1880¹. Es handelt sich dabei allerdings nicht um einen zufälligen Ausreißer nach oben, sondern um den 15. Monat in Folge, der diesen Temperaturrekord eingestellt hat, was endgültig die in Fachkreisen ohnehin kaum beachtete These einer „Pause“ des Klimawandels widerlegt. Der zurückliegende Juli 2017 lag nur unwesentlich hinter dem bisherigen Rekordmonat, fiel jedoch in eine schwächere Phase des El Niño-Zyklus, während der Juli 2016 durch El Niño besonders warm war und auch ohne einen neuen absoluten Rekord in 2017 von einem ungebrochenen Erwärmungstrend gesprochen werden kann. Die Immobilien- und Wohnungswirtschaft gilt als einer der Hauptverursacher des Klimawandels und ist in Deutschland für fast 38 % des Endenergieverbrauchs verantwortlich.² Der Klimawandel zeigt sich aber nicht nur in immer neuen Temperaturrekorden, sondern auch in einer Häufung sogenannter Extremwetterereignisse. Demnach ist die Immobilienwirtschaft auch nicht nur Verursacher, sondern auch Betroffener des Klimawandels. Wissenschaftliche Studien widmen sich seit einigen Jahren vermehrt der Frage, ob einzelne Extremwetterereignisse zumindest teilweise auf den Klimawandel zurückzuführen sind, indem dieser zu einer größeren Häufigkeit und/oder Intensität des jeweiligen Ereignisses oder einer entsprechenden Klasse von Ereignissen geführt hat.³ Eine Ursache für die häufigeren Extreme könnte die überproportionale Erwärmung der Polregionen im Vergleich zu den mittleren Breiten sein, die zu einer abnehmenden Temperaturdifferenz zwischen der Arktis und Europa führt. Die damit verbundenen Änderungen des großräumigen Wettergeschehens wurden bereits in zahlreichen Studien mit einer Häufung extremer Wetterereignisse in Verbindung gebracht^{4,5,6}. Die Schäden durch Wetterkatastrophen erreichten 2017 laut *Münchener Rück*, dem weltweit führenden Rückversicherer, mit über 250 Milliarden € einen neuen Rekordwert (Munich Re, NatCatSERVICE, 2018, vgl. Abbildung 1).

Mit der Häufigkeit der Naturkatastrophen steigt auch der monetäre Gesamtschaden den eine Volkswirtschaft insgesamt zu tragen hat. Das Immobilienvermögen sowie Infrastruktureinrichtungen sind hierbei regelmäßig in besonderem Ausmaß betroffen. Wintersturm „Niklas“ etwa hinterließ im März 2015 Gebäudeschäden in Höhe von 750 Millionen €. Die Höhe der versicherten Schäden lagen bei der Flutkatastrophe im niederbayerischen Simbach am Inn im Juni 2016 mit rund 50 Millionen € zwar deutlich unter den bei großflächigen Sturm- oder Hochwasserereignissen möglichen Zahlen, die Bilder der verwüsteten Kleinstadt demonstrierten jedoch mindestens ebenso deutlich das zerstörerische Potenzial von Naturkatastrophen. Die Anzahl der in Deutschland von extremen Hochwassern betroffenen Personen könnte sich durch den Klimawandel insgesamt mehr als verneunfachen (2035-2044 im Vergleich zu 1971-2004), wenn keine entsprechenden Maßnahmen des Hochwasserschutzes ergriffen werden⁸. Besonders betroffen sind hierbei die Bundesländer Bayern, Niedersachsen, Brandenburg und Schleswig-Holstein.

Die Tatsache, dass die entstandenen Schäden gleichzeitig zu einem wachsenden Teil versichert sind (die Versicherungsquote hat sich seit den frühen 1980er Jahren ca. verdoppelt⁹), sollte grundsätzlich nicht dazu führen, dass sich die Immobilienwirtschaft in falscher Sicherheit wiegt. Steigende Kosten durch Naturkatastrophen führen mittelfristig auch zu höheren Versicherungsprämien und damit zu steigenden Kosten für die Versicherten bzw. deren Mieter. Im Extremfall besteht auch die Möglichkeit, dass gar keine Versicherungsleistung mehr bezogen werden kann, wenn an einem Standort mehrfach Schäden auftreten. Alternativ könnte die Prämie in derartigen Fällen auch so teuer werden, dass sie für die meisten Nutzer keine realistische Option mehr darstellt. Steigende Schäden lassen sich am effektivsten durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen an den Immobilien (und den betroffenen Standorten) verhindern bzw. abmildern. Diese Reaktion ist auch mit Aufwendungen verbunden, jedoch erscheint das Kosten-Nutzenprofil von früh- und rechtzeitig durchgeführten Handlungen um ein Vielfaches besser. Der Klimawandel ist demnach nicht nur eine Herausforderung der fernen Zukunft, sondern findet bereits heute statt und verlangt nach möglichst zeitnahen und zielgerichteten Anpassungsmaßnahmen. Auch sind handlungsleitende Informationen notwendig, die über die veränderte Gefährdung von Standorten Auskunft geben und somit im Rahmen

(1) NOAA, 2018a

(2) gif e.V., 2017

(3) ECIU, 2017

(4) Coumou et al., 2014

(5) Petoukhov et al., 2013

(6) Screen/Simmonds, 2014

(7) GDV, 2016b, S. 16

(8) Willner et al., 2018

(9) Münchener Rückversicherungsgesellschaft, 2014

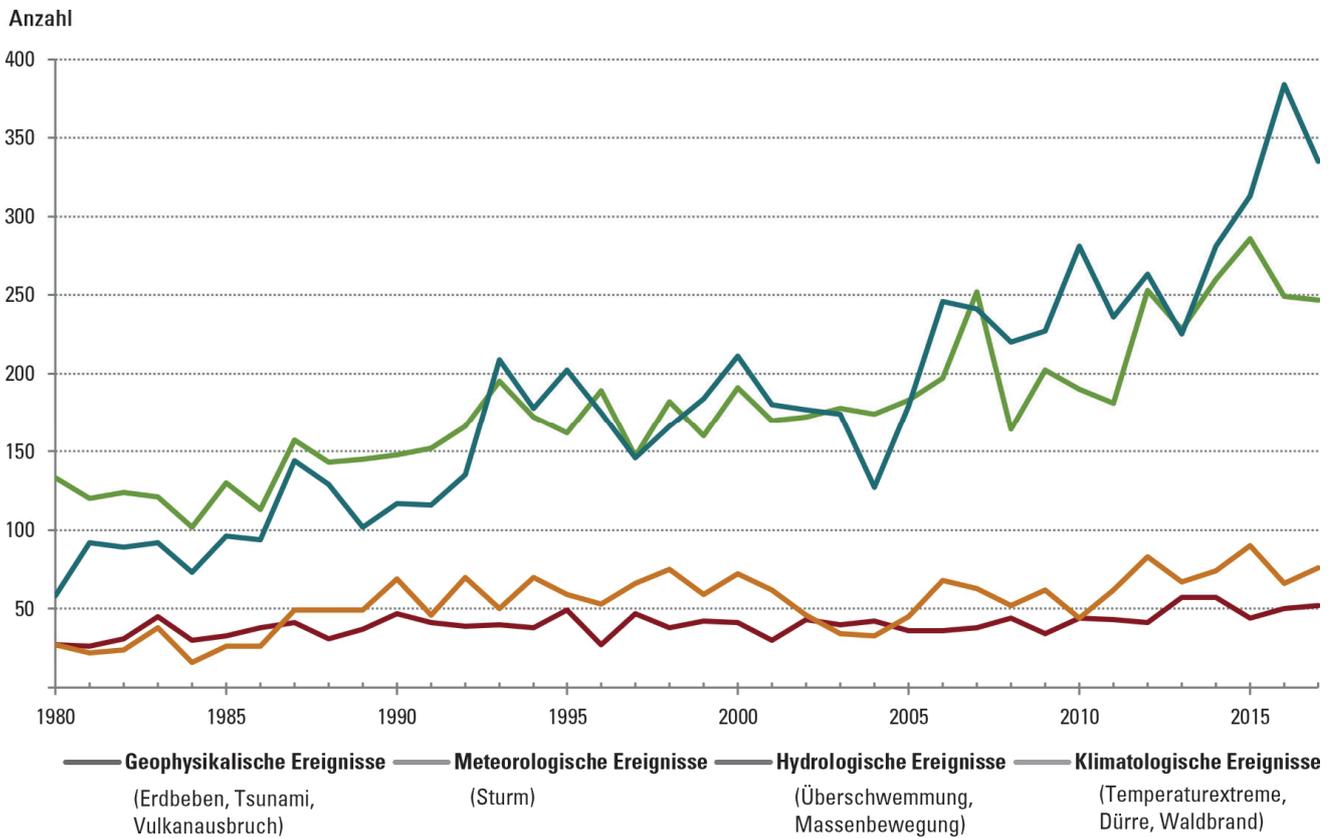
von Flächenausweisungen oder konkreten Projektentwicklungsmaßnahmen Berücksichtigung finden können. Laut einer aktuellen Studie¹⁰ sind es insbesondere europäische Versicherungsunternehmen, die eine Vorreiterrolle einnehmen, wenn es darum geht, die Relevanz von Klimarisiken und Klimawandel für die eigenen wirtschaftlichen Aktivitäten überhaupt wahrzunehmen und seine Geschäftspraktiken anschließend entsprechend anzupassen. Unter den 15 bestplatzierten Versicherungsunternehmen rangieren bis auf einem japanischen ausschließlich europäische Unternehmen, während die Einsicht in die Folgen des Klimawandels und die Ergreifung entsprechender Reaktionen unter US-amerikanischen Versicherern bis dato eher gering ausge-

prägt zu sein scheint. Als Beispiel sei an dieser Stelle die Münchener *Allianz SE* angeführt, die hinter *AXA* und *Aviva* (beide Frankreich) den dritten Platz unter allen 80 untersuchten Versicherern einnimmt: *Allianz*-Vorstandschef Oliver Bäte verkündete im Mai 2018 den sofortigen Ausstieg aus dem Versicherungsgeschäft mit Kohlekraftwerken und Kohleminen. Darüber hinaus will das Unternehmen bis 2040 schrittweise gar keine Unternehmen, die ihr Geld selbst teilweise mit der Kohle verdienen, mehr im eigenen Versicherungsbestand halten und auch kein Kapital mehr in Unternehmen anlegen, die durch ihre Aktivitäten der Erreichung des Pariser 2°C-Klimaziels entgegenstehen¹¹.

(10) ShareAction, 2018.

(11) NZZ, 2018.

Abbildung 1
Weltweite Entwicklung der Anzahl von Naturkatastrophen (1980–2017)



Quelle: Munich Re, NatCatSERVICE, 2018

Neben den sogenannten direkten Schäden, die Naturkatastrophen an Gebäuden verursachen können, werden auf die Immobilienwirtschaft noch weitere Effekte mit entsprechend negativen Implikationen zukommen. Die globale Erwärmung bringt darüber hinaus auch einen erhöhten Bedarf an elektrischer Energie für die Kühlung von Wohngebäuden mit sich. Studien rechnen mit einem Mehrbedarf an Energie von 286% im Zeitraum 2005 - 2050¹². Hinzu kommen sogenannte indirekte Schäden und Folgeschäden durch Betriebsausfälle oder auch die Vernichtung von Naturkapital (z. B. bei Waldbränden)¹³ sowie ggf. Rückwirkungen aufgrund von abnehmenden Tourismuszahlen in bestimmten Regionen die vermehrt von Naturgefahren heimgesucht werden. Die Errichtung neuer Hochwasserausgleichsflächen oder die Freihaltung von Frischluftschneisen mit dem Ziel des sommerlichen Hitzeschutzes bedeutet neben den entgangenen Steuereinnahmen (die im Fall von höherwertigen Nutzungsformen eingenommen worden wären) auch eine Reduzierung des verfügbaren Flächenangebots für die Erschließung der Immobilien. Die Immobilien- und Wohnungswirtschaft ist mit über 815.000 Unternehmen, ca. 3 Millionen Erwerbstätigen sowie einer Bruttowertschöpfung von 500 Milliarden € jährlich¹⁴ stark von den Folgen des Klimawandels sowie dadurch bedingten Anpassungsmaßnahmen betroffen. Folglich ist die dauerhafte Beobachtung der Entwicklung von Extremwetterereignissen - insbesondere deren Veränderungen in Bezug auf Häufigkeit und Intensität - von hoher Relevanz für die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und rückt immer mehr in den Fokus vorausschauenden Handelns.

Der *Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft GDV* konstatiert bereits in seinem *Naturgefahrenreport 2012* unter Bezugnahme auf eine in Zusammenarbeit mit dem *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung PIK* entstandene Studie einen erheblichen Anstieg der Kosten für eine Absicherung gegen Naturkatastrophen¹⁵. Im Jahr 2016 resultieren ca. 63 % der rund 1,9 Milliarden € an versicherten Schäden durch Extremwetterereignisse aus Sturm- und Hagelereignissen - im Bereich der sog. Sachversicherung, die auch Schäden an Gebäuden und Hausrat umfasst waren es 53 %, im Bereich Kfz-Versicherung sogar 93 % (GDV, 2017; vgl. Abbildung 2). Die Versicherungswirtschaft trennt in der Regel nicht zwischen Hagel- und Sturmereignissen, da die Schäden zeitlich und nicht ursächlich registriert werden und Hagelereignisse häufig von Sturm begleitet werden. Dies erschwert die isolierte Betrachtung und bedingt die Tatsache, dass ein Versicherungsschutz normalerweise nur im Paket gegen beide Ereignistypen verfügbar ist. Für

Schäden durch Sturm und Hagel besteht in Deutschland eine relativ hohe Versicherungsabdeckung (> 90 %), während der Anteil der Gebäude, die zusätzlich über eine sogenannte Elementarschadenversicherung, die insbesondere Schäden durch Hochwasser und Überschwemmungen beinhalten kann, mit nur rund 40 % deutlich geringer ist¹⁶. Lediglich in Baden-Württemberg besteht aufgrund der früheren Pflicht zum Abschluss einer Elementarschadenversicherung mit 94 % eine fast vollständige Abdeckung. Der fehlende Versicherungsschutz lässt sich laut Umfragen des *GDV* vor allem auf ein fehlendes Risikobewusstsein bei vielen Immobilienbesitzern zurückführen, da ein Versicherungsschutz in vielen Fällen durchaus verfügbar wäre, aber nicht für notwendig angesehen wird¹⁷. Da die Gesamtsumme der Schäden eines Jahres sowohl bei Sturm- als auch bei Hochwasserereignissen sehr stark von einzelnen Naturkatastrophen geprägt sein kann, schwankt der Anteil der einzelnen Schadenskategorien mitunter beträchtlich. So lag der Anteil von Sturm- und Hagelschäden an den Versicherungsleistungen in der Sachversicherung im Jahr 2015 mit ca. 95 % erheblich über dem für 2016 genannten Wert.

Der Fokus bisheriger Strategien der Immobilienwirtschaft im Umgang mit dem Klimawandel liegt vorrangig auf der sogenannten **Mitigation (Milderung)**, bei der nachhaltige Lösungen und Maßnahmenpakete zur Steigerung der Energieeffizienz, der Energieeinsparung sowie des verstärkten Einsatzes regenerativer Energien erarbeitet werden, um letztlich Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Aufgrund der bisherigen und der zu erwartenden zukünftigen weltweiten Treibhausgasemissionen ist ein Wandel des Klimas jedoch nicht mehr vollständig zu vermeiden; deshalb gerät die Anpassung unserer (Infrastruktur-)Systeme und allgemein der (Immobilien-)Werte einer Volkswirtschaft an die zu erwartenden Klimafolgen zunehmend in den Fokus, insbesondere angesichts der prognostizierten Beschleunigung der Klimaveränderungen im Verlauf des 21. Jahrhunderts: Für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft ist daher eine Identifikation und Bewertung der (negativen) Auswirkungen des Klimawandels aus Sicht des jeweiligen Immobilieneigentümers notwendig, um darauf aufbauend die Entwicklung von Strategien zur **Adaption (Anpassung)** an sich wandelnde klimatische Bedingungen zu ermöglichen - bspw. durch bewusstes Risikomanagement, sich wandelndes Investitionsverhalten und vor allem entsprechend angepasstes Bauen. Darüber hinaus sind weitere Anpassungsmaßnahmen zur Begrenzung der Schadensausmaße erforderlich (z. B. Reduktion

(12) Jochem et al., 2009. Zitiert nach Tröttsch et al., 2012

(13) Bienert, 2014

(14) gif e.V., 2017

(15) GDV, 2012

(16) GDV, 2017

(17) GDV, 2016a

der Siedlungsdichte, adäquater Materialeinsatz, keine oder restriktivere Bebauung von Risikogebieten).¹⁸

Die o. g. Auswirkungen des Klimawandels auf die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft können sowohl positiv (z. B. höhere Sonnenscheindauer und damit ein reduzierter Heizbedarf im Winter etc.) wie auch insbesondere wie hier ausgeführt negativ (z. B. Extremwetterereignisse wie Starkniederschlag, Hitzeperioden, Sturmereignisse und Hagelzüge) sein. Im Einzelnen spielt auch die jeweilige Mikrolage einer Immobilie (Standort und Exposition) eine entscheidende Rolle für die potenziellen Risiken. Die Häufung von Extremwetterereignissen wird als ausschließlich negativ eingestuft, stellen sie doch neben einer Gefahr für die Bewohner auch insbesondere eine **Gefahr für die Bauwerke sowie einzelne Gebäudeteile** dar, wodurch Investitionen bspw. durch **gestiegene Versicherungsprämien oder veränderte Bauweisen einer Verteuerung** unterliegen können, sich die Rendite auf das eingesetzte Kapital potenziell reduziert oder die Nutzbarkeit eingeschränkt wird. Im Kern fehlt es den Akteuren der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft bisher an fundierten Informationen zur Risikoidentifizierung, -analyse und -bewertung von (zukünftigen) Klimafolgen, die sie in ihren Entscheidungen, wie der Objektauswahl oder der Projektentwicklung sowie dem Investitionsverhalten insgesamt unterstützen. Vor diesem Hintergrund kommt es bisher zur Fehlallokation von Kapital, da bspw. weiterhin in Risikogebiete (zu) intensiv investiert wird oder unzureichende Investitionen in die Widerstandsfähigkeit von gefährdeten Gebäuden getätigt werden.

Das Projekt *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* füllt gezielt diese Forschungslücke zur Quantifizierung gegenwärtiger und insbesondere zukünftiger Klimarisiken für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft sowie in Bezug auf die allgemeine Steigerung der Transparenz in Bezug auf Naturgefahren für die Branche. Das bundesweite und flächendeckende Geoinformationssystem dient der Immobilien- und Wohnungswirtschaft als Instrument zur Abschätzung potenzieller Klimarisiken und bietet dem Nutzer dabei auch objektspezifische Aussagen zu konkreten monetären Risiken. Darüber hinaus wurden umfangreiche Hintergrundinformationen und Kartenmaterial zur Gefährdung von Standorten in Abhängigkeit von

bestimmten Naturgefahren entwickelt bzw. aufbereitet, die die Transparenz über konkrete (Investitions-)Entscheidungssituationen auf Objektebene massiv verbessern.

1.2 *GIS-ImmoRisk Naturgefahren im Kontext von ImmoKlima*

Um die Betroffenheit und den Handlungsrahmen der Immobilienwirtschaft vor dem Hintergrund der Herausforderungen des Klimawandels aus einer wissenschaftlichen Perspektive genauer zu beleuchten, wurde vom *Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)* im *Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)* das Forschungsprojekt *Immobilien- und wohnungswirtschaftliche Strategien und Potenziale zum Klimawandel (ImmoKlima)* initiiert und im Rahmen des *Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt)* durchgeführt. Das 2010 abgeschlossene Projekt analysierte anhand von acht Pilotprojekten die integrierten Klimaschutz- und Anpassungsstrategien der immobilien- und wohnungswirtschaftlichen Akteure mit ihren Kooperationspartnern auf Stadt-, Quartiers-, Gebäude sowie Nutzerebene.

Mit Blick auf die Schadensausmaße durch Extremwetterereignisse wurde daher auf Basis von Erkenntnissen aus dem Forschungsvorhaben *ImmoKlima* im Jahr 2011 das Forschungsfeld *ImmoRisk – Risikoabschätzung der künftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft* – als Projekt des Aktionsplans Anpassung I der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) gestartet. In *ImmoRisk* wurde von 2011 – 2013 auf Basis damals verfügbarer Datengrundlagen ein öffentlich zugängliches Werkzeug erarbeitet, das für 15 Pilotstandorte, darunter auch die Pilotprojekte aus *ImmoKlima*, eine Abschätzung der gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Klimarisiken einzelner Immobilien ermöglichte und dabei auch quantitativ-monetäre Aussagen zulässt. Das entwickelte Online-Tool konnte demonstrieren, dass die notwendige Verknüpfung von Klimadaten und Informationen zu Widerstandsfähigkeit und Belastung von Immobilien möglich ist und damit den Akteuren der Immobilienwirtschaft handlungsrelevante Risikoinformationen in einer intuitiven und nutzerfreundlichen Form zur Verfügung gestellt werden können (vgl. *BMVBS*, 2013).

(18) Naumann et al., 2009, S. 228 / Münchener Rückversicherungsgesellschaft, 2008, S. 4

Abbildung 2

Schadenaufwand der Sach- und Kfz-Versicherung für das Jahr 2016



Quelle: GDV, 2017

Seit 2015 wurde im *ExWoSt*-Forschungsvorhaben „*GIS-ImmoRisk Entwicklung eines Geoinformationssystems zur bundesweiten Risikoabschätzung von zukünftigen Klimafolgen für Immobilien*“ im Auftrag des *BBSR* die WebGIS-Anwendung *GIS-ImmoRisk Naturgefahren entwickelt*, die nunmehr bundesweit eine Abschätzung von Klimarisiken für Immobilien ermöglicht. Die zentralen Ergebnisse dieses Projektes werden im vorliegenden Bericht zusammengetragen. Das Tool ist eine frei zugängliche Software, in der neben der Erstellung von Standort- und Risiko Steckbriefen auch weitergehende Hintergrundinformationen zu den einzelnen Naturgefahren, zur Klimamodellierung, Informationen zur Unsicherheit bei Risikermittlungen, zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Schadensverhütung, sowie umfangreiches weiteres Material wie bspw. eine Bedienungsanleitung und ein Glossar hinterlegt sind.

1.3 Ergebnisse von *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* im Überblick

Ziel des *ExWoSt*-Forschungsvorhabens *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* war die Entwicklung eines an die Bedürfnisse der Immobilieneigentümer angepassten Online-Tools, das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, das eine Abschätzung gegenwärtiger sowie zukünftiger Klimarisiken auf Gebäudeebene für ganz Deutschland ermöglicht und flächendeckend alle erforderlichen Informationen für die Umsetzung unterschiedlichster Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung stellt.

Die Realisierung dieses Werkzeugs erforderte die Einbindung unterschiedlicher Disziplinen wie der Klimaforschung, der Versicherungswirtschaft, des Ingenieurwesens, des IT-Bereiches sowie nicht zuletzt auch der Praxis der Immobilienwirtschaft. Umfangreiche Beobachtungs- und Modelldaten zur heutigen und zukünftigen Klimasituation wurden aufbereitet und verarbeitet, um eine Kombination mit den derzeit verfügbaren

Kenntnissen zur Schadenswirkung der Naturgefahren bei unterschiedlichen Immobilien erstmals zu ermöglichen. Durch Kooperationen mit der Versicherungswirtschaft und durch Einbindung zahlreicher weiterer Experten auf dem Gebiet der sogenannten Vulnerabilitätsforschung sowie eines Fachbeirates aus Wissenschaft und Praxis und somit mit einem breiten Spektrum an relevanten Teildisziplinen konnten im Ergebnis erstmals standortabhängige Risikoabschätzungen auf der Ebene einzelner Immobilien für jedermann im Internet frei zugänglich verfügbar gemacht werden.

Grundlage der Entwicklung des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bildete eine intensive Analyse der bisherigen Ansätze und Werkzeuge zur Abschätzung klimabedingter Risiken für Immobilien sowie der zur Verfügung stehen Datengrundlagen – insbesondere in den Bereichen Klima und Vulnerabilität. Ebenso wurden bei der Entwicklung des Werkzeugs die Informationsbedürfnisse der unterschiedlichen Nutzergruppen einbezogen und im Rahmen der Ergebnisdarstellung berücksichtigt. Das Projekt greift auf bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse der Klimatologie und Schadensforschung zurück; die Zielgruppe des Werkzeugs sind Eigentümer von Immobilien, Kaufwillige, Projektentwickler und gewerbliche Bestandhalter, die bei der Entwicklung des Tools berücksichtigt werden sollten.

Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dargestellten Informationen zur räumlichen Differenzierung der Gefährdung durch unterschiedliche Naturgefahren sind auf alle unterschiedlichen Nutzungstypen von Immobilien anwendbar. Auf Basis von verfügbaren Datengrundlagen zur Vulnerabilität und zur Risikoabschätzung musste sich das Forschungsvorhaben spezifisch auf die Erfordernisse der Wohnungswirtschaft beschränken, weshalb auch die quantitativen Risikoabschätzungen für einzelne Gebäude auf Wohnimmobilien beschränkt bleiben. Alle im Werkzeug abrufbaren Informa-

tionen zur standortabhängigen Gefährdungssituation erlauben allerdings darüber hinaus für alle bekannten Nutzungstypen (Büroimmobilien, Einzelhandel, Logistik etc.) Einblicke in die Gefährdungssituation vor Ort und vor allem deren zukünftige Entwicklung, was vor allem für nicht ortserfahrene Bestandshalter wertvolle Erkenntnisse bringen kann.

Der in diesem Projekt verwendete Begriff des *Risikos* (vgl. Kapitel 3.2) verbindet allgemein die Gefährdung an einem Standort mit der Anfälligkeit (Vulnerabilität) einer Immobilie für Schäden durch eine bestimmte Naturgefahr, wie zum Beispiel Hagel. Für Winterstürme und Hagel liefert das Werkzeug dem Nutzer dabei monetäre und somit quantitative Aussagen zum Risiko, im Sinne eines *jährlich zu erwartenden Schadens*. Für die Naturgefahren Starkregen und Sommerhitze erfolgt eine qualitative Verknüpfung der örtlichen Gefährdungssituation mit der gebäudespezifischen Widerstandsfähigkeit, so dass der Nutzer Informationen über die spezifische Risikosituation seiner eigenen Immobilie in qualitativer Form erhält. Die Quantifizierung des Risikos ist bei diesen Natur-

gefahren derzeit noch nicht möglich. Für die übrigen, im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* enthaltenen Naturgefahren, konnte aufgrund des gegenwärtigen Standes der wissenschaftlichen Forschung (im Bereich der Klimatologie und Vulnerabilitätsforschung) keine solche Verknüpfung von gebäudespezifischer Widerstandsfähigkeit und der örtlichen Gefährdungslage hergestellt werden und damit kein Risiko berechnet werden. Allerdings bieten die zur Verfügung gestellten deutschlandweiten Gefährdungskarten auch bei diesen Naturgefahren einen bisher nicht dagewesenen Mehrwert für die Immobilienwirtschaft dar. Die Karten stellen den aktuellen Stand der meteorologischen Forschung dar und erlauben durch ihre hohe räumliche Auflösung Gefährdungsabschätzungen, die bisher nicht möglich gewesen wären. Die Software ist flexibel gestaltet und somit in der Lage bei neuen Informationen zu Naturgefahren oder dem Bereich der Vulnerabilität, diese entsprechend zu integrieren. Eine Erweiterung der Inhalte der Datenbanken vor dem Hintergrund der Erweiterung des Wissensstandes im Bereich der Klimatologie ist somit vorgesehen.

Zusammenfassung

- Die Immobilien- und Wohnungswirtschaft gilt als einer der Hauptverursacher des stetig voranschreitenden Klimawandels und damit auch der zunehmenden Häufigkeit von Extremwetterereignissen.
- Eine Zunahme von Naturgefahren führt auch zu einem gesteigerten monetären Gesamtschaden; insbesondere in Bezug auf das Immobilienvermögen einer Volkswirtschaft. Steigende Kosten durch Extremwetterereignisse können mittelfristig zu höheren Versicherungsprämien führen und damit zu steigenden Kosten für die Versicherten und ihre Mieter.
- Die Immobilien- und Wohnungswirtschaft ist mit über 800.000 Unternehmen stark von den Folgen des Klimawandels betroffen. Folglich rückt die langfristige Beobachtung von Naturgefahren immer mehr in den Fokus vorausschauenden Handelns, um entsprechende Anpassungsmaßnahmen an den Immobilien bzw. im Rahmen der Standortsuche pro-aktiv durchzuführen.
- Den Akteuren der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft waren bisher keine fundierten Informationen zur Risikoidentifizierung, -analyse und -bewertung von (insbesondere zukünftigen) Klimafolgen zugänglich.
- Im Rahmen der Forschungsprojekte Immobilien- und wohnungswirtschaftliche Strategien und Potenziale zum Klimawandel (*ImmoKlima*) und Risikoabschätzung der zukünftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft (*ImmoRisk*) wurden bereits erste relevante Informationen zu den zukünftigen Herausforderungen und möglichen Strategien zur Risikoabschätzung erarbeitet.
- *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist derzeit das einzige öffentlich zugängliche Tool, das eine quantitative Abschätzung gegenwärtiger sowie zukünftiger Klimarisiken auf Gebäudeebene ermöglicht und dabei flächendeckend für ganz Deutschland darüber hinaus relevante Hintergrundinformationen für die Umsetzung unterschiedlichster Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung stellt.
- Alle Akteure der Immobilien- und Wohnungswirtschaft werden durch das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bei diversen immobilienwirtschaftlichen Entscheidungen, insbesondere zu ihrem Investitionsverhalten, der Standortsuche sowie Identifikation von sinnvollen Adaptionenmaßnahmen unterstützt. Die Transparenz über Gefahren in Bezug auf Extremwetter wurde durch das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verbessert.
- Die bereitgestellten Informationen zur räumlichen Differenzierung durch unterschiedliche Naturgefahren sind auf alle bekannten immobilienwirtschaftlichen Nutzungsarten anwendbar, eine Risikoermittlung kann im Tool allerdings nur für Wohngebäude erfolgen.

2 Klimafolgen im Kontext des immobilienwirtschaftlichen Risikomanagements

2.1 Relevanz von Naturgefahren für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft

Konkrete monetär quantifizierbare Größen sind elementare Grundlagen, um fundierte Entscheidungen und Weichenstellungen vor dem Hintergrund des sich verschärfenden Klimawandels treffen zu können. Der Klimawandel vollzieht sich bereits gegenwärtig und wird sich in naher Zukunft weiter beschleunigen. Die Erdatmosphäre heizt sich momentan schneller auf als im Zuge natürlicher Schwankungen in den letzten 1.000 Jahren¹⁹. Aus diesem Grund ist eine Quantifizierung der gegenwärtigen und insbesondere der zukünftig zu erwartenden Schäden durch Naturgefahren für immobilienwirtschaftliche Akteure aller Art (wie bspw. Immobilienbesitzer, Bauherren, Investoren, Kommunen, Versicherer, Rückversicherer etc.) von äußerster Relevanz. Ebenso ist eine allgemeine Verbesserung der Transparenz von entsprechenden Entscheidungssituationen elementar.

Die Anpassung an das sich verändernde Klima (auch Adaption genannt, in Abgrenzung zur Mitigation, also Maßnahmen zum Klimaschutz) beginnt dabei beim Standort, an dem eine Immobilie errichtet wird bzw. an dem in Immobilien investiert wird. Anpassung umfasst aber auch Maßnahmen am vorhandenen Bestand (oder projektierten Gebäuden) zur Verringerung der Schadensanfälligkeit in Bezug auf Extremwetterereignisse bzw. der Verbesserung der Widerstandsfähigkeit. Sind entsprechende monetäre Größen oder allgemeine Informationen hinsichtlich der Risiken und des Nutzens von (angepassten) Investitionen nicht verfügbar, unterbleiben solche Maßnahmen häufig ganz und wertvolle Zeit geht verloren oder es werden Investitionen mit suboptimalem wirtschaftlichem Ergebnis durchgeführt. Die Anforderungen und Bedürfnisse von Immobilienbestandhaltern lassen sich somit wie folgt zusammenfassen:

- Generelle Sensibilisierung für mögliche Gefahrenpotenziale,
- Hinweise für sinnvolle künftige Verwendung der finanziellen Mittel,
- monetäre Bewertung von Gefahren auf Grundlage gegenwärtiger und künftiger Klimamodelle,

- objektgenaue und gebäudespezifische Risikobewertungen,
- Hintergrundinformationen zu möglichen Anpassungen und
- Synopse über Gefahrenpotenziale von Immobilienportfolios.

2.2 Bestehende Instrumente des Risikomanagements der Immobilien- und Wohnungswirtschaft

Proprietäre Produkte von Versicherern, Rückversicherern oder entsprechenden Dienstleistern ermöglichen grundsätzlich entsprechende Gefahren- und Risikoabschätzungen, stehen jedoch nicht kostenfrei für die öffentliche Nutzung zur Verfügung. Existierenden Webtools zum Thema Naturgefahren fehlt hingegen entweder der konkrete Bezug zu Immobilien, indem bspw. lediglich Gefährdungskarten dargestellt werden, oder die Instrumente erlauben lediglich Aussagen auf räumlich aggregierter Ebene bzw. lassen keinerlei Quantifizierung von Gefahrenpotenzialen zu.

Sowohl der Eigentümer einer einzelnen Immobilie als auch Bestandhalter oder Investoren größerer Portfolios haben großes Interesse daran zu wissen, welche umlagefähigen und nicht-umlagefähigen Kosten jedes Jahr für Unterhalt und Bewirtschaftung einer Immobilie anfallen.²⁰ Eine Vernachlässigung der durch Naturgefahren entstehenden Kosten führt dabei unweigerlich zu einem unvollständigen Ergebnis. Auch könnten reine Kosten zu aktuellen Versicherungsprämien zum Schutz von Elementarschäden ggf. ein irreführendes Bild zeichnen, da diese nur aktuelle Gefährdungen abbilden. Insbesondere für Eigentümer größerer Bestände stellt sich darüber hinaus die Frage der Risikodiversifizierung. Ein einziges Extremwetterereignis, das gleich mehrere Immobilien gleichzeitig trifft, kann ohne entsprechenden Versicherungsschutz zu erheblichen finanziellen Belastungen führen.

Grundsätzlich versucht jeder wirtschaftlich handelnde Akteur, möglichst effizient mit seinen Ressourcen umzugehen und ist dazu auf entsprechende Handlungsempfehlungen oder möglichst umfassende Informationsgrundlagen angewiesen. Eine immobilienwirtschaftliche Investition verlangt dabei natürlich auch entsprechende

(19)
Smith et al., 2015

(20)
vgl. Sandvoß, 2004, S. 16

Kenntnisse über jene Umstände, die in Zukunft die zu erwartenden Ertragsströme beeinflussen. Dies gilt prinzipiell für jeden Investor und jede Anlageform, aber aufgrund der sehr hohen wirtschaftlichen Lebensdauer von Immobilien für diese in ganz besonderem Maße. Neben den bereits in der Praxis verwendeten Prognosen von Kennzahlen zum Marktumfeld, sind jedoch auch Naturrisiken ein eigentlich nicht zu vernachlässigender Faktor, der die zukünftigen Ergebnisse auf Objektebene potenziell beeinflussen kann. Die in der Immobilienwirtschaft für Investitionsrechnungen verwendeten Eingangsparameter beschränken sich bis dato auf vergleichsweise leicht verfügbare Marktdaten wie Mieten, Leerstände, Wirtschaftswachstum und natürlich potenzielle Verkaufserlöse. Naturgefahren sind aktuell nur implizit im Rahmen der verwendeten Eingangsdaten reflektiert. Eine transparente Berücksichtigung der Gefahrenlage erfolgt hingegen nicht; oft wird die Gefährdung aus Mangel an entsprechenden Informationen sogar gar nicht berücksichtigt.

Nicht zuletzt aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit entsprechend aufbereiteter Informationen zum Thema Naturrisiken, findet eine Berücksichtigung der entsprechenden Kosten im immobilienwirtschaftlichen Risikomanagement zum derzeitigen Zeitpunkt faktisch nicht statt. Die ohnehin mit jeder Betrachtung der Zukunft verbundene Unsicherheit, wird durch die Vernachlässigung des Themenfeldes „Naturgefahren“ weiter erhöht. Insbesondere unterbleiben durch das fehlende Angebot entsprechender Informationen aber notwendige Maßnahmen zur Risikominderung, da die wirtschaftliche Effizienz der Maßnahmen nicht abgeschätzt werden kann. Das generelle Ziel des Projektes *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* war es daher vor diesem Hintergrund, aus meteorologischen Daten zu Extremwetterereignissen konkrete Informationen abzuleiten, die möglichst direkt in die immobilienwirtschaftliche Risikobewertung einfließen können.

Im Prinzip sind zwar zahlreiche Daten zum gegenwärtigen und sogar zum zukünftigen Klima rein theoretisch frei verfügbar und für jedermann online abrufbar, allerdings fehlt es der Immobilienwirtschaft (und nicht nur den kleineren Akteuren) erstens am notwendigen methodischen Knowhow, diese eher von Meteorologen für Meteorologen erstellten Datenbanken auszuwerten und zweitens fehlte es bisher insbesondere an der notwendigen Verknüpfung der zunächst rein klimatischen Größen, mit ihrem Schadenspotenzial für die Immobilienwirtschaft. So sagt bspw. allein die Häufigkeit des Eintritts bestimmter

Windgeschwindigkeiten noch nichts über den Schaden aus, mit dem dabei zu rechnen ist – schon gar nicht differenziert nach der Widerstandsfähigkeit unterschiedlicher Gebäudetypen. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* schließt genau diese Lücke, indem wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse zu unterschiedlichen Naturgefahren mit einer immobilien-spezifischen Betrachtung der möglichen Schadenspotenziale verbunden wird, um die notwendigen Kennzahlen für das immobilienwirtschaftliche Risikomanagement zur Verfügung zu stellen. Eine fundierte Informationsbasis, verbunden mit einem Verständnis der zugrundeliegenden Wirkungszusammenhänge ermöglicht in diesem Sinne eine Reduzierung des Risikos, das stets mit jeder wirtschaftlichen Entscheidung verbunden ist.

