



Bundesinstitut  
für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung



## Online-Werkzeug GIS-ImmoRisk Naturgefahren

Bestimmen Sie die Risiken durch  
Extremwetter für Ihre Immobilie



## **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 Hempten (BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, WR I 1), Susanne Huckele (BMUB, 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**

April 2018

### **Gestaltung**

IIÖ – Institut für Immobilienökonomie GmbH

### **Druck**

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

### **Bestellungen**

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

### **Bildnachweis**

Titelfotos: Creative Commons Zero CC0

### **Nachdruck und Vervielfältigungen**

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.

**Online-Werkzeug *GIS-ImmoRisk Naturgefahren***  
Bestimmen Sie die Risiken durch Extremwetter für Ihre Immobilie

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, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durchgeführt.





© Schafgans DGPh

## 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. Das Tool ermöglicht es Projektentwicklern, Kaufwilligen und Eigentümern auf Basis verfügbarer Datengrundlagen gegenwärtige und künftige Risiken 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.

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

Das Klimafolgenportal *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens im „Experimentellen Wohnungs- und Städtebau“ entwickelt. Grundlage waren Ergebnisse unserer Forschungsfelder „ImmoKlima“ und „ImmoRisk“. Das Tool ist auch Bestandteil des Aktionsplans Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie (APA II).

Die vorliegende Broschüre bietet Ihnen eine verständliche und anschauliche Einführung in den Umgang mit dem Tool. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

A handwritten signature in black ink that reads "Markus Eitges". The signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Dr. Markus Eitges  
Leiter des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung



# Inhalt

<b>1</b>	<b>GIS-ImmoRisk Naturgefahren auf einen Blick</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>GIS-ImmoRisk Naturgefahren: Was steckt dahinter?</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Was bedeutet Klimawandel, welche Auswirkungen auf Immobilien sind zu befürchten und warum benötigen Immobilieneigentümer ein Tool zur Risikoabschätzung?</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Bestimmung von Klimarisiken für Ihre Immobilie</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Welchen Naturgefahren ist Ihre Immobilie ausgesetzt?</b>	<b>18</b>
5.1	Sturm	19
5.2	Hagel	20
5.3	Hitze	20
5.4	Starkregen	22
5.5	Erdbeben	24
5.6	Blitzschlag	24
5.7	Waldbrand	27
5.8	Schneelast	28
<b>6</b>	<b>Das Werkzeug GIS-ImmoRisk Naturgefahren: Konzept und Praxisanwendung</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>34</b>





# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der Anzahl von Naturkatastrophen weltweit (1980–2017)	13
Abbildung 2	Immobilien-/Wohnungswirtschaft zwischen Anpassung und Vermeidung	14
Abbildung 3	Schematische Verknüpfung von Gefährdung, Vulnerabilität und Wert zum Risiko	17
Abbildung 4	Schematische Darstellung der Wirkungskette Klimasignal – Klimawirkung	18
Abbildung 5	Gegenwärtige (links, 1971–2008) und zukünftige (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Sturm	19
Abbildung 6	Gegenwärtige (links, 1971–2000) und zukünftige (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Hagel	20
Abbildung 7	Mittlere Anzahl der jährlichen „Heißen Tage“ ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) in Gegenwart und Zukunft	21
Abbildung 8	Mittlere Anzahl der jährlichen „Heißen Tage“ ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) in Köln (2021–2050)	22
Abbildung 9	Gegenwärtige (links) und zukünftige (rechts, 2021–2050) 10-jährige Niederschlagshöhe der Dauerstufe 24 Stunden	23
Abbildung 10	Qualitative Risikomatrix	24
Abbildung 11	Erdbebengefährdung in Deutschland	25
Abbildung 12	Jährliche Blitzeinschläge pro km <sup>2</sup> (Datenbasis 1999–2013)	26
Abbildung 13	Jährliche Anzahl von Tagen mit einem der beiden höchsten Werte des kanadischen Fire Weather Index	27
Abbildung 14	Schema der Verschneidung topographischer Informationen mit Schneelastzonen nach DIN EN 1991-1-3 zur Generierung räumlich differenzierter Gefährdungsinformationen	29
Abbildung 15	Adresssuche und standortgebundene Risikobestimmung	31
Abbildung 16	<i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> – Objektsteckbrief	32
Abbildung 17	<i>GIS-ImmoRisk Naturgefahren</i> – Portfolioansicht	32