Grundsätzlich kann der Klimawandel für bestimmte Regionen oder Branchen neben Gefahren auch Chancen bedeuten, wenn bspw. der Weinanbau in nördlichere Breiten ausgedehnt werden kann. Mildere Winter würden für die Immobilienwirtschaft mit einem geringeren Bedarf an Heizenergie einhergehen, die zunehmende sommerliche Hitze allerdings auch gleichzeitig den Kühlbedarf ansteigen lassen. Versteht man unter Risiko zunächst ganz allgemein die Unsicherheit, der zukünftigen Konsequenzen einer wirtschaftlichen Entscheidung, so kann prinzipiell sowohl eine negative (*Gefahren*) als auch eine positive Abweichung (*Chancen*) vom erwarteten Ergebnis eintreten. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von sogenannten zweidimensionalen Risiken. Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* behandelten Extremwetterereignisse stellen jedoch per se ausschließlich eine Gefahr dar und die Ergebnisse der Meteorologen als auch die bisherigen Erfahrungen der Versicherungswirtschaft zeigen, dass diese Gefahren in Zukunft tendenziell zunehmen werden. Da die Immobilienwirtschaft diese zukünftigen Gefahren jedoch bisher wie beschrieben kaum in ihren Entscheidungen berücksichtigt, dominiert eindeutig das Risiko einer negativen Zielverfehlung, weshalb in dem Themenkomplex von Extremwetterereignissen, Klimawandel und Immobilienwirtschaft teilweise auch von einem eindimensionalen Risiko gesprochen werden kann.

Die Bestimmung eines konkreten, monetären Risikos durch Naturgefahren gestaltet sich nicht minder komplex als im Fall anderer Markt- und Finanzkennzahlen. Die Schwierigkeit besteht einerseits zunächst darin, die meteorologische Häufigkeit möglicher schadensrelevanter Ereignisse korrekt statistisch zu beschreiben, wofür spezielle Verteilungstypen existieren (vgl. Kapitel 3.2.1).

Andererseits gilt es anschließend, die theoretisch möglichen Naturereignisse und ihre Intensitäten mit ihrem jeweiligen Schadenspotenzial in Verbindung zu bringen und zwar abhängig von der konkreten Widerstandsfähigkeit einer Immobilie. Letzteres geschieht über gebäudespezifische sogenannte Schadensfunktionen. Im Rahmen von *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wird die standortabhängige Häufigkeit des Eintritts von Extremwetterereignissen einer bestimmten Intensität als *Gefährdung* bezeichnet und die Anfälligkeit bzw. Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes für dabei eintretende Schäden als *Vulnerabilität*. Als *Risiko* wird im Projektzusammenhang die Kombination aus Gefährdung und Vulnerabilität bezeichnet.

Das Risiko einer Immobilie beschreibt demnach die Möglichkeit des Eintretens eines Schadens bzw. dessen Ausmaß. Im Fall des gegenwärtigen und zukünftigen Risikos durch Sturm und Hagel handelt es sich im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dabei um den erwarteten Schaden innerhalb eines Jahres.

Im folgenden Kapitel erfolgt eine detaillierte Beschreibung der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Methoden und Datengrundlagen, die für Bestimmung der standortabhängigen Gefährdungssituation, der gebäudespezifischen Vulnerabilität bzw. Widerstandsfähigkeit sowie deren Verknüpfung zum Risiko verwendet werden.

Zusammenfassung

- Die bestehenden Ansätze zur Modellierung von Klimarisiken können den Anforderungen und Bedürfnissen von Immobilienbestandhaltern nicht in ausreichendem Maße Rechnung tragen. Auch beschränken sich Bestandhalter aktuell aus Mangel an weitergehenden Informationen oftmals auf Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen (Mitigation). Die ggf. notwendige Anpassung des Gebäudes an das sich verändernde Klima zur Verringerung der Schadensanfälligkeit bei Extremwetterereignissen wird erstmals durch das gegenständliche Projekt bewirkt.
- Es existieren bislang nur wenige Ansätze zur Abschätzung der Höhe möglicher Naturrisiken auf Ebene einzelner Immobilien. Vorhandene Produkte sind entweder nicht öffentlich und kostenfrei zugänglich oder der Bezug zur Wohnungs- und Immobilienwirtschaft ist nicht oder nur unzureichend vorhanden. Existierende Daten zum gegenwärtigen und zukünftigen Klima sowie Naturgefahren sind prinzipiell verfügbar, jedoch sind diese Informationen nicht so aufbereitet, dass sie die Immobilienwirtschaft direkt in ihr Risikomanagement integrieren kann.
- Durch das Fehlen adäquater Modelle bzw. entsprechend aufbereiteter Informationen können die Kosten durch Naturrisiken nicht bei Investitionsentscheidungen berücksichtigt werden – folglich entfällt ein entsprechendes Risikomanagement oft vollständig und notwendige Maßnahmen zur Risikominderung werden nicht durchgeführt.
- Im Rahmen von *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wurden aus meteorologischen Daten zu Extremwetterereignissen präzise und relevante Informationen für die Risikobewertung von einzelnen Immobilien abgeleitet.

3 Analytischer Ansatz zur Modellierung von Immobilienrisiken

Der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Ansatz zur Modellierung von Naturrisiken basiert auf den drei Bereichen *Gefährdung*, *Vulnerabilität* und dem (kostenorientierten) *Wert* einer Immobilie. In diesem Kapitel erfolgt eine detaillierte Beschreibung, mit welchen Daten und Methoden, diese drei Größen im Einzelnen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bestimmt und schließlich zum Risiko – dem sog. *jährlich zu erwartenden Verlust* – kombiniert werden. Vorangestellt ist ein Exkurs zum Thema Klimamodellierung (vgl. Kapitel 3.1), der den thematischen Hintergrund zur Bestimmung der Gefährdung an einem Standort darstellt.

3.1 Berücksichtigung der gegenwärtigen Gefährdungslage und der Folgen des Klimawandels

Eine immobilienwirtschaftliche Risikoanalyse kann aufgrund der hohen Lebensdauer von Gebäuden nur durch eine Berücksichtigung der zukünftigen Veränderung des Klimas wirklich handlungsrelevant sein. Je nach Naturgefahr können einzelnen Regionen stärker oder schwächer vom Klimawandel betroffen sein und in manchen Gebieten kann durchaus auch ein geringeres Risiko als heute erwartet werden. Um verlässliche Aussagen darüber treffen zu können, bedarf es einer Einbindung der Ergebnisse von Klimamodellen. Die folgenden Abschnitte beschreiben nach einer allgemeinen Erläuterung des Klima-Begriffs explizit die derzeitigen Methoden der Klimamodellierung, die auch die Grundlage für die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Daten zur Gefährdung einzelner Standorte bildeten.

3.1.1 Definition des Begriffs Klima

Bevor im Folgenden insbesondere auf die Methoden der Klimamodellierung näher eingegangen wird, soll zunächst der Begriff *Klima* selbst erläutert werden. Ausgangspunkt dabei ist der Begriff *Wetter*, der die meteorologische Situation (also die Ausprägung aller denkbaren meteorologischen Größen) „während einer kurzen Zeitspanne (meist ein Tag)“⁽²¹⁾ bezeichnet. Der Begriff *Klima* hingegen besitzt eine langfristige Perspektive und stützt sich auf die Wetterbeobachtungen an einem Standort während eines größeren Zeitraums. Die in der Meteorologie üblicherweise verwendeten Referenzperioden besitzen eine Dauer von 30 Jahren. Bei der Beschreibung des

Klimas an einem Standort und insbesondere im Kontext von Naturrisiken spielen jedoch nicht nur Durchschnittswerte eine Rolle, sondern auch die Häufigkeit besonders extremer Werte am oberen oder unteren Ende der jeweiligen Skala. Eine genauere Erläuterung der für deren Analyse verwendeten statistischen Methoden findet sich ebenfalls im Verlauf dieses Kapitels.

3.1.2 Beschreibung des Klimas mit Hilfe gemessener Daten

Um das Klima an einem bestimmten Punkt der Erde beschreiben zu können, bedarf es zunächst entsprechender Beobachtungsdaten aus einer möglichst langen historischen Messreihe. Je nach Naturgefahr gestaltet sich die Erfassung einer solchen Messreihe sehr unterschiedlich. Im Fall von Erdbeben gibt es auch aus vergangenen Jahrhunderten ausreichend genaue Schilderungen der von Zeitzeugen beobachteten Schadenswirkungen, um die Stärke der Beben abzuschätzen und damit auch sehr lang zurückliegende Ereignisse in die langfristige Gefährdungsstatistik mit einzubeziehen.⁽²²⁾ Für die Erfassung der Gefährdung bspw. durch Stürme, Hagel, Starkniederschläge oder Hitzeereignisse kommen hingegen lediglich instrumentelle Messreihen in Frage und diese stehen lediglich für deutlich kürzere Zeiträume zur Verfügung. Maßgeblich für die Qualität der Ergebnisse ist dabei auch, dass sich die Methodik der Erfassung, also zum Beispiel konkret die Messinstrumente oder deren Standort, im Lauf der Messungen nicht geändert haben. Die dadurch entstehenden systematischen Verzerrungen müssen ansonsten nach Möglichkeit statistisch heraus gerechnet werden, um die vollständige Messreihe nutzen zu können. In jüngerer Vergangenheit werden auch verstärkt Methoden der Fernerkundung eingesetzt, bspw. bei der Erfassung von Überschwemmungsflächen durch Satelliten- oder Luftbildaufnahmen. Eine weitere Besonderheit stellt die Messung von Starkniederschlags- und Hagelereignissen dar, die unter anderem durch den Einsatz von Radar erfolgt (ausführlichere Erläuterungen zur Messung und Modellierung der unterschiedlichen meteorologischen Größen finden sich in Kapitel 4.2).

3.1.3 Klimamodellierung

Die zuvor beschriebenen Messungen basieren naturgemäß auf Daten aus der Vergangenheit und erlauben keine direkten Aussagen über die

(21) vgl. Kuttler, 2009, S. 15

(22) vgl. Grünthal et al., 1998

Gefährdung an einem Standort über die nahe Zukunft hinaus. Nicht zuletzt aufgrund der hohen Lebensdauer von Immobilien sind langfristige Abschätzungen der zukünftigen Gefährdung für eine optimale Anpassungsstrategie jedoch von entscheidender Bedeutung. Neben den empirischen Messergebnissen kommen deshalb in der Risikoforschung auch die Ergebnisse aus Klimamodellen zum Einsatz, da sie auch Aussagen über die zukünftige Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Extremwetterereignissen erlauben. Die Auswertung der mit diesen Modellen simulierten Ergebnisse erfolgt prinzipiell ähnlich wie die Auswertung von Messergebnissen.

Klimamodelle unterteilen die Atmosphäre in dreidimensionale Volumeneinheiten und simulieren die zeitliche Veränderung der meteorologischen Parameter in den einzelnen Einheiten basierend auf physikalischen Grundsätzen wie bspw. der Erhaltung von Energie, Masse und Impuls. Die Entwicklung von Klimamodellen reicht bereits in die 1960er Jahre zurück, doch wurden diese Modelle der komplexen Realität aufgrund der sehr geringen Anzahl verwendeter Daten sowie der geringen horizontalen und vertikalen Auflösung noch kaum gerecht. Diese frühen Vertreter simulierten außerdem anfangs lediglich die Atmosphäre, bevor nach und nach weitere Submodelle bspw. für die Ozeane, die Kryosphäre oder die Biosphäre integriert beziehungsweise angekoppelt wurden (vgl. Abbildung 3). Bis Ende der 1980er Jahre existierten lediglich Modelle, die eine Simulation des weltweiten Klimas zum Ziel hatten. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes ist die räumliche Auflösung dieser sogenannten **Globalen Zirkulationsmodelle (englisch: Global Circulation Model, GCM)** gering und die räumliche Differenzierung der Simulationsergebnisse sehr begrenzt. Die räumliche Auflösung der *GCMs* wurde bis heute immer wieder verbessert und es ist eine ganze Reihe unterschiedlicher Modelle verfügbar. Für eine immobilienwirtschaftliche Analyse von Naturrisiken auf Objektebene sind jedoch auch die aktuellsten *GCMs* noch zu grob.

Um durch eine Erhöhung der räumlichen Auflösung realistischere Ergebnisse trotz begrenzter Rechenkapazitäten zu ermöglichen, wurde 1989 das erste sogenannte **Regionale Klimamodell (englisch: Regional Climate Model, RCM)** entwickelt²³. Diese Modelle simulieren das Klimageschehen lediglich für ein begrenztes Gebiet, jedoch mit einer deutlichen höheren Auflösung als *GCMs*, wodurch eine deutlich bessere räumliche Differenzierung möglich ist. Das Grundprinzip der Simulation mit sog. **dynamischen RCMs** ist die Einbettung des

Modells (englisch: *Nesting*) in ein *GCM*, welches die Randbedingungen für das *RCM* liefert und dieses kontinuierlich „antreibt“. Man spricht in diesem Kontext auch vom „Downscaling“ eines *GCM* mit Hilfe eines *RCM*. Um die Resultate von Modellierungen mit Regionalen Klimamodellen miteinander vergleichen zu können, muss daher stets auch angegeben werden, mit welchem *GCM* (bzw. welchem Lauf eines *GCM*, s. u.) sie angetrieben wurden. Ein nicht zu vermeidendes Problem der Einbettungsmethode ist, dass sich eventuelle Fehler oder Verzerrungen der Globalen Modelle auch in den Regionalen Modellen widerspiegeln. Während die zuvor beschriebenen dynamischen *RCMs* ebenso wie die globalen Modelle auf einer thermodynamischen Beschreibung der physikalischen Zusammenhänge in der Atmosphäre basieren, greifen die sog. **statistischen RCMs** primär auf Beobachtungsdaten einer möglichst großen Anzahl von Wetterstationen zurück. Die in der Vergangenheit beobachteten Zusammenhänge zwischen den an diesen Stationen gemessenen meteorologischen Größen und externen, unabhängigen Variablen wird auch für die Modellierung des zukünftigen Klimas angenommen. Die zeitliche Entwicklung dieser unabhängigen Variablen wird schließlich in der Regel mit Hilfe von *GCMs* berechnet und für die Simulation des zukünftigen Wetters an den verwendeten Wetterstationen benutzt. Durch die Interpolation dieser bis dahin punktuellen Ergebnisse auf ein regelmäßiges Raster, erhält man schließlich flächendeckende Daten.

Die Modellierung des zukünftigen Klimas ist naturgemäß stets mit großen **Unsicherheiten** verbunden. Einerseits resultiert dies daraus, dass die zukünftige Entwicklung der wesentlichen Einflussparameter des Klimas nicht mit Sicherheit prognostizierbar ist. Dies bezieht sich sowohl auf **anthropogene Faktoren** wie den Ausstoß von Treibhausgasen, als auch auf natürliche Prozesse wie Vulkanismus, Solarstrahlung etc. Andererseits sind aber auch **die Modelle selbst mit Unsicherheiten behaftet**, insbesondere da eine vollständige Beschreibung des komplexen Klimasystems mit einem mathematischen Modell physikalisch niemals exakt möglich ist. Eine natürliche Grenze resultiert bereits aus der begrenzten räumlichen Auflösung der Modelle²⁴. Zahlreiche Vorgänge besitzen zudem eine stark nicht-lineare Natur, weshalb bereits geringe Abweichungen der Ausgangsparameter zu extrem unterschiedlichen Ergebnissen führen können (das System verhält sich „chaotisch“, Stichwort „Schmetterlingseffekt“). Darüber hinaus existieren im Klimasystem zahlreiche Kipp-Prozesse (englisch *Tipping-Points*), deren genaue Mechanismen bzw. Auslöser jedoch nur unzureichend genau bekannt

(23)
vgl. Dickinson et al., 1989

(24)
Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass selbst das vermeintlich einfache Problem der Bewegung dreier Körper, die lediglich durch ihre gegenseitige gravitative Anziehung miteinander wechselwirken, physikalisch nicht exakt lösbar ist (sog. Dreikörperproblem).

sind. Es handelt sich dabei um bestimmte metastabile Zustände, die sich aufgrund positiver Rückkopplungen ab dem Überschreiten eines bestimmten Wertes (Kipp-Punkt) extrem schnell verändern und einen neuen Gleichgewichtszustand anstreben.

Den systemimmanenten Unsicherheiten kann begegnet werden, indem einerseits mehrere sogenannte Läufe eines bestimmten Modells simuliert werden und indem andererseits in einem sogenannten **Ensemble** mehrere unterschiedliche Modelle zusammengefasst werden. Erst eine Vielzahl verwendeter Simulationen ermöglicht verlässliche Aussagen, über die zukünftige Entwicklung des Klimas.

Im Kontext der Berechnung monetärer Schäden aus einem Modell-Ensemble konnte gezeigt werden²⁵, dass der Ensemble-Durchschnitt genauso gute Vorhersagen ermöglichte wie das beste Einzelmodell. Die Qualität eines Ensembles wächst dabei relativ schnell durch eine Erhöhung der integrierten Modelle an. Der Vorteil der Verwendung eines Ensembles besteht demnach auch darin, dass eine anfängliche Bestimmung des „besten Einzelmodells“ (welches in vielen Fällen gar nicht ohne Einschränkungen existiert) entfallen kann. Um schließlich einen bestimmten Wert für weitere Analysen zu erhalten, müssen die Ergebnisse der einzelnen Ensemble-Mitglieder gemittelt werden. Eine Gewichtung der einzelnen Modelle (z. B. nach ihrer Vorhersagegüte) ist prinzipiell möglich, aber mangels allgemein anerkannter Methoden²⁶ stets ein sehr subjektiver Vorgang, weshalb im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nach dem sogenannten „one model, one vote“-Prinzip²⁷ („Ein Modell, eine Stimme“; d. h. es wird keine Gewichtung vorgenommen) verfahren wird.

3.1.4 Treibhausgaskonzentration

Die gegenwärtige Konzentration des für den Klimawandel hauptverantwortlichen Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO₂) erreicht einen Wert, der über 45 % über demjenigen aus vorindustrieller Zeit liegt. Während die CO₂-Konzentration

im Jahr 1750 noch ca. 280 ppm betrug, liegt der Wert jahreszeitenbereinigt im Juli 2018 bei rund 408 ppm²⁸.

Da die zukünftige Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden kann, greifen Klimaforscher auf sogenannte Szenarien zurück. Diese treffen unterschiedliche Aussagen bspw. über die zukünftige Entwicklung der Erdbevölkerung, die globale wirtschaftliche Dynamik oder die für den Treibhausgasausstoß entscheidende Nutzung erneuerbarer Energieträger. Die unter Federführung des häufig als „Weltklimarat“ bezeichneten *IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)* entwickelten sogenannten *SRES-Szenarien* gehen von unterschiedlichen Annahmen über die Entwicklung der entscheidenden Einflussparameter aus und leiten daraus den zukünftigen Verlauf der Treibhausgaskonzentration ab. Seit dem 5. Sachstandsbericht des *IPCC* aus dem Jahr 2013 verwenden Forscher für neue Simulationen sogenannte *Repräsentative Konzentrationspfade (RCP, engl. Representative Concentration Pathways)*, bei denen eine umgekehrte Herangehensweise gewählt wurde: Ausgehend von einem angenommenen Verlauf der Treibhausgaskonzentration, werden die dafür „notwendigen“ Emissionspfade berechnet, also die jährlichen Treibhausgasemissionen im Verlauf des 21. Jahrhunderts. Da zum derzeitigen Forschungsstand noch deutlich mehr Simulationen mit den älteren *RCP-Szenarien* verfügbar sind und damit auch auf größere Ensembles (siehe oben) zurückgegriffen werden kann, basieren alle Aussagen über das zukünftige Klima im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf einem *RCP-Szenario*. Es handelt sich um das sogenannte *A1B-Szenario*, dass im Vergleich zu anderen *RCP-Szenarien* eine Mittelstellung hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen einnimmt. Während bspw. das *A2-Szenario* von einem ungebremsten Bevölkerungsanstieg auch über die Mitte des 21. Jahrhunderts hinaus und einer weiteren Dominanz fossiler Energieträger ausgeht, sind die Annahmen des *A1B-Szenarios* etwas optimistischer.

(25)
vgl. Donat, 2010

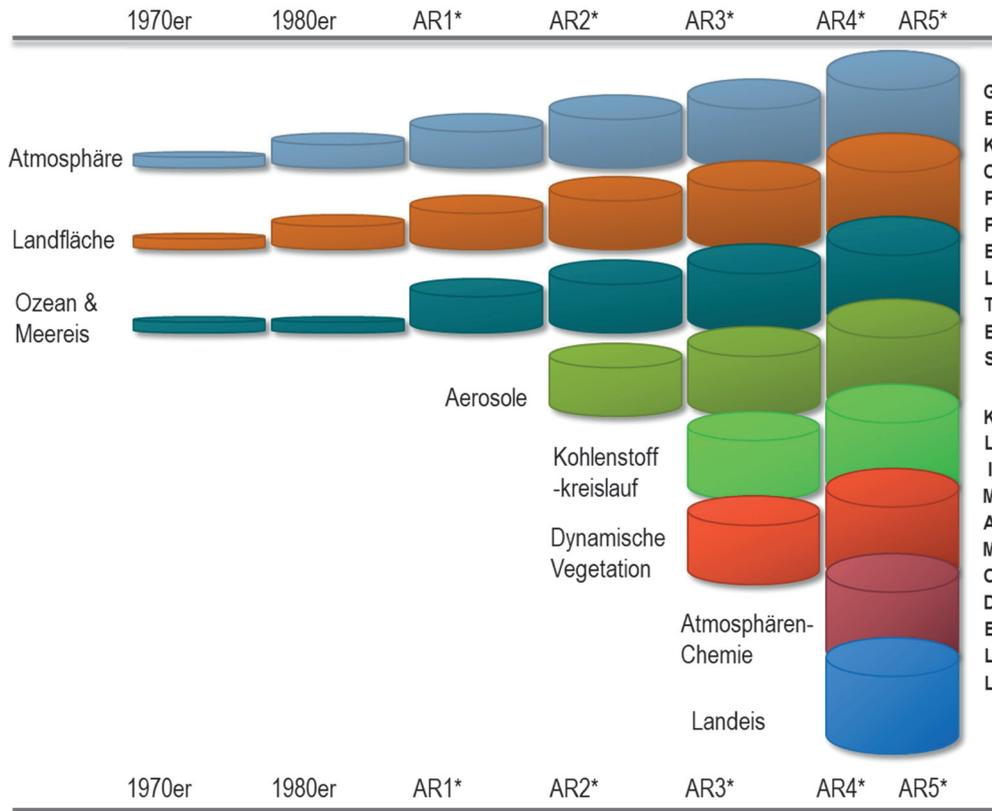
(26)
vgl. IPCC, 2014

(27)
vgl. IPCC, 2014

(28)
NOAA, 2018b

Abbildung 3

Weiterentwicklung globaler Klimamodelle durch die Integration von Submodellen²⁹



*) AR = „Assessment Report“ (IPCC-Sachstandsbericht)

Quelle: IPCC, 2013.

3.2 Dreigliedriger Ansatz zur Ableitung erwarteter monetärer Verluste

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendet einen dreiteiligen Ansatz zur Bestimmung der Naturrisiken, der eine Immobilie ausgesetzt ist. Die drei bestimmenden Faktoren sind die an einem Standort vorliegende Gefährdung durch eine bestimmte Naturgefahr, die Vulnerabilität bzw. sozusagen als deren Gegenteil die Widerstandsfähigkeit einer Immobilie gegenüber der Einwirkung eines Ereignisses und schließlich der Wert einer Immobilie, da an einer teureren Immobilie naturgemäß auch ein höherer Schaden entstehen kann (wenn man an dieser Stelle vernachlässigt, dass die teurere Immobilie unter Umständen aufgrund einer qualitativ hochwertigeren baulichen Ausführung auch eine höhere Widerstandsfähigkeit besitzt). In den folgenden Abschnitten wird ausführlich dargelegt, mit welchen Methoden die drei Elemente im Einzelnen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* analysiert und verarbeitet werden sowie wie sie letztlich zum Risiko einer Immobilie verknüpft werden.

3.2.1 Gefährdung durch Naturgefahren

Der Begriff „Gefährdung“ steht im Kontext von Naturkatastrophen und den aus ihnen resultierenden Schäden an Immobilien für die Häufigkeit des Auftretens von potenziell schädigenden Ereignissen an einem bestimmten Standort. Die Gefährdung drückt demnach lediglich aus, mit welchen Intensitäten einer Naturgefahr (zum Beispiel eine bestimmte Windgeschwindigkeit oder Temperatur) wie oft zu rechnen ist. Die Größe ist somit zunächst unabhängig davon, ob bzw. welche Schäden an einer Immobilie daraus potenziell resultieren können. Erst durch die mathematisch-statistische Verbindung der Gefährdung mit der Vulnerabilität einer Immobilie lassen sich Aussagen zur Häufigkeit sowie den Kosten von Schäden und damit zum Risiko einer Immobilie an einem Standort treffen. Die Gefährdung an einem Standort stellt damit zunächst eine rein meteorologische Größe dar und im Folgenden soll vor diesem Hintergrund zunächst beschrieben werden, wie die für eine Beschreibung der Gefährdung notwendigen Informationen aus Messungen und Modellierungen gewonnen und schließlich statistisch aufbereitet werden.

(29) Die Höhe der Zylinder symbolisiert die zunehmende Komplexität der einzelnen Submodelle. Gleichzeitig erfolgte auch eine Erhöhung der horizontalen sowie der vertikalen Auflösung der einzelnen Modelle und es werden mehrere Modellläufe gemeinsam in Ensembles (s. u.) ausgewertet.

Vorbemerkungen zur Extremwertstatistik

Im Fall jener Naturgefahren, für die eine monetäre Bewertung der Risiken im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* aufgrund des bisherigen allgemeinen Standes der Klimaforschung nicht möglich ist und lediglich qualitative Angaben zur relativen Häufigkeit bestimmter Extremereignisse gemacht werden, reicht es aus, die Klima-Rohdaten mit Hilfe vergleichsweise einfacher statistischer Verfahren (Häufigkeiten, Mittelwerte) auszuwerten. Aus Sicht potenzieller Benutzer ergeben sich damit bereits hilfreiche Informationen, die im Rahmen von Diversifizierungsmaßnahmen nützlich sein können. Für eine quantitative Bestimmung monetärer Risiken durch Sturm oder Hagel bedarf es jedoch einer exakten statistischen Beschreibung der Gefährdung und dabei insbesondere der besonders seltenen, extremen Ereignisse. Das Ziel der Analyse ist es daher, konkrete Eintrittswahrscheinlichkeiten für Ereignisse unterschiedlicher Stärke zu bestimmen.

Die mathematische Funktion, die die Gefährdung an einem Standort exakt beschreibt wird als **Hazard-Funktion** bezeichnet und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Intensität einer Naturgefahr (z. B. Windgeschwindigkeit) innerhalb eines Jahres überschritten wird.³⁰ Eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1 % bedeutet um Umkehrschluss, dass bspw. eine bestimmte Windgeschwindigkeit innerhalb eines Jahres mit 99%iger Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird bzw. mit einer Überschreitung im Durchschnitt nur alle 100 Jahre (sogenannte *Wiederkehrperiode*) zu rechnen ist (vgl. Abbildung 4). Der auch im alltäglichen Sprachgebrauch wohl bekannteste Fall einer solchen Angabe zur Wiederkehrperiode eines Ereignisses ist das sogenannte *Hundertjährige Hochwasser*. Für die Ermittlung dieser Hazard-Funktionen kommen sogenannte *extremwertstatistische Methoden* zum Einsatz, die im Folgenden näher erläutert werden.

Unabhängig von der betrachteten Naturgefahr, sind die folgenden Schritte zur Bestimmung einer Hazard-Funktion notwendig:

- Grundlage ist stets eine möglichst lange Datenreihe der betreffenden Parameter (Windgeschwindigkeit, Temperatur etc.), entweder aus historischen Beobachtungen oder simulierten Daten von Klimamodellen.
- Die Daten müssen im Folgenden um eventuelle Messfehler oder systematische

Verzerrungen, bspw. durch die Änderung der Messverfahren oder Messstandorte, bereinigt werden.

- Für jeden Standort bzw. jede Zelle eines zugrundeliegenden Rasters, auf dem die Daten vorliegen, wird mit Hilfe extremwertstatistischer Methoden die dort gültige Hazard-Funktion berechnet.

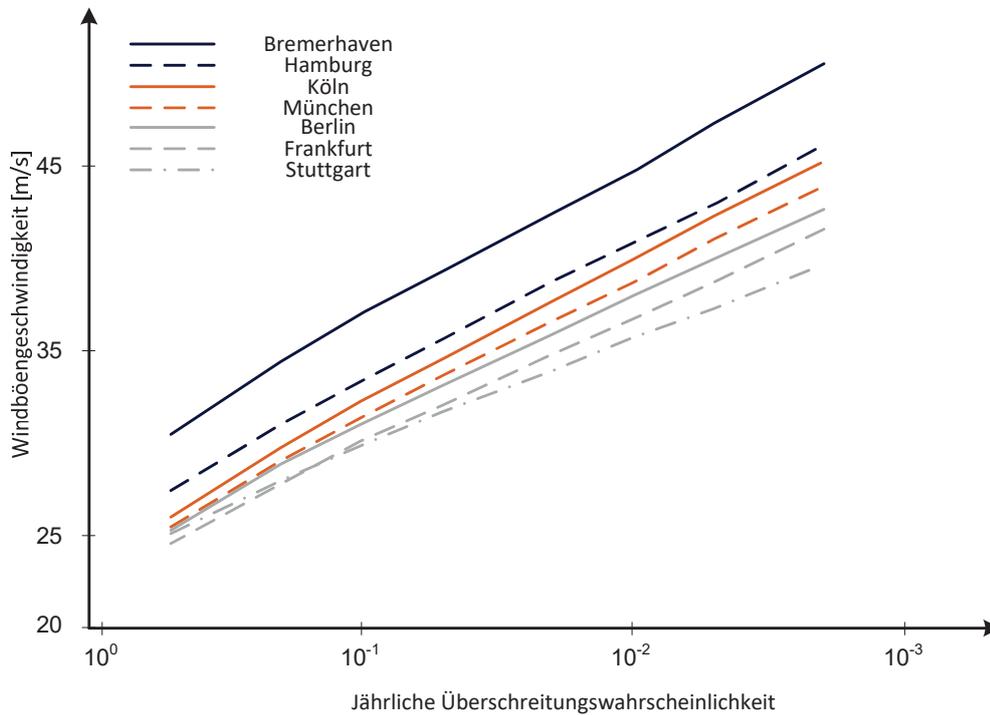
Jene Wetterereignisse, die Schäden an Immobilien verursachen, treten vergleichsweise selten auf und lassen sich nur mit speziellen statistischen Verfahren korrekt abbilden. Da es sich um besonders extreme Ereignisse handelt, wird das entsprechende Teilgebiet der Statistik als *Extremwertstatistik* bezeichnet. Um zu bestimmen, in welchem Zeitraum eine bestimmte Intensität einer Naturgefahr überschritten wird, kommen üblicherweise sogenannte *parametrische Schätzverfahren* zum Einsatz, mit deren Hilfe die statistische Häufigkeitsverteilung der Ereignisse berechnet wird. Eine Häufigkeitsverteilung kann je nach Verteilungstyp durch eine bestimmte Anzahl von Parametern vollständig beschrieben werden. Im Fall der in vielen Wissenschaftsbereichen häufig verwendeten *Gaußschen Normalverteilung* handelt es sich bspw. um die beiden Parameter Mittelwert μ und Standardabweichung σ , die die Verteilung vollständig charakterisieren. Die Bestimmung der Parameter anhand der zu untersuchenden Daten erfolgt vereinfacht ausgedrückt so, dass die durch die geschätzten Parameter theoretisch beschriebene Verteilung die beobachtete Verteilung der Daten möglichst gut widerspiegelt (besser als durch alle anderen möglichen Parameter). Würde man jedoch die Normalverteilung auf die Häufigkeit von Extremwetterereignissen anwenden, würde die Häufigkeit jener besonders extremen und schadensrelevanten Ereignisse unterschätzt. Die beiden stattdessen verwendeten Verteilungsklassen sind die **Allgemeine Extremwertverteilung** (englisch **Generalized Extreme Value Distribution GEV**) sowie die **Generalisierte Pareto-Verteilung GPV** (englisch **Generalized Pareto Distribution**), deren spezielle statistische Eigenschaften ideal für die Modellierung von Extremwetterereignissen geeignet sind.³¹ In beiden Fällen handelt es sich um Verteilungen, die durch drei Parameter beschrieben werden, welche als **Location-, Scale- und Shape-Parameter** bezeichnet werden. Für die Bestimmung dieser Parameter kommen schließlich unterschiedliche statistische Methoden (z. B. *Maximum-Likelihood*) zum Einsatz.

(30)
vgl. Heneka, 2006, S. 725

(31)
vgl. Coles, 2001

Abbildung 4

Beispiel einer Extremwertstatistik für Windböengeschwindigkeiten in sieben deutschen Städten



Quelle: Hofherr/Kunz, 2010; eigene Darstellung

Der Datenbestand wird unabhängig von der gewählten Methode und je nach Verfügbarkeit der Daten in mehrere Zeitabschnitte unterteilt und anschließend jeweils die Hazard-Funktion für jeden Untersuchungsstandort bestimmt, wodurch eventuelle Veränderungen der Gefährdungslage im Zeitverlauf analysiert werden können. Der Untersuchungsstandort können einzelne Messstationen sein oder die Zellen eines flächendeckenden Rasters. Klimamodelle werden ohnehin auf einem solchen Raster berechnet, aber auch für die Analyse der gegenwärtigen Gefährdung aus Beobachtungsdaten von Messstationen wird üblicherweise letztlich auf ein Raster interpoliert, um flächendeckende Aussagen treffen zu können. Da die Genauigkeit der Schätzverfahren von der Anzahl der verwendeten Beobachtungs- bzw. Modelldaten abhängig ist, wäre einerseits ein möglichst langer verwendeter Zeitabschnitt erstrebenswert. Andererseits kann sich durch den Klimawandel die Gefährdung innerhalb einer Periode bereits verändern, was zu verfälschten Ergebnissen führen würde. Es muss daher ein Kompromiss getroffen werden, welcher üblicherweise entsprechend der Definition von Klima (s. o.) mit einer Dauer von 30 Jahren angesetzt wird.

3.2.2 Widerstandsfähigkeit des Gebäudes

Um die Risiken, der eine Immobilie ausgesetzt ist, zu bestimmen, muss ein Zusammenhang zwischen der vorliegenden Gefährdung (vgl. Kapitel 3.2.1),

im Sinne der Häufigkeit bestimmter Extremwetterereignisse, und den dabei zu erwartenden Schäden hergestellt werden. Dieser Zusammenhang wird durch die sogenannte Vulnerabilität einer Immobilie ausgedrückt und drückt deren Verwundbarkeit gegenüber bestimmten Einwirkungen dar. Das Gegenteil der Vulnerabilität wird durch den Begriff der Widerstandsfähigkeit beschrieben, der ebenfalls häufig im vorliegenden Kontext Verwendung findet. Für jede Naturgefahr ist die Vulnerabilität von anderen Parametern abhängig. Während Stürme in erster Linie Schäden an Dachdeckung und -konstruktion hervorrufen, ist beim Hagel häufig zusätzlich die Fassade betroffen. Entsprechend fließen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* je nach Naturgefahr andere bauliche Merkmale in die Bewertung der Vulnerabilität eines Gebäudes ein.

Die Definition des Begriffs Vulnerabilität ist in der Literatur teilweise unterschiedlich. Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bezeichnet die Vulnerabilität eines Gebäudes in Anlehnung bspw. an die Definition der *Münchener Rück* die Schadensanfälligkeit einer Immobilie gegenüber externen Einwirkungen.³² Auf Differenzierungen aus der Risikoforschung, die bspw. zwischen *Exposition*, *Sensitivität* und *Anpassungskapazität* differenzieren³³, oder andere Konzepte soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Bevor genauer auf die Möglichkeiten zur Bestimmung der Vulnerabilität einer Immobilie einge-

(32) vgl. Münchener Rückversicherungsgesellschaft, 2008, S. 70

(33) vgl. BMVBS, 2011, S. 48

gangen wird, soll zunächst die Verwendung des Begriffs *Schaden* im Projektkontext definiert werden. Durch die Einwirkung von Naturgefahren können prinzipiell sehr unterschiedliche Arten von Schäden entstehen. Prinzipiell unterschieden werden kann zwischen **direkten** (z. B. in Folge einer Schädigung des Dachs durch Hagelschlag) und **indirekten** (z. B. durch Betriebs- oder Produktionsausfall) sowie zwischen **tangiblen (monetarisierbaren)** und **intangiblen (nicht monetarisierbaren) Schäden**. Eine eindeutige Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Schäden kann mitunter schwerfallen, zum Beispiel im Fall von Schimmelbildung in einigem zeitlichen Abstand zu einem Wasserschaden. Im Rahmen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* werden grundsätzlich keine intangiblen, indirekten und vor allem keine Personenschäden quantifiziert. Der Fokus liegt demnach auf Sachschäden als direkte Konsequenz der Einwirkung durch Naturgefahren. Lediglich im Fall der Aufheizung von Räumen durch starke sommerliche Hitze einwirkung liegt der Fokus nicht direkt auf Schäden am Gebäude selbst, sondern auf dem durch die hohen Innenraumtemperaturen womöglich eingeschränkten Wohnkomfort. Eine Quantisierung dieses Risikos wird jedoch nicht durchgeführt und das angegebene qualitative Risiko bezieht sich außerdem allein auf die Immobilie selbst und berücksichtigt nicht, dass unterschiedlich anfällige Nutzergruppen eventuell mehr oder weniger empfindlich auf die Hitze reagieren. Das bewegliche Inventar bleibt bei allen betrachteten Naturrisiken ebenfalls unberücksichtigt.

Das Ziel einer Vulnerabilitätsanalyse ist letztlich die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen der Intensität eines Naturereignisses und den daraus resultierenden Schäden. Dies kann entweder in qualitativer Form erfolgen, also durch eine gebäudetypspezifische Klassifizierung in unterschiedliche Vulnerabilitätsstufen (im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für Hitze und Starkregen), oder durch die Ableitung eines quantitativ-funktionalen Zusammenhangs in Form einer sogenannten **Schadensfunktion**. Letzteres geschieht im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für Winterstürme und Hagel und führt in Verbindung mit der örtlichen Gefährdungssituation zum sogenannten jährlich zu erwartenden Schaden als quantitatives Risikomaß (vgl. Kapitel 3.3). Dazu werden sogenannte relative Schadensfunktionen verwendet, die den entstehenden Schaden in Bezug zum Gebäudewert angeben (vgl. Kapitel

3.2.3). Relative Schadensfunktionen haben einen Wertebereich von 0 % bis 100 % des Gebäudewertes und sind auf die Kombination mit einem Ansatz zur Bestimmung dieses Wertes angewiesen, um letztlich quantitative Aussagen zum monetären Risiko treffen zu können.

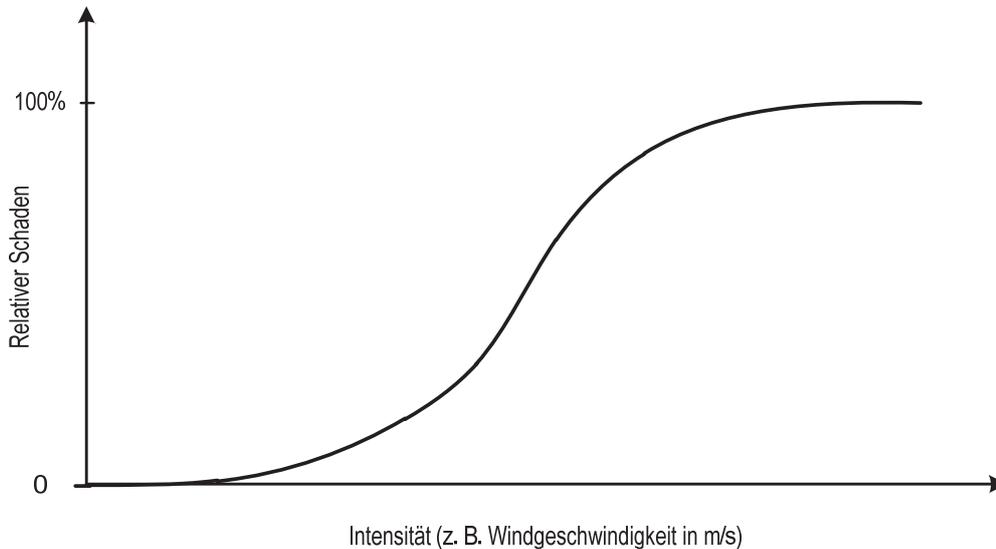
Ein Beispiel für eine solche relative Schadensfunktion ist in Abbildung 5 dargestellt. Diese Funktionen können einen ganz unterschiedlichen Verlauf besitzen, typisch sind aber wie in Abbildung 5 dargestellt s-förmige Funktionen, die ab einer gewissen sehr hohen Intensität der einwirkenden Naturgefahr von einem wirtschaftlichen Totalschaden ausgehen (entspricht 100 % relativer Schaden). Natürlich kommen für jede Naturgefahr andere Schadensfunktionen zum Einsatz und je nach Gebäudetyp bzw. einzelnen baulichen Merkmalen werden die Schadensfunktionen für jede Naturgefahr nochmals modifiziert, sei es durch einen anderen Verlauf der in Abbildung 5 dargestellten Funktion oder durch diverse Korrekturfaktoren, die insbesondere aus der versicherungswirtschaftlichen Forschungspraxis abgeleitet werden. Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* werden basierend auf den vom Nutzer eingegebenen baulichen Merkmalen seiner Immobilie und im System hinterlegten Regeln entsprechende Schadensfunktionen ausgewählt und für die Risikoabschätzung verwendet.

Schadensfunktionen können sich prinzipiell auf einzelne Gebäudeteile, ganze Gebäude oder auch ganze Regionen beziehen. Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* steht jedoch stets eine einzelne Immobilie im Fokus der Betrachtung, wobei jedoch eine Differenzierung anhand unterschiedlicher Gebäudemerkmale wie Konstruktions- und Nutzungstyp oder Baujahr erfolgt. Nicht zuletzt durch regional sowie baujahrbedingt verschiedene Windlastnormen erfolgt im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* darüber hinaus für das Risiko durch Winterstürme eine zusätzliche Berücksichtigung der im Jahr der Fertigstellung einer Immobilie gültigen Baunormen.

Bei den im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten quantitativen Schadensfunktionen handelt es sich um empirisch abgeleitete Funktionen, die auf Schadensereignissen aus der Vergangenheit beruhen, und die dabei beobachteten Schäden mit den damals gemessenen Intensitäten des Ereignisses in Verbindung bringen, um schließlich einen statistischen Zusammenhang eben in Form der Schadensfunktion herzustellen.

Abbildung 5

Beispiel einer relativen Schadensfunktion



Quelle: Eigene Darstellung.

3.2.3 Kostenorientierter Wertansatz des Gebäudes

Das Risikomanagement von Versicherungsunternehmen arbeitet in vielen Fällen auf einem relativ hohen Aggregationsniveau, das heißt es werden Schadens- bzw. Risikoabschätzungen für größere geographische Gebiete erfasst und modelliert. Es handelt sich um sog. *Top-down-Ansätze*, bei denen die Bestimmung des Sachwertes einer einzelnen Immobilie nicht im Fokus steht. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* hingegen verfolgt den umgekehrten Fall eines sog. *Bottom-up-Ansatzes*, bei dem das Risiko einer einzelnen Immobilie bestimmt werden soll und der aufgrund der relativen Natur der verwendeten Schadensfunktionen (vgl. Kapitel 3.2.2) die Integration eines validen Ansatzes zur Abschätzung des Sachwertes einer Immobilie voraussetzt.

Bei den im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* quantitativ erfassten Risiken durch Winterstürme und Hagel kommen relative Schadensfunktionen zum Einsatz, die den durch ein Ereignis hervorgerufenen Schaden als Anteil des Wertes einer Immobilie angeben. Der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Ansatz zu dessen Bestimmung basiert auf einer Approximation der sog. Wiederherstellungskosten gemäß *Sachwertrichtlinie 2012 (SW-RL)*. Dabei wird ausschließlich das Gebäude selbst betrachtet, weshalb sowohl der Bodenwert, als auch die baulichen Außenanlagen oder Inventar außer Betracht bleiben. Das Inventar (versicherungstechnisch dem Hausrat zuzuordnen) wird in dem im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Ansatz ebenso wenig berücksichtigt wie der Wert der sonstigen Be-

standteile und Anlagen sowie Zubehör. Ebenso unterbleibt eine Alterswertminderung der Bauteile, da in der Situation nach einem Schaden Neuerstellungskosten relevant sind (s. u.). Abbildung 6 gibt eine Übersicht des generellen Vorgehens bei der Sachwertermittlung sowie der für die Analyse im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* herangezogenen Teilaspekte.

Obwohl sich die Wiederherstellungskosten in Einzelfällen von den ortsüblichen Herstellungskosten unterscheiden können, werden im Rahmen der Risikoberechnung die Neuerstellungskosten (i. S. e. Gleitenden Neuwertes) als approximativer Wert für die Wiederherstellungskosten betrachtet.^{34,35} Wie bereits dargelegt zielt die Risikoanalyse im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf die am Gebäude entstehenden Sachschäden. Folgekosten, bspw. durch die Unterbrechung von Betriebsabläufen, entgangene Mieten, Dekontaminierungen, Aufräumkosten oder erhöhte Wiederherstellungskosten, sind nicht Gegenstand dieser Analyse.

Die Bestimmung der Neuerstellungskosten erfolgt im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* mit Hilfe von Normalherstellungskosten (*NHK*, entsprechend des Multiplikationsverfahrens gem. § 22 Abs. 1 *ImmoWertV*), die in tabellarischer Form differenziert nach Bau- und Nutzungstyp sowie einer sog. Baustandardstufe in der *SW-RL* beschrieben sind. In den *NHK 2010* werden dazu verschiedene Gebäude zu Gruppen zusammengefasst, für die davon ausgegangen wird, dass vergleichbare, typische Herstellungskosten angeben werden können. Die entsprechenden Tabellenwerke enthalten für die unterschiedlichen beschriebenen

(34) vgl. RICS, 2014

(35) vgl. TEGoVA, 2012

Gebäudetypen Kostenkennwerte in € pro Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) für die Kostengruppen 300 (Baukonstruktionen) und 400 (technische Anlagen) der DIN 276-11:2006 inklusive Umsatzsteuer und Baunebenkosten.³⁶ Die Kostenkennwerte werden mit der Brutto-Grundfläche, deren Ermittlung ebenfalls in der SW-RL geregelt ist, multipliziert, um einen Wert für das gesamte Objekt abzuleiten. In die BGF fließen in Anlehnung an die DIN 277-1:2005-02 jene Flächen außer Balkone ein, die überdeckt sind, egal ob sie allseitig in voller Höhe umschlossen sind oder nicht.

Die so ermittelten Kostenkennwerte stellen jeweils den Ausgangswert für die im GIS-ImmoRisk Naturgefahren durchgeführte Ermittlung des Sachwertes einer Immobilie dar. Zusätzlich wer-

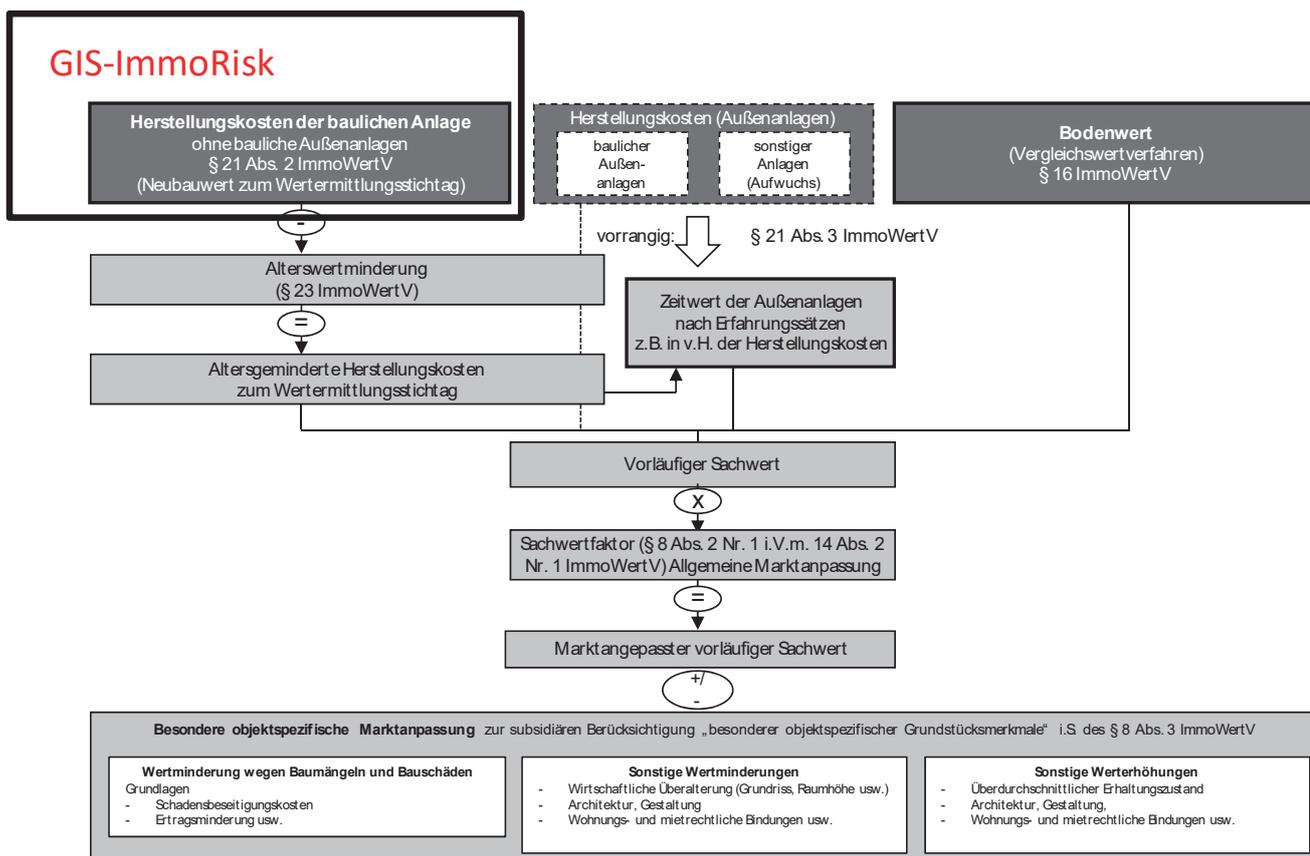
den die folgenden zusätzlichen Anpassungen der Tabellenwerte berücksichtigt:

1. **Umsatzsteuerbehandlung** (Vorsteuerabzugsberechtigter Benutzer vs. fehlende Vorsteuerabzugsberechtigung)
2. Allfällige **Korrekturfaktoren** gem. *NHK 2010* (Wohnungsgrößen etc.)
3. **Regionalfaktoren** (zur Anpassung der Herstellkosten an das lokale Preisniveau)
4. **Inflationsausgleich** (in Bezug auf die seit der letzten Preisfeststellung im Jahr 2010 eingetretene Teuerung bei Bauleistungen)
5. **Standardstufeneingruppierung** (Eingruppierung des Objektes in eine bestimmte Qualitätsstufe in Bezug auf den Baukörper)

(36) vgl. SW-RL, 2012, S. 4

Abbildung 6

Sachwertermittlung gem. ImmoWertV – Relevanter Bereich für GIS-ImmoRisk Naturgefahren



Quelle: Eigene Darstellung.

Umsatzsteuerbehandlung

Bei der Bestimmung der Wiederherstellungskosten im Rahmen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist es zunächst wesentlich zu differenzieren, ob es sich um einen gewerblichen Nutzer handelt, der zum Vorsteuerabzug berechtigt ist. Die Umsatzsteuer (Regelsatz i. H. v. 19 %) muss in diesem Fall entsprechend heraus gerechnet werden, wohingegen der Betrag für selbstgenutztes Wohnungseigentum inkl. Umsatzsteuer ausgewiesen werden muss.

Weitere Korrekturfaktoren

Weitere, in den *NHK 2010* angegebene Korrekturfaktoren, zum Beispiel im Fall von Mehrfamilienhäusern für die Anzahl der im Objekt vorhandenen Wohneinheiten oder die durchschnittlichen Wohnungsgrößen, werden im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ebenfalls berücksichtigt.

Berücksichtigung der regionalen Kostenunterscheide (Regionalfaktoren)

Die noch in den *NHK 2005* angegebenen Faktoren für eine bundesland- und ortsgrößenabhängige Korrektur der Kostenkennwerte wurden in den *NHK 2010* zugunsten der sogenannten *Sachwertfaktoren* abgeschafft. *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wird daher bei der Ermittlung der (Wieder-) Herstellungskosten auf regional differenzierte Baukostenindizes zurückgegriffen, die sich auf die tatsächlichen Baukosten beziehen. Die Berücksichtigung einer solchen Anpassung ist notwendig, da beispielsweise durch regional höhere Handwerkerlöhne oder Personalkosten Reparaturmaßnahmen ebenso teuer sind als die Kosten beim Neubau einer Immobilie.

Inflationsausgleich

Das Ergebnis der zuvor erläuterten Berechnungen wird außerdem über den Baupreisindex (Preisindex für die Bauwirtschaft des Statistischen Bundesamtes), ausgehend vom Feststellungszeitpunkt der Tabellenwerke (hier also *NHK 2010*) bis zum Bewertungsstichtag (bspw. im zweiten Quartal 2017) fortgeschrieben.

Berücksichtigung des Gebäudestandards im GIS-ImmoRisk Naturgefahren

Eine Einteilung in Baualtersklassen wie noch bei den *NHK 2005* wurde in den *NHK 2010* zugunsten von sogenannten Standardstufen abgeschafft. Für die Einstufung in eine bestimmte Standardstufe wird in der *SW-RL 2012* eine breite Palette an Merkmalen genannt, inklusive einer systematischen Methodik für eine objektive Umsetzung. Als Hauptelemente³⁷ werden in der *SW-RL 2012* die

folgenden Faktoren inklusive eines Gewichtungsfaktors angeführt: Außenwände, Dach, Fenster und Außentüren, Innenwände und -türen, Deckenkonstruktion und Treppen, Fußböden, Sanitäreinrichtungen, Heizung, sonstige technische Ausstattung. Diese Hauptelemente lassen sich teilweise weiter untergliedern. Im Fall der Außenwände beispielsweise in den Konstruktionstyp, die Art der Fassadengestaltung sowie den Dämmstandard. Im Fall von Mehrfamilienhäusern und Wohnhäusern mit Mischnutzung differenzieren die *NHK 2010* die Standardstufen 3, 4 und 5. „Bei den freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern, Doppelhäusern und Reihenhäusern enthalten die *NHK 2010* zwei weitere Standardstufen (1 und 2) mit Kostenkennwerten für Gebäude, deren Standardmerkmale zwar nicht mehr zeitgemäß sind, aber dennoch eine zweckentsprechende Nutzung des Gebäudes erlauben.“³⁸ Für die Berechnung des Kostenkennwerts einer Immobilie wird im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zunächst die Standardstufe der Hauptelemente approximiert und schließlich entsprechend der in der *SW-RL* angeführten Gewichtung daraus der Wert der Standardstufe für das gesamte Gebäude berechnet.

Das in der *SW-RL* geschilderte Verfahren wurde im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* hinsichtlich des Umfangs der erfassten Gebäudemerkmalen und deren möglicher Ausführung vereinfacht, um die Anzahl der vom Nutzer einzugebenden Informationen auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Ziel ist schließlich keine exakte Immobilienbewertung, sondern das Aufzeigen von Risikopotenzialen. Teilweise dürften dem Nutzer auch manche Informationen über einzelne Bauelemente seines Objektes fehlen, weshalb er ggf. intensive weitere Erhebungen vornehmen müsste.

Die Bestimmung des Kostenkennwertes im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* basiert auf den vom Nutzer getroffenen Angaben zu seiner Immobilie und geschieht automatisiert im Hintergrund. Da dieses vereinfachte Verfahren natürlich kein vor Ort durchgeführtes Gutachten eines Sachverständigen ersetzen kann und soll, wird der errechnete Wert zwar für die weitere Bestimmung des quantitativen Risikos der Immobilie verwendet, auf eine direkte Anzeige bspw. im Risikosteckbrief (vgl. Kapitel 4) wird jedoch verzichtet.

3.3 Ableitung von jährlich erwarteten Schäden

Um den Akteuren der Immobilienwirtschaft eine wirklich handlungsrelevante Informationsbasis zur Verfügung zu stellen, ist es in einem ersten Schritt wichtig, in transparenter Form Gefährdungsinformationen zu Standorten aufzubereiten und diese mit Hilfe einer anwenderfreundlichen

(37)

Die *SW-RL* spricht teilweise einfach von „Bauteilen“ oder von „Standardmerkmalen“. Im Folgenden wird für diese erste Gliederungsebene, für die auch die Gewichtungsfaktoren angegeben sind, der Begriff „Hauptelemente“ verwendet.

(38)

vgl. *SW-RL*, 2012, S. 6

Visualisierung darzustellen. Darauf aufbauend ist der weitere logische Schritt bei ausreichender Datenlage die Risikobetrachtung auf die konkrete Immobilie zu beziehen. Bei diesem Ansatz muss dann über die Bestimmung der Häufigkeit des Eintritts bestimmter Extremwetterereignisse (=Gefährdung) hinausgegangen werden.

Die Gefährdung eines bestimmten Standortes (vgl. Kapitel 3.2.1) muss hierzu mit der Vulnerabilität (vgl. Kapitel 3.2.2) einer Immobilie in Verbindung gebracht werden, um auch Aussagen zur Häufigkeit erwarteter monetärer Schäden am Objekt treffen zu können. Der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Risiko-Begriff spiegelt genau dies wider, indem für die Naturgefahren Sturm und Hagel zusätzlich zu den Gefährdungsangaben auch ein *monetärer Schadens Erwartungswert* für den Zeitraum eines Jahres berechnet. Dieser sog. **jährlich zu erwartende Schaden (Annual expected loss, AEL)** ist prinzipiell mit der anteiligen (Sach-)Versicherungsprämie für eine Immobilie für die betrachtete Naturgefahr vergleichbar. Im Falle einer Versicherung setzt sich die Prämie allerdings zusätzlich zum erwarteten Durchschnittsschaden noch aus einem Sicherheitszuschlag und Verwaltungskosten zusammen³⁹. Da die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Schadensfunktionen mit relativen Schäden (bezogen auf den Versicherungswert) arbeiten, wird zur Berechnung des *AEL* zusätzlich auf den in Kapitel 3.2.3 beschriebenen Ansatz zur approximativen Bestimmung von Wiederherstellungskosten zurückgegriffen, um das monetäre Risiko für ein bestimmtes Gebäude zu berechnen.

Der hier verfolgte Ansatz zur Risikobestimmung lässt sich demnach wie folgt charakterisieren:

$$\text{Risiko} = \text{Gefährdung} \circ \text{Vulnerabilität} \circ \text{Wert}$$

Das Verknüpfungssymbol „ \circ “ drückt hierbei noch nicht die genaue mathematische Verrechnung der drei Faktoren aus, sondern steht nur symbolisch für die gemeinsame Verwendung der einzelnen Aspekte in einer noch näher zu definierenden Rechenoperation (s. u.). Die Gefährdung ist hierbei lediglich vom Standort einer Immobilie abhängig, die Vulnerabilität und der Wert werden von den Gebäudemerkmalen abgeleitet (eine Erweiterung dieses Ansatzes besteht darin, dass im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für Winterstürme eine regional differenzierte Vulnerabilität angenommen wird und der Standort aufgrund regionaler Preisunterschiede auch einen gewissen Einfluss auf die Wiederherstellungskosten besitzt). Dieser dreigliedrige Ansatz wird schematisch in Abbildung 7 grafisch verdeutlicht. Die Berechnung des

jährlich zu erwartenden Schadens basiert auf der Herleitung der sogenannten Risiko-Funktion oder auch Risiko-Kurve. Diese beschreibt ganz ähnlich wie die Hazard-Funktion die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines bestimmten Schadens innerhalb bestimmter Zeiträume.⁴⁰ Der Zusammenhang zwischen Hazard-Funktion, Vulnerabilität, Wert und der aus diesen Eingangsparametern resultierenden Risiko-Kurve wird in Abbildung 8 am Beispiel von Sturmschäden dargestellt: Im linken unteren Quadrant steht die Hazard-Funktion, welche die Überschreitungswahrscheinlichkeit einer bestimmten Windgeschwindigkeit angibt. Interessiert man sich beispielsweise für jene Windgeschwindigkeit, die im Mittel einmal in 100 Jahren überschritten wird (d. h. eine jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von einem Prozent besitzt), liest man auf der Windgeschwindigkeitsachse (unten) den Wert der Hazard-Kurve bei einer Wahrscheinlichkeit von 1 % (linke Achse) ab. Analog verfährt man im rechten unteren Quadranten, um für die betreffende Windgeschwindigkeit den relativen Schaden und im rechten oberen Quadranten, um aus letzterem den absoluten, monetären Schaden zu bestimmen, der einmal in 100 Jahren überschritten wird. Führt man diese Überlegung für alle möglichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten aus, erhält man im linken oberen Quadranten die Risiko-Kurve, welche natürlich auch direkt durch die entsprechende mathematische Verknüpfung von Hazard-Funktion, Schadensfunktion (Vulnerabilität) und Wert angegeben und mit Hilfe entsprechender Software gezeichnet werden kann.

Bei der Berechnung des jährlich zu erwartenden Schadens darf jedoch nicht nur das Risiko durch Ereignisse einer bestimmten Überschreitungswahrscheinlichkeit berücksichtigt werden. Vielmehr sind alle theoretisch möglichen Wiederkehrintervalle in die Berechnung mit einzubeziehen – also neben dem hundertjährigen Ereignis beispielsweise auch das fünfzigjährige etc.). Um dies mathematisch abzubilden, werden zur Berechnung des *AEL* die Schäden bei allen möglichen Wiederkehrperioden gewichtet mit ihrer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit berücksichtigt. Da es sich bei der Hazard-Funktion um eine kontinuierliche Funktion handelt, muss entsprechend ein Integral gebildet werden und der *AEL* entspricht schließlich anschaulich der Fläche unter der Risiko-Kurve in Abbildung 8. Eine genaue mathematische Beschreibung dieser Berechnung findet sich im Anhang. Abbildung 8 verdeutlicht neben der Bestimmung des Risikos aus Gefährdung, Vulnerabilität und Wert auch die Rolle von Unsicherheit bei jedem Schritt der Berechnung. Genau wie bei der Bestimmung der Gefährdung, ist auch jede Schadensfunktion und Wert-

(39) vgl. Kaas et al., 2008

(40) vgl. Hirsch et al., 2015

mittlung theoretisch mit Unsicherheiten verbunden, die sich bei der Berechnung des Risikos fortpflanzen und aufsummieren. Die Darstellung der Unsicherheit im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfolgt durch die Angabe eines Konfidenzbereichs nach oben und unten um den berechneten jährlich zu erwartenden Schaden. Nähe Informationen zu den unterschiedlichen Ursachen für Unsicherheiten und wie damit im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* umgegangen wird, finden sich in Kapitel 3.4.

3.4 Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der Risikoabschätzung

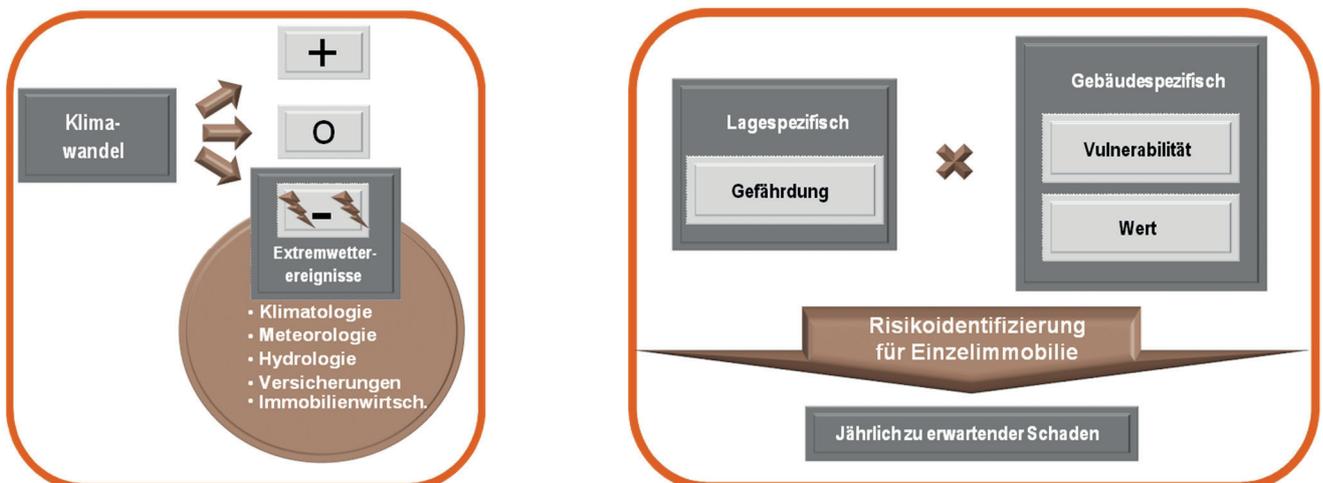
Risikoabschätzungen sind stets mit gewissen Unsicherheiten verbunden und treten auf allen Ebenen des im vorigen Kapitel beschriebenen dreiteiligen Ansatzes zur Risikobestimmung aus Gefährdung, Vulnerabilität und Wert auf. Die folgenden Aussagen zu den unterschiedlichen Quellen von Unsicherheit beziehen sich prinzipiell auf alle Naturgefahren. In den Steckbriefen, die der Nutzer im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für einzelne Immobilien oder Standorte erstellen kann (vgl. Kapitel 4.1) wird daher neben jeder Gefährdungsangabe ein sog. Tacho-Symbol dargestellt, das den Grad der Unsicherheit in Form auf einer fünfstufigen Skala anzeigt. Die quantitativen Risikoangaben für Wintersturm und Hagel enthalten neben dem im Mittel zu erwartenden jährlich zu erwartenden Schaden außerdem Angaben zur Spannweite innerhalb derer der tatsächliche Wert mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit liegt.

3.4.1 Unsicherheit bei der Abschätzung des Schadenspotenzials

Die konkrete Schadenswirkung eines Extremwetterereignisses hängt von einer Vielzahl von Parametern eines Gebäudes ab. Im Einzelfall können wenige Unterschiede zwischen zwei Immobilien eine deutlich unterschiedliche Schadensanfälligkeit bedeuten. Eine genaue Beschreibung der für die Vulnerabilitätseinschätzung je nach Naturgefahr herangezogenen Merkmale findet sich in den entsprechenden Abschnitten von Kapitel 4.2. Eine vollständige Erfassung aller möglichen Einflussfaktoren ist nicht zuletzt aus Gründen der Bedienbarkeit des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht möglich, was zwangsläufig zu Vereinfachungen führen muss und damit einen Unsicherheitsfaktor darstellt. Die Auswahl der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für eine differenzierte Risikoabschätzung verwendeten Gebäude Merkmale stellt damit eine Art Kompromiss zwischen einem möglichst hohem Detailgrad und Nutzerfreundlichkeit dar, versucht jedoch sicherzustellen, dass die für mögliche Schäden relevantesten Parameter abgedeckt sind. Je nach Naturgefahr sind natürlich andere Merkmale relevant und werden im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes verwendet. Die konkrete Bestimmung der Widerstandsfähigkeit basiert auf empirischen Auswertungen der Versicherungswirtschaft, entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchungen und gesetzlichen Normen.

Abbildung 7

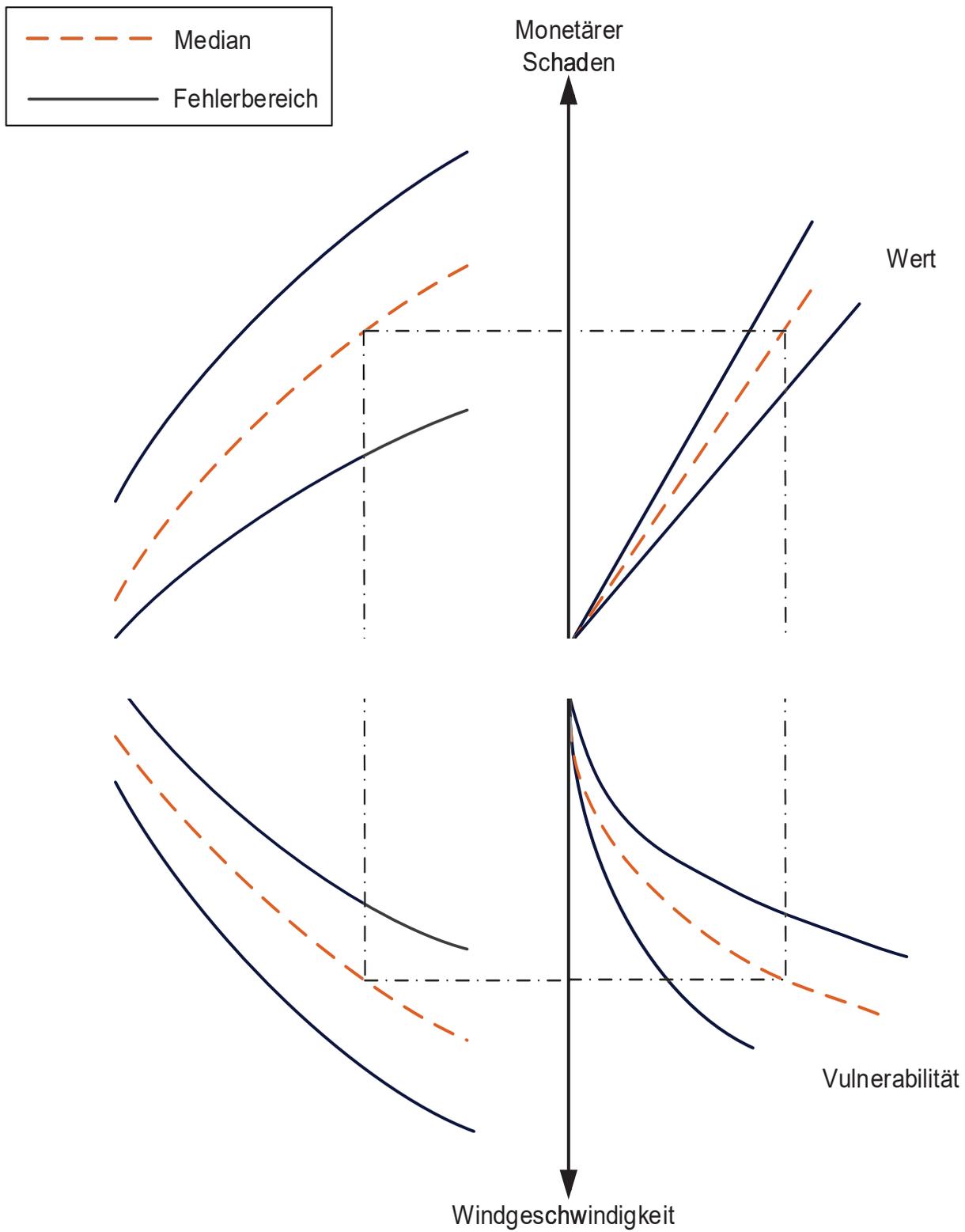
Schematische Verknüpfung von Gefährdung, Vulnerabilität und Wert zum Risiko



Quelle: BMVBS, 2013

Abbildung 8

Schematische Ableitung der Risikokurve aus Gefährdung, Vulnerabilität und Wert



Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dargestellten Bandbreiten für die quantitativ zu erwartenden Schäden durch Sturm und Hagel basieren auf Untersuchungen zur Schadenswirkung an größeren Immobilienbeständen, was eine Abschätzung der Unsicherheit ermöglicht. Neben dem durchschnittlich jährlich zu erwartenden Schaden, werden daher zusätzlich ein oberer (*AELmax*) und ein unterer (*AELmin*) Extremwert dargestellt (vgl. Abbildung 9). Die damit dargestellte Bandbreite lässt Anhaltspunkte dazu zu, ob die Unsicherheit an einem Standort größer oder kleiner ist als einem anderen. Aussagen, wie „der zu erwartende Schaden liegt mit einer Sicherheit von X Prozent zwischen ...“, sind aufgrund der komplexen und zahlreichen Unsicherheitsquellen jedoch nicht möglich.

3.4.2 Kosten

Die für die Bestimmung monetärer Risiken durch Sturm und Hagel notwendige Schätzung der Wiederherstellungskosten einer Immobilie anhand der vom Nutzer getroffenen Eingaben zu Gebäudemerkmalen und -parametern kann naturgemäß nur eine Annäherung an den tatsächlichen Versicherungswert sein (vgl. Kapitel 3.2.3). Die berücksichtigten Parameter müssen im Vergleich zu einer professionellen Immobilienbewertung zwangsläufig beschränkt bleiben, da sie eine

ausführliche Begutachtung des Objektes vor Ort natürlich nicht vollständig ersetzen können. Auch lokale und überregionale Unterschiede können im Rahmen eines automatisierten Systems nur bedingt abgebildet werden. Die verwendeten Normalherstellungskosten gemäß *Sachwertrichtlinie 2012* stellen naturgemäß nur Durchschnittswerte und damit eine Näherung dar. Die *Sachwertrichtlinie* verwendet als Indikator für die baulichen Qualitätsstandards einer Immobilie hinsichtlich Ausstattung und Komfort eine sog. Standardstufe, für deren Bestimmung bei einer professionellen Immobilienbewertung eine ganze Reihe baulicher Merkmale Berücksichtigung finden. Für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* musste eine vereinfachte aber inhaltlich möglichst zutreffende Bestimmung der Standardstufe entwickelt werden, um die Eingabe für den Nutzer nicht zu kompliziert und langwierig zu machen.

Die Kostenbestimmung macht vor diesem Hintergrund einen weiteren Unsicherheitsfaktor im Prozess der Risikobestimmung aus, der jedoch bei der Ausweisung von Schadensbreiten und dem Grad einzelner Unsicherheitsbereiche im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht gesondert ausgewiesen wird, da auch in Fachkreisen keine belastbaren Informationen über die Schwankungsbreite der geschätzten Sachwerte existieren.

Abbildung 9

Angabe zur Unsicherheit des jährlich zu erwartenden Schadens



Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassung

- Im Gegensatz zum *Wetter besitzt der* Begriff *Klima* eine langfristige Perspektive und stützt sich auf die Wetterbeobachtungen an einem Standort während größerer Zeiträume. Meteorologen verwendeten dazu in der Regel Referenzperioden von 30 Jahren.
- Aus diesen langfristigen Wetterbeobachtungen können Daten zur Gefährdung eines Standortes unter den aktuellen klimatischen Bedingungen abgeleitet werden.
- Um Aussagen über die zukünftige Häufigkeit von Extremwetterereignissen treffen zu können werden sog. *Klimamodelle* verwendet. Die Auswertung der damit simulierten Ergebnisse erfolgt prinzipiell mit ähnlichen statistischen Methoden wie bei historischen Messergebnissen. Es existieren zahlreiche unterschiedliche Modelle, die in Deutschland unter anderem vom *DWD* für die Simulation des zukünftigen Klimas verwendet werden.
- Die Qualität der Klimamodelle hat sich in den letzten Jahren ebenso stetig verbessert wie die Verfügbarkeit einzelner Simulationsergebnisse.
- Durch die Kombination einer großen Anzahl unterschiedlicher Klimamodelle im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wird die Zuverlässigkeit der Risikoabschätzungen deutlich erhöht.
- Der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Ansatz zur Risikoanalyse basiert auf den drei Komponenten *Gefährdung*, *Vulnerabilität* und *Sachwert*, die schließlich zum konkreten Risiko einer einzelnen Immobilie kombiniert werden.
- Die *Gefährdung* beschreibt die Häufigkeit mit der an einem bestimmten Standort mit dem Auftreten von Extremwetterereignissen einer bestimmten schadensrelevanten Intensität zu rechnen ist.
- Die *Vulnerabilität* einer Immobilie drückt aus, wie verwundbar sie gegenüber der Einwirkung durch bestimmte Naturgefahren ist. Das begriffliche Gegenteil der Vulnerabilität ist die Widerstandsfähigkeit einer Immobilie. Für die Analyse der Schadenswirkung durch einzelne Naturgefahren wird im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf eine Vielzahl relevanter Gebäudemerkmale zurückgegriffen. Der mathematische Zusammenhang zwischen der Intensität einer Naturgefahr und den zu erwartenden Schäden wird durch sog. Schadensfunktionen hergestellt.
- Da die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten *Schadensfunktionen* zunächst Aussagen zum erwarteten relativen Schaden in Bezug auf den Versicherungswert einer Immobilie treffen, erfolgt zusätzlich eine Approximation der sog. *Wiederherstellungskosten* gemäß *Sachwertrichtlinie 2012*.
- Die mathematische Verknüpfung von Gefährdung, Vulnerabilität und Sachwert im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erlaubt Aussagen zum standort- und immobilienpezifischen Risiko in Form einer monetären Angabe zum jährlich zu erwartenden Schaden.
- Unsicherheiten auf allen drei Ebenen der Risikomodellierung sind prinzipiell unvermeidlich. Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* werden diese Unsicherheiten berücksichtigt und der Nutzer erhält zu allen Risikoabschätzungen Angaben zum Grad der Verlässlichkeit der verwendeten Eingangsdaten und den Grenzen des Aussagegehaltes der Ergebnisse.