# 1 GIS-ImmoRisk Naturgefahren auf einen Blick

## Welche Vorteile bietet das Werkzeug Ihnen als Immobilieneigentümer, Kaufwillige oder Projektentwicklerin?

- *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist die erste frei zugängliche Online-Risikobewertungsanwendung zur qualitativen als auch quantitativen Einschätzung von Naturgefahren für Sie als Projektentwickler, Kaufwillige oder Immobilieneigentümerin, ob privat, gewerblich tätig oder für die öffentliche Hand.
- Für einen von Ihnen beliebig wählbaren Standort in Deutschland wird Ihnen die Gefährdung durch Extremwetterereignisse wie Sturm, Hagel, Waldbrand etc. durch das Bewertungswerkzeug einfach und verständlich aufbereitet. Wenn Sie zudem die Daten Ihrer Immobilien ins System eingeben, werden auch die jeweiligen Risiken für diese Immobilien ermittelt. Sie als Projektentwicklerin, Kaufwilliger oder zukünftige Immobilieneigentümerin werden damit sowohl bei Ihrer Standortwahl unterstützt als auch in die Lage versetzt, Investitionsentscheidungen an Ihrem Objekt beispielsweise zur Vorbeugung vor möglichen Schäden durch Extremwetterereignisse zu treffen und damit eine Anpassung an den Klimawandel vorzunehmen.
- Mit der quantitativen Risikoeinschätzung des potenziellen monetären Schadens aus dem *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* können Sie die Prämienhöhen von Sachversicherern einzelner Versicherungskategorien besser nachvollziehen.
- *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* gibt Ihnen auf Basis wissenschaftlich abgesicherter Erkenntnisse und Daten die größtmögliche Transparenz hinsichtlich gegenwärtiger und zukünftig zu erwartender Risiken. Das Werkzeug ist so konzipiert, dass es inhaltlich und strukturell erweitert werden kann, wenn neue wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen oder neue Module aufgrund neuer Anforderungen geschaffen werden müssen.
- Erstmals werden nicht nur gegenwärtige Klimabedingungen, sondern auf Grundlage aktueller Klimadaten auch zukünftige Szenarien und die damit einhergehenden Risiken berücksichtigt. Hierdurch können Sie die mögliche zukünftige Veränderung der Gefährdungslage an Standorten besser abschätzen.
- Die Anwendung dieses Werkzeugs und der Zugriff erfolgen online. Ein zentraler Server des Bundes verarbeitet die von Ihnen individuell eingegebenen Daten und erstellt eine standort- und objektspezifische Auswertung.
- Als Ergebnis erhalten Sie einen sog. Risikosteckbrief, welcher als Download zur Verfügung steht. Das Dokument fasst die Ergebnisse der Gefährdungs- und Risikoberechnung zusammen, die auf Basis Ihrer Eingaben im Tool zu Ihrer Immobilie im System erfolgt. Je Naturgefahr und verfügbarer Datengrundlage werden Sie informiert über die konkrete Standortgefährdung und das qualitative Risiko Ihrer Immobilie sowie - dort, wo es möglich ist – auch über jährlich zu erwartende monetäre schadensbedingte Verluste, die durch bestimmte Naturgefahren verursacht werden können.
- Eine intuitive und benutzerfreundliche Handhabung, Hintergrundinformationen zu den einzelnen Bereichen und Erläuterungen zur Eingabe sichern eine einfache Anwendbarkeit speziell für private Immobilieneigentümer. Sie erhalten ebenfalls Informationen für mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit Ihrer Objekte, wenn eine erhöhte Risikolage festgestellt wurde.
- Als Immobilieneigentümerin können Sie aus den gebäude- und standortspezifischen Einstufungen direkt die wichtigsten Handlungsfelder zur Risikominimierung ableiten. Durch die Sensibilisierung für wahrscheinlich eintretende Naturrisiken, ermöglicht Ihnen das Werkzeug dabei ein vorausplanendes Handeln bevor tatsächlich Schäden auftreten.
- Das Werkzeug bietet Ihnen umfassende Möglichkeiten zur Risikoverwaltung größerer erfasster Immobilienbestände und unterstützt damit Ihre Immobilienmanagemententscheidungen sowohl auf Einzelobjekt- als auch auf Portfolioebene. Auch Bewirtschaftungsstrategien großer Bestandhalter können dadurch überdacht und ggf. angepasst werden.