4 Funktionsumfang des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*

4.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht Immobilieneigentümern, Bauherren, Planern und den sonstigen Akteuren der Immobilienwirtschaft eine objektgenaue Erfassung räumlich differenzierter Naturgefahren und -risiken unter heutigen und zukünftigen Klima. Es spielt dabei keine Rolle, ob ein Gebäude bereits tatsächlich an einem bestimmten Standort errichtet wurde oder lediglich ein fiktives Objekt an einem Standort beurteilt werden soll. Der Nutzer kann vielmehr beliebige Immobilien unter seinem Profil anlegen und ihre Risiken überprüfen, welche ihm schließlich in einem übersichtlichen Risikosteckbrief angezeigt und als *PDF*-Datei zum Download angeboten werden.

Es besteht außerdem die Möglichkeit, unabhängig von einer eingegebenen Immobilie, die allgemeine Gefährdung durch Naturgefahren an einem Standort zu bestimmen. Der Nutzer erhält dabei ebenfalls eine Zusammenfassung der örtlichen Begebenheiten in Form eines sogenannten Standortsteckbriefs.

Das folgende Kapitel liefert eine allgemeine Beschreibung des Aufbaus des Webtools *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* sowie einzelner Funktionalitäten. Eine detaillierte Beschreibung des Funktionsumfangs und der Bedienung findet sich im **Benutzerhandbuch** (im Sinne einer umfangreichen *Bedienungsanleitung*), das über das Webtool heruntergeladen werden kann.

Die für die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* durchgeführten Risikoabschätzungen benötigten Informationen werden einerseits vom Nutzer selbst eingegeben (Standort und Immobilienmerkmale) und sind andererseits in einer Datenbank auf dem GIS-Server hinterlegt. Bei den hinterlegten Daten handelt es sich um Informationen zur

- Gefährdung eines Standorts durch die unterschiedlichen enthaltenen Naturgefahren inklusive der zukünftigen Entwicklung dieser Gefährdung,

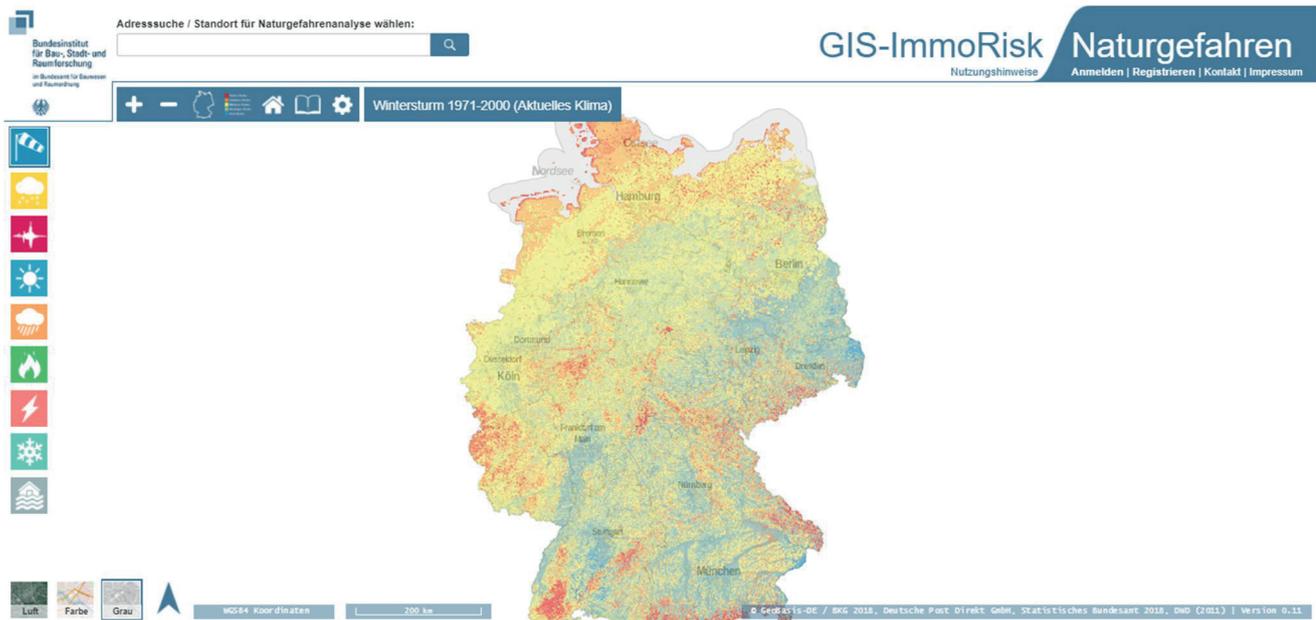
- gebäudespezifischen Schadenswirkung in Form von Schadensfunktionen und Vulnerabilitätsklassifikationen
- Ermittlung der Wiederherstellungskosten einer Immobilie.

Der Aufruf des eigentlichen GIS-Tools erfolgt in der Regel über die Projekthomepage, auf welcher der Nutzer darüber hinaus Hintergrundinformationen zum Projekt erhält und sich vorab das Benutzerhandbuch, das die Bedienung und den Funktionsumfang des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ausführlich beschreibt, aufrufen kann.

Startet der Nutzer das GIS-Tool, hat er zunächst die Möglichkeit, sich in einer deutschlandweiten Kartenansicht Informationen zur Gefährdungssituation für alle integrierten Naturgefahren auf frei wählbarer Maßstabsebene anzusehen (vgl. Abbildung 10). Die übersichtliche Weboberfläche ermöglicht dem Nutzer die Navigation in den aufgerufenen Gefährdungskarten (Zoomen und Verschieben), einen einfachen Wechsel der darzustellenden Naturgefahr sowie der gewünschten Zeitperiode (Gegenwart oder eine zukünftige Periode). Um die Orientierung des Nutzers zu erleichtern, kann aus unterschiedlichen Hintergrundkarten frei gewählt werden (Luftbild oder topographische Karte) sowie über einen integrierten Adresssuchdienst auch direkt durch Tastatureingabe ein bestimmter Standort aufgerufen werden. Sowohl die Hintergrundkarten als auch die Adresssuche werden über entsprechende Webdienste durch das *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)* zur Verfügung gestellt.

Für jeden beliebigen Standort in Deutschland hat der Nutzer in Folge die Möglichkeit, sich durch die Erstellung eines Standortsteckbriefs einen umfassenden Überblick über die örtliche Gefährdungssituation und deren zukünftige Veränderung zu verschaffen. Durch einen Klick in die Karte an einer beliebigen Stelle werden außerdem lokale Detailinformationen zur momentan dargestellten Naturgefahr aus einer Datenbank abgerufen und dem Nutzer angezeigt. Die Darstellung von Gefährdungskarten und der Abruf von Standortsteckbriefen stehen jedem Nutzer des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nach Aufruf der Webseite zur Verfügung und setzen keine Registrierung bzw. Anmeldung voraus.

Abbildung 10

Darstellung von Gefährdungskarten im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*

Quelle: *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*; DWD, 2016; *GeoBasis-DE / BKG*, 2018

Die Identifizierung gebäudespezifischer Risiken erfolgt ebenfalls über die Weboberfläche des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, steht jedoch ausschließlich angemeldeten Nutzern zur Verfügung. Wie bereits beschrieben basiert die Risikoberechnung einerseits auf der standortspezifischen Gefährdung und andererseits auf der immobilien-spezifischen Vulnerabilität und den Wiederherstellungskosten. Nachdem der Nutzer einen Standort über die Adresssuche oder durch Navigation in der Karte ausgewählt hat, ruft das GIS automatisch für alle integrierten Naturgefahren die zur Risikoberechnung benötigten Gefährdungsdaten (Stichwort Hazard-Funktion, vgl. Kapitel 3.2.1) aus der Datenbank ab und hält diese zur weiteren Verarbeitung vor.

Der Nutzer wird daraufhin aufgefordert, eine Reihe von Angaben zur Immobilie zu treffen, die für die Bestimmung der Vulnerabilität und der Wiederherstellungskosten relevant sind. Diesen Angaben entsprechend, wählt das System nach vordefinierten Regeln für jedes Naturrisiko eine Vulnerabilitätsfunktion aus und ermittelt den approximierten Wiederherstellungswert der

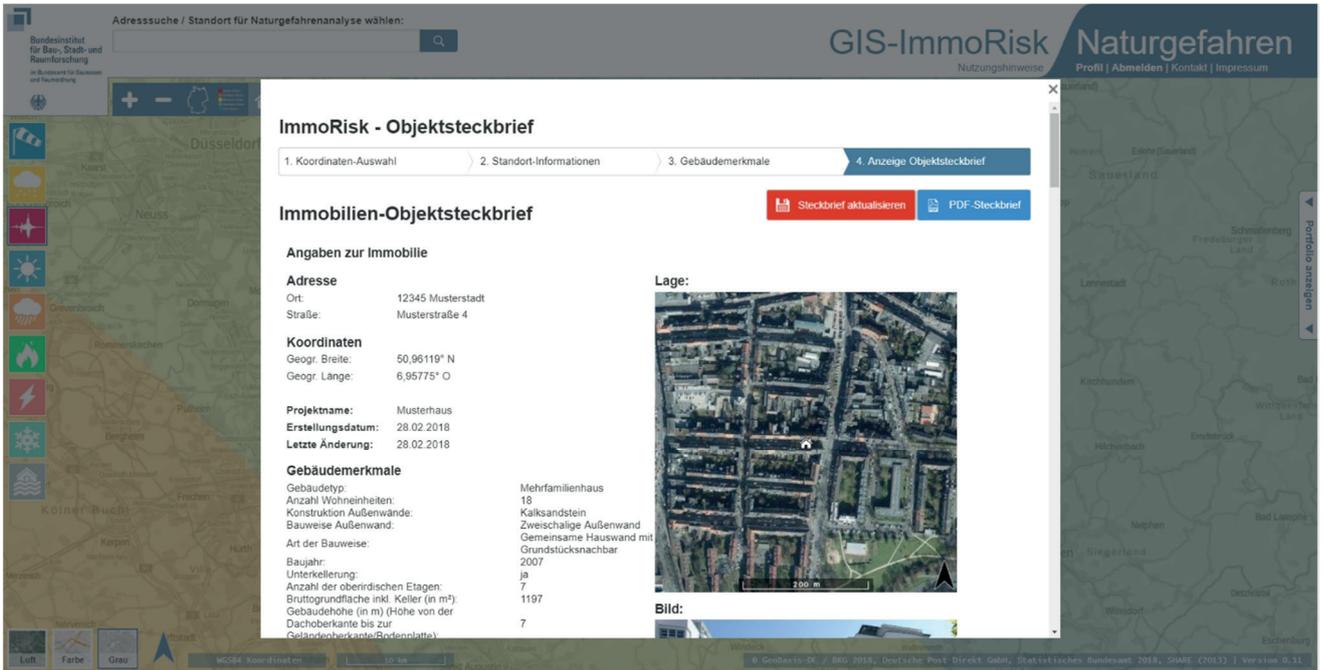
Immobilien. Gefährdung und Vulnerabilität werden daraufhin vom System gemäß dem in Kapitel 3.2.3 beschriebenen Vorgehen verrechnet und dem Nutzer wird im Browser der so erzeugte Risikosteckbrief angezeigt (vgl. Abbildung 11).

Die so erfasste Immobilie wird im Portfolio des Nutzers gespeichert und es können weitere Analysen durchgeführt werden. Im Portfolio (vgl. Abbildung 12) können beliebig viele Immobilien gespeichert werden (auch am gleichen Standort) und der Nutzer kann diese jederzeit erneut aufrufen bspw. um Änderungen an den baulichen Merkmalen vorzunehmen und den Effekt auf das resultierende Risiko zu untersuchen.

Nutzer, die bereits mehrere Immobilien ins System eingegeben und eine Gefahren- und Risikoanalyse durchgeführt haben, können die Ergebnisse der Analyse mit Hilfe der sogenannten Batch-Download-Funktion bequem mit wenigen Mausklicks als Datei herunterladen. Diese tabellarische Datei bietet insbesondere größeren Bestandhaltern die Möglichkeit für weiterführende Auswertungen.

Abbildung 11

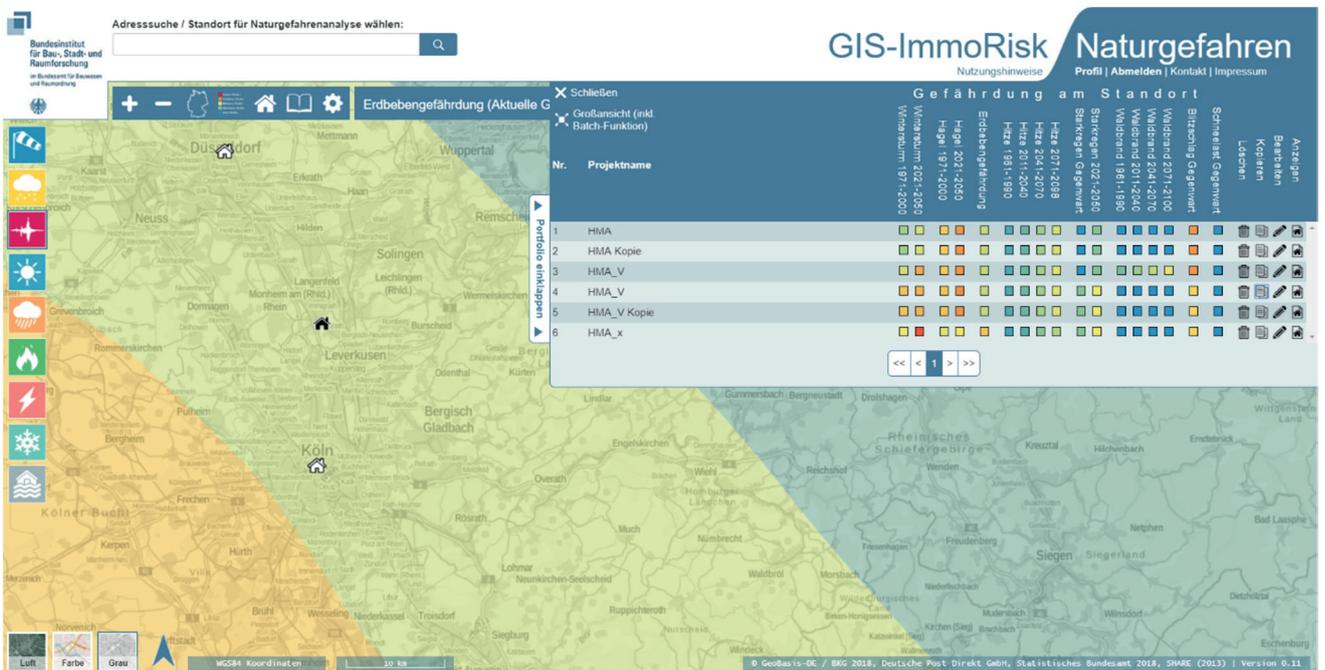
Objektsteckbrief mit Informationen zu Gefährdung und Risiko einer Immobilie



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren; SHARE, 2013; GeoBasis-DE / BKG, 2018

Abbildung 12

Portfolioansicht des GIS-ImmoRisk Naturgefahren



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren; SHARE, 2013; GeoBasis-DE / BKG, 2018

Für alle im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* behandelten Naturgefahren kann der Nutzer über entsprechende Schaltflächen (sowohl im fertigen Risikosteckbrief als auch bereits während der vorhergehenden Eingaben) zielgruppengerechte fachliche Hintergrundinformationen aufrufen. Diese dafür vorgesehenen Dokumente enthalten Informationen zur Relevanz der einzelnen Naturgefahren, verständlich aufbereitete meteorologische Informationen sowie insbesondere Aussagen zu den wichtigsten Faktoren, die die Vulnerabilität bzw. Widerstandsfähigkeit einer Immobilie beeinflussen und mit welchen Maßnahmen prinzipiell eine Reduzierung des Risikos möglich ist. Die Dokumente enthalten außerdem Links auf Webseiten oder Dokumente mit vertiefenden Informationen zur jeweiligen Naturgefahr (z. B. Hochwasserschutzfibel des *BMUB*) sowie auf andere Web-Plattformen (z. B. die WebGIS-Anwendungen der einzelnen Bundesländer mit Informationen zur Hochwassergefährdung). Darüber hinaus stehen dem Nutzer ein Benutzerhandbuch, ein Glossar, Dokumente mit Hintergrundinformationen zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Schadensverhütung, zur Klimamodellierung sowie zur Unsicherheit, die mit den verwendeten Gefährdungs- und Vulnerabilitätsdaten verbunden ist zum Download bereit.

4.2 Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* berücksichtigte Naturgefahren: Hintergrund und Umsetzung

4.2.1 Wintersturm

Hintergrund

Insbesondere sogenannte Winterstürme wie zuletzt *Xynthia* (2010) oder *Kyrrill* (2007) sind in Deutschland keine Seltenheit und verursachen regelmäßig Schäden in Milliardenhöhe. Kleineräumigere, aber mitunter lokal nicht weniger verheerende Stürme mit Orkanstärke können jedoch auch im Sommer auftreten. Aufgrund ihrer im Vergleich zu Winterstürmen kurzen Entstehungsphase, ist die Vorwarnzeit bei den Ereignissen im Sommer deutlich verkürzt, was entsprechende akute Sicherungsmaßnahmen erschwert. Die meteorologische Erforschung der Sommerstürme ist jedoch noch nicht ausreichend fortgeschritten, um valide Aussagen zur Gefährdung einzelner Standorte treffen zu können. Das gleiche gilt für Tornados, die in der Vergangenheit immer wieder zu teilweise gravierenden Zerstörungen geführt haben. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bezieht sich daher, bei den getroffenen Aussagen zu Gefährdung und Risiko allein auf Winterstürme.

Während der Effekt des Klimawandels beispielsweise beim zunehmenden Risiko durch Sommerhitze mittlerweile sehr gut erforscht ist, lassen sich die Konsequenzen für Sturmschäden gegenwärtig noch deutlich schlechter abschätzen. Klimatologen und der *GDV* kommen jedoch in vorläufigen Studien zu dem Ergebnis, dass die jährlichen Sturmschäden bis zum Ende des 21. Jahrhunderts durch den Klimawandel um bis zu 50 % ansteigen könnten.

Gefährdung

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* greift auf ein sogenanntes Ensemble mehrerer Klimamodelle zurück, um die zukünftigen Risiken abzuschätzen und dabei möglichst zuverlässige Aussagen zu treffen. Die Daten zur gegenwärtigen Gefährdung basieren auf Messungen und Analysen des *DWD*, der entsprechende statistische Daten aus einer Zeitreihe von 1971-2008 für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Verfügung gestellt hat. Die Daten mit einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km geben Auskunft über die statistische Häufigkeit starker Sturmereignisse. Damit lassen sich analog zum allgemein bekannten Hundertjährigen Hochwasser (sog. Jährlichkeit bzw. Wiederkehrintervall) Aussagen darüber treffen, wie häufig mit Windereignissen einer bestimmten Stärke (definiert über die maximale Windböengeschwindigkeit) zu rechnen ist (vgl. Kapitel 3.2.1). Die in den Gefährdungskarten dargestellten Farben zur Gefährdungsklassifizierung beziehen sich dabei nicht nur auf ein Sturmereignis einer bestimmten Jährlichkeit, sondern basieren auf einem abgeleiteten Wert, der alle theoretisch möglichen Wiederkehrintervalle berücksichtigt (wie auch bei der Berechnung des quantitativen Sturmrisikos im Sinne eines jährlich zu erwartenden Schadens, s. u.). Durch einen Klick in die Karte kann der Nutzer den sogenannten Tool-Tipp aufrufen und erhält dadurch Auskunft über die Windgeschwindigkeit beim hundertjährigen Wintersturmereignis. Wie in vergleichbaren meteorologischen Darstellungen (z. B. im *Klimaatlas des DWD*) wird auch im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf eine Darstellung der exakten örtlichen Werte verzichtet, da die Daten mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind und eine Scheingenauigkeit vermieden werden soll. Die Darstellung der Gefährdung in den Karten sowie der per Tool-Tipp abrufbaren Wert der Windgeschwindigkeit beim hundertjährigen Ereignis basieren daher auf klassifizierten Werten. Die Klassenbreite orientiert sich dabei an der Größe der, auch unter Verwendung von Daten auf dem aktuellsten Stand der Wissenschaft, nie zu vermeidenden Unsicherheit der verwendeten Modelle.

Die zukünftige Gefährdung wurde mit Hilfe der Daten eines Ensembles regionaler Klimamodelle bestimmt, das vom *KIT* bereitgestellt wurde⁴¹. Es handelt sich um mehrere Einzelsimulationen mit den beiden Regionalen Klimamodellen *CLM* und *REMO* unter den Bedingungen des *A1B*-Szenarios zur zukünftigen Emission von Treibhausgasen (vgl. Kapitel 3). Die darin enthaltenen Änderungssignale wurden auf die Daten des *DWD* zur gegenwärtigen Gefährdung übertragen, um damit eine realistische Abschätzung der zukünftigen Gefährdung zu erhalten. Die Darstellung gegenwärtiger und zukünftiger Gefährdung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfolgt ansonsten vollkommen analog. Abbildung 13 zeigt die Darstellung der gegenwärtigen sowie der zukünftigen Gefährdung durch Winterstürme im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

Vulnerabilität und Risiko

Die Angaben zum monetären Risiko im Sinne eines jährlich zu erwartenden Schadens werden durch die Kombination der Gefährdungslage mit der Widerstandsfähigkeit einer Immobilie bestimmt. Dazu werden Sturmereignisse aller theoretisch möglichen Jährlichkeiten in der Berechnung berücksichtigt und zwar gewichtet nach ihrer Wahrscheinlichkeit(sdichte) innerhalb eines Jahres einzutreten. Sogenannte Schadensfunktionen stellen eine Verbindung zwischen den berechneten Windgeschwindigkeiten und den dabei durchschnittlich zu erwartenden Schäden her. Da diese Funktionen den Schaden in Relation zum Versicherungswert eines Gebäudes beziffern, greift das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf Methoden des sogenannten Sachwertverfahrens zur Annäherung von Normalherstellungskosten zurück, um schließlich quantitative Angaben zum monetären Risiko treffen zu können. Als Ergebnis erhält der Nutzer das quantitative Risiko seiner Immobilie in Form des sog. jährlich zu erwartenden Schadens (vgl. Kapitel 3.3). Die verwendeten Schadensfunktionen und weitere modifizierende Faktoren entstammen der Versicherungswirtschaft (*Deutsche Rückversicherung AG* und *Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft GDV*) sowie entsprechender Fachliteratur. Die im Risikosteckbrief dargestellten quantitativen Angaben zum Risiko einer Immobilie enthalten neben dem Im Mittel zu erwartenden Wert, auch Angaben zur Unsicherheit dieses Wer-

tes. Dazu werden ein oberer und ein unterer Grenzwert angegeben, innerhalb deren sich der tatsächliche Wert mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit liegt. Die konkrete Berechnung dieser Unsicherheit basierte einerseits auf den Angaben zur Schwankungsbreite der verwendeten Schadensfunktion der *Deutsche Rückversicherung AG* sowie aus der regional unterschiedlichen Prognosegüte der für die zukünftige Gefährdung verwendeten Klimamodelle.

Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Schadensfunktion erlaubt zunächst Angaben zum Risiko eines „durchschnittlichen“ Gebäudes, das sozusagen repräsentativ für den gesamten Gebäudebestand ist, auf dessen Grundlage die Schadensfunktion ermittelt wurde. Um die konkrete Gefährdung individueller Immobilien genauer abschätzen zu können, wurde im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf eine Reihe weiterer modifizierender Faktoren zurückgegriffen, die im Folgenden erläutert werden.

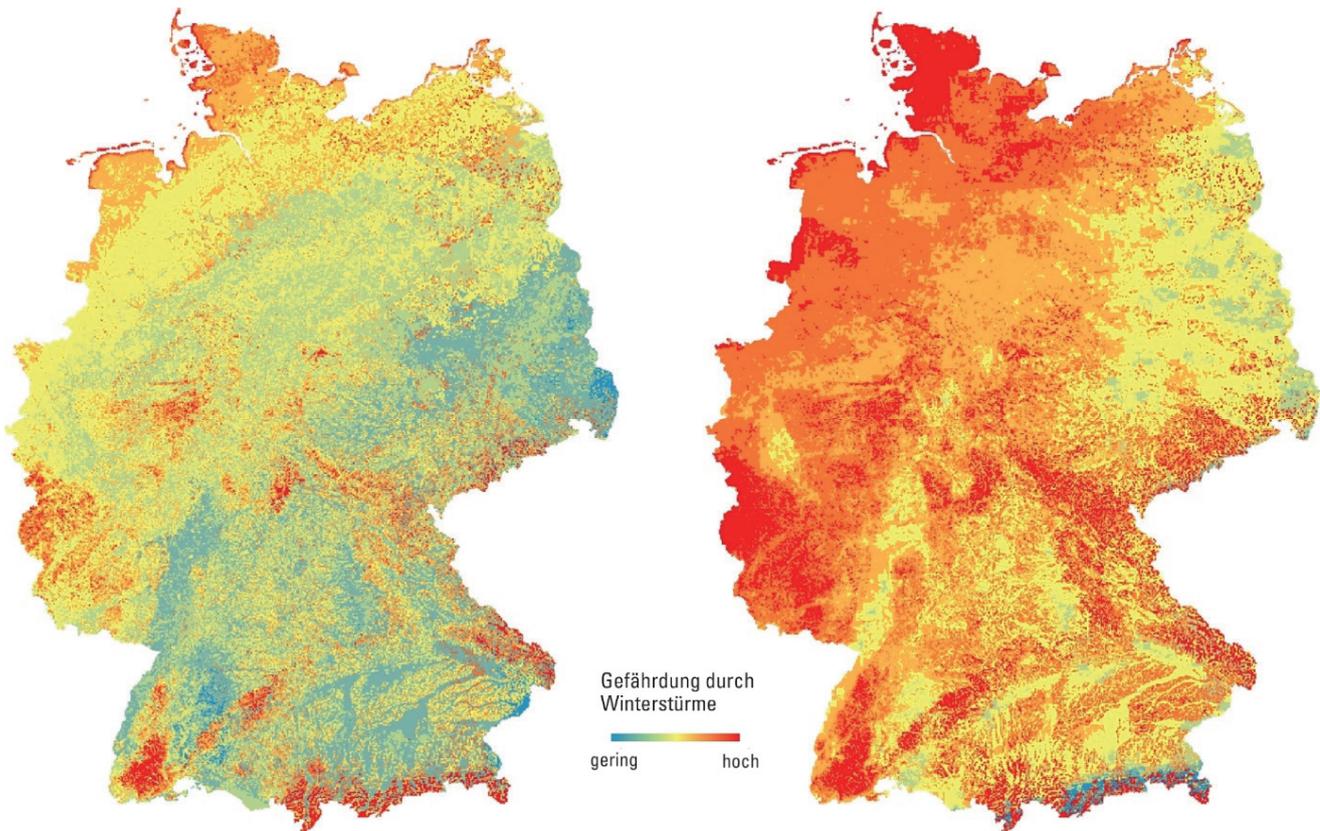
Regionale Differenzierung

In mehreren wissenschaftlichen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Gebäude in Regionen, in denen häufiger schwere Stürme auftreten, bei gleichen Windgeschwindigkeiten im Mittel geringere Schäden erfahren, als in Regionen mit einer vergleichsweise geringen Gefährdung. Es wird entsprechend davon ausgegangen, dass die lange Erfahrung mit Stürmen, zu einer gewissen regionalen Anpassung der Bauweise geführt hat. Gleichzeitig wurde bis 2006 zumindest in Westdeutschland ein einheitlicher Referenzdruck in der zugrundeliegenden Baunorm *DIN 1055-4* als Bemessungsgrundlage für die erforderliche Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes angesetzt. Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wird aus diesem Grund bei Gebäuden die vor 2007 errichtet wurden die in den eingangs erwähnten Studien herangezogene Windböengeschwindigkeit des örtlichen 50-jährigen Sturmereignisses herangezogen, um eine regionale Differenzierung der Vulnerabilität abzubilden. Bei jüngeren Gebäuden wird auf die in der Neufassung der *DIN 1055-4* angegebenen entsprechenden Referenzwerte der einzelnen Windzonen zurückgegriffen. Abbildung 14 zeigt eine Karte der entsprechenden Windzonen in Deutschland. Näheres zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Baunormen findet sich im nächsten Abschnitt.

(41)
Rauthe et al., 2010

Abbildung 13

Darstellung der gegenwärtigen (links, 1971–2008) und der zukünftigen (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Winterstürme



Quelle: DWD, 2016; KIT, 2016; Rauthe et al., 2010; *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*; eigene Darstellung

Baunorm

Die erste deutschlandweit gültige Norm, die Angaben zur erforderlichen Widerstandsfähigkeit gegen Windeinwirkung enthielt, stammt aus dem Jahr 1938. Seitdem ist die entsprechende Norm wiederholte Male hinsichtlich der Mindestansprüche an die Widerstandsfähigkeit überarbeitet worden (vgl. Tabelle 1) und entsprechend wird im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* die zum Zeitpunkt der Erstellung einer Immobilie gültige Windlastnorm berücksichtigt, um eine entsprechende Korrektur der Ergebnisse durchzuführen. Dabei wird ebenfalls berücksichtigt, dass auf dem Gebiet der ehemaligen DDR Zeitweise eigene Normen gültig waren.

Gebäudehöhe

Ein zusätzlicher Korrekturfaktor trägt dem Umstand Rechnung, dass in einigen Baunormen (Westdeutschland vor 2007, Ostdeutschland vor 1977 und zwischen 1993 und 2006) ein abgestufter Zusammenhang zwischen Gebäudehöhe und Referenzdruck vorgesehen war (anstelle einer rein theoretisch physikalisch sinnvollerer kontinuierlichen Kurve⁴²). Vereinfacht gesagt, wurden also

für Gebäude, die unterschiedlich hoch waren und daher auch unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt sind, die gleichen Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit gegenüber Windeinwirkung gestellt.

In den Korrekturfaktor fließt neben der Gebäudehöhe des untersuchten Gebäudes auch die durchschnittliche Gebäudehöhe von Wohngebäuden in Deutschland sowie die örtliche sogenannte Rauigkeitslänge ein. Diese ist eine Maß für den Widerstand, den der Wind aufgrund der Art der Landnutzung erfährt und gibt an, in welcher Höhe üblicherweise keine Windgeschwindigkeit mehr messbar ist. Auf offenem Feld ist dieser Wert beispielsweise deutlich geringer als in dicht bebauten Städten oder Wäldern. Die Rauigkeitslänge spielt demnach eine physikalisch wichtige Rolle bei der Bestimmung der Windgeschwindigkeit in einer bestimmten Höhe. Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Daten zur Landnutzung stammen aus dem EU-Projekt *CORINE* und besitzen eine räumliche Auflösung von 250 m x 250 m. Die Ableitung von Rauigkeitslängen aus den Landnutzungsdaten erfolgte analog zu dem von Silva et al. (2007) geschilderten Verfahren.

(42) vgl. Kasperski, o. J.

Tabelle 1

Übersicht über die in Deutschland geltenden Windlast-Normen seit 1938

	1938-1976	1977-1985	1986-1992	1993-2004	seit 2007	seit 2012
BRD	DIN 1938	DIN 1977	DIN 1986	DIN 1986	DIN 2005	DIN EN 1991-4/NA
DDR	DIN 1938	TGL 1977	TGL 1977	DIN 1986	DIN 2005	DIN EN 1991-4/NA

Quelle: Kasperski, o. J., S. 2; eigene Ergänzung

Geländeindex

Die vom *DWD* für *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Verfügung gestellten Daten zur Wintersturmgefährdung besitzen eine räumliche Auflösung von 1 km x 1 km und befinden sich damit auf dem aktuellsten Stand der wissenschaftlichen Forschung auf diesem Gebiet. Es ist damit jedoch nicht möglich, kleinere topographische Besonderheiten, wie beispielsweise einen deutlich von der Umgebung erhöhten Standort eines Gebäudes, abzubilden. Für die Berücksichtigung solcher mikrogeographischer Besonderheiten wird auf einen sogenannten Geländeindex zurückgegriffen, der für jeden Standort seine relative Lage in Relation zu seiner Umgebung bestimmt. Ein positiver Geländeindex bedeutet beispielsweise, dass ein Standort im Schnitt höher liegt als seine Umgebung (in einem Radius von 600 m). Heneka (2006) hat den Einfluss eines so gebildeten Geländeindex auf die bei einem Sturm im Durchschnitt zu erwartenden Schäden untersucht und gibt entsprechende statistische Zusammenhänge an, die in leicht adaptierter Form im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* Verwendung finden.

Etagen-Korrektur

Eine zusätzliche Korrektur des quantitativen Risikos durch Winterstürme erfolgt durch die Berücksichtigung

der Anzahl der Etagen eines Gebäudes. Hintergrund ist der, dass die meisten Schäden durch Windstürme am Dach entstehen. Bei gleicher Bruttogeschossfläche besitzt jedoch ein Gebäude mit nur einer Etage in etwa doppelt so viel Dachfläche wie ein ansonsten gleiches Gebäude mit zwei Etagen, wodurch auch höhere Schäden im Falle eines Sturmes auftreten können.

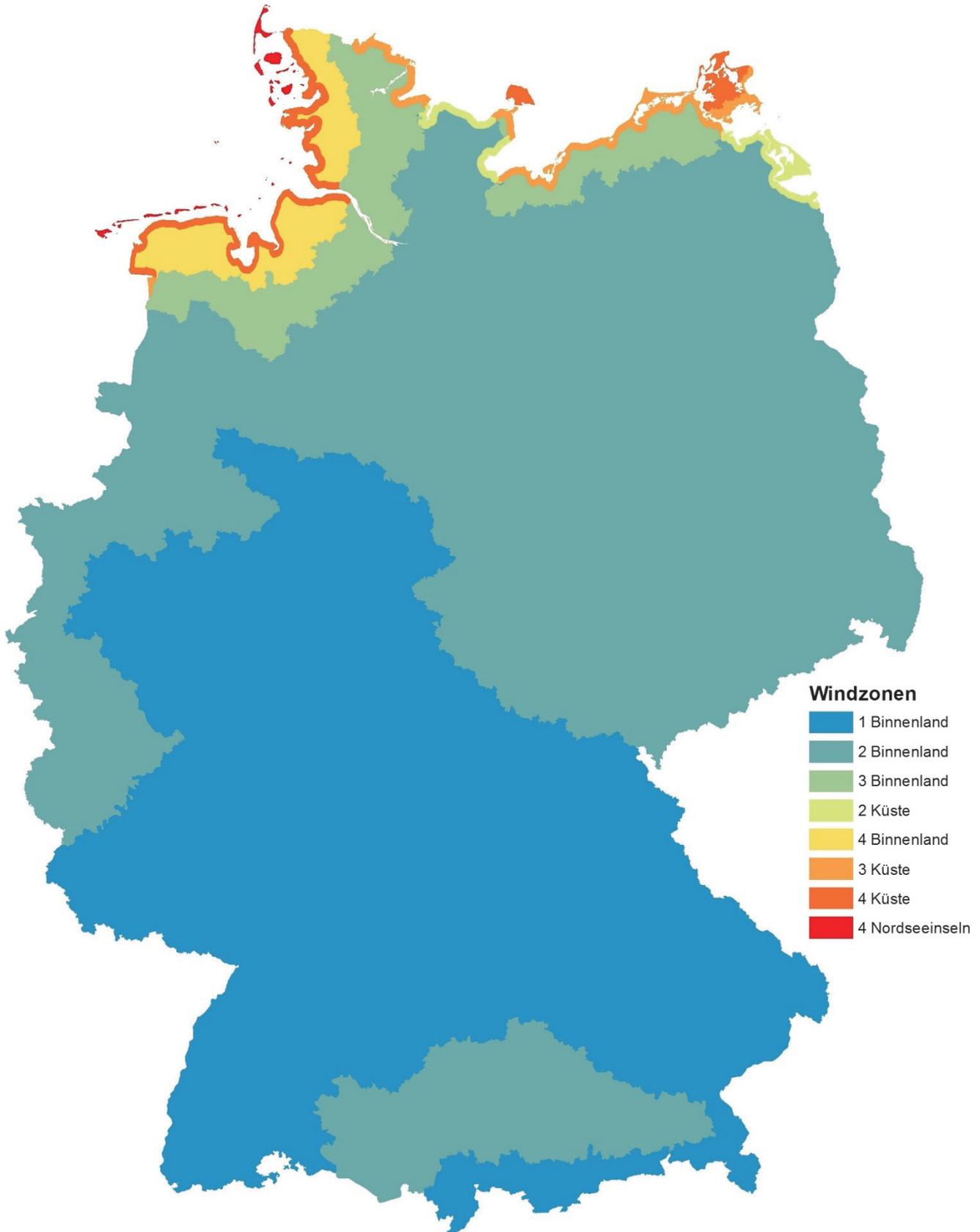
Weitere Korrekturfaktoren

Durch den *GDV* wurden für *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* weitere Korrekturfaktoren zur Verfügung gestellt, die unter anderem berücksichtigen, dass für unterschiedliche Nutzungsarten (z. B. Einfamilienhaus, Reihenmittelhaus, Mehrfamilienhaus etc.) und Konstruktionstypen (z. B. Massivbauweise) mit unterschiedlichen Schadensätzen zu rechnen ist.