Zugang zum Klimafolgenportal *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* über: [www.gisimmorisknaturgefahren.de](http://www.gisimmorisknaturgefahren.de)

## 2 GIS-ImmoRisk Naturgefahren: Was steckt dahinter?

Das Forschungsvorhaben „*GIS-ImmoRisk* – Entwicklung eines Geoinformationssystems zur bundesweiten Risikoabschätzung von künftigen Klimafolgen für Immobilien“ wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) als Teil der angewandten Ressortforschung des Bundes entwickelt. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) hat das Vorhaben initiiert und im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und mit Beteiligung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durchgeführt. Das im Forschungsvorhaben entwickelte Geoinformationssystem *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zur Abschätzung von Klimarisiken basiert auf den aktuellsten wissenschaftlich abgesicherten Datengrundlagen, die derzeit verfügbar sind. Das Tool wurde strukturell und inhaltlich erweiterbar entwickelt, so dass die inhaltliche Pflege der vorhandenen Module nach neusten Erkenntnissen der Forschung genauso möglich wird wie die Integration zusätzlicher Module bei neuen Anforderungen und weitergehenden Erkenntnissen.

### **Mit welcher Zielsetzung wurde das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* entwickelt?**

Ziel der Entwicklung des Geoinformationssystems *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* war es, Sie als Immobilieneigentümer bei der Beurteilung Ihrer

Standorte und Immobilienbestände hinsichtlich der gegenwärtigen und zukünftigen Risiken durch Klimafolgen wie Hagel, Sturm, Waldbrand, Hitze und Starkniederschlag (hier auch als Naturgefahren oder Extremwetterereignisse bezeichnet) sowie bei der Überführung der identifizierten Gefahren in handlungsleitende Strategien zu unterstützen. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dient damit letztlich auch als Grundlage für Ihre Investitionsentscheidungen. Neben der Berechnung immobilienpezifischer Risiken bietet Ihnen das bundesweite *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auch Informationen zur Gefährdungssituation durch einzelne Klimafolgen an Ihrem Standort und liefert zielgruppengerechte begleitende (Hintergrund-)Informationen. Sowohl die Risikobewertung Ihrer einzelnen Objekte als auch die zusammenfassende Darstellung eines größeren Immobilienportfolios im GIS ist möglich. Neben deutschlandweit verfügbaren Gefährdungskarten werden auch kleinteilige stadtklimatische Datengrundlagen, dort wo diese verfügbar sind, in das GIS integriert.

Anwenderzielgruppe sind neben den Eigentümern der öffentlichen Hand die gewerbliche Immobilien- und Wohnungswirtschaft und insbesondere Privateigentümer. Dieses Werkzeug schafft erstmalig auf Ebene eines bestimmten Standortes und bezogen auf klar definierte einzelne Immobilien die notwendige Transparenz, um Sie in die Lage zu versetzen, auf die stetig steigende Gefährdungslage durch Extremwetter gezielt reagieren zu können.

### 3 Was bedeutet Klimawandel, welche Auswirkungen auf Immobilien sind zu befürchten und warum benötigen Immobilieneigentümer ein Tool zur Risikoabschätzung?