Außerdem kann im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dank entsprechender Informationen des *GDV* auch die Rolle von Alterungserscheinungen, die ein Gebäude anfälliger für Schäden machen, berücksichtigt werden. Entsprechende Sanierungen des gesamten Gebäudes („Kernsanierung“) oder auch nur des Daches, die der Nutzer bei der Festlegung seiner Gebäudeparameter angibt, werden ebenfalls bei dieser Alterskorrektur mitberücksichtigt.

Abbildung 14

Windzonen Deutschlands nach DIN 1005-4 (2007)



Quelle: DIN 1055-4, eigene Darstellung

4.2.2 Hagel

Hintergrund

Hagel zählt in Deutschland zu den schadensträchtigsten Naturgefahren überhaupt. Im Jahr 2013 verursachten allein an einem einzigen Sommerwochenende zwei besonders schwere Hagelereignisse in Niedersachsen und Baden-Württemberg Schäden in Höhe von 3,6 Milliarden € (davon 2,8 Milliarden € versichert).⁴³ Die Schäden treten dabei beispielsweise im Vergleich zum Windsturm in räumlich eng begrenzten Gebieten auf, können dort aber mitunter zu extrem hohen Schäden an einem beträchtlichen Teil der Gebäude führen.

Aktuelle Studien kommen zu dem Schluss, dass durch den Klimawandel mit einer Erhöhung des Risikos von Hagelschäden zu rechnen ist. Für Süddeutschland wurde bereits eine signifikante Zunahme an Hagelschlägen seit 2001 registriert.

Die meisten Schäden durch Hagelereignisse treten in den Sommermonaten von April bis September auf, wo die starke Erwärmung zu konvektiven Windströmungen und schließlich zu Gewittern führen kann. Dabei kann festgehalten werden, dass zwar nicht jedes Gewitter mit Hagel einhergeht, aber das Auftreten von Hagel immer an ein Gewitter gebunden ist.

Gefährdung

Eine Möglichkeit zu Erfassung von Informationen zum aktuellen Hagelgeschehen stellen Radarmessungen dar. Die dabei gemessene sog. Radarreflektivität (gemessen in Dezibel-Radarreflektivität *dBZ*) erlaubt Aussagen über das Vorhandensein von Hagelkörnern in einer Gewitterwolke.⁴⁴

Der Zusammenhang zwischen Hagel und weiteren meteorologischen Parametern und entsprechende Vorhersagemöglichkeiten wurden intensiv am *KIT* erforscht^{45,46}. Auf diese Weise konnten auch entsprechende Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Hagel und in Klimamodellen enthaltenen Größen identifiziert werden. Für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wurden durch das *KIT* entsprechende Daten zur Verfügung gestellt⁴⁷, die Auskunft über die durchschnittliche jährliche Anzahl von Hageltagen in den Monaten Juni bis August geben, in denen rund 90 % aller schadensrelevanten Hagelereignisse auftreten. Diese Daten beziehen sich dabei auf die Zeiträume 1971-2000 (gegenwärtige Gefährdung) sowie 2021-2050 (zukünftige Gefährdung) und besitzen eine räumliche Auflösung von 7 km x 7 km. Die Daten zur zukünftigen Gefährdung basieren dabei auf einem Ensemble aus sieben Läufen des Regionalen

Klimamodelle *CCLM* (fünf davon verwenden das *A1B*- sowie zwei das *B1*-Klimaszenario).

Die Darstellung in der Karte und die Gefährdungsanzeige in den Steckbriefen basieren auf der durchschnittlichen, jährlichen Anzahl von Hageltagen (vgl. Abbildung 15).

Vulnerabilität und Risiko

Der an einem Gebäude durch Hagel entstehende Schaden hängt in erster Linie von den baulichen Merkmalen der Immobilie (in Form mehr oder weniger anfälliger Materialien einzelner Gebäudeteile) und der Anzahl und Größe der Hagelkörner ab. Zur Bestimmung des monetären Hagelrisikos einer Immobilie wurde auf ein in der Schweiz entwickeltes Schadensmodell⁴⁸, die im vorigen Abschnitt beschriebenen Daten zur jährlichen Anzahl der Hageltage sowie auf Wiederkehrperioden bestimmten Werte der Radarreflektivität zurückgegriffen. Die verwendete Schadensfunktion wird zusätzlich durch eine Reihe gebäudespezifischer Merkmale angepasst, um der unterschiedlichen Widerstandsfähigkeit einzelner Gebäude Rechnung zu tragen.

Durch die während Gewittern zu beobachtenden hohen Windgeschwindigkeiten, kann es zu einer zusätzlichen Beschleunigung der Hagelkörner (zusätzlich zu ihrer Fallgeschwindigkeit) und damit zu einer Erhöhung der möglichen Schadenswirkung kommen. Die in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Korrekturfaktoren des *GDV* für die Berücksichtigung von Nutzungstyp, Konstruktionsart und Gebäudealter (vor dem Hintergrund von Alterungserscheinungen) beziehen sich prinzipiell auf Daten, in denen Schäden durch Winterstürme und Hagel zusammengefasst werden (da sie in Deutschland auch nur gemeinsam versicherbar sind). Diese Korrekturfaktoren werden daher auch bei der Bestimmung des Hagelrisikos herangezogen.

Für die Differenzierung der Vulnerabilität unterschiedlicher Gebäude wurde ein Scoring-Modell entwickelt, das jedes Gebäude anhand ausgewählter Merkmale in eine von fünf Vulnerabilitätsklassen einstuft. Die Auswahl und Gewichtung der Parameter orientiert sich dabei an den beiden durch das *BBSR* beauftragten Studien *Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden* und *Klimaangepasstes Bauen - Kriteriensteckbrief*. Eine Übersicht der dabei verwendeten baulichen Merkmale sowie der Richtung ihres grundsätzlichen Einflusses auf die erwarteten Schäden ist in Tabelle 2 dargestellt.

(43) Münchener Rückversicherungs-gesellschaft, 2014

(44) vgl. Waldvogel et al., 1979

(45) vgl. Kunz, 2007

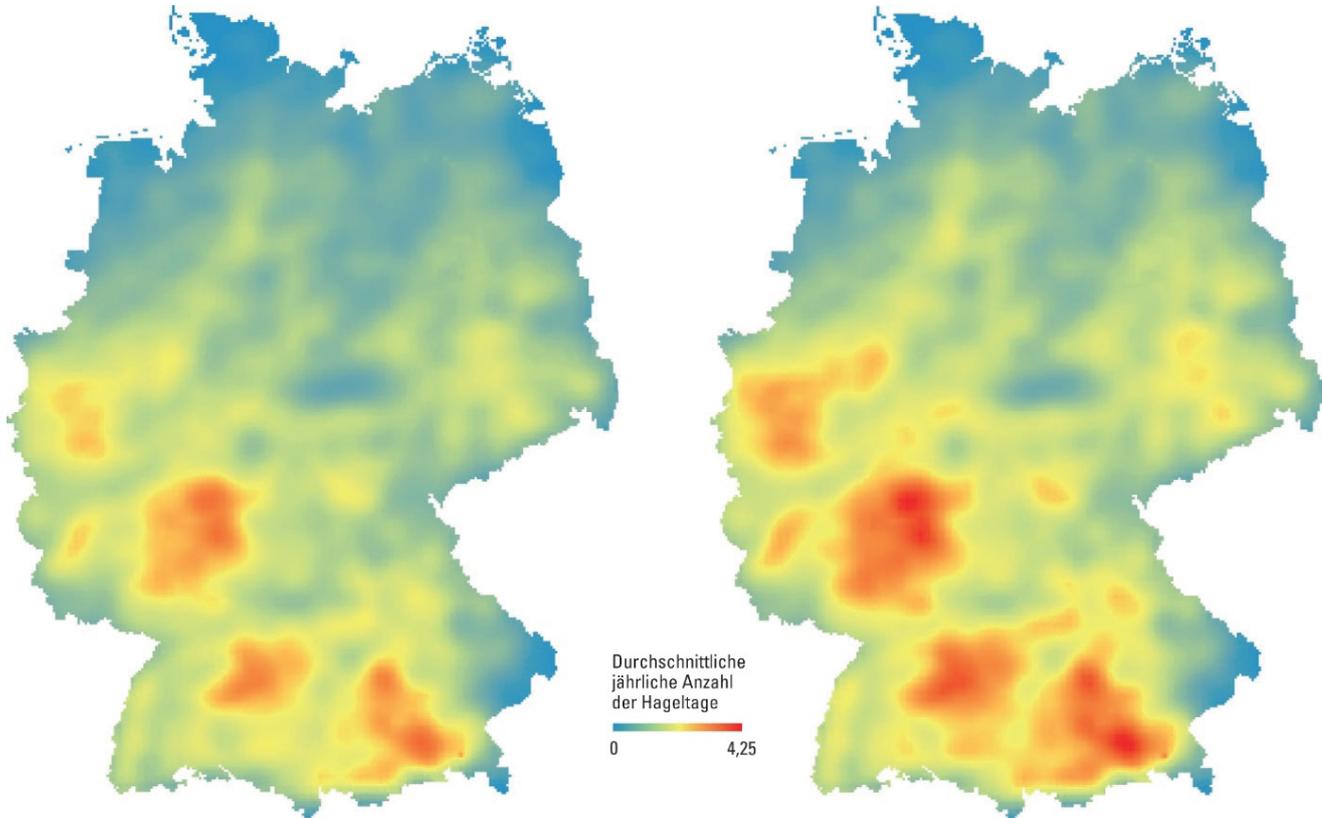
(46) vgl. Kunz et al., 2009

(47) Puskeiler et al., 2016

(48) Hohl, 2001

Abbildung 15

Durchschnittliche jährlicher Anzahl von Hageltagen für die Zeiträume 1971–2000 (links) und 2021–2050 (rechts)



Quelle: KIT, 2016; Puskeiler et al., 2016; *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*; eigene Darstellung

Tabelle 2

Scoring-System zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Hagel*

Bauliches Merkmal	Ausprägung	Widerstandsfähigkeit
Dachüberstände/Balkon:		
	Dachüberstände sind auf weniger als 50% der Gebäudeseiten vorhanden	-
	Dachüberstände sind auf 50%-80% der Gebäudeseiten vorhanden	0
	Dachüberstände sind auf 80%-100% der Gebäudeseiten vorhanden	+
Dachdeckung:		
	Beschichtete Betondachsteine	++
	Beschichtete Tondachziegel	++
	Bitumenschindeln oder Bitumenschweißbahn	-
	Dachdichtungsbahnen (lose verlegt, verklebt oder genagelt - "Dachpappe")	--
	Faserzement („Eternit“)	++
	Faserzement-Schindeln	++
	Glasierte Tondachziegel	++
	Gründach	++
	Holz	--
	Metalldach (außer Kupfer)	--
	Schiefer, Kupfer, vergleichbare hochwertige Materialien	--
	Stroh	--
	Unbeschichtete Betondachsteine	++
	Unbeschichtete Tondachziegel	+
	Wellplatten	++
Gebäudetyp:		
	Einfamilienhaus (freistehend)	-
	Zweifamilienhaus / Doppelhaus	-
	Reihenhendhaus	0
	Reihenmittelhaus	0
	Mehrfamilienhaus	+
	Wohnhaus mit Mischnutzung	+
	Altenwohnheim	+
	Wohnheim	+
Fassade:		
	Aufwendige gestaltete Fassade z. B. durch konstruktive Gliederung (z. B. Säulenstellungen, Erker etc.)	0
	Bitumenschindeln	0
	Edelputz	+
	Elemente aus Kupfer-/Eloxalblech	-
	Faserzementplatten	+
	Fugenglattstrich oder einfacher Putz	+
	Mehrgeschossige Glasfassade	0
	Natursteinfassade	+
	Verblendmauerwerk	+
	Verputzt und gestrichen	+
	Vorhangfassade (z. B. Naturschiefer)	+
Wärmedämmung:		
	Wärmedämmverbundsystem (falls, ja)	-
Sonnenschutzvorrichtung:		
	Außenliegend (z. B. Außenjalousien / Rollläden / Fassadenmarkisen)	+
	Innen- oder zwischen den Scheiben liegend	-
	Ohne Schutz	-

Solarthermie / Photovoltaik:		
	Solarthermie-Anlage = Vakuum-Röhrenkollektoren	-
	Solarthermie-Anlage = Flachkollektoren	0
	Solarthermie-Anlage (falls, nein)	+
	Photovoltaik-Anlage (falls, ja)	-
	Photovoltaik-Anlage (falls, nein)	0
Dachform:		
	Satteldach	+
	Pultdach	+
	Anderer Typ	+
	Flachdach	0
	Art der Entwässerungsvorrichtung	
	Außenliegende, vorgehängte Dachrinne	+
	Außenliegende, zurückgesetzte Dachrinne	0
	Innenliegende Dachentwässerung	-
	Dachneigung	-
	< 5 %	+
	≥ 5 %	-

* Es ist zu beachten, dass die Angaben in der Spalte „Widerstandsfähigkeit“ nicht zwingend die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete exakte Verrechnung der einzelnen Merkmale vollständig wiedergibt. Die Symbole +, 0 und - verweisen daher allein auf eine relative Wirkungsrichtung.

4.2.3 Hitze

Hintergrund

Der Klimawandel geht mit einer erhöhten Gefährdung durch langanhaltende Hitzeperioden einher, die nicht nur für die Landwirtschaft und Menschen mit angeschlagener Gesundheit ein Risiko darstellen, sondern auch die Immobilienwirtschaft generell erheblich betrifft. In Immobilien ohne ausreichenden Wärmeschutz kann an heißen Tagen die Temperatur mitunter sogar über die arbeitsrechtlich zulässigen Grenzwerte steigen. Dadurch bedingte Kosten und eine durch zu hohe Temperaturen verringerte Arbeitsproduktivität stellen Mieter und Vermieter insbesondere von Gewerbeimmobilien vor neue Herausforderungen. Klimaanlageanlagen werden vermehrt nachgefragt, was wiederum zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs führt und zusätzliche Kosten verursacht. Insbesondere in Regionen, die von der Erwärmung besonders betroffen sind, dürfte ein ausreichender Wärmeschutz in Zukunft einen wichtigen Attraktivitätsfaktor sowohl von Wohn- als auch von Gewerbeimmobilien darstellen, den es bei Investitionen zu berücksichtigen gilt. Durch die besonders hohe Erwärmung aufgrund des sogenannten Hitzeinsel-Effekts sind dabei urbane Gebiete besonders stark betroffen.

Dieser Hitzeinsel-Effekt kann aufgrund der gegenwärtig verfügbaren Datengrundlagen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* noch nicht vollständig abgebildet werden. Die bioklimatischen Eigenschaften eines Standortes können durch die Nähe zu Frischluftschneisen oder Grünanlagen deutlich günstiger ausfallen, in dicht bebauten

Innenstadtbereichen kann die Situation jedoch auch nochmals deutlich verschärft sein. Für das Stadtgebiet Kölns sind im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* räumlich besonders hochaufgelöste Simulationsdaten zur sommerlichen Wärmesituation vorhanden, so dass hier eine noch differenzierte Bestimmung der Gefährdung sowie des Risikos möglich ist (s. u.).

Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dargestellten Informationen erlauben eine Einschätzung der räumlich differenzierten und gebäudespezifischen Wärmebelastung einer Immobilie. Im Fokus steht dabei die Gefahr einer übermäßigen Aufheizung der Innenräume, die mit einer nicht unerheblichen Belastung für die Nutzer verbunden sein kann. Eine direkte Abschätzung der potenziell schädigenden oder die Alterung beschleunigenden Wirkung der Hitze auf Gebäudestruktur und -einrichtung kann aufgrund der gegenwärtig unzureichenden Datenlage hierzu im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht erfolgen.

Gefährdung

Um den Begriff *Hitze* für eine immobilienwirtschaftliche Gefahren- und Risikoanalyse zu operationalisieren, wird in vielen Studien auf den Begriff des Hitzetages (auch „Heißer Tag“) zurückgegriffen. Es handelt sich dabei um jene Tage, an denen die Maximaltemperatur einen Wert von mindestens 30 °C erreicht hat.⁴⁹

Der *DWD* verfügt aber langjährige Messreihen für ganz Deutschland, die flächendeckende Aussagen zur Hitze-Gefährdung in einer hohen räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km ermöglichen und für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur

Verfügung gestellt wurden. Die im Werkzeug verwendeten Daten zur gegenwärtigen Gefährdung basieren auf der Referenz-Periode 1961–1990 (gegenwärtigen Gefährdung) und geben für jeden Standort die mittlere jährliche Anzahl von Hitzetagen. Mit Hilfe eines großen Ensembles aus 19 regionalen Klimamodellen wurden vom *DWD* Änderungssignale gegenüber der Referenz-Periode für die zukünftigen Zeiträume 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2098 bestimmt. Anwendung fand hierbei der sog. Median des Ensembles, also das mittlere Änderungssignal aller Ensemble-Mitglieder. Alle Modelle basieren auf dem *A1B*-Szenario zur zukünftigen Entwicklung der Emission von Treibhausgasen. Abbildung 16 zeigt die auf diese Weise für ganz Deutschland ermittelte Anzahl der Hitzetage für die Referenzperiode sowie die drei modellierten zukünftigen Zeiträume.

Um differenzierte Aussagen zur unterschiedlichen Gefährdungssituation auf der Maßstabsebene einzelner Städte treffen zu können, bedarf es einer noch feineren räumlichen Auflösung der verwendeten Simulationsmodelle, um auch die mikroklimatischen Effekte beispielsweise von städtischen Grünanlagen oder Gewässern abbilden zu können. Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* integrierte Funktion zur Anzeige von Luftbildern erleichtert dem Nutzer grundsätzlich die Einschätzung der Lage einer Immobilie hinsichtlich ihres Risikos durch Sommerhitze. Die für eine

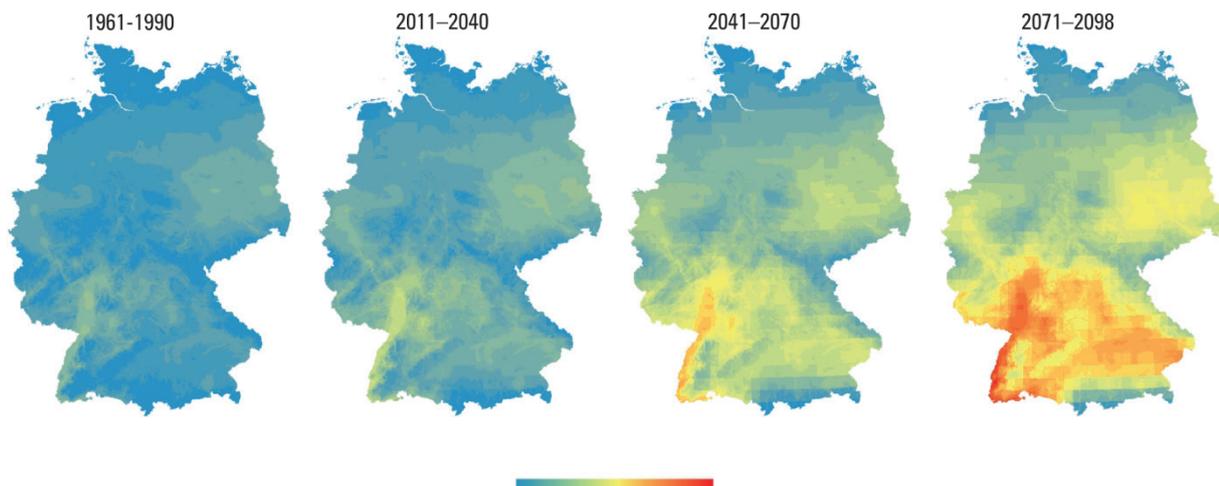
objektive Abschätzung der Gefährdung notwendigen thermischen Simulationen auf städtischem Maßstab liegen bisher jedoch nur sehr vereinzelt vor. Durch die Kooperation mit dem *Deutschen Wetterdienst DWD* konnten in das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* jedoch zumindest für das Stadtgebiet Köln Daten zur Gefährdung durch Sommerhitze integriert werden. Die Daten besitzen eine sehr hohe räumliche Auflösung von 100 m x 100 m und beziehen sich auf den Zeitraum 2021–2050.⁵⁰

Unter bestimmten Voraussetzungen (insbesondere auf tonreichen Böden) können längere Hitzeperioden auch zu Veränderungen in der Bodenstruktur führen und Senkungserscheinungen auftreten, die zu gravierenden Schäden am Gebäude führen können. Eine direkte Berücksichtigung dieses Effekts ist im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* aufgrund der unzureichenden Datengrundlagen derzeit nicht möglich. An Standorten, die eine besonders hohe klimatische Hitzebelastung aufweisen, sollten sich Immobilienbesitzer daher auch bei den örtlichen Behörden oder entsprechend informierten Stellen über das Risiko von Bodensenkungen informieren. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die tendenziell besonders stark von Sommerhitze betroffenen Gebiete im Nordosten Deutschlands überwiegend sandige Böden aufweisen, die im Vergleich zu tonreichen Böden deutlich weniger von Senkungserscheinungen betroffen sind.

(50)
DWD, 2012

Abbildung 16

Durchschnittliche, jährliche Anzahl heißer Tage für die Zeiträume 1961–1990, 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2098 – Median-Werte



Quelle: *DWD*, 2016; eigene Darstellung

Vulnerabilität und Risiko

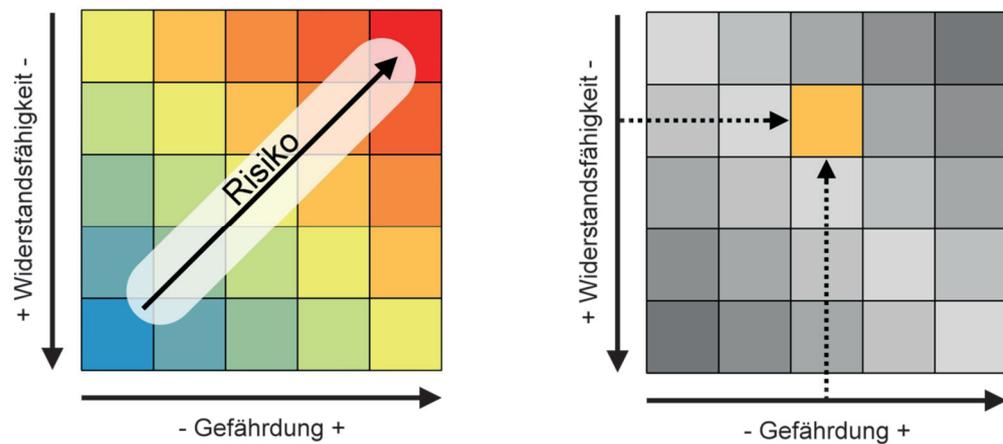
Die Angaben zum Hitze-Risiko einer Immobilie im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* basieren auf einer Klassifizierung der Gefährdung und der Widerstandsfähigkeit gegen starke Aufheizung mit jeweils fünf Stufen. Die Einstufung in eine bestimmte Widerstandsklasse basiert auf den Angaben des Nutzers zur Immobilie und einem Punktesystem, anhand dessen schließlich eine Einstufung erfolgt. Eine Übersicht der einbezogenen Gebäudemerkmale und ihrer Wirkrichtung auf die Widerstandsfähigkeit findet sich in Tabelle 2. Das Vorgehen zur Abschätzung der Widerstandsfähig-

keit einer Immobilie wurde dazu aus einer Reihe von Studien des BBSR, des *Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (IRB)* sowie der *Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main* abgeleitet.

Die Verknüpfung von örtlicher Gefährdung und gebäudespezifischer Widerstandsfähigkeit zum Risiko erfolgt im Fall von Hitze durch eine qualitative Risiko-Matrix (vgl. Abbildung 17). Eine Kombination aus hoher Gefährdung und geringer Widerstandsfähigkeit führt entsprechend zu einem hohen Risiko einer starken Aufheizung der Immobilie (rechts oben in der Matrix).

Abbildung 17

Darstellung des Hitze-Risiko in Form einer Risiko-Matrix (links: Legende, rechts: konkretes Risiko)



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 3

Scoring-Modell zur Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Sommerhitze*

Bauliches Merkmal	Ausprägung	Widerstandsfähigkeit
Dachüberstände:		
	Dachüberstände sind auf 80-100 % der Gebäudeseiten vorhanden	+
	Dachüberstände sind auf 50-80 % der Gebäudeseiten vorhanden	0
	Dachüberstände sind auf weniger als 50 % der Gebäudeseiten vorhanden	-
Konstruktion/Außenwände:		
	Gasbetonsteine	+
	Gitterziegel	+
	Hohlblocksteine	+
	Holzfachwerk	0
	Kalksandstein	+
	Leichtziegel	+
	Massivholzbauweise	+
	Sichtbeton-Fertigteile	+
	Stahlbeton	+
	Stahlskelett	0
	Ziegelmauerwerk	+
Art der Bauweise:		
	Freistehendes Gebäude	0
	Gemeinsame Hauswand mit Grundstücksnachbar	+
Nutzung des Stockwerks direkt unter dem Dach:		
	Wohnen	--
	Lager	-
	Keine	0
Dachdämmung:		
	Keine bis geringe Dachdämmung vor 1995	-
	1995-2005	0
	1995-2005	+
	Nach 2005	++
	Passivhausstandard	+++
Fenster:		
	Einfachverglasung	--
	Zweifachverglasung vor 1995	-
	Zweifachverglasung ab 1995	0
	Dreifachverglasung	+
	Sonnenschutzglas	++
Große feststehende Fensterflächen:		
	Ja	-
	Nein	0
Fensterausrichtung:		
	Fensterflächen in die acht Himmelsrichtungen Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd, Südwest, West, Nordwest	++ für ausschließliche Ausrichtung nach Norden -- für ausschließliche Ausrichtung nach Norden Entsprechende Zwischenwerte je nach Anteil
Klimaanlage:		
	Ja	+++
	Nein	0
Sonnenschutzvorrichtung:		
	Außenliegend (z. B. Außenjalousien/ Rollläden/ Fassadenmarkisen)	+
	Innen- oder zwischen den Scheiben liegend	0
	Ohne Schutz	-
Wärmedämmung:		
	Keine oder vor 1980	--
	1980-1994	-
	1995-2005	0
	Nach 2005	+
	Passivhausstandard	++
Möglichkeit zur Nachabkühlung:		
	Öffenbare Oberlichter vorhanden	+
	Möglichkeit zur Querlüftung vorhanden	+
	Abluftanlage / automatische Wohnraumbelüftung	++

* Es ist zu beachten, dass die Angaben in der Spalte „Widerstandsfähigkeit“ nicht zwingend die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete exakte Verrechnung der

4.2.4 Starkregen

Hintergrund

Starkregenereignisse mit besonders hohen Niederschlagsmengen in relativ kurzen Zeiträumen stellen eine nicht zu unterschätzende Gefahr für Immobilien dar und treten insbesondere während heftiger Sommergewitter auf. Beispielhaft sei auf das besonders schwere Ereignis im niederbayerischen Simbach am Inn im Juni 2016 verwiesen, wo innerhalb weniger Stunden ein Mehrfaches des üblichen monatlichen Niederschlags fiel. Neben mehreren Toten waren durch das so ausgelöste Hochwasser über 50 Millionen € an versicherten Schäden in dem betroffenen Gebiet zu beklagen. Die hohe Bodenversiegelung in städtischen Gebieten geht mit einem hohen Anteil oberflächlich abfließenden Wassers bzw. einer geringen Versickerungsrate einher und sorgt für eine besonders hohe Gefährdung durch Sturzflutereignisse. Auch in größerer Entfernung von Fließgewässern, also vermeintlich sicheren Standorten und dadurch geringen Vorsichtsmaßnahmen, können dadurch Überschwemmungsschäden auftreten⁵¹.

Auch in weniger dramatischen Fällen als in Simbach können die Folgen kurzfristiger Starkregenereignisse für Immobilieneigentümer und Mieter jedoch gravierend sein. Die Einzelschäden sind zwar nicht so verheerend wie bei den großen Flusshochwässern, die durch tagelang anhaltende Regenfälle in den Quell- und Zuflussgebieten der betroffenen Flüsse ausgelöst werden, dafür sind die heftigen und meist lokal begrenzt auftretenden Starkregenereignisse deutlich häufiger und sind deshalb auch insgesamt für ca. die Hälfte aller Überschwemmungsschäden in Deutschland verantwortlich⁵².

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht dem Nutzer vor diesem Hintergrund eine Abschätzung der örtlichen Häufigkeit von Starkregenereignissen sowie des Risikos seiner Immobilie gegenüber Schäden durch die direkte Einwirkung des Starkregens.

Gefährdung

Der *DWD* verfügt über eine deutschlandweite lange Messreihe zu Starkregenereignissen, die, entsprechend statistisch aufbereitet, für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Verfügung gestellt wurde. Die Daten stammen aus der sog. *Koordinierten Starkniederschlagsregionalisierung KOSTRA-DWD-2010*, die in ihrer aktuellsten Fortschreibung einen Zeitraum von 1951–2010 abdeckt und für die Darstellung der gegenwärtigen Gefährdung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendet wird. Die räumliche Auflösung der Daten

beträgt $0,075^\circ \times 0,075^\circ$. Konkret handelt es sich bei der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Variablen um die Niederschlagsmenge in Millimetern innerhalb von 24 Stunden bei einem 10-jährigen Starkregenereignis (*R24h10a*). Über einen Klick in die Gefährdungskarte kann der Nutzer den sog. Tool-Tipp aufrufen und erhält darin eine Angabe zur Gefährdung am gewählten Standort. Grundsätzlich könnte anstelle des Zeitraums von 24 Stunden auch eine andere „Dauerstufe“ (z. B. 1 Stunde) herangezogen werden und in der Forschung findet derzeit eine intensive Diskussion über die jeweiligen Vor- und Nachteile statt, wobei allgemein anerkannt wird, dass beide Vorgehensweisen Hinweise zur Abschätzung der Gefährdung eines Standortes erlauben. Das räumliche Muster der Gefährdung innerhalb Deutschlands ist bei Betrachtung des einstündigen Starkregenereignisses deutlich kleinräumiger differenziert als bei der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Dauerstufe von 24 Stunden.

Die Gefährdungsangaben beziehen sich dabei auf die reine Niederschlagswahrscheinlichkeit und ziehen keine Abflussmodellierungen mit ein, die in der Lage wären, Sturzfluten zu prognostizieren. Eine hohe Gefährdung durch Starkregen erlaubt dem Nutzer jedoch bereits erste Anhaltspunkte, über die Wahrscheinlichkeit der Auslöser solcher Sturzflutereignisse, nämlich hohe Niederschlagsmengen innerhalb vergleichsweise kurzer Zeiträume. Der Nutzer wird dadurch angehalten, die konkrete Lage seiner Immobilie hinsichtlich Topographie, Versiegelung und Kanalisation zu überprüfen und gegebenenfalls mit Vorsorgemaßnahmen zu reagieren um im Ernstfall schwere Schäden zu vermeiden.

Eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Gefährdung durch Starkregenereignisse wurde im Rahmen der „Machbarkeitsstudie ‚Starkregenisiko 2050‘“ aus dem Jahr 2012 vom *Climate Service Center*⁵³ in Hamburg erstellt. Es zeigt sich demnach ein zu erwartender deutlicher Anstieg der Häufigkeit besonders intensiver Ereignisse in fast allen Regionen Deutschlands. Die Studie trifft Aussagen zur durchschnittlichen Änderung der jährlichen Tage mit einer Niederschlagssumme von mindestens 25 mm. Die Daten liegen auf Kreisebene vor und basieren schwerpunktmäßig auf dem *A1B*-Klimaszenario womit sie konsistent mit den übrigen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Daten zum zukünftigen Klima sind. Die Veränderung der Starkregengefährdung ist in der Studie des *CSC* in drei Klassen angegeben, bezogen auf die Anzahl der Tage mit über 25 mm Niederschlag (vgl. Tabelle 4).

(51) vgl. Elmer et al., 2010

(52) Bayerische Staatskanzlei, o. J.

(53) *CSC*, 2012

Tabelle 4

Starkregengefährdung-Änderungsklassen

Änderungsklasse (Zunahme von Tagen mit über 25 mm Niederschlag nach „Machbarkeitsstudie ‚Starkregenrisiko 2050‘“ des CSC, 2012)		
1	2	3
Zunahme um höchstens 10%	Zunahme um über 10 % und höchstens 30%	Zunahme um mehr als 30%

Eine direkte Verrechnung mit den *KOSTRA*-Daten zur gegenwärtigen Gefährdung ist daher nicht möglich. Um dennoch Aussagen über die zukünftige Gefährdung treffen zu können und eine konsistente Darstellung von gegenwärtiger und zukünftiger Gefährdung zu ermöglichen, wurde daher wie folgt vorgegangen. Die gegenwärtige Gefährdung wurde basierend auf der *KOSTRA*-Variable *R24h10a* in fünf Klassen eingeteilt, die sowohl für die Gefährdungsanzeige in der Karte, im Steckbrief sowie für die Darstellung des qualitativen Risikos in Form einer Matrix verwendet wird (vgl. Abbildung 17).

Die zukünftige Gefährdungsstufe eines Standortes wurde durch die Kombination dieser Klassen mit den Änderungsklassen aus der Machbarkeitsstudie des CSC abgeleitet, indem die Gefährdungsstufe in der Änderungsklasse 3 um zwei Stufen erhöht wird, in der Änderungsklasse 2 um eine Stufe und in der Änderungsklasse 1 unverändert bleibt. Die in der CSC-Studie außerdem angegebene Signifikanz des Änderungssignals wurde darüber hinaus verwendet, um die Unsicherheit der zukünftigen Gefährdung abzuschätzen. Bei nicht signifikanten Ergebnissen wird der im Steckbrief angegebene Grad der Unsicherheit entsprechend um eine Stufe erhöht.

Vulnerabilität und Risiko

Neben einer Angabe zur örtlichen Gefährdung erfolgt im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auch eine auf den Nutzerangaben zur Immobilie basierende Einstufung der Vulnerabilität und des Risikos des Gebäudes durch die direkte Einwirkung des Stark-

regens auf das Gebäude (Stichwort: Versagen von Entwässerungsanlagen / Flachdach). Eine Verknüpfung von Starkregenereignissen einer bestimmten Intensität mit konkreten Schäden an Immobilien im Sinne von Schadensfunktionen existiert bisher nicht. Eine monetäre Bewertung jährlich zu erwartender Schäden ist daher im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht möglich. Es gibt jedoch erste Ansätze, die eine Abschätzung der Vulnerabilität in Abhängigkeit bestimmter baulicher Merkmale ermöglichen. Dies ermöglicht eine qualitative Risikoeinschätzung, die die Gefährdungsstufe eines Standorts aus den Klimadaten mit einer gebäudetypspezifischen Vulnerabilitätsklassifizierung in Form einer Risiko-Matrix in Verbindung bringt (vgl. Abbildung 17 für eine analoge Darstellung des Hitzेरisikos).

Die Klassifizierung der Vulnerabilität bzw. der Widerstandsfähigkeit erfolgt dabei auf Grundlage einer fünfstufigen Skala anhand der vom Nutzer im Tool angegebenen Informationen zu seiner Immobilie. Die Einstufung basiert auf einem Scoring-Modell, das für bestimmte Ausführungen einzelner Gebäudeparameter nach einem vorgegebenen System Punkte vergibt und entsprechend des Gesamtwertes schließlich die Vulnerabilitätsstufe bestimmt. Eine Übersicht der dabei berücksichtigten Gebäudemerkmale sowie ihrer Wirkrichtung auf die Widerstandsfähigkeit findet sich in Tabelle 8. Das verwendete Scoring-System orientiert sich dabei insbesondere an Fachveröffentlichungen des *Instituts für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V.* an der *TU Berlin* sowie der *Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main*.

Tabelle 5

Ableitung der Starkregen-Gefährdungsstufen aus *KOSTRA*-Wiederkehrwerten

Gefährdungsstufe				
1	2	3	4	5
$R24h10a \leq 60 \text{ mm}$	60 mm < $R24h10a \leq 85 \text{ mm}$	85 mm < $R24h10a \leq 105 \text{ mm}$	105 mm < $R24h10a \leq 120 \text{ mm}$	$R24h10a > 120 \text{ mm}$
Mäßige Gefährdung	Moderate Gefährdung	Erhöhte Gefährdung	Hohe Gefährdung	Sehr hohe Gefährdung

Tabelle 6

Scoring-Modell zur Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Starkregen*

Bauliches Merkmal	Ausprägung	Widerstandsfähigkeit
Dachüberstand (Größe):		
	Dachüberstände sind auf 80–100 % der Gebäudeseiten vorhanden	+
	Dachüberstände sind auf 50–80 % der Gebäudeseiten vorhanden	0
	Dachüberstände sind auf weniger als 50 % der Gebäudeseiten vorhanden	-
Dachform:		
	Satteldach	++
	Pultdach	++
	Flachdach	--
	Anderer Typ	+
Dachgauben, Sheddach oder sonstige Bauweise mit zahlreichen Durchdringungen und/oder Materialwechsell:		
	Ja	-
	Nein	+
Art der Dachentwässerung:		
	Außenliegende, vorgehängte Dachrinne	+
	Außenliegende, zurückgesetzte Dachrinne	0
	Innenliegende Dachentwässerung	-
Neigung des Flachdachs (falls Flachdach):		
	Neigung < 5%	-
	Neigung ≥ 5%	+
Letzte Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung der Dachdeckung/-dichtung:		
	Vor höchstens 5 Jahren	++
	Vor mehr als 5, aber weniger als 15 Jahren	+
	Vor mehr als 15, aber weniger als 25 Jahren	0
	Vor mehr als 25, aber weniger als 35 Jahren	-
	Vor mehr als 35 Jahren	--
	keine	--
Letzte Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung des Entwässerungssystems:		
	Vor höchstens 5 Jahren	++
	Vor mehr als 5, aber weniger als 15 Jahren	+
	Vor mehr als 15, aber weniger als 25 Jahren	0
	Vor mehr als 25, aber weniger als 35 Jahren	-
	Vor mehr als 35 Jahren	--
	keine	--
Bauweise der Außenwand:		
	Einschalig mit Außendämmsystem (z. B. Wärmedämmverbundsystem)	+
	Einschalig mit wasserhemmendem oder -abweisendem Außenputz bzw. Sichtmauerwerk	0
	Einschalig ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz	-
	Zweischalige Außenwand	++
Baujahr:		
	≥ 2010	++
	1990 – < 2010	+
	1970 – < 1990	0
	1945 – < 1970	-
	< 1945	--
Balkon und/oder Dachterrassen vorhanden?		
	Ja	-
	Nein	+
Balkone und Dachterrassen besitzen Notüberlauf (falls vorhanden):		
	Ja	+
	Nein	-
Nutzung des Stockwerks direkt unter dem Dach:		
	Wohnen	-
	Lager	0
	Keine	+
Notüberlauf an Dachrinnen:		
	Vorhanden	+
	Nicht vorhanden	-

* Es ist zu beachten, dass die Angaben in der Spalte „Widerstandsfähigkeit“ nicht zwingend die im GIS-ImmoRisk Naturgefahren verwendete exakte Verrechnung der

4.2.5 Erdbeben

Hintergrund

Die Gefährdung durch Erdbeben in Deutschland spielt in der öffentlichen Wahrnehmung zwar nur eine untergeordnete Rolle, sollte jedoch nicht unterschätzt werden, auch wenn die Gefährdung im globalen Vergleich gering ist. Geschätzt ein Drittel der Bevölkerung lebt in Gebieten, in denen Beben der seismischen Intensität VI (oder höher), die bereits zu sichtbaren Schäden an Gebäuden führen kann, eine Nichtüberschreitungswahrscheinlichkeit von 90 % in 50 Jahren besitzen, was einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren entspricht. Die Wahrscheinlichkeit einer einzelnen Immobilie, von einem schweren Erdbeben getroffen zu werden ist zwar im Vergleich zu anderen Naturgefahren gering, im konkreten Fall können die Kosten aufgrund von Schäden an der Baustruktur jedoch erheblich sein. Aus Sicht von Versicherern, der Verwaltung und auch größeren Investoren liegt das Risiko im Großschadenspotenzial mit vielen betroffenen Gebäuden bei sehr seltenen Ereignissen, insbesondere wenn größere Agglomerationen betroffen wären. Die Münchener Rück schätzt beispielsweise das Schadenspotenzial eines möglichen Bebens der Magnitude 6,4 in der Nähe von Köln auf 20–30 Milliarden €.

Mit Hilfe des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* kann der Nutzer direkt Informationen zur Erdbebengefährdung seines Standortes erlangen und erhält darüber hinaus in den im Tool abrufbaren Informationsmaterialien Hinweise dazu, welche Aspekte bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes zu mehr Sicherheit beitragen können.

Gefährdung

Aufgrund historischer Berichte zu einzelnen Beben inklusive der dabei aufgetretenen Schäden,

kann zur Abschätzung der Gefährdung durch Erdbeben auf eine im Vergleich zu anderen Naturgefahren relativ lange Zeitspanne zurückgegriffen werden. Dies ist auch deshalb möglich, weil rein prinzipiell von einer über diese Zeit gesehen relativ konstanten Gefährdung ausgegangen werden kann, während bei anderen Naturgefahren aufgrund klimatischer Veränderungen die Verwendung einer jahrhundertelangen Messreihe zur Abschätzung der gegenwärtigen Gefährdungssituation gar nicht zielführend ist. Die größte Erdbebengefährdung in Deutschland besteht im Gebiet westlich von Köln, südlich von Tübingen, im südlichen Teil des Rheingrabens bei Basel und (etwas schwächer) in der Region um Gera (vgl. Abbildung 18).

Zur Operationalisierung der Erdbebengefährdung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wird auf Ergebnisse des EU-Forschungsprojekts *SHARE (Seismic Hazard Harmonization in Europe)* zurückgegriffen⁵⁴. Das Projekt wurde von 18 europäischen Forschungseinrichtungen durchgeführt und konnte Gefährdungskarten für ganz Europa in einer Auflösung von 0,1° x 0,1° (ca. 7 km x 11 km) berechnen. Als seismischer Gefährdungsparameter wird dabei auf die maximale Bodenbeschleunigung (*Peak Ground Acceleration, PGA*) während eines Ereignisses mit einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren zurückgegriffen. Anders ausgedrückt handelt es sich um jene Bebenstärke, die im statistischen Mittel mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % alle 50 Jahre überschritten wird. Für die kartographische Darstellung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* sowie die weitere Verbindung mit der Vulnerabilität einer Immobilie zum Risiko (s. u.) wurden diese Werte entsprechend der sogenannten *Mercalli-Skala* klassifiziert (vgl. Tabelle 4). Diese Skala basiert auf einer qualitativen Beschreibung der Erdbebenfolgen (z. B. Schäden an Gebäuden) und kann mit den Werten der *PGA* in Verbindung gebracht werden.⁵⁵

(54) vgl. Woessner et al., 2015

(55) vgl. Wald et al., 1999

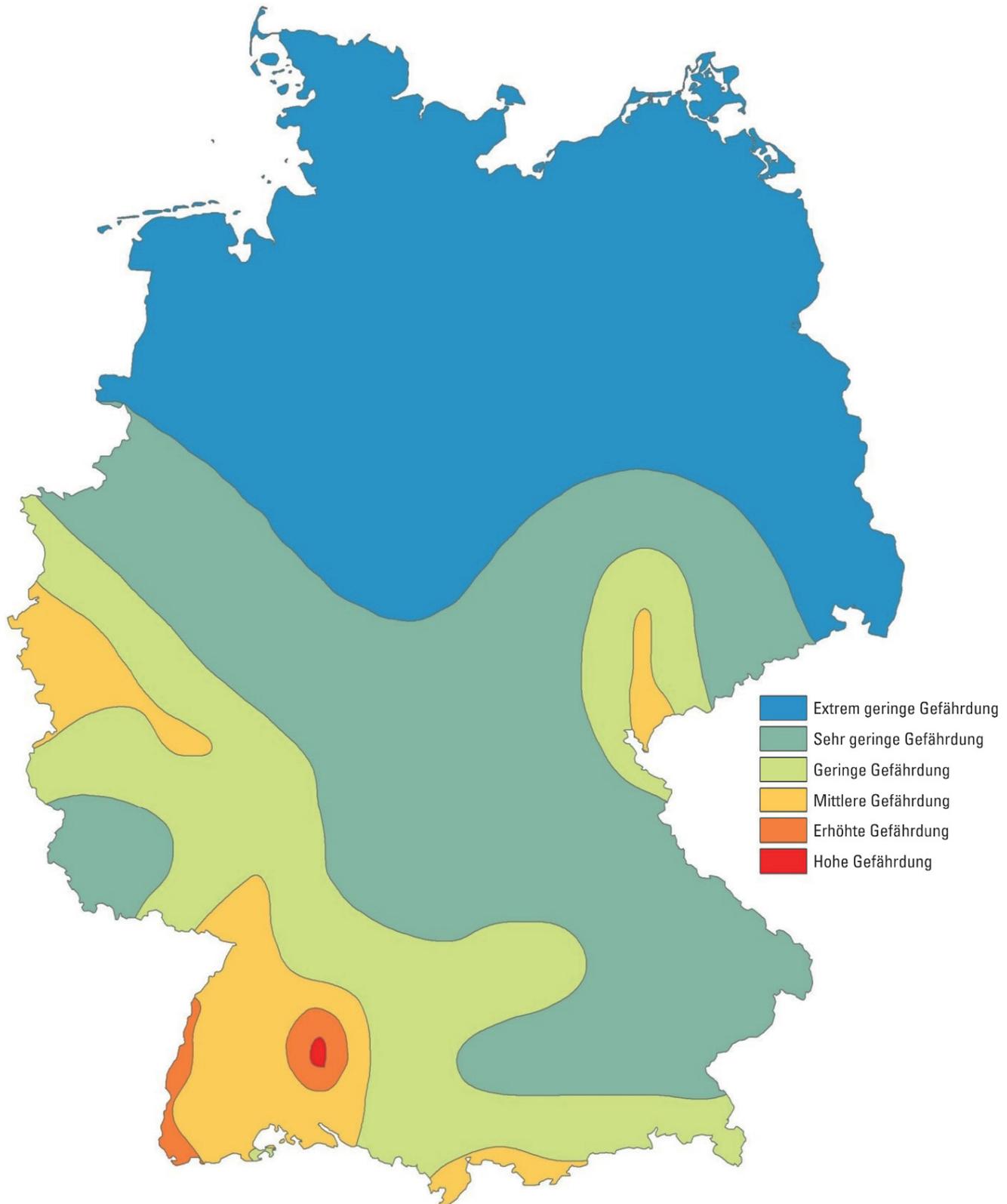
Tabelle 7

Klassifizierung von Erdbeben-Gefahrenzonen basierend auf der *Peak-Ground-Acceleration (PGA)* des 475-jährigen Ereignisses

<i>PGA</i> bei 475-jährigem Ereignis	Gefahrenzone
< 0,014 [m/s ²]	(1) Extrem geringe Gefährdung
< 0,039 [m/s ²]	(2) Sehr geringe Gefährdung
< 0,092 [m/s ²]	(3) Geringe Gefährdung
< 0,18 [m/s ²]	(4) Mittlere Gefährdung
< 0,34 [m/s ²]	(5) Erhöhte Gefährdung
≥ 0,34 [m/s ²]	(6) Hohe Gefährdung

Abbildung 18

Erdbebengefährdungszonen in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Daten aus dem EU-Projekt *SHARE*; vgl. Woessner et al., 2015; Klassifizierung nach Wald et al., 1999

Vulnerabilität und Risiko

Das konkrete Erdbebenrisiko einer Immobilie setzt sich, wie auch bei den anderen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* abgebildeten Naturgefahren, aus der Gefährdungssituation am jeweiligen Standort (Häufigkeit von Beben einer bestimmten Intensität, s. o.) und der Anfälligkeit (Vulnerabilität) des Gebäudes gegenüber Erdbeben zusammen. Auf eine Verknüpfung der Gefährdung mit einer gebäudespezifischen Vulnerabilität wurde im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verzichtet, da die Vulnerabilität von einer Vielzahl technisch-konstruktiver Parameter beeinflusst wird und darüber hinaus auch die schwer abzuschätzende Beschaffenheit des Bauuntergrundes wesentlich für Wirkung eines Bebens auf das Gebäude ist.

Da sich die Vulnerabilität einer Immobilie gegenüber Erdbeben vor allem aus ihren konstruktiven Merkmalen ergibt, kann eine deutliche Reduzierung der Vulnerabilität lediglich durch entsprechende Maßnahmen in der Entwurfsphase vor dem Baubeginn erreicht werden. Nachträglich Anpassungen an Bestandsgebäuden lassen sich, wenn überhaupt, nur mit erheblichen Eingriffen in die Baukonstruktion erzielen, was naturgemäß mit erheblichem Kostenaufwand verbunden ist. Insbesondere in Gebieten mit einer erhöhten Gefährdungslage sollte daher bereits vor der Bauphase über Maßnahmen zu Erhöhung der Widerstandsfähigkeit nachgedacht werden, wobei die örtlichen Bauordnungen in den jeweiligen Regionen bereits entsprechend höhere Anforderungen stellen. Grundsätzlich sind Gebäude aus einfachem, unbewehrtem Mauerwerk deutlich anfälliger für Verformungen in Folge von erdbebeninduzierten Schwingungen als Gebäude aus Stahlbeton, Holzfachwerk oder reinen Stahlkonstruktionen.

4.2.6 Blitzschlag

Hintergrund

Schäden durch Blitzschläge und Überspannung kosteten die deutschen Sachversicherer allein im Jahr 2017 rd. 250 Millionen €⁵⁶. Während die Anzahl der gemeldeten Schadensereignisse in den letzten zehn Jahren leicht rückläufig war, steigen die durchschnittlichen Kosten pro Versicherungsfall kontinuierlich an (2017: 840 €). Schäden entstehen dabei in erster Linie an technischen Geräten und weniger an den Immobilien selbst. Die dafür verantwortliche Überspannung kann sowohl durch einen direkten Blitzeinschlag in ein Gebäude als auch bei einem Einschlag in der Umgebung entstehen. Die meisten Schäden entstehen in den Sommermonaten, wenn aufgrund der Hitze gehäuft Gewitter entstehen. Der

Klimawandel wird nach Ansicht von Klimatologen in Zukunft tendenziell zu einer erhöhten Gefährdung durch Blitzschlag führen.

Die Gefahr Häufigkeit von Blitzschlägen ist innerhalb Deutschland regional sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht eine schnelle und einfache Einschätzung der Gefährdung einer Immobilie und bietet darüber hinaus Hinweise zur Vermeidung möglicher Risikoquellen.

Gefährdung

Die konkrete Gefährdung einer Immobilie hängt einerseits vom Makrostandort innerhalb Deutschlands ab, aber andererseits auch von Merkmalen der Immobilie sowie der Bebauung in ihrer Umgebung (Bäume, Türme, Versorgungsleitungen etc.). Die Stärke eines Blitzes ist für den auftretenden Schaden ebenso relevant wie die Erdungssituation, vorhandene Leitungen im Haus unterschiedlichster Art sowie in besonderem Maße das Vorhandensein einer Blitzschutzanlage. Ob ein Blitz, der in der Umgebung eines Gebäudes einschlägt, zu Überspannungsschäden führt, hängt stark von der Siedlungsstruktur eines Standortes bzw. den damit einhergehenden Besonderheiten des Stromnetzes ab.

Die für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Gefährdungsdaten stammen aus dem Blitzortungssystem *Siemens-BLIDS*. Das System basiert auf der Analyse der von jedem Blitz ausgehenden elektromagnetischen Signale mit Hilfe eines dichten Netzes miteinander verbundener Messstationen (150 in ganz Europa), deren Daten in der *BLIDS-Zentrale* in Karlsruhe gesammelt werden. Durch den Vergleich der Ankunftszeiten dieser Signale an mehreren Stationen kann der Einschlagort eines Blitzes mit einer mittleren Genauigkeit von ca. 200 m bestimmt werden⁵⁷. Die kartographische Darstellung der Gefährdung durch Blitzschlag im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* basiert auf der so erhobenen Anzahl der jährlichen Blitzeinschläge pro km² (die Darstellung erfolgt auf Kreisebene, vgl. Abbildung 19).

Da der gegenwärtige Stand der wissenschaftlichen Forschung noch keine zuverlässigen Aussagen, über die zukünftige Gefährdung durch Blitzschlag zulässt, beschränkt sich die Darstellung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* allein auf die gegenwärtige Gefährdung.

Vulnerabilität und Risiko

Auf eine Verknüpfung der Gefährdung mit einer gebäudespezifischen Vulnerabilität wurde im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verzichtet, da eine Vielzahl an Parametern, die sich nicht im Rahmen

(56)
GDV, 2018

(57)
Kern et al., 2007

eines Naturgefahren-GIS benutzerfreundlich automatisiert erfassen lassen, eine Rolle für das Risiko spielt und die auftretenden Schäden wie beschrieben eher technische Geräte als das Gebäude selbst betreffen. Im Folgenden werden jedoch einige der grundlegenden Schutzmaßnahmen genannt, mit denen das Risiko einer Immobilie reduziert werden können.

Eine fachmännisch installierte und instandgehaltene Blitzschutzanlage schützt sowohl das Gebäude selbst, als auch elektronische Geräte. Eine vollständige Blitzschutzanlage umfasst dazu neben einem Blitzableiter, der verhindert, dass das Gebäude selbst getroffen wird, einen sogenannten Blitzstromableiter und einen Überspannungsableiter. Regelmäßige Wartungen insbesondere des Blitzableiters, da dieser der Witterung ausgesetzt ist, sorgen für zusätzliche Sicherheit.

Blitzstromableiter leiten die Energie eines Blitzes in die Erde ab und „sind grundsätzlich möglichst unmittelbar am Eingang der elektrischen Versorgungsleitung (in das Gebäude, in die Verteilungsanlage) im Vorzählerbereich zu installieren“⁵⁸. Überspannungsableiter werden im Stromverteiler verbaut, können aber auch (in Form spezieller Schutzstecker oder -steckerleisten) zum zusätzlichen Schutz einzelner Geräte verwendet werden. Die Installation nimmt außer bei den letztgenannten (Teil-)Lösungen der Elektrofachmann vor.

Insbesondere wenn bekanntermaßen kein vollständiger Überspannungsschutz verbaut ist, sollten während eines Gewitters alle Elektrogeräte von der Stromversorgung getrennt werden. Ebenfalls gezogen werden sollten Netzkabel (an Computer oder Fernseher) sowie das Antennen-, Satelliten- oder terrestrische Kabel. Der Kontakt mit Wasserleitungen (Wasserhahn, Duschen, Baden) sollte während eines Gewitters vermieden werden, da Rohre ebenfalls unter Spannung stehen können.

4.2.7 Schneelast

Hintergrund

Starker Schneefall kann insbesondere für Immobilien mit großen, wenig geneigten Dachflächen ein großes Risiko darstellen. Zuletzt in den Schlagzeilen geriet das Thema insbesondere nach den schweren Schäden im Jahr 2006, als nach schwerem Schneefall in Bayern 16 Hallen und Gebäude einstürzten⁵⁹ und ein Gesamtschaden von ca.

70 Millionen € entstand. Viele Eigentümer versuchen sich zu schützen, indem sie den Schnee auf dem Dach selbst oder vom Fachmann räumen lassen. Bei einer eigenständigen Durchführung der Schneeräumung und unzureichender Sicherung besteht jedoch Absturzgefahr, bei unsachgemäßer Ausführung auch das Risiko von Beschädigungen der Dachhaut mit der Konsequenz, dass Feuchtigkeit in das Gebäude gelangen kann.

Gefährdung

Die regionale Gefährdung hängt stark von der Lage einer Immobilie innerhalb Deutschlands ab. Eine Einteilung Deutschlands in sogenannte Schneelastzonen und jeweils anzuwendende Formeln zur Berücksichtigung der Geländehöhe sind in der *DIN 1055-5* festgelegt. Mit Hilfe dieser Norm kann für jeden Standort in Deutschland eine sogenannte charakteristische Schneelast s_k festgelegt werden, die bei der Planung eines Gebäudes zu berücksichtigen ist.

Bis dato öffentlich zugängliche Informationsquellen zur regionalen Schneelast beschränken sich auf die kartographische Wiedergabe der einzelnen Schneelastzonen, verzichten jedoch auf die in der *DIN EN 1055-5* geforderte zusätzliche Differenzierung nach der Höhe eines Standorts über Meeressniveau. Gemäß dieser Norm besitzt s_k zunächst je nach Zone einen bestimmten Mindestbetrag und steigt ab einer gewissen Höhe linear an. Durch die Verbindung der Schneelastzonen mit satellitengestützten Radardaten zur Topographie konnte für *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erstmals eine deutlich detailliertere Form der deutschlandweiten Gefährdungslage erstellt werden. Die Daten zur Topographie stammen aus der sog. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Als Berechnungsgrundlage für die Bestimmung von s_k wurde der Medianwert der Höhe einer Gemeinde über dem Meeressniveau verwendet.

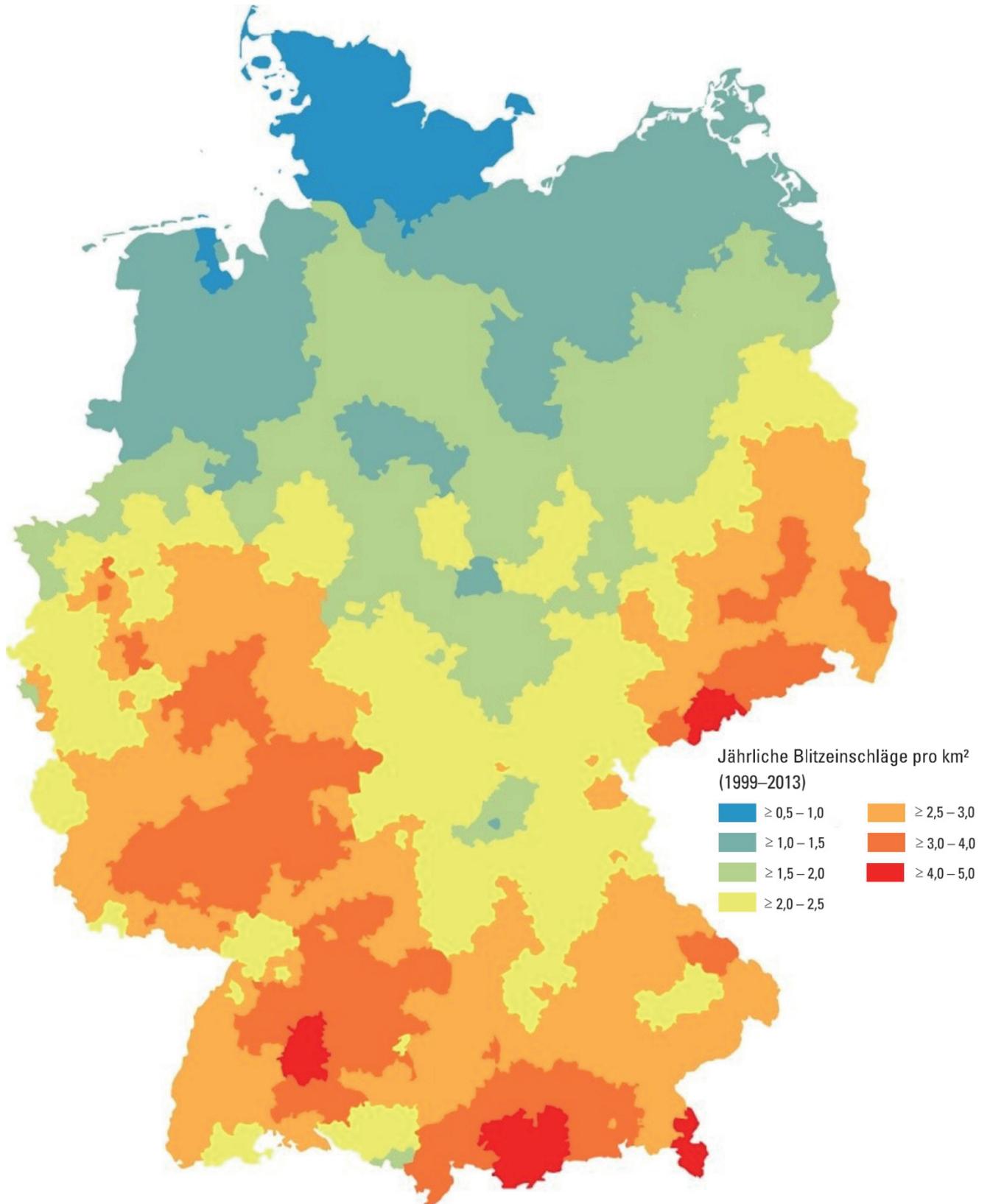
Abbildung 20 zeigt schematisch die Verknüpfung von Geländedaten und Schneelastzonen sowie die auf diese Weise für *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erzeugte Karte der deutschlandweiten Gefährdung durch Schneelast, die deutlich differenziertere Aussagen zur lokalen Gefährdung zulässt, als bisherige Informationsquellen zu dieser Thematik. Die in Abbildung 20 sichtbaren „scharfen Grenzen“ in der räumlichen Verteilung der charakteristischen Schneelast sind wie beschrieben eine direkte Konsequenz der in *DIN EN 1055-5* festgesetzten Schneelastzonen.

(58)
VDE Verband der Elektroniker, o. J.

(59)
Strasser, 2007

Abbildung 19

Durchschnittliche jährliche Anzahl von Blitzeinschlägen pro km²



Quelle: Siemens-BLIDS, 2014; eigene Darstellung

Vulnerabilität und Risiko

Das konkrete Risiko einer Immobilie durch Schneelast setzt sich aus der durch die Schneelastzone definierten Gefährdung (Häufigkeit bestimmter Schneehöhen) sowie der gebäudespezifischen Vulnerabilität zusammen. Letztere wird neben der Stabilität der Dachkonstruktion selbst im Wesentlichen durch die Dachform, insbesondere die Neigung des Dachs, bestimmt. Hier gilt die Faustregel: Je steiler das Dach, desto geringer die Vulnerabilität. Für Dächer mit einem Neigungswinkel über 60° kann das Risiko durch Schneelast vernachlässigt werden, insofern nicht Schneefanggitter oder andere Dachaufbauten ein Abrutschen verhindern. Das Risiko steigt mit abnehmender Neigung des Dachs und erreicht sein Maximum ab einem Winkel von 30°. Da die tatsächliche Vulnerabilität jedoch in sehr starkem Maß von den konstruktiven Details der baulichen Ausführung abhängig ist, wurde im *GIS-ImmoRisk* auf eine gebäudetypspezifische Erfassung der Vulnerabilität verzichtet. Neben standortspezifischen Angaben zur Gefährdung vor Ort, können Nutzer des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* jedoch im Werkzeug selbst auch Hinweise zu Faktoren, die die Vulnerabilität beeinflussen und welche Vorsichtsmaßnahmen sinnvoll sein können, abrufen.

4.2.8 Waldbrand

Hintergrund

Das feuchte Klima in Deutschland sorgt bisher für eine vergleichsweise geringe Gefährdung durch Waldbrände, da die Niederschläge in den meisten Regionen quasi ganzjährig die Verdunstung übertreffen. Darüber hinaus existieren in Deutschland nur wenige größere Siedlungseinheiten, die direkt an ausgedehnte Waldgebiete angrenzen⁶⁰. Dank verbesserter Schutzmaßnahmen, gesteigerter Öffentlichkeitsarbeit und dem Wegfall bestimmter Zündquellen durch technische Innovationen, konnten Häufigkeit und Größe von Waldbränden in Deutschland in den letzten vier Jahrzehnten deutlich verringert werden⁶¹ und dies obwohl rein klimatisch betrachtet das Risiko von Waldbränden im gleichen Zeitraum sogar zugenommen hat⁶².

Diese Entwicklung verdeutlicht die Tatsache, dass der größte Teil der Waldbrände in Deutschland durch Menschen verursacht wird und damit vermeidbar wäre. Neben einer Zündquelle – sei es der Mensch oder ein Blitz – ist die Verfügbarkeit brennbaren Materials der zweite wesentliche

Faktor bei der Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden. Lange Trocken- und Hitzeperioden befördern die Verfügbarkeit und im Zuge des Klimawandels ist in vielen Regionen mit einer Verschärfung der Gefährdungssituation zu rechnen⁶³. Dank der durch den *DWD* zur Verfügung gestellten Auswertungen langjähriger Messreihen und entsprechender Modellierungen des zukünftigen Klimas, ermöglicht das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* Immobilienbesitzern eine detaillierte Übersicht der heutigen und zukünftigen Gefährdung ihres Standortes durch Waldbrände und dadurch auch die Ergreifung entsprechender Vorsorgemaßnahmen.

Gefährdung

Um die Gefährdung eines Standortes durch Waldbrand zu erfassen, verwenden Klimatologen bestimmte Kennzahlen, die eine Reihe unterschiedlicher meteorologischer Größen, die für die Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden maßgeblich sind, zusammenfasst. Der vom *DWD* verwendete kanadische *Fire Weather Index (FWI)* berücksichtigt dabei die Lufttemperatur, die relative Feuchtigkeit, die Windgeschwindigkeit, die Niederschlags- bzw. Schneemenge, sowie die kurz- und langwellige Strahlung.

Die Angaben zur Waldbrandgefährdung im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* basieren dabei auf der durchschnittlichen, jährlichen Anzahl von Tagen mit einem *FWI* von 4 oder 5 (also den beiden höchsten Gefährdungsstufen). Aus Beobachtungsdaten und Modellierungen liegen die Daten für die Referenzperiode 1961–1990 (gegenwärtige Gefährdung) in einer Auflösung von 1 km x 1 km vor. Für die zukünftigen Perioden 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2100 wurden entsprechende Änderungssignale aus einem Ensemble aus 14 Regionalen Klimamodellen vom *DWD* für *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Verfügung gestellt. Verwendung fand hierbei der Median (also das mittlere Änderungssignal) aus den 14 Ensemblemitgliedern. Die Modellierungen des zukünftigen Klimas basieren auf dem *A1B*-Szenario und besitzen eine räumliche Auflösung von 0,25° x 0,25° (ca. 17,5 km x 27,5 km).

Der verwendete *FWI* bezieht sich grundsätzlich auf einen Referenz-Baumbestand aus Kiefern. Da diese in Deutschland zünd- und brennfähiger als andere Baumgesellschaften sind, handelt es sich sozusagen um ein Worst-Case-Szenario, da die Gefahr beispielsweise in einem reinen Eichenbestand geringer ausfällt⁶⁴.

(60)
Wittich, 1998, S. 321

(61)
Wittich, 1998, S. 324

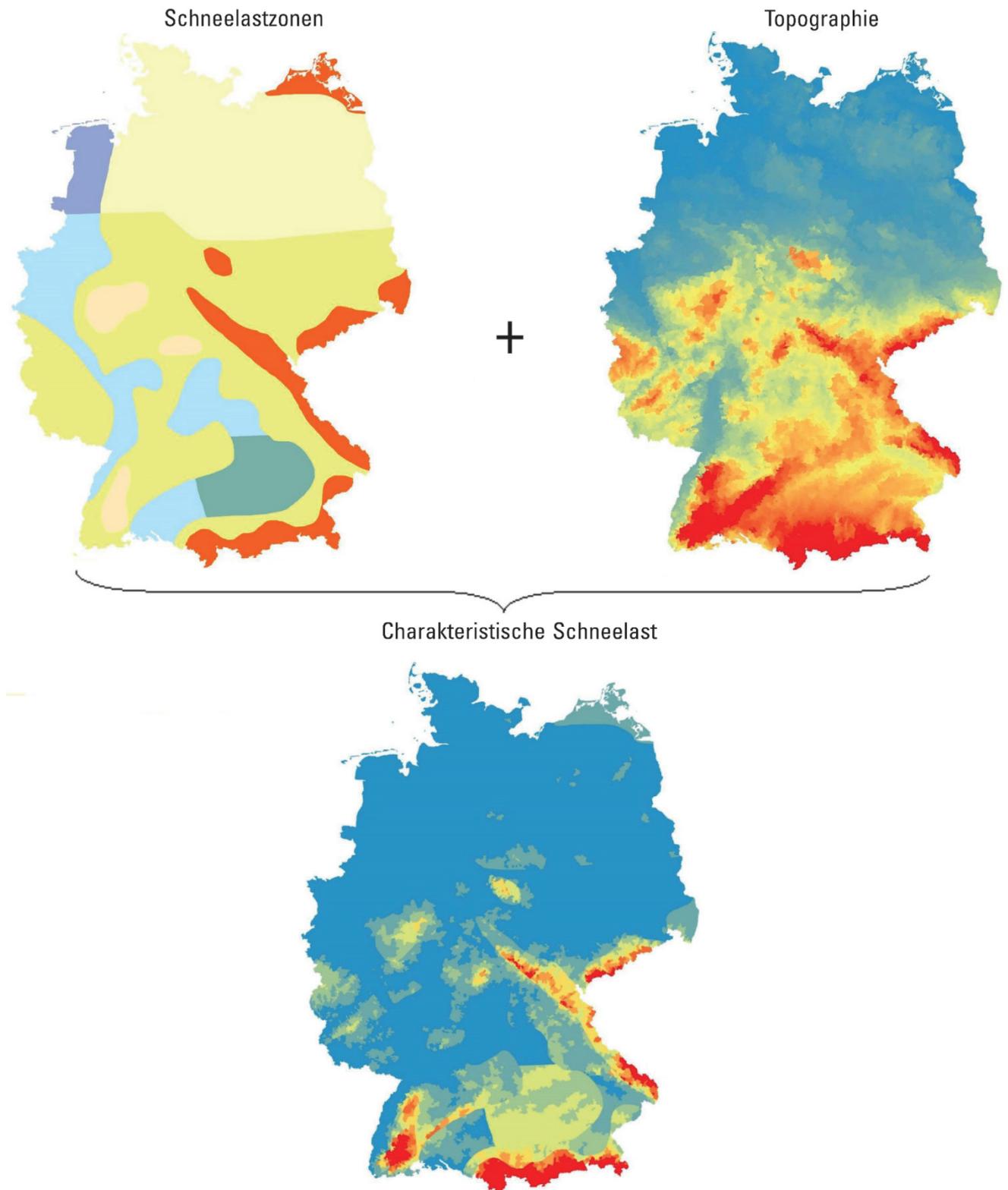
(62)
Wittich et al., 2011

(63)
Wittich et al., 2011

(64)
DWD, 2015

Abbildung 20

Schematische Darstellung der Verschneidung eines digitalen Geländemodells mit Schneelastzonen nach *DIN 1055-5* zur Modellierung lokaler charakteristischer Schneelasten



Quelle: *DIN EN 1991-1-3, SRTM, 2015, eigene Analyse und Darstellung*

Da eine Gefährdung durch Waldbrand definitionsgemäß eine Nähe zu Waldgebieten voraussetzt, wurde für das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zusätzlich zu den rein meteorologischen Daten auf einen durch die *Europäische Umweltagentur* herausgegebenen Datensatz zur Landnutzung zurückgegriffen (*CORINE Land Cover*). Die Daten besitzen eine Raster-Auflösung von 250 m x 250 m und geben grundsätzlich Auskunft über die an einem Standort vorherrschende Landnutzung, also zum Beispiel bebaute Flächen, landwirtschaftlich genutzte Fläche oder auch unterschiedliche Waldarten. In jenen Rasterzellen, die direkt an eine als Wald klassifizierte Zelle angrenzen, wird davon ausgegangen, dass noch eine Gefährdung durch Waldbrand besteht. Im Abstand von zwei Rasterzellen von Wäldern, also bei einem Abstand von mindestens 250 m wird davon ausgegangen, dass keine Gefährdung vorliegt, selbst wenn die Daten zum *Fire Weather Index* hohe Werte aufweisen. Je nach Lage einer Immobilie und der Waldgebiete innerhalb dieser Rasterzellen zur Landnutzung liegt der tatsächliche Abstand zum Wald im Mittel über diesem Mindestwert von 250 m. Unter sehr ungünstigen Umständen ist jedoch auch über diese Distanz hinaus Funkenflug bei sehr starken Winden möglich, weshalb ein gewisses Restrisiko nicht ausgeschlossen werden kann. Abbildung 21 zeigt die auf diese Weise erstellte kartographische Darstellung der gegenwärtigen und zukünftigen Waldbrandgefährdung in Deutschland. Um eine geographische Differenzierung des Grades der Unsicherheit bei der zukünftigen Gefährdung zu ermöglichen, wurde darüber hinaus auf die Differenz der

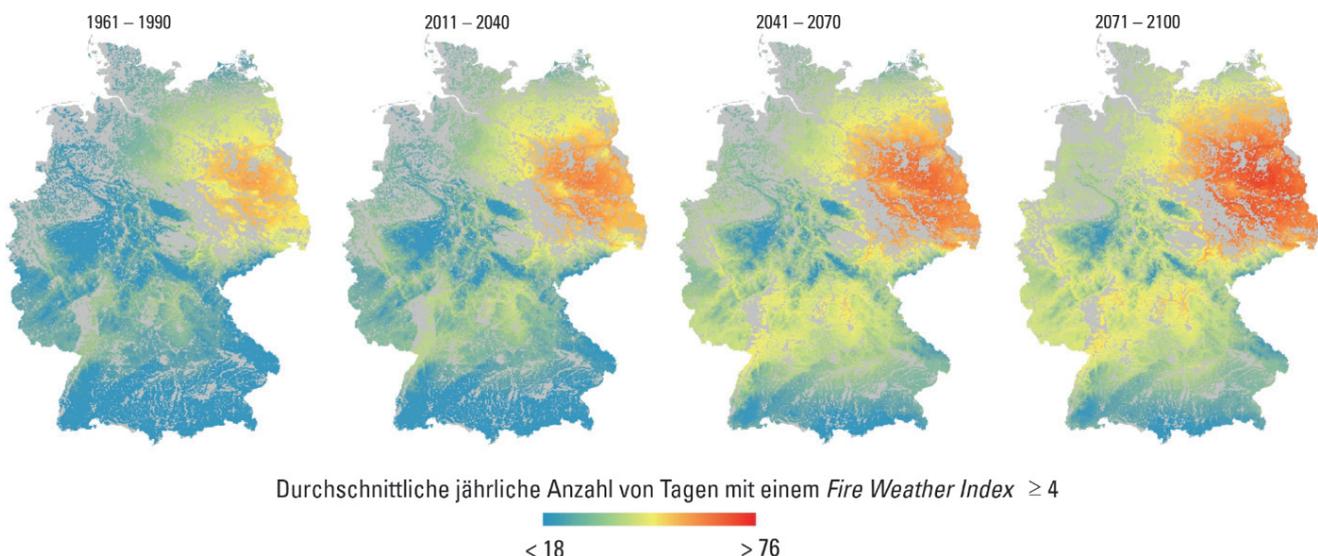
ebenfalls durch den *DWD* zur Verfügung gestellten 15 %- bzw. 85 %-Quantile der Modellergebnisse zurückgegriffen. Eine hohe Differenz der beiden Werte weist dabei prinzipiell auf eine vergleichsweise höhere Modellunsicherheit hin.

Vulnerabilität und Risiko

Die Vulnerabilität eines Gebäudes gegenüber Waldbränden hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, die sich im Rahmen eines automatisierten Verfahrens wie im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht ohne weiteres abbilden ließen. Für eine Quantifizierung möglicher Schäden fehlt es außerdem an geeigneten Schadensfunktionen, die entsprechende Aussagen zum quantitativen Risiko ermöglichen würden. Immobiliennutzer und -besitzer können jedoch bereits bei der Planung eines Gebäudes als auch bei der späteren Nutzung einige Punkte berücksichtigen, die das Risiko deutlich verringern können. Insbesondere wenn mit Hilfe des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* festgestellt wurde, dass am betreffenden Standort eine hohe Gefährdung besteht, sollte großer Wert auf feuerfeste Materialien sowie eine Vermeidung von Ansammlungen brennbaren Materials um oder auf dem Gebäude gelegt werden. Trockenes Laub auf Dächern oder in Dachrinnen sollte möglichst zeitnah beseitigt werden, wobei es natürlich hilfreich ist, wenn ein möglichst großer Teil der Dachfläche gut einsehbar und auch zugänglich ist. Weitere Informationen zu möglichen Risikofaktoren und wie diese vermieden werden können, kann der Nutzer des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* im Werkzeug selbst abrufen.