Die zunehmende Anreicherung der Atmosphäre mit Treibhausgasen (insbesondere Kohlendioxid – CO<sub>2</sub>) durch den Menschen führt zu einem globalen Anstieg der Temperaturen. Dieser Klimawandel ist jedoch nicht nur mit einem zunehmenden Risiko extremer Hitzewellen verbunden, sondern führt darüber hinaus zum Anstieg des Meeresspiegels und einem erhöhten Risiko durch extreme Wetterereignisse. Die Auswirkungen des Klimawandels sind heute in einer nie da gewesenen Dringlichkeit weltweit zu beobachten. Seit 1980 hat sich die arktische Eisfläche von über 8 Mio. km<sup>2</sup> auf unter 5 Mio. km<sup>2</sup> reduziert. In einer Studie von Smith et al. (2015) wird dargelegt, dass sich die Erdatmosphäre momentan schneller aufheizt als im Zuge natürlicher Schwankungen in den letzten 1.000 Jahren und der Juli 2016 war der wärmste Monat seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1880 (NOAA 2015). Dieser Monat fügt sich damit nahtlos ein in eine Reihe ähnlicher Rekorde und widerlegt die These, dass sich der Klimawandel verlangsamt. Der Klimawandel ist vielmehr in vollem Gange und wird sich vermutlich bereits in naher Zukunft zusätzlich beschleunigen. Die natürlichen Folgen des Klimawandels sind bereits weltweit spürbar und haben direkte Konsequenzen auch für unsere Lebensqualität in Deutschland.

#### **Klimawandel schreitet schnell voran**

Während die Aufheizung der Atmosphäre in den mittleren Breiten derzeit noch vergleichsweise gering ist, ist der Klimawandel an den Polen bereits intensiver fortgeschritten. Aufgrund der damit einhergehenden abnehmenden Temperaturdifferenz zwischen der Arktis und niedrigeren Breiten kommt es zu einem vermehrten Auftreten

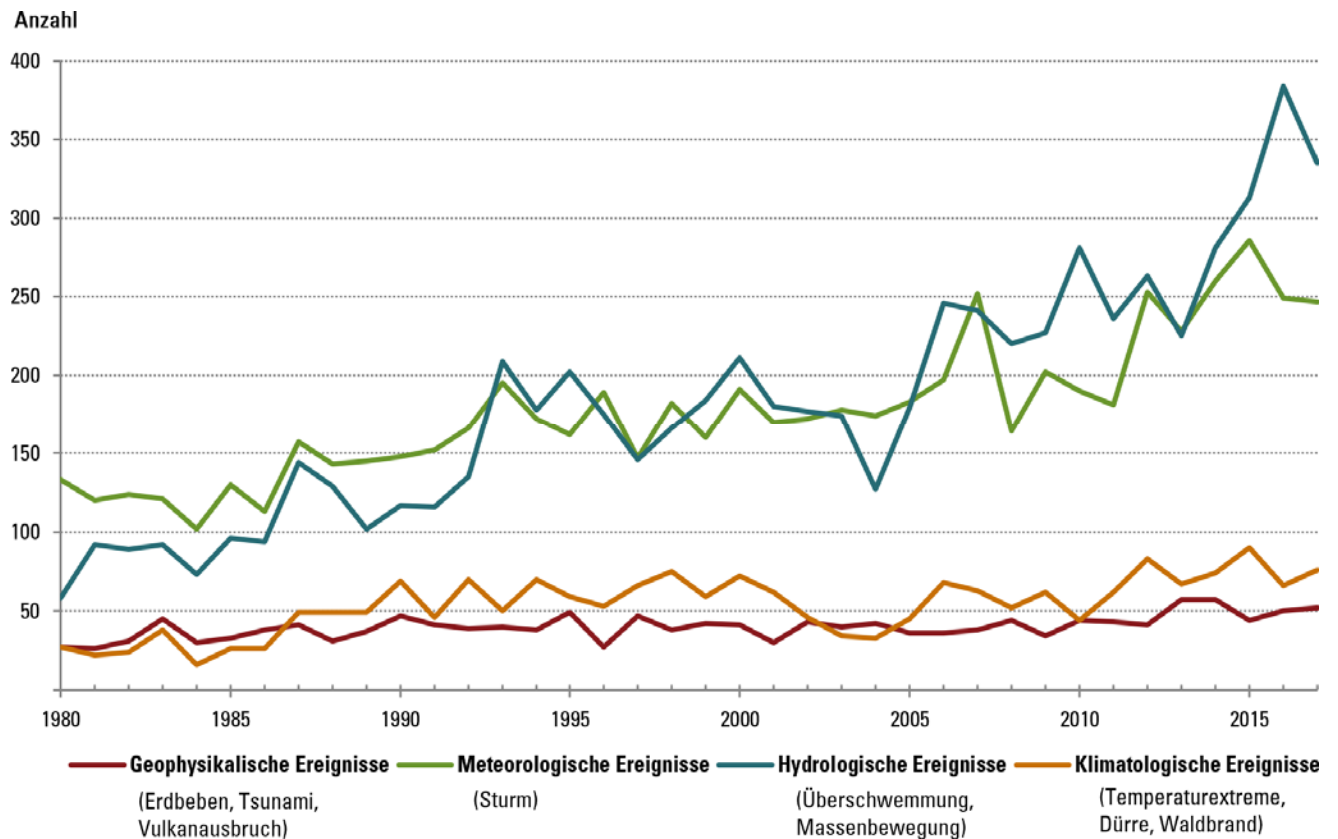
extremer Wetterlagen. Die damit verbundenen Extremwetterereignisse umfassen neben langanhaltenden Hitzeperioden auch Stürme sowie Wetterlagen, die mit einem stark erhöhten Hochwasserrisiko einhergehen. Schäden an Gebäuden machen dabei gemäß einer Studie von Grothmann et al. (2009) rund ein Viertel aller klimabedingten Schäden aus und bis 2080 ist nach seiner Beurteilung mit einem Bedarf an zusätzlichen Investitionen für Anpassungsmaßnahmen von 2,5 % der Gesamtinvestitionen in Gebäude auszugehen. Eine möglichst frühzeitige Investition in entsprechende Anpassungsmaßnahmen trägt dazu bei, die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken Ihrer Immobilien deutlich zu reduzieren.