Abbildung 21

Durchschnittliche jährliche Anzahl von Tagen mit einem FWI ≥ 4 (falls der Standort in der Nähe eines Waldes liegt) – Median-Werte



5 Zusammenfassung der Projektergebnisse

Anknüpfungspunkte zum GIS-ImmoRisk Naturgefahren – Einführende Bemerkungen

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bietet seinen Nutzern – insbesondere den unterschiedlichen Akteuren der Immobilien- und Wohnungswirtschaft – ein deutschlandweites und flächendeckendes Online-Tool zur qualitativen und quantitativen Einschätzung des gegenwärtigen und zukünftigen immobilienwirtschaftlichen Risikos von Naturgefahren. Der bereits im Vorgängerprojekt *ImmoRisk* erfolgreich umgesetzte dreigliedrige Ansatz aus **Gefährdung**, **Vulnerabilität** und **Wert** zur Bestimmung von Klimarisiken wurde dazu beibehalten und an zahlreichen Stellen verfeinert.

GIS-ImmoRisk Naturgefahren unterstützt insbesondere die Akteure der Immobilien- und Wohnungswirtschaft bei wichtigen Entscheidungen hinsichtlich der Immobilienauswahl, ihrem zukünftigen Investitionsverhalten und bei der Überführung der identifizierten Gefahren in handlungsleitende Strategien. Die acht im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* berücksichtigten Naturgefahren – Sturm, Hagel, Hitze, Starkregen, Erdbeben, Blitzschlag, Schneelast sowie Waldbrand – decken dabei deutschlandweit eine breite Palette der wichtigsten Treiber von Klimarisiken ab. Aufgrund des enormen Aufwands für eine Bereitstellung flächendeckender Informationen zur Hochwassergefährdung, musste lediglich diese für die Immobilienwirtschaft wesentliche Naturgefahr zum bisherigen Stand außen vor bleiben.

Während das Vorgängerprojekt *ImmoRisk* noch auf 15 kleinräumige Pilotstandorte beschränkt war, verlangte das nun deutschlandweit arbeitende *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nach einer deutlich leistungsfähigeren technischen Infrastruktur hinsichtlich Soft- und Hardware, um die rechen- und speicheraufwändigen Prozesse bewerkstelligen zu können.

Im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfolgt erstmalig eine deutschlandweite Risikobewertung von Extremwetterereignissen auf Objektebene, die außerdem den nicht zuletzt aufgrund der hohen Lebensdauer von Immobilien bedeutsamen Klimawandel mitberücksichtigt. Das Online-Tool lässt somit wichtige Schlüsse hinsichtlich der ortsspezifischen Gefährdungssituation und insbesondere deren zukünftigen Entwicklung zu. Da der zentrale Fokus des Projektes auf den Erfordernissen der Wohnungswirtschaft lag, sind konkrete Risikoabschätzungen bislang nur für

Wohnimmobilien verfügbar. Die Angaben zur standortabhängigen Gefährdung in Form zahlreicher interaktiver Karten sowie die Möglichkeit zur Erstellung nutzungsunabhängiger Standortsteckbriefe mit den entsprechenden Informationen zur örtlichen Gefährdung lassen sich jedoch auf alle Nutzungstypen von Immobilien übertragen und ermöglichen insbesondere einen standortübergreifenden Vergleich der Gefährdungslage.

Anknüpfungspunkte zum GIS-ImmoRisk Naturgefahren – Grundlegende Funktionalitäten

Zur Bestimmung der Naturrisiken einer Immobilie muss zunächst der zu untersuchende Standort durch den Nutzer festgelegt werden. Dies kann entweder direkt über die interaktive Karte oder über die Eingabe einer Adresse geschehen. In einem zweiten Schritt müssen die gebäude-spezifischen Eigenschaften der Immobilie angegeben werden, um Aussagen über die Vulnerabilität aber auch über den Sachwert einer Immobilie treffen zu können. Die abgefragten baulichen Charakteristika orientieren sich einerseits an den für eine Beurteilung der Vulnerabilität der Immobilie nach Stand der wissenschaftlichen Forschung notwendigen Informationen sowie an den in der *Sachwertrichtlinie 2012* festgelegten Kriterien zur Bestimmung von Normalherstellungskosten, die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Bewertung monetärer Risiken Verwendung finden. Als Resultat erhält der Nutzer einen sog. Objektsteckbrief, der die Ergebnisse der Gefährdungs- und Risikoabschätzung für alle behandelten Naturgefahren unter den gegenwärtigen, aber insbesondere auch den zukünftigen klimatischen Bedingungen enthält.

Die integrierte Portfoliofunktion bietet angemeldeten Nutzer über die Risikobeurteilung einzelner Immobilien hinaus ein nutzerfreundliches Werkzeug zur Verwaltung auch größerer Immobilienbestände an unterschiedlichen Standorten und ermöglicht jeglichen Akteuren der Immobilien- und Wohnungswirtschaft ein vorausschauendes Handeln noch bevor tatsächlich Schäden eintreten.

Die immer deutlicher werdenden Folgen des Klimawandels führen zu einer Intensivierung der Forschung im Bereich von Klimamodellierung, Klimafolgenforschung und möglicher Handlungsstrategien, so dass in Zukunft mit einer stetigen Verbesserung der zur Verfügung stehenden

Datenbasis zu rechnen ist. Die Entwicklung des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist ein offener Prozess, der durch den modularen Aufbau des Tools in Zukunft eine Erweiterung um neue Funktionen ermöglicht und insbesondere eine ständige Aktualisierung der verwendeten Datengrundlagen (z. B. durch neue Klimamodelle und -szenarien) zulässt. Es ist damit zu rechnen, dass in Zukunft insbesondere auf Ebene einzelner Städte immer mehr kleinräumige Simulationen beispielsweise zur sommerlichen Hitzebelastung zur Verfügung stehen werden und in das bestehende System integriert werden können. Die verbesserte Datenbasis wird letztlich auch zu einer Reduzierung der Unsicherheit führen, die bisher trotz der Integration des aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstandes, noch mit den Ergebnissen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verbunden ist.

Weiterführende Fragestellungen

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* stellt wie beschrieben eine enorme Weiterentwicklung des Vorgängerprojektes *ImmoRisk* dar, nicht nur was die Ausweitung der möglichen Analyse auf das ganze Bundesgebiet betrifft. Ungeachtet dessen und der zahlreichen bereits gelösten Herausforderungen bei einer objektgenauen Abschätzung von Klimarisiken ist vor allem vor dem skizzierten Hintergrund einer stetigen Verbesserung und Erweiterung der zur Verfügung stehenden Informationen zu dieser Thematik, noch eine Vielzahl von Erweiterungen denkbar.

Einige Ansatzpunkte für eine zukünftige Weiterentwicklung des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* werden im Folgenden kurz exemplarisch skizziert:

- **Ausweitung der Ermittlung des monetären Schadens auf alle dargestellten Naturgefahren:**

Die Ableitung eines monetären Risikos ist gegenwärtig aufgrund des aktuellen Forschungsstandes der Klimatologie nur für die Naturgefahren Sturm und Hagel möglich. In Zukunft könnten die hier entwickelten Funktionalitäten und Ansätze auf alle

dargestellten Naturgefahren in analoger Form Anwendung finden. Neben einer Verbesserung der zur Verfügung stehenden Informationen zur räumlichen Gefährdung, ist dazu insbesondere mehr Forschung auf dem Gebiet der Schadenswirkung in Bezug auf Immobilien für die übrigen Naturrisiken notwendig.

- **Ausweitung des GIS auf weitere Länder:**

Extremwetterereignisse machen ebenso wenig wie der Klimawandel an den Grenzen einzelner Staaten Halt. Nachdem das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfolgreich demonstrieren konnte, dass großräumige Gebiete wie die Bundesrepublik in einem Naturrisiken-GIS erfasst werden können, sollte ein nächster Schritt in einer Erweiterung der erfassten Regionen bestehen. Idealerweise würden die notwendigen Forschungen dann in Zukunft nicht als nationalstaatliche Insellösungen bearbeitet, sondern in einem koordinierten, länderübergreifenden Prozess, der Forscher aus unterschiedlichen Ländern an einen Tisch führt.

- **Integration von Kalkulationsmodulen zu Adaptionkosten**

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* berücksichtigt eine Vielzahl baulicher Merkmale bei der Analyse des spezifischen Risikos einer einzelnen Immobilie. Es wäre denkbar, dass in Zukunft eine Erweiterung um Software-Module stattfindet, die es dem Nutzer ermöglichen, spezifisch für seine Immobilie Auskünfte über mögliche und vor allem finanziell sinnvolle Adaptionmaßnahmen abzurufen.

- **Ergänzung um zusätzliches Kartenmaterial**

Neben der Einbindung weiterer Gefährdungskarten – insbesondere im Bereich von Hochwasser sowie sommerlicher Hitzebelastung auf städtischem Maßstab – könnte auch die Integration öffentlich zugänglicher Geodaten mit Bezug zum immobilienwirtschaftlichen Klimarisiko (Topographie, städtische Entwässerungseinrichtungen, Bodentypen, Baumbestand etc.) zu einer noch besseren Risikobewertung durch die Anwender des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* beitragen.

Anhang

Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung/Begriff	Erläuterung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
CCLM	Regionales Klimamodell (COSMO-CLM: Consortium for Small scale Modeling - Climate Limited-area Modelling-community)
CORINE	Coordination of Information on the Environment, Landnutzungsdaten
CSC	Climate Service Center
DOP	Digitales Orthophoto, landläufig auch Luftbild genannt
DWD	Deutscher Wetterdienst
GCM	Global circulation model (Globales Zirkulations-/Klimamodell)
GIS	Geographisches Informationssystem
HORA	Applikation "Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria"
Icon	Einzelnes Symbol, das eine Information durch vereinfachte grafische Darstellung vermittelt
IIÖ	Institut für Immobilienökonomie GmbH
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (UN-"Weltklimarat")
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
LFZ	Land-, forst- und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum GmbH
NHK	Normalherstellungskosten
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
ppm	Teilchenkonzentration in Gasen (Parts per Million / Anzahl bestimmter Teilchen, z. B. Moleküle von Treibhausgasen wie CO ₂ , in einer Million Teilchen eines Gasgemisches)
RCM	Regional Climate Model (Regionales Klimamodell)
SRES	Special Report on Emissions Scenarios (Klasse von Klimaszenarien)
RCP	Representative Concentration Pathways (Klasse von Klimaszenarien)
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (Satellitenmission zur Erzeugung von Radardaten zur Topographie)
SW-RL	Sachwertrichtlinie
Tool-Tipp	Kleines Pop-up-Fenster in Anwendungsprogrammen oder Webseiten

Anhang 2: Im GIS-ImmoRisk Naturgefahren verwendete Daten und Quellen je Naturgefahr

Naturgefahr	Datenquellen	Datensätze	Anmerkung
Wintersturm	DWD	Windspitzen für Wiederkehrzeiten von 5, 10, 50 und 100 Jahre (basierend auf Daten von 1971–2008, Auflösung 1 km x 1 km)	Aus den Daten wurden extremwertstatistische Parameter abgeleitet.
	KIT	5 unterschiedliche RCM-Läufe für 2021–2050 (3 Läufe des RCM <i>CLM</i> angetrieben mit dem GCM <i>CE5</i> , 1 <i>CLM</i> -Lauf angetrieben mit dem GCM <i>CC3</i> , 1 Lauf RCM <i>REMO</i> angetrieben mit GCM <i>ECHAM5</i>) und Referenzperiode 1971–2000. Auflösung <i>REMO</i> : 10 km x 10 km, Auflösung <i>CLM</i> : 7 km x 7 km. Szenario: <i>A1B</i>	Aus den Daten wurden Änderungssignale berechnet und auf die Daten zur gegenwärtigen Gefährdung des <i>DWD</i> übertragen. Aus der Streuung der 5 RCMs wurde außerdem auf die Unsicherheit der Ergebnisse geschlossen.
	Deutsche Rück	Schadensfunktion	
	GDV	Schadenskorrekturfaktoren	
	openDEM	SRTM-Radardaten zur Topographie (Auflösung 60 m x 60 m)	Verwendet zur Berücksichtigung kleinräumiger topographischer Gegebenheiten in Anlehnung an <i>Heneka, 2006</i> .
	CORINE	CORINE-Landnutzungsdaten, Auflösung 250 m x 250 m	Verwendet zur Ableitung lokaler Rauigkeitslängen
Hagel	KIT	Hageltage pro Jahr (1971–2000, 2021–2050, Auflösung 7 km x 7 km). Wiederkehrwerte von Radarreflektivitätswerten	Subauftrag an <i>KIT</i> zur Lieferung der Gefährdungsstatistik zu Hageltagen, die aus Radardaten in Kombination mit regionalen Klimamodellen erstellt wurden.
	Hohl (2001)	Schadensfunktion	
	IOÖR	Vulnerabilitätsklassifizierung	Empfehlungen zur Optimierung der Auswahl und Gewichtung der verwendeten Gebäudemerkmale
Hitze	DWD	Mittlere jährliche Anzahl <i>Heiße Tage</i> für die Zeiträume 1981–2010 (1 km x 1 km), 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2098 (je 0,25° x 0,25° und <i>SRES A1B</i> -Szenario, Median (50 %-Quantil) eines Ensembles aus 19 Mitgliedern).	Geliefert wurden Daten für die Zeiträume 1961–1990 und 1981–2010 sowie Änderungssignale der <i>Heißen Tage</i> für die drei zukünftigen Zeiträume bezogen auf 1961–1990. Aus den Änderungssignalen wurden die zukünftigen Werte berechnet.
	DWD	Hochaufgelöste Daten zur mittleren jährliche Anzahl <i>Heiße Tage</i> für das Stadtgebiet Kölns, 2021–2050 (100 m x 100 m), RCM <i>WETTREG</i> und RCM <i>STAR</i> , Szenario: <i>A1B</i>	
	IOÖR	Vulnerabilitätsklassifizierung	Empfehlungen zur Optimierung der Auswahl und Gewichtung der verwendeten Gebäudemerkmale
Starkregen	DWD	<i>KOSTRA-DWD-2010</i> (berücksichtigter Zeitraum: 1951–2010, Auflösung: 0,075° x 0,075°)	
	CSC	Änderungssignale aus RCM-Ensemble	
	IOÖR	Vulnerabilitätsklassifizierung	Empfehlungen zur Optimierung der Auswahl und Gewichtung der verwendeten Gebäudemerkmale
Erdbeben	SHARE-Projekt	<i>Peak-Ground-Acceleration</i> bei 475-jährigem Ereignis, Auflösung 0,1° x 0,1°	Daten aus dem abgeschlossenen <i>EU</i> -Projekt <i>SHARE</i> sind frei zugänglich
Blitzschlag	Siemens-BLIDS	Jährliche Blitzeinschläge pro km ² , auf Kreisebene, basierend auf Messungen von 1999–2013	
Schneelast	DIN EN 1991-1-3 (2010-12)	Örtliche „charakteristische Schneelast“ (Schneelastzonen + höhenabhängige Korrekturen)	
	openDEM	SRTM-Radardaten zur Topographie (Auflösung 60 m x 60 m)	Berücksichtigung der in der <i>DIN EN 1991-1</i> genannten Höhenabhängigkeit der charakteristischen Schneelast
Waldbrand	DWD	Durchschnittliche Tage mit Waldbrandindex 4 oder 5 für die Zeiträume 1961–1990 (1 km x 1 km aus Beobachtungsdaten und Modellierungen) sowie 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2100 (je 0,25° x 0,25° und <i>SRES A1B</i> -Szenario, Median eines Ensembles aus 14 Mitgliedern)	Geliefert wurden Daten für die Zeiträume 1961–1990 sowie Änderungssignale für die drei zukünftigen Zeiträume bezogen auf 1961–1990. Aus den Änderungssignalen wurden die zukünftigen Werte berechnet.
	CORINE	CORINE-Landnutzungsdaten, Auflösung 250 m x 250 m	Bestimmung von Standorten in Waldnähe

Anhang 3: Übersicht der im GIS-ImmoRisk Naturgefahren erfassten Gebäudemerkmale und ihres Zusammenhangs mit Vulnerabilität und Wiederherstellungskosten

Gebäudemerkmal	Effekt auf Vulnerabilität				Effekt auf Sachwert
	Wintersturm	Hagel	Hitze	Starkregen	
Gebäudetyp	x	x			x
Einfamilienhaus (freistehend)	x	x			x
Zweifamilienhaus	x	x			x
Doppelhaus	x	x			x
Reihenendhaus	x	x			x
Reihenmittelhaus	x	x			x
Mehrfamilienhaus	x	x			x
<i>Falls, Mehrfamilienhaus:</i>					
Anzahl der Wohneinheiten					x
Wohnhaus mit Mischnutzung	x	x			x
Altenwohnheim	x	x			x
Wohnheim	x	x			x
Konstruktion/Außenwände					
Gasbetonsteine	x	x	x		x
Gitterziegel	x	x	x		x
Hohlblocksteine	x	x	x		x
Holzfachwerk	x	x	x		x
Kalksandstein	x	x	x		x
Leichtziegel	x	x	x		x
Massivholzbauweise	x	x	x		x
Sichtbeton-Fertigteile	x	x	x		x
Stahlbeton	x	x	x		x
Stahlskelett	x	x	x		x
Ziegelmauerwerk	x	x	x		x
Bauweise Außenwand					
Einschalig mit Außendämmsystem				x	
Einschalig mit wasserhemmendem oder -abweisendem Außenputz bzw. Sichtmauerwerk				x	
Einschalig ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz				x	
Zweischalige Außenwand				x	
Art der Bauweise					
Freistehendes Gebäude	x	x	x		
Gemeinsame Hauswand mit Grundstücksnachbar	x	x	x		
Baujahr	x	x		x	x
Anzahl der oberirdischen Etagen	x				x
Unterkellerung (ja/nein)					x
Bruttogrundfläche					x
Gebäudehöhe	x	x			x

Gebäudemerkmal	Effekt auf Vulnerabilität				Effekt auf Sachwert
	Wintersturm	Hagel	Hitze	Starkregen	
Dachform	x	x	x	x	x
Satteldach	x	x	x	x	x
Pultdach	x	x	x	x	x
Flachdach	x	x	x	x	x
Anderer Typ	x	x	x	x	x
<i>Falls, Flachdach:</i>					
Art der Dachentwässerung		x		x	
Innenliegende Dachentwässerung		x		x	
Außenliegende, zurückgesetzte Dachrinne		x		x	
Außenliegende, vorgehängte Dachrinne		x		x	
<i>Falls, Satteldach, Pultdach oder „Anderer Typ“</i>		x		x	
<i>Dachgeschoss ausgebaut (ja/nein)</i>					x
Dachgauben, Sheddach oder sonstige Dachbauweise mit zahlreichen Durchdringungen und/oder Materialwechselln (ja/nein)				x	
Letzte Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung des Entwässerungssystems				x	
Keine				x	
Vor höchstens 5 Jahren				x	
Vor mehr als 5, aber weniger als 15 Jahren				x	
Vor mehr als 15, aber weniger als 25 Jahren				x	
Vor mehr als 25, aber weniger als 35 Jahren				x	
Vor mehr als 35 Jahren				x	
Nutzung des Stockwerks direkt unter dem Dach			x	x	
Keine Nutzung			x	x	
Wohnen			x	x	
Lager			x	x	
Dachüberstände		x	x	x	
Dachüberstände sind auf 80–100 % der Gebäudeseiten vorhanden (mind. 50 % auf der Wetterseite)		x	x	x	
Dachüberstände sind auf 50–80 % der Gebäudeseiten vorhanden		x	x	x	
Dachüberstände sind auf weniger als 50 % der Gebäudeseiten vorhanden		x	x	x	
Dachdeckung		x			x
Beschichtete Betondachsteine		x			x
Beschichtete Tondachziegel		x			x
Bitumenschindeln oder Bitumenschweißbahn		x			x
Dachdichtungsbahnen (lose verlegt, verklebt oder genagelt - "Dachpappe")		x			x
Faserzement („Eternit“)		x			x
Faserzement-Schindeln		x			x
Glasierte Tondachziegel		x			x
Gründach		x			x
Holz		x			x
Metalldach (außer Kupfer)		x			x
Schiefer, Kupfer, vergleichbare hochwertige Materialien		x			x
Stroh		x			x
Unbeschichtete Betondachsteine		x			x
Unbeschichtete Tondachziegel		x			x
Wellplatten		x			x

Gebäudemerkmal	Effekt auf Vulnerabilität				Effekt auf Sachwert
	Wintersturm	Hagel	Hitze	Starkregen	
Letzt Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung der Dachdeckung/-dichtung					
Keine				x	
Vor höchstens 5 Jahren				x	
Vor mehr als 5, aber weniger als 15 Jahren				x	
Vor mehr als 15, aber weniger als 25 Jahren				x	
Vor mehr als 25, aber weniger als 35 Jahren				x	
Vor mehr als 35 Jahren				x	
Notüberlauf an Dachrinnen vorhanden (ja/nein)				x	
Dachdämmung (bei Kaltluftdachboden die Dämmung des obersten für Wohnzwecke genutzten Stockwerks/Raums)					
Keine bis geringe Dämmung			x		x
Vor 1995			x		x
1995–2005			x		x
Nach 2005			x		x
Passivhausstandard			x		x
Vor mehr als 35 Jahren			x		x
Sanierung	x	x			x
Teilsanierung Dachdeckung (ja/nein)	x	x			x
<i>Falls, ja:</i>					
Jahr der Sanierung	x	x			x
Kernsanierung des Gebäudes	x	x			x
<i>Falls, ja:</i>					
Jahr der Sanierung	x	x			x
Fenster					
Einfachverglasung			x		x
Zweifachverglasung vor 1995			x		x
Zweifachverglasung ab 1995			x		x
Dreifachverglasung			x		x
Sonnenschutzglas			x		x
Fensterausrichtung [m² je Himmelsrichtung]			x		
Große feststehende Fensterflächen (ja/nein)					x
Fassade		x			x
Aufwendige gestaltete Fassade z. B. durch konstruktive Gliederung (z. B. Säulenstellungen, Erker etc.)		x			x
Bitumenschindeln		x			x
Edelputz		x			x
Elemente aus Kupfer-/Eloxalblech		x			x
Faserzementplatten		x			x
Fugenglattstrich oder einfacher Putz		x			x
Mehrgeschossige Glasfassade		x			x
Natursteinfassade		x			x
Verblendmauerwerk		x			x
Verputzt und gestrichen		x			x
Vorhangfassade (z. B. Naturschiefer)		x			x

Gebäudemerkmal	Effekt auf Vulnerabilität				Effekt auf Sachwert
	Wintersturm	Hagel	Hitze	Starkregen	
Decken-Konstruktion					x
Betondecken					x
Holzbalkendecken mit Füllung					x
Holzbalkendecken ohne Füllung					x
Kappendecken					x
Decken-Sonstiges					x
Deckenverkleidung (Holzpaneele, Kassetten)					x
Deckenvertäfelungen					x
Keine					x
Klimaanlage (ja/nein)			x		
Balkon und/oder Dachterrassen vorhanden (ja/nein)				x	
<i>Falls, ja:</i>					
Balkone und Terrassen besitzen Notüberlauf (ja/nein)				x	
Sonnenschutzvorrichtung		x	x		
Außenliegend (z. B. Außenjalousien/Rollläden/ Fassadenmarkisen)		x	x		
Innen- oder zwischen den Scheiben liegend		x	x		
Ohne Schutz		x	x		
Wärmedämmung			x		x
Kein Wärmeschutz oder vor 1980			x		x
1980–1994			x		x
1995–2005			x		x
Nach 2005			x		x
Passivhausstandard			x		x
Wärmedämmverbundsystem		x			
Fußböden					x
Edelholzböden					x
Fliesen					x
Kunststeinplatten					x
Laminatböden					x
Linoleumböden					x
Massivholzböden					x
Natursteinplatten					x
Ohne Belag					x
Parkett					x
PVC-Böden					x
Teppichböden					x
Terrazzobelag					x
Heizungstyp					x
Einzelöfen					x
Fern- oder Zentralheizung					x
Nachtstromspeicherheizung					x
Schwerkraftheizung					x
Niedrigtemperatur- oder Brennwertkessel (ja/nein)					x

Gebäudemerkmal	Effekt auf Vulnerabilität				Effekt auf Sachwert
	Wintersturm	Hegel	Hitze	Starkregen	
Solarthermieanlage (ja/nein)		x			x
<i>Falls, ja:</i>					
Verwendung Solarthermie					x
Heizung					x
Warmwasser					x
Heizung und Warmwasser					x
Kollektoren		x			
Vakuum-Röhrenkollektoren		x			
Flachkollektoren		x			
Photovoltaik-Anlage (ja/nein)		x			
Blockheizkraftwerk (ja/nein)					x
Möglichkeit zur Nachtabkühlung			x		
Öffenbare Oberlichter			x		
Möglichkeit zur Querlüftung			x		
Abluftanlage / automatische Wohnraumbelüftung			x		

Anhang 4: Mathematisches Vorgehen zur Berechnung des jährlich zu erwartenden Schadens

Unter Verwendung einer Hazard-Funktion nach GEV und einer logistischen Schadenfunktion hat der jährlich zu erwartende Schaden AEL die folgende mathematische Form:

$$AEL = \int_0^1 S^*(p) W dp = \int_0^1 \frac{e^{\frac{a+b\mu-\sigma}{\xi}(1-\ln(1-p))^{-\xi}}}{1+e^{\frac{a+b\mu-\sigma}{\xi}(1-\ln(1-p))^{-\xi}}} W dp$$

Mit S =relativer Schaden, p =Überschreitungswahrscheinlichkeit und W =(Gebäude-)Wert. $S^*(p)$ bezeichnet hierbei die Überschreitungswahrscheinlichkeit eines bestimmten relativen Schadens, welche man durch Einsetzen von $x(p)$ in $S(x)$ erhält. Dabei gilt:

$$\begin{aligned} \text{Hazard-Funktion (GEV):} \quad x(p) &= \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left(1 - (-\ln(1-p))^{-\xi}\right) \\ f(x, \mu, \sigma, \xi) &= \frac{1}{\sigma} \left(1 + \xi \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{\xi}} \exp\left(-\left(1 + \xi \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right) \end{aligned}$$

Mit x = Intensität eines Ereignisses (z. B. Windgeschwindigkeit), μ = Location-Parameter, σ = Scale-Parameter, ξ = Shape-Parameter.

$$\text{Schadensfunktion (logistisch/sigmoid): } S(x, a, b) = \frac{e^{a+b*x}}{1+e^{a+b*x}}$$

Mit x = Intensität eines Ereignisses (z. B. Windgeschwindigkeit), a und b = Parameter der Schadensfunktion.

Wie sich leicht zeigen lässt, kann der jährlich zu erwartende Schaden anstelle von $\int_0^1 S^*(p) W dp$ auch in der folgenden Form angegeben werden, die aufgrund ihrer Analogie zu der in der Finanzwissenschaft häufig verwendeten Darstellung von Risiko als Produkt aus Verlust (monetärer Schaden) und Ausfall- bzw. Schadenswahrscheinlichkeit, unter Umständen für den Leser leichter zugänglich ist:

$$AEL = \int_0^{x_{max}} S(x) f(x) W dx = \int_0^{x_{max}} \frac{e^{a+b*x}}{1+e^{a+b*x}} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \xi \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{\xi}} \exp\left(-\left(1 + \xi \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right) W dx$$

Mit x_{max} = oberes Ende des in der GEV definierten Wertebereichs („Träger“); für $\xi < 0$ gilt: $x_{max} = \mu - \sigma/\xi$

Die Integration erfolgt hier anstelle über die Überschreitungswahrscheinlichkeiten über alle Ereignisintensitäten. Die Äquivalenz der beiden Formeln zur Berechnung des AEL ist dadurch bedingt, dass $x(p)$ die Quantilfunktion von $f(x)$ darstellt. Im Fall der Verwendung mehrerer Klima-Szenarien, müsste außerdem noch eine nach den Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien gewichtete Aufsummierung der jeweils berechneten Risiken erfolgen.

Anhang 5: Verweis auf ergänzende Arbeitsunterlagen

Im Hilfsbereich des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist eine Reihe weiterer ergänzender Arbeitsunterlagen abrufbar. Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden Dokumente:

- Texte mit Hintergrundinformationen zu allen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* enthaltenen Naturgefahren inklusive Informationen zur Versicherbarkeit entsprechender Schäden, zu Faktoren, die die Vulnerabilität eines Gebäudes beeinflussen, sowie Normstrategien zur Verringerung des Risikos
- Links auf externe Dokumente und Internetdienste mit Informationen zu allen Naturgefahren
- Dokumente zu der mit Risikoabschätzungen verbundenen Unsicherheit sowie zu einigen Grundlagen der Klimamodellierung
- Benutzerhandbuch
- Beispiel-Risikosteckbrief
- Glossar
- Hintergrundinformationen zur Klimamodellierung
- Informationen zur Unsicherheit bei Risikoabschätzungen
- Praxistipps zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Schadensverhütung bei der Planung und im Bestand

Anhang 6: Rückmeldungen und Anmerkungen des Fachbeirats

Die Entwicklung des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wurde von Beginn an intensiv durch den aus Vertretern aus Wissenschaft, Versicherungswirtschaft und immobilienwirtschaftlicher Praxis bestehenden Fachbeirat begleitet. Der Austausch zwischen den Entwicklern des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* und den Mitgliedern des Fachbeirats erfolgte in Form einzelner Abstimmungsgespräche, während der beiden vom *BBSR* einberufenen Fachbeiratssitzungen in Bonn sowie durch einen schriftlichen Abschlusstest des Tools durch die Fachbeiratsmitglieder. Die Fachbeiratsmitglieder erhielten für diesen Abschlusstest keine besondere inhaltliche Einweisung in die Funktionsweise des Tools, um die späteren Nutzungsbedingungen möglichst gut widerzuspiegeln. Für den Fall technischer Probleme bestand für die Testpersonen die Möglichkeit, sich direkt an das *BBSR* zu wenden. Die Evaluierung des Abschlusstests erfolgte mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens (vgl. Anhang 7 und Anhang 8), den die Fachbeiratsmitglieder nach Abschluss des Tests an das *BBSR* sendeten. Dieser wertete die gesammelten Rückmeldungen aus und stimmte mit den Entwicklern des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* letzte Optimierungen am Tool ab.

Die intensiven Abstimmungen insbesondere mit den Vertretern aus der Meteorologie, der Versicherungswirtschaft sowie Experten der Vulnerabilitätsforschung und des Ingenieurwesens vor

und während der Programmierphase stellten dabei sicher, dass das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Forschung erarbeitet wurde und damit wissenschaftlich einwandfreie Ergebnisse berechnet werden. Die Expertise von Prof. Dr. Thomas Naumann (*Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden*, zuvor: *IÖR*, Dresden) und Dr. Reinhard Schinke (*IÖR*, Dresden) lieferte wertvolle Hinweise für eine Optimierung der Auswahl und Gewichtung der zur Bestimmung der Vulnerabilität herangezogenen Gebäudemerkmale, die vom Nutzer für eine Risikobestimmung einzugeben sind. Die gutachterliche Stellungnahme betont dabei grundsätzlich die Eignung der entwickelten Ansätze zur Vulnerabilitätsermittlung und weist darauf hin, dass die erstellten Dokumente mit Hintergrundinformationen wertvolle Hinweise zur Interpretation der Ergebnisse liefern.

Die Rückmeldungen des Fachbeirats haben entscheidend dazu beigetragen, das Tool auf die Bedürfnisse der potenziellen Anwender hin zu optimieren und die bei der Entwicklung einer so komplexen Web-Anwendung quasi unvermeidbaren Unstimmigkeiten zu identifizieren und zu beheben. Insgesamt zeigten sich die Fachbeiratsmitglieder von dem verfolgten Konzept und dessen inhaltlicher sowie grafischer Umsetzung durchweg überzeugt und lobten die intuitive Bedienbarkeit des Tools sowie die praktische Relevanz der abrufbaren Informationen.

Anhang 7: Testphase: Konzeption, Durchführung und Ergebnisse

Technischer Teil der Testphase

Vor der inhaltlich-methodischen Phase des Praxistests mit Vertretern potenzieller Nutzergruppen erfolgte eine umfassende Überprüfung der Hardware- und Software-Konfiguration des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*. In einer ersten Phase des Praxistests der Anwendung wurden Softwaretests durchgeführt, die die Anwendung hinsichtlich der Erfüllung der für ihren Einsatz definierten Anforderungen bewertete. Somit konnten bereits in der Frühphase der Entwicklung Softwarefehler erkannt und ausgebessert werden. Ein ausführlicher Test aller zu Projektbeginn in einem Pflichtenheft festgehaltenen Funktionalitäten („Usetest“) sollte sicherstellen, dass das Tool den definierten Anforderungen gerecht wird und gleichzeitig eine benutzerfreundliche Bedienung garantieren. Da es sich beim *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* um ein Webtool handelt, dass der Nutzer im Internet-browser seines PCs auf-

sprechenden Tests mit den drei gängigsten Browsern (Chrome, Firefox und Internet Explorer) durchgeführt. Zusätzlich wurden sogenannte Lasttests durchgeführt, in denen hohe gleichzeitige Zugriffszahlen und große Datentransfers simuliert wurden. Die durchgeführten Tests zeigten keine funktionalen Fehler oder sonstige Unstimmigkeiten des Tools auf und demonstrieren gleichzeitig, dass die Programmierung der Software und die Konfiguration der Hardware auch einer hohen Anzahl gleichzeitiger Nutzerzugriffe problemlos gewachsen sind. Erst nach diesen grundlegenden Tests erfolgte der externe Praxistest in welchem ausgewählte externe Benutzer Zugang zur Software erhielten.

Abdeckung der Zielgruppe des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* im Praxistest

Die externe Testphase des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfolgte insbesondere mit der Intention, das zuvor entwickelte Tool auf seine

Praxistauglichkeit für die unterschiedlichen Nutzergruppen zu prüfen und eventuelle letzte, kleinere Programmierfehler zu identifizieren. Die Auswahl der Testnutzer erfolgte unter dem Gesichtspunkt, ein möglichst breites Akteursspektrum abzudecken und auch geographisch einen möglichst weit gestreuten Aktionsradius zu umfassen. Dadurch sollte sowohl der evtl. divergierenden Erwartungshaltung der unterschiedlichen Akteursgruppen Rechnung getragen und gleichzeitig sichergestellt werden, dass das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* deutschlandweit valide Ergebnisse produziert:

- Testpersonen von Wohnungsunternehmen, Bauträgern sowie der Versicherungswirtschaft repräsentieren die immobilienwirtschaftliche Praxis als potenzielle Nutzer des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.
- Da das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dank der Vielzahl bereitgestellter Klima- und Risikoinformationen auch für Personen außerhalb der Immobilienwirtschaft von Interesse ist, bestand der Kreis der Tester auch aus privaten Vermietern und Mieter.

Der Praxistest erfolgt unter möglichst realistischen Bedingungen, wie sie auch der späteren Nutzung des Tools entsprechen. So wurde explizit auf eine „Einschulung“ oder sonstige Hilfestellungen, außer für eventuelle technische Probleme oder Funktionsstörungen verzichtet. Die Testpersonen erhielten einen strukturierten Fragebogen (vgl. Anhang 8), in dem sie die Möglichkeit hatten, ihre Erfahrungen und Kommentare zum Tool anzugeben. Der Fragebogen entsprach weitgehend jenem, der für den Abschlusstest des Tools durch den Fachbeirat verwendet wurde.

Hauptbestandteil des Fragebogens war die Bewertung einzelner Funktionen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, wobei jeweils auch die Möglichkeit zur Angabe von Kommentaren oder Verbesserungsvorschlägen gegeben war.

Abgefragt wurde außerdem, inwiefern die bereitgestellten Begleitdokumente und Hintergrundinformationen benutzt und als hilfreich empfunden wurden. Der Fragebogen zielte außerdem darauf ab, die Motivation der Testnutzer sowie deren Erwartungshaltung abzubilden (bzw. inwiefern ihre Erwartungshaltung bestätigt wurde).

Der Funktionsumfang des Tools und sein praktischer Nutzen wurden von den Testern mehrheitlich sehr positiv beurteilt. Die Rückmeldungen bestätigten eine intuitive Bedienbarkeit des Tools sowie das optisch ansprechende und übersichtliche Design. Positiv hervorgehoben wurden insbesondere die zahlreichen Dokumente mit Hintergrundinformationen, die kartographische Darstellung der einzelnen Naturgefahren sowie die Portfoliofunktion. Um die Bedienung des Tools noch weiter zu vereinfachen und einen einfachen Zugriff auf alle angebotenen Funktionen zu erhalten, wurde der Aufruf der Portfoliofunktion auf Anregung einiger Testpersonen an noch zentralerer Stelle ermöglicht. An einigen Stellen des Tools wurden darüber hinaus ergänzende Informationen integriert und bestehende leicht umstrukturiert sowie eine Funktion entfernt, um eine noch intuitivere Bedienung sicherzustellen und eventuellen Missverständnissen vorzubeugen.

Die wissenschaftliche Qualitätssicherung des webGIS-Tools *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* hinsichtlich der Integration der externen Daten erfolgte unter intensiver Einbindung der Datengeber DWD, KIT und GDV als Mitglieder des Fachbeirats.

Anhang 8: Verwendeter Fragebogen im Praxistest und dem Abschlusstest durch den Fachbeirat

**Abschlusskonsultation des Fachbeirats zum
GIS-ImmoRisk Naturverfahren**

*Liebes Mitglied des Fachbeirats,
tullen Sie bitte für Ihr abschließendes Feedback an uns diesen Fragebogen aus (digital oder
handschriftlich), speichern Sie ihn als pdf-Datei ab oder scannen Sie ihn ein und schicken Sie
diese Datei bis zum 22.06.2018 an folgende email-Adresse:
forschung.wohnen@bbr.bund.de*

Im Betreff der Mail geben Sie bitte folgendes Stichwort an: GIS-ImmoRisk – Fachbeirat

Herzlichen Dank für Ihre Beurteilung und Ihre wertvollen Hinweise zum Tool!



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

WWW.BBSR.BUND.DE

1

Allgemeine Fragen:

1. **Welcher der folgenden Nutzergruppen ordnen Sie sich als Tester des GIS-Tools in Bezug auf die
getestete(n) Immobilie(n) zu?**

- Mieter
- Privater Selbstnutzer
- Privater Vermieter
- Wohnungsverwalter
- Makler
- Wohnungsunternehmen (privatrechtlich, genossenschaftlich, sonstiges)
- privatwirtschaftliches Unternehmen mit Wohnungsbeständen (z.B. Werkwohnungen)
- Kommune mit Wohnungsbeständen (Selbstverwalter)
- kommunales Wohnungsunternehmen
- Projektentwickler
- Bauträger
- Versicherer/Rückversicherer
- Architekt / Planer
- sonstige

2. **Welche Erwartungen haben Sie an das Tool GIS-ImmoRisk Naturverfahren?**

3. **Hat das Tool in der jetzigen Form einen Nutzen für Sie / Ihr Unternehmen?**

Wenn ja, worin sehen Sie diesen?

Wenn nein, worin sehen Sie Defizite?

4. **Welche Ihrer Erwartungen konnten durch das Tool nicht erfüllt werden?**

5. **Wie viele Immobilien haben Sie insgesamt im GIS-ImmoRisk Naturverfahren angelegt?**

Anzahl: _____

6. **Wie lange benötigten Sie durchschnittlich für die Risikovermittlung einer Immobilie?**

Zeit: _____

7. **Wie beurteilen Sie Ihren Aufwand für die Erfassung einer Immobilie?**

In Ordnung / etwas zu groß / deutlich zu groß: _____

2

<p>8. Welche der für die Erfassung einer Immobilie benötigten Informationen waren nicht in Ihren eigenen Unterlagen zu ihrem Gebäudefahren Besänden enthalten?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>9. Welche der für die Erfassung im Tool benötigten Informationen konnten nur mit viel Aufwand (z.B. von externer Stelle) beschafft werden?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Und wie wurden diese Informationen letztlich beschafft?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Welche konnten nicht in Erfahrung gebracht werden?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Fragen zu den Gefährdungen durch einzelne Naturgefahren:</p> <p>10. Wie bewerten Sie die Darstellung von Gefährdungskarten zu den einzelnen Naturgefahren?</p> <p>a. <u>Winterturm</u> genutzt: Ja / nein</p> <p>Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - --</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <p>Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt: Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <p>_____</p> <p>b. <u>Hagel</u> genutzt: Ja / nein</p> <p>Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - --</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <p>Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt:</p> <p style="text-align: center;">3</p>	<p>Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <p>_____</p> <p>c. <u>Hitze</u> genutzt: Ja / nein</p> <p>Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - --</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <p>Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt: Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <p>_____</p> <p>d. <u>Starkregen</u> genutzt: Ja / nein</p> <p>Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - --</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <p>Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt: Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <p>_____</p> <p>e. <u>Erdbeben</u> genutzt: Ja / nein</p> <p>Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - --</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <p style="text-align: center;">4</p>
--	---

<p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <hr/> <p>f. Blitzschlag genutzt: Ja / nein Falls, ja: _____ Bewertung in ++ + 0 - -- _____ Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <hr/> <p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <hr/> <p>g. Waldbrand genutzt: Ja / nein Falls, ja: _____ Bewertung in +++ + 0 - -- _____ Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <hr/> <p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <hr/> <p>g. Schneelast genutzt: Ja / nein Falls, ja: _____ Bewertung in ++ + 0 - -- _____</p> <p style="text-align: center;">5</p>	<p>Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <hr/> <p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <hr/> <p>h. Hochwasser (nur Infos zu Hochwasser eingebunden) genutzt: Ja / nein Falls, ja: _____ Bewertung in ++ + 0 - -- _____ Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <hr/> <p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <hr/> <p>Fragen zu den Funktionen für die Steckbrieferstellung</p> <p>11. Adresssuche: Genutzt: Ja / nein Falls, ja: _____ Bewertung in ++ + 0 - -- _____ Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____</p> <hr/> <p>Falls, nein: _____ Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p> <p style="text-align: center;">6</p>
---	--

<p>12. Erstellung eines Standardreports: Genutzt Ja / nein Falls, ja: Bewertung: ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p>	<p>15. Batch Upload - und Download Funktion (Hoch- und Runterladen von Projekten aus dem System): Genutzt Ja / nein Falls, ja: Wie beurteilen Sie folgende Aspekte? Hochladen von Daten ++ + 0 - -- Runterladen von Daten ++ + 0 - -- Auffindbarkeit der Funktion ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p>
<p>13. Erstellung eines Risikoreports für eine Immobilie: Genutzt Ja / nein Falls, ja: Wie beurteilen Sie den Risikostandard hinsichtlich der folgenden Kriterien? Layout / Übersichtlichkeit: ++ + 0 - -- Verständlichkeit: ++ + 0 - -- Dargestellte Informationen: ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p>	<p>16. Verortung der zuvor hochgeladenen Immobilien im System gemäß Hinweis auf dem .csv-Formular: Genutzt Ja / nein Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p>
<p>14. Portfolio-Funktion: Genutzt Ja / nein Falls, ja: Wie beurteilen Sie die Portfolio-Funktion hinsichtlich der folgenden Kriterien? Layout / Übersichtlichkeit: ++ + 0 - -- Verständlichkeit: ++ + 0 - -- Dargestellte Informationen: ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert Sonstiger Grund: _____</p>	<p>17. Messung von Strecken oder Flächen in der Karte: Genutzt Ja / nein Falls, ja: Bewertung in ++ + 0 - -- Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____ Falls, nein: Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt? Kein Interesse</p>

18. **Benutzerhandbuch:**
 Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert
 Sorsitger Grund: _____
 Genutzt Ja / nein
 Falls, ja: _____
 Bewertung in ++ + 0 - -

Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____

Falls nein:
 Warum haben Sie diese Funktion nicht genutzt?
 Kein Interesse
 Ich wusste nicht, dass diese Funktion existiert
 Sorsitger Grund: _____

19. **Wie beurteilen Sie die im GIS-ImmooRisk Naturgefahren bereitgestellten Hintergrundinformationen zu den einzelnen Naturgefahren?**

20. **Wie beurteilen Sie das Layout des GIS-ImmooRisk Naturgefahren?**
 Bewertung in ++ + 0 - -

 Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____

21. **Wie beurteilen Sie generell die Nutzerfreundlichkeit (Menüführung etc.) der Weboberfläche des GIS-ImmooRisk Naturgefahren?**
 Bewertung in ++ + 0 - -

 Verbesserungsvorschläge / Kommentar: _____

22. **Wie beurteilen Sie die Auffindbarkeit der im GIS-ImmooRisk Naturgefahren enthaltenen Funktionen?**
 Bewertung in ++ + 0 - -

 Verbesserungsvorschläge / Kommentar / Welche Funktionen sind schlecht auffindbar:

23. **Gab es bei Ihren Eingaben unerwünschte Fehlermeldungen oder sonstige Schwierigkeiten?**
 Ja / nein
 Falls, ja:
 Bitte beschreiben Sie kurz die aufgetretenen Fehlermeldungen / Schwierigkeiten:

24. **In welchen Bereichen finden Sie eine Erweiterung des Daten-Kartennaterials nützlich?**

25. **Fehlen aus Ihrer Sicht relevante Aspektinformationen, die für das GIS-ImmooRisk Naturgefahren wichtig wären?**
 Ja / nein
 Falls, ja:
 Bitte beschreiben Sie diese kurz:

Zusammenfassende Bewertung über das GIS-ImmooRisk Naturgefahren:

ja
 nein, weil _____

Exakt: Freigabezeitpunkt des Tools für die öffentliche Nutzung aus meiner Sicht gegeben:
 ja
 nein, weil _____

Sofern Sie ein persönliches Gespräch mit der Projektleiterin des BBSR im Nachgang wünschen, bitten wir diese unter Ute.Birk@bbr.de direkt anzusprechen.

Anhang 9: Objektsteckbrief

Immobilien-Objektsteckbrief



Angaben zur Immobilie

Adresse

Ort: 11235 Steinhausen
 Straße: Magnolienallee 42

Koordinaten

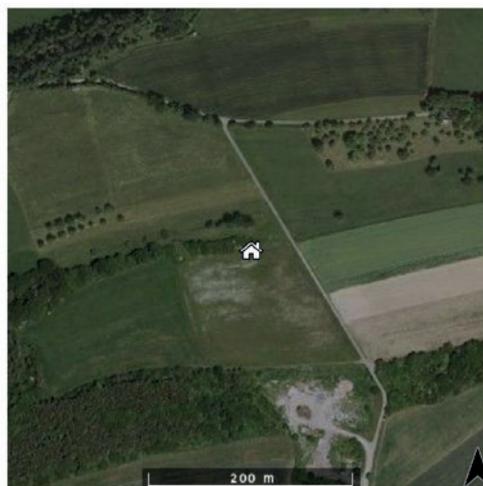
Geogr. Breite: 49,38591° N
 Geogr. Länge: 9,2163° O

Projektname: The Field
Erstellungsdatum: 21.08.2018
Letzte Änderung: 21.08.2018

Gebäudemerkmale

Gebäudetyp:	Einfamilienhaus (freistehend)
Konstruktion Außenwände:	Ziegelmauerwerk
Bauweise Außenwand:	Zweischalige Außenwand
Art der Bauweise:	Freistehendes Gebäude
Baujahr:	2012
Unterkellerung:	nein
Anzahl der oberirdischen Etagen:	4
Bruttogrundfläche inkl. Keller (in m ²):	300
Gebäudehöhe (in m) (Höhe von der Dachoberkante bis zur Geländeoberkante/Bodenplatte):	12
Dachform:	Flachdach
Art der Dachentwässerung:	Außenliegende, zurückgesetzte Dachrinne
Neigung >= 5 %:	ja
Dachgauben, Sheddach oder sonstige Dachbauweise mit zahlreichen Durchdringungen und/oder Materialwechseln:	ja
Letzte Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung des Entwässerungssystems:	Vor höchstens 5 Jahren
Nutzung des Stockwerks direkt unter dem Dach:	Wohnen
Dachüberstände:	Dachüberstände sind auf 50-80 % der Gebäudeseiten vorhanden
Dachdeckung:	Metalldach (außer Kupfer)
Letzte Instandhaltung, Wartung oder Modernisierung der Dachdeckung/-dichtung:	Vor höchstens 5 Jahren
Notüberlauf an Dachrinnen vorhanden:	ja
Dachdämmung (bei Kaltluftdachboden die Dämmung des obersten für Wohnzwecke genutzten Stockwerks/Raums):	Nach 2005
Teilsanierung Dachdeckung:	nein
Kernsanierung des Gebäudes:	nein

Lage:



Quelle: GeoBasis-DE / BKG 2018.

Foto:



Quelle: Eigene Aufnahme / IIO 2018.

Fenster:	Dreifachverglasung
Orientierung der Fensterflächen (in m ²):	
N:	20
NO:	0
O:	0
SO:	0
S:	20
SW:	0
W:	0
NW:	0
große feststehende Fensterflächen:	nein
Fassade:	Edelputz
Decken-Konstruktion:	Betondecke
Decken-Sonstiges:	keine
Klimaanlage:	nein
Balkon und/oder Dachterrassen vorhanden:	nein
Sonnenschutzvorrichtung:	Außenliegend (z. B. Außenjalousien/Rollläden/Fassadenmarkisen)
Wärmedämmung:	Nach 2005
Wärmedämmverbundsystem:	ja
Fußböden:	Parkett
Heizungstyp:	Fern- oder Zentralheizung
Niedertemperatur- oder Brennwertkessel:	ja
Solarthermie-Anlage:	ja
Verwendung Solarthermie:	Warmwasser und Heizung
Kollektoren:	Vakuum-Röhrenkollektoren
Photovoltaik-Anlage:	nein
Blockheizkraftwerk:	ja
Öffenbare Oberlichter:	ja
Möglichkeit zur Querlüftung:	nein
Abluftanlage / automatische Wohnraumbelüftung:	ja
gewerbliche Nutzer:	nein

Gefährdung am Standort (standortspezifisch):

Es handelt sich um eine Klassifizierung der grundsätzlichen Gefährdungssituation an Ihrem Standort. Beachten Sie, dass das tatsächliche Risiko in erheblichem Maße von den Eigenschaften Ihrer Immobilie abhängt.

Legende:

Gefährdung:



Die Gefährdungseinstufung basiert auf der Häufigkeit des Auftretens extremer Gefahrenereignisse am jeweiligen Standort. Die Gefährdung wird mit Hilfe einer Skala, die von sehr geringem (links/blau) bis sehr hohem (rechts/rot) Risiko reicht, angegeben.:

Grad der Unsicherheit:

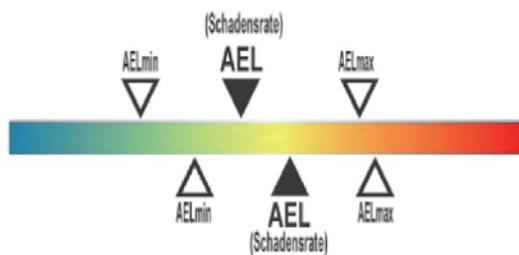
Insbesondere Daten, die auf Klimamodellen und nicht allein auf historischen Beobachtungen basieren, unterliegen einer gewissen Unsicherheit. Der Grad der Unsicherheit ist bei den untersuchten Naturgefahren sehr unterschiedlich. Die Modellierung der zukünftigen Hagelgefährdung ist beispielsweise deutlich komplexer und mit



größerer Unsicherheit behaftet als die zukünftige Anzahl von Hitzetagen. Die nebenstehende Skala gibt dementsprechend Auskunft über die Unsicherheit, die von den verwendeten Klimadaten ausgeht und sich damit auch in den im GIS-ImmoRisk getroffenen Aussagen widerspiegeln. Diese Angabe bezieht sich damit zunächst allein auf die standortspezifische und vom konkreten Gebäude unabhängige Gefährdung. Für jene Naturgefahren, in denen im GIS-ImmoRisk durch die Kombination aus Gefährdung und gebäudespezifischer

Widerstandsfähigkeit auch Aussagen zum Risiko getroffen werden, ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass auch die Bestimmung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes mit einer gewissen Unsicherheit verbunden ist. Nähere Informationen zum Thema Unsicherheit finden sich in den Dokumenten mit Hintergrundinformationen zu den einzelnen Naturgefahren (verlinkt in diesem Steckbrief neben den jeweiligen Gefährdungs- und Risikoangaben) sowie in dem über den folgenden Link (Buchsymbol) abrufbaren Dokument speziell zu diesem Thema: 

Quantitatives Risiko:



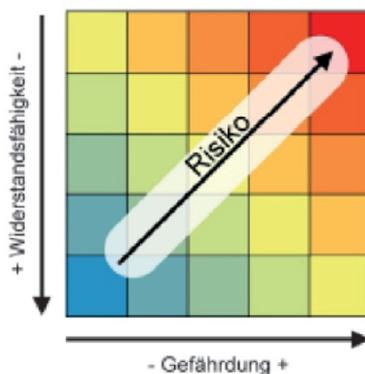
Bei den in fetter Schrift angegebenen Werten über dem mittleren Pfeil einer zeitlichen Bezugsperiode (z. B. 2021-2050) handelt es sich um die durchschnittlich innerhalb eines Jahres erwarteten monetären Schäden an Ihrer Immobilie (engl. „Annual expected loss“; AEL). Die Schadenswerte schließen keine Schäden an der Ausstattung der Immobilie mit ein (z. B. Wasserschäden an Möbeln). Es werden lediglich Schäden an Baukonstruktion und haustechnischen Anlagen erfasst (Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276).

In Klammern steht der in der Versicherungsbranche häufig verwendete sog. Schadensatz. Dieser Wert setzt den jährlich erwarteten Schaden mit dem Versicherungswert der Immobilie in Beziehung.

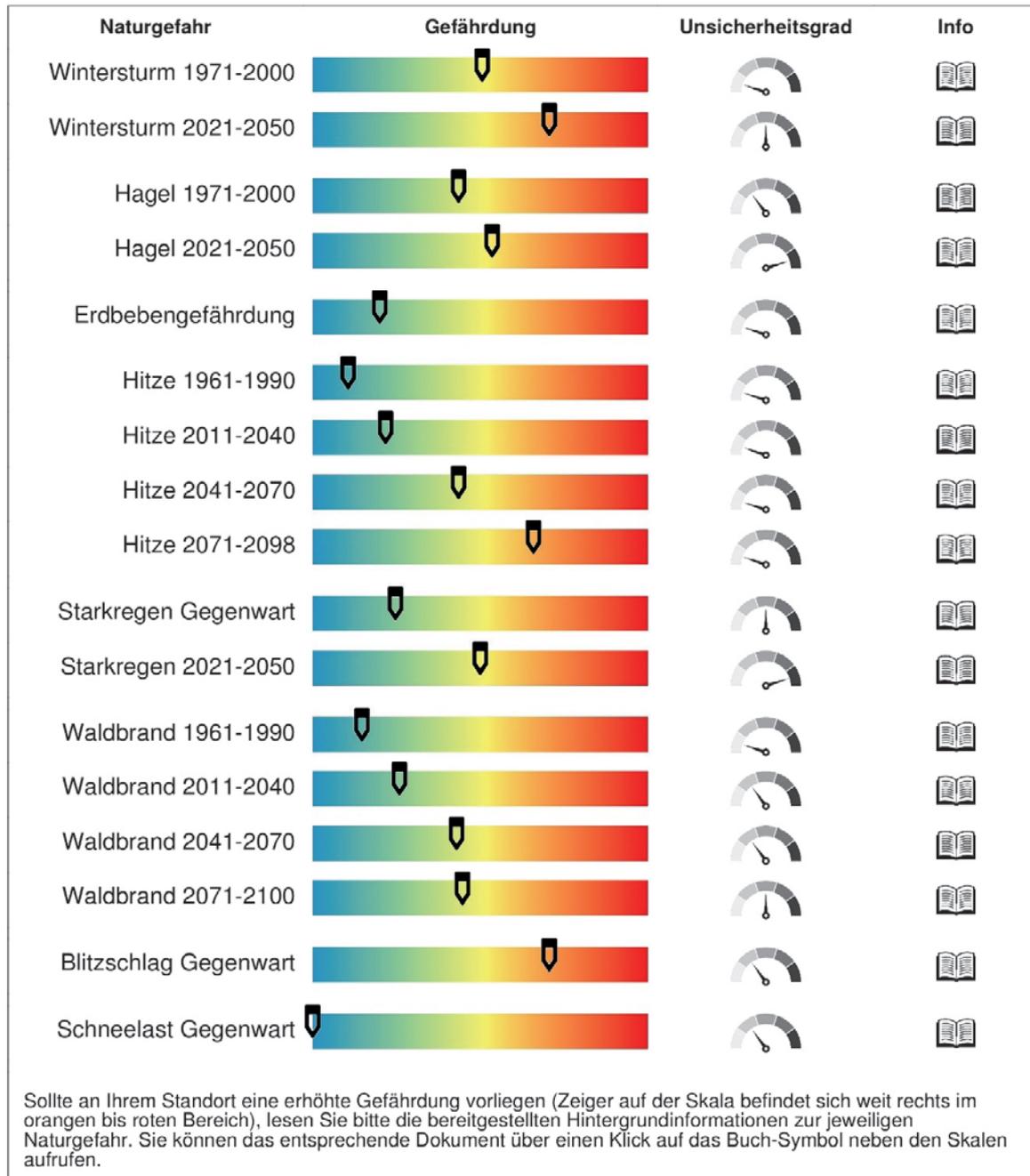
Die Pfeile und Zahlenwerte neben dem durchschnittlich jährlich zu erwartenden Verlust beziehen sich auf Extremwerte innerhalb deren Grenzen der durchschnittliche jährliche Schaden mit hoher Wahrscheinlichkeit liegen wird (AELmin und AELmax). Beachten Sie, dass der tatsächliche Schaden in Folge eines einzelnen Naturereignisses deutlich höher liegen kann als der über viele Jahre zu ermittelnde Durchschnittswert.

Qualitatives Risiko:

Für die Naturgefahren Hitze und Starkregen erfolgt eine qualitative Beurteilung des Risikos in Form einer



Risikomatrix. Das qualitative Risiko Ihrer Immobilie setzt sich aus der Gefährdung am Standort und der Widerstandsfähigkeit der Immobilie zusammen. Eine hohe Gefährdung bei geringer Widerstandsfähigkeit impliziert zusammen ein hohes Risiko und umgekehrt. Bitte beachten Sie, dass sowohl die für Ihren Standort angenommenen Gefährdungssituation als auch die aus Ihren Angaben zur Immobilie abgeleitete Widerstandsfähigkeit mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Nähere Informationen zum Thema Unsicherheit finden sich in den Dokumenten mit Hintergrundinformationen zu den einzelnen Naturgefahren (verlinkt in diesem Steckbrief neben den jeweiligen Gefährdungs- und Risikoangaben) sowie in dem über den folgenden Link (Buchsymbol) abrufbaren Dokument speziell zu diesem Thema: 

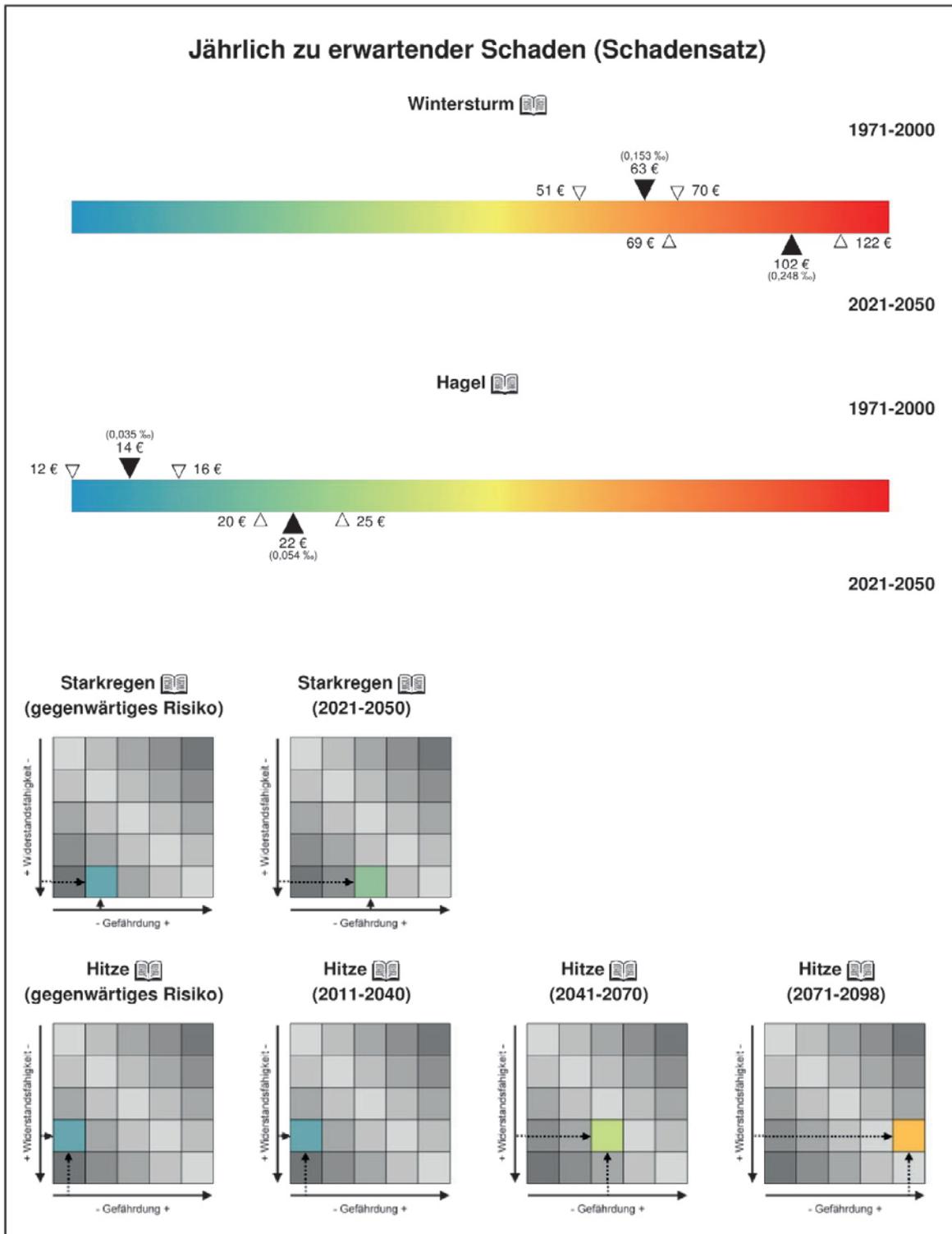


Naturrisiken der Immobilie

Bei den fett angegebenen Werten in der mittleren Spalte einer zeitlichen Bezugsperiode (z.B. 2021-2050) handelt es sich um die durchschnittlich innerhalb eines Jahres auftretenden monetären Schäden an der Immobilie. Die Schadenswerte schließen keine Schäden an der Ausstattung der Immobilie mit ein (z.B. Wasserschäden an Möbeln). Es werden lediglich Schäden an Baukonstruktion und haustechnischen Anlagen erfasst (Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276).

In Klammern steht der in der Versicherungsbranche häufig verwendete sog. Schadensatz. Dieser Schadensatz setzt den jährlich erwarteten Schaden mit dem versicherten Wert der Immobilie in Beziehung.

Die Zahlenwerte in den Spalten neben dem jährlich zu erwartenden Verlust beziehen sich auf Extremwerte innerhalb deren Grenzen der tatsächliche Schaden eines Jahres mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit liegen wird.



Hinweis: Die Risikobewertung basiert auf Daten aus dem Jahr 2016. Bitte beachten Sie bei der Auswertung, dass sich die Risikolage aufgrund klimatischer Veränderungen fortlaufend ändern kann. Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr.

Literaturverzeichnis

- Bayerische Staatskanzlei (o. J.): Elementar versichern, online: <http://www.elementar-versichern.bayern.de/naturgefahren.html> (30.03.2018).
- Bienert, S. (2014): Extreme weather events and property values – Assessing new investment frameworks for the decades ahead, Urban Land Institute, London.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg., 2011): Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis – Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg., 2013): ImmoRisk – Risikoabschätzung der zukünftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft (= Forschungen, Nr. 159, Bonn).
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg., 2013): Gesamtausgabe der Energiedaten - Datensammlung des BMWi, Letzte Aktualisierung: 06.02.2013.
- Coles, S. (2001): An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values, Springer, London.
- CORINE (2006): CORINE Land Cover (CLC2006); Umweltbundesamt, DLR-DFD 2009.
- Coumou, D.; Petoukhov, V.; Rahmstorf, S.; Petri, S.; Schellnhuber, H. J. (2014): Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Bd. 111, Nr. 34, S. 12331-12336.
- CSC Climate Service Center (2012): Machbarkeitsstudie "Starkregenrisiko 2050" - Abschlussbericht. Kooperationsprojekt des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) und des Climate Service Centers (CSC). Hamburg.
- Dickinson, R. E.; Errico, R. M.; Giorgi, F.; Bates, G. T. (1989): A regional climate model for the western United States, in: Climate Change, Jg. 15, S. 383-422.
- Donat, M. G. (2010): European wind storms, related loss potentials and changes in multi-model climate simulations, Berlin.
- DWD (2012): Stadtklimasimulationen mit dem Modell MUKLIMO_3 zur Veränderung sommerlicher Temperaturverhältnisse durch Klimawandel und Bebauungsänderungen in Köln, online: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadt/pl/projekt_koeln/abschlussbericht_tp3.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (25.07.2018)
- DWD Deutscher Wetterdienst, 2016: Bereitstellung von Daten zur Gefährdung durch Winterstürme, Hitze, Starkregen und Waldbrand.
- DWD (Hrsg., 2018): Wetterlexikon, online: http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html (17.08.2018).
- ECIU Energy & Climate Intelligence Unit (2017): Heavy weather. Tracking the fingerprints of climate change, two years after the Paris summit, online: http://eciu.net/assets/Reports/ECIU_Climate_Attribution-report-Dec-2017.pdf (30.03.2018).
- Elmer, F.; Thielen, A. H.; Pech, I.; Kreibich, H. (2010): Influence of flood frequency on residential building losses, in: Natural Hazards and Earth System Sciences, Jg. 2010, Bd.10, S. 2145-2159.
- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (Hrsg., 2012): Naturgefahrenreport 2012. Naturgefahren und versicherte Schäden in Deutschland - eine statistische Übersicht von 1970 bis 2011, online: <http://www.4321start.com/wp-content/uploads/2012/12/GDV-Naturgefahrenreport-2012.pdf> (30.03.2018).

- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (Hrsg., 2016a): Elementarversicherung in Deutschland. Repräsentative Befragung 2016, online: <https://www.gdv.de/resource/blob/22292/523f17974b6210ce4341318b7af9059e/elementarschadenversicherung-in-deutschland---repraesentative-befragung-2016-data.pdf> (20.07.2018).
- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2016b): Naturgefahrenreport 2016, online: <https://www.gdv.de/resource/blob/22200/7e39c831f9f98a7ad11057600122ac3d/publikation---natur-gefahren-report-2016-data.pdf> (20.07.2018).
- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2017): Naturgefahrenreport 2017, online: <https://www.gdv.de/resource/blob/22200/7e39c831f9f98a7ad11057600122ac3d/publikation---natur-gefahrenreport-2016-data.pdf> (20.07.2018).
- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2018): Blitz-Bilanz 2017: Blitze verursachen höheren Schaden, unter: <https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/blitze-verursachen-hoeheren-schaden-33700> (30.03.2018).
- gif e.V. Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung (Hrsg., 2009): Wirtschaftsfaktor Immobilien – Die gif legt umfassendes Gutachten zur gesamtwirtschaftlichen Perspektive vor, online: <http://www.openpr.de/news/342806/Wirtschaftsfaktor-Immobilien-Die-gif-legt-umfassendes-Gutachten-zur-gesamtwirtschaftlichen-Perspektive-vor.html> (30.03.2018).
- Grünthal, G.; Mayer-Rosa, D.; Lenhardt, W. (1998): Abschätzung der Erdbebengefährdung für die D-A-CH-Staaten - Deutschland, Österreich, Schweiz, in: Bautechnik, Bd. 75, Nr. 10, S. 753-767.
- Heneka, P. (2006): Schäden durch Winterstürme - das Schadensrisiko von Wohngebäude in Baden-Württemberg. Dissertation, in: Dissertationsreihe am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe (TH), Jg. 2006, Nr. 4.
- Hirsch, J.; Braun, T.; Bienert, S. (2015): Assessment of climatic risks for real estate, in: Property Management, Bd. 33, Nr. 5, S. 494-518.
- Hofherr, T.; Kunz, M. (2010): Extreme wind climatology of winter storms in Germany, in: Climate Research 41, S. 105-123.
- Hohl, R. M. (2001): Relationship between Hailfall Intensity and Hail Damage on Ground, determined by Radar and Lightning Observations, Freiburg.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf.
- IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf.
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Genf.
- Jochem, E.; Barker, T.; Catenazzi, T.; Eichhammer, W.; Held, A.; Helfrich, N.; Jakob, M.; Criqui, P.; Mima, S.; Quandt, M.; Reiter, U.; Reitze, F.; Schade, W.; Schelhaas, M.; Turton, H. (2009): Report of the Reference and 2°C Scenario in Europe. Deliverable M1.2 in the project Adaptation and Mitigation Strategies Supporting European Climate Policy (ADAM) in FP 6 of the European Commission, Karlsruhe.
- Kaas, R.; Goovaerts, M.; Dhaene, J.; Denuit, M. (2008): Modern Actuarial Risk Theory. Using R. Springer, Heidelberg.
- Kasperski, M. (o. J.): Assessment of existing buildings in regard to wind induced action effects on the example of gable roofs in Germany.

- Kern, A.; Dikta, G.; Krichel, F. (2007): Hilfestellungen zur einfacheren Beurteilung von Blitz- und Überspannungsschäden in der Schadensregulierung, online: https://www.ili.fh-aachen.de/goto_elearning_cat_249677.html (30.03.2018).
- KIT Karlsruher Institut für Technologie (2016): Bereitstellung von Daten zur Gefährdung durch Wintersturm und Hagel durch Prof. Dr. Michael Kunz. Vgl. Rauther et al. (2010) bzw. Puskeiler et al. (2016).
- Kunz, M., (2007): The skill of convective parameters and indices to predict isolated and severe thunderstorms, in: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Bd. 7, S. 327-342.
- Kunz, M.; Sander, J.; Kottmeier, C. (2009): Recent trends of thunderstorm and hailstorm frequency and their relation to atmospheric characteristics in southwest Germany, in: *International Journal of Climatology*, Bd. 29, Nr. 15, S. 2283-2297.
- Kuttler, W. (2009): *Klimatologie*, Paderborn.
- Munich Re, NatCatSERVICE, (2018): Bereitstellung von Daten zu Anzahl, Kosten und Art von Naturkatastrophen.
- Münchener Rückversicherungsgesellschaft (2012): Knowledge series: Highs and lows - Weather risks in Central Europe, München.
- Münchener Rückversicherungsgesellschaft (2014): Zunehmende und veränderte Wetterrisiken erfordern angepasstes Risikomanagement. Pressemitteilung vom 20.10.2014, online: <https://www.munichre.com/de/mediarelations/publications/press-releases/2014/2014-10-20-press-release/index.html> (17.08.2018).
- Naumann, T.; Nikolowski, J.; Golz, S. (2009): Synthetic depth-damage functions - a detailed tool for analysing flood resilience of building types, Dresden.
- NOAA National Centers for Environmental Information (Hrsg., 2018a): Time Series, online: http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global/globe/land_ocean/1/7/1880-2018 (11.06.2018).
- NOAA National Centers for Environmental Information (Hrsg., 2018b): Trends in atmospheric Carbon Dioxide, online: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (11.06.2018).
- NZZ Neue Zürcher Zeitung (2018): Allianz will keine Kohlekraftwerke mehr versichern. Online erschienen am 04.05.2018, <https://www.nzz.ch/wirtschaft/allianz-will-keine-kohlekraftwerke-mehr-versichern-ld.1383103> (08.06.2018).
- Petoukhov, V.; Rahmstorf, S.; Petri, S.; Schellnhuber, H. J. (2013): Quasi resonant amplification of planetary waves and recent Northern Hemispheric weather extremes, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Bd. 110, Nr. 14, S. 5336–5341.
- Puskeiler, M; Kunz, M; Schmidberger, M. (2016): Hail statistics for Germany derived from single-polarization radar data, in: *Atmospheric Research*, Bd. 178-179, S. 459-470.
- Rauther, M.; Kunz, M.; Kottmeier, C. (2010): Changes in wind gust extremes over Central Europe derived from a small ensemble of high resolution regional climate models, in: *Meteorologische Zeitung*, Bd. 19, Nr. 3, S. 299-312.
- RICS - Royal Institution of Chartered Surveyors (2014): *RICS Valuation - Professional Standards global – "Red Book"*, London.
- Sandvoß, J. (2004): Grundlagen des Risikomanagements in der Immobilienwirtschaft, in: *Riskmanagement im Immobilienbereich, Technische und wirtschaftliche Risiken*, Hrsg.: Lutz, U.; Kaproth, T., S. 1-38.
- Screen, J. A.; Simmonds, I. (2014): Amplified mid-latitude planetary waves favour particular regional weather extremes. *Nature Climate Change*.

- ShareAction (2018): Got it covered? Insurance in a changing climate, London.
- Siemens-BLIDS (2014): Bereitstellung der BLIDS-Daten.
- Silva, J.; Ribeiro, C.; Guedes, R. (2007): Roughness length classification of Corine land cover classes.
- Smith, S. J.; Edmonds, J.; Hartin, C. A.; Mundra, A.; Calvin, K. (2015): Near-term acceleration in the rate of temperature change, in: Nature Climate Change, Onlineveröffentlichung vom 09.03.2015, DOI: 10.1038/NCLIMATE2552.
- SRTM, Shuttle Radar Topography Mission (2015). Zugänglich über die Webseite Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, online: <http://eoweb.dlr.de:8080/index.html> (30.03.2018).
- Strasser, U. (2007): Schneelast im Wandel des Klimas- neue Risiken; Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern.
- VDE Verband der Elektroniker (o. J.): Installation von Blitzstromableitern, online: <https://www.vde.com/resource/blob/936744/88a778a1393b5922c32214fb753c9c99/merkblatt-blitzstromableiter-7-download-data.pdf> (20.08.2018).
- Wald, D. J.; Quitoriano, V.; Dengler, L.; Dewey, J. W. (1999): Utilization of the Internet for rapid Community Intensity Maps, in: Seismic Research Letters, Bd. 70, Nr. 6, S. 680-697.
- Willner, S. N.; Levermann, A.; Zhao, F.; Friedler, K. (2018): Adaptation required to preserve future high-end river flood risk at present levels, in: Science Advances, Bd. 4, Nr. 1.
- Wittich, K.-P. (1998): Waldbrandgefahren - Vorhersage des Deutschen-Wetterdienstes, in: AFZ-Der Wald - Allgemeine Forst Zeitschrift für Wald und Forstwirtschaft, Jg. 1998, Nr. 6, S. 321-324.
- Wittich, K.-P.; Löpmeier, F.-J.; Lex, P. (2011): Maßnahmenvielfalt ist die beste Waldbrandvorbeugung. Waldbrände und Klimawandel in Deutschland, in: AFZ-Der Wald - Allgemeine Forst Zeitschrift für Wald und Forstwirtschaft, Jg. 2011, Nr. 18, S. 22-25.
- Woessner, J.; Danciu, L.; Giardini, D.; Crowley, H.; Cotton, F.; Grünthal, G.; Valensise, R.; Arvidsson, R.; Basili, R.; Demircioglu, M. N.; Hiemer, S.; Meletti, C.; Musson, R. W.; Rovida, A. N.; Sesetyan, K.; Stucchi, M. and the SHARE consortium (2015): The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results, in: Bulletin of Earthquake Engineering, Bd. 13, Nr. 12, S. 3553-3596.