#### **Zunehmende Extremwetterereignisse schädigen den Gebäudebestand**

Der weltweit größte Rückversicherer, die Münchener Rück, verzeichnet seit 1980 eine Verdreifachung der klimabedingten Naturkatastrophen und sogar eine Vervierfachung der jährlichen Durchschnittsschäden. Die Schäden durch Wetterkatastrophen erreichten 2017 laut Münchener Rück mit über 250 Mrd. einen neuen Rekordwert (Munich Re, NatCatSERVICE, 2018). Abbildung 1 verdeutlicht den Trend zu steigenden Schäden und häufigeren Naturkatastrophen. Selbst wenn Sie Ihre Immobilie bereits (teilweise) gegen entsprechende Schäden versichert haben, bringt der Klimawandel finanzielle Risiken mit sich, denn steigende Kosten durch Naturkatastrophen führen mittelfristig auch zu höheren Versicherungsprämien und damit zu steigenden Kosten für die Versicherten.

Abbildung 1

## Entwicklung der Anzahl von Naturkatastrophen weltweit (1980–2017)



Quelle: Munich Re, NatCatSERVICE (2018).

Neben diesen direkten Schäden kommen jedoch noch weitere Kosten auf die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft zu. Hinsichtlich des Strombedarfs für die Kühlung von Wohngebäuden kommen Studien zu einem klimawandelbedingten Anstieg für den Zeitraum von 2005 bis 2050 von 286 % (Jochem/Schade 2009. Zitiert nach Tröltzsch et al. 2012). Dazu kommen beispielsweise entgangene Steuereinnahmen durch die zum Hitzeschutz notwendige Freihaltung von Frischluftschneisen oder auch für das Anlegen neuer Hochwasserausgleichsflächen, Deicherhöhungen etc. (Tröltzsch et al. 2012.) Eine frühzeitige Berücksichtigung dieser Risiken, am besten bereits in der Planungsphase, erlaubt es Ihnen, die erwarteten Kosten in vielen Fällen deutlich zu reduzieren.

Auch in jüngster Zeit war der Trend zu höheren Risiken bundesweit spürbar durch die zahlreichen wiederkehrenden Überschwemmungen und Stürme, welche die Bevölkerung in den Regionen massiv betreffen und zu erheblichen Schäden und finanziellen Verlusten führen. Diese Schadensereignisse und ihre Veränderung über die Zeit sind für die Immobilieneigentümer und insbesondere

für die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft von hoher Relevanz. Im Regelfall beziehen sich eintretende Schäden auf Immobilienvermögen oder Infrastruktureinrichtungen, weshalb gerade diese Liegenschaften an die geänderten Rahmenbedingungen angepasst werden sollten. Auch die Versicherungswirtschaft reagiert bereits auf die Entwicklungen und versucht die gesellschaftlichen Anstrengungen zum Klimaschutz und zur Anpassung voranzutreiben, um die Risiken des Klimawandels zu begrenzen.

#### Strategie des Anpassens und Vermeidens als Reaktion

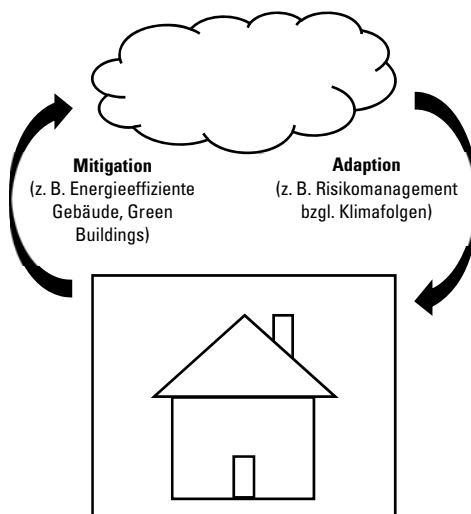
Immobilienigentümer und -entwickler – ob öffentlich, gewerblich oder privat – sind zunehmend von den Folgen des Klimawandels betroffen. Andererseits ist die Bau- und Immobilienwirtschaft auch in hohem Maße verantwortlich für den zunehmenden Ausstoß von Treibhausgasen und damit auch für den Klimawandel. Gebäude verursachen ca. 30–40 % des weltweiten Energiekonsums und sind für einen maßgeblichen Anteil der CO<sub>2</sub>-Ausstöße verantwortlich (WBCSD 2009: 6). Die bisherigen Arbeiten und Maßnahmenpakete konzentrieren

sich vor diesem Hintergrund zumeist auf den Klimaschutz und demnach auf die Milderung (Mitigation) des Klimawandels.

Neben der notwendigen Reduktion von Treibhausgasemissionen im Bereich der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft müssen sich Immobilieneigentümer künftig angesichts sich verschärfender Klimaveränderungen auch der Thematik Anpassung (Adaptation) an den Klimawandel stellen (vgl. Abbildung 2): Darunter fallen insbesondere Maßnahmen, die die Widerstandsfähigkeit Ihrer Immobilie erhöhen, sei es bereits in der Planungsmaßnahme oder durch nachträgliche Anpassungen an bestehenden Gebäuden. Auch die Wahl eines weniger gefährdeten Standorts kann in diesem Kontext als Anpassung/Adaption verstanden werden. Als Immobilieneigentümer, -entwickler oder Investor ist es daher wichtig standort- und gebäudespezifische Risiken zu identifizieren, um entsprechende Maßnahmen zu deren Reduzierung ergreifen zu können.

**Abbildung 2**

**Immobilien-/Wohnungswirtschaft zwischen Anpassung und Vermeidung**



Quelle: Eigene Darstellung

Grundsätzlich sind Anpassungsmaßnahmen für Sie als Immobilieneigentümer oder -entwickler auch unabhängig von klimatischen Veränderungen von großer Bedeutung, da einerseits bereits heute jedes Jahr erhebliche Schäden durch Extremwetterereignisse entstehen und andererseits bspw. eine dichtere Besiedelung, Wohnen in Risikogebieten (z. B. am Wasser), teurere Bauten, verstärkte Verwendung anfälliger Materialien etc. zu einem Anstieg der Kosten führen.

Die o. g. Auswirkungen des Klimawandels auf Ihre Immobilie können generell sowohl positiv (z. B. höhere Sonnenscheindauer etc.) wie auch insbesondere negativ (z. B. Extremwetterereignisse wie Starkniederschlag, Hitzeperioden, Sturmereignisse und Hagelzüge) sein - abhängig von der jeweiligen Mikrolage (Standort sowie Lage des Grundstücks hinsichtlich seiner Neigung und Einfallrichtung der Sonnenstrahlen). Extremwetterereignisse stellen jedoch ausschließlich eine Gefahr dar. Für Sie als Immobilieneigentümerin, -entwickler oder Investor entstehen dadurch zusätzliche Kosten durch mögliche Schäden, gestiegene Versicherungsprämien, aufwendige Maßnahmen zur Bauwerkssicherung oder Einschränkungen der Nutzbarkeit (z. B. durch die Aufheizung von Räumen während sommerlicher Hitzeperioden). Wenn Sie Ihre Immobilie nicht selbst nutzen, bedeutet dies im Umkehrschluss eine Reduzierung der zu erwartenden Rendite. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* liefert Ihnen aussagekräftige 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.

**Informationsbedürfnis steigt: Quantifizierung von Risiken durch Naturgefahren ist essentiell für die Immobilienwirtschaft**

Eine Ermittlung der gegenwärtig und zukünftig zu erwartenden Gefahren und Schäden durch Naturgefahren ist nicht zuletzt deshalb von so großer Bedeutung, da effektive Maßnahmen zur Risikoreduzierung nur dann möglich sind, wenn konkrete Informationen zum tatsächlich vorliegenden Risiko auf der Ebene einzelner Immobilien vorhanden sind. Bereits bei der Wahl des Standortes Ihrer Immobilie können Sie in erheblichem Maße zu einer Reduzierung der Risiken beitragen. Die konkrete bauliche Ausführung Ihrer Immobilie bestimmt darüber hinaus deren Widerstandsfähigkeit und kann bereits bei der Planung aber auch nachträglich bei bestehenden Gebäuden optimiert werden. Ohne entsprechende Informationen über die an einem Standort vorliegende Gefährdungslage und den Effekt unterschiedlicher Bauweisen auf die Widerstandsfähigkeit fällt es vielen Akteuren jedoch schwer, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen und häufig unterbleiben sie dann in vielen Fällen ganz. Insbesondere für private Immobilieneigentümer oder kleinere Immobilienentwickler sind diese Informationen jedoch kaum verfügbar und auch größere Investoren verfügen in den meisten Fällen nicht über ausreichend

gesicherte Kenntnisse, um ihr Portfolio so zu entwickeln, dass Klimarisiken möglichst minimiert werden.

**Wie hilft das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* weiter?**

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht Ihnen als Immobilieneigentümer, -entwickler oder Investor vor diesem Hintergrund erstmals eine umfassende Einschätzung der gegenwärtigen und zukünftigen Gefahrensituation am Standort Ihrer Immobilie(n). Durch die Verbindung der örtlichen Gefahrensituation und der gebäudespezifischen Widerstandsfähigkeit Ihrer konkreten Immobilie im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* besteht nun darüber hinaus erstmals die Möglichkeit, auf einfache Art und Weise auch die Effekte unterschiedlicher Bauweisen oder Anpassungsmaßnahmen auf das Risiko abzuschätzen. Durch die Bereitstellung von Informationen zu möglichen Anpassungsmaßnahmen beim Vorliegen eines erhöhten Risikos, bietet Ihnen das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* außerdem konkrete Ansatzpunkte, mit deren Hilfe Risiken deutlich verringert werden können. Dank der deutschlandweiten Bereitstellung dieser Informationen haben auch größere Immobilienentwickler und Investoren nun ein

Werkzeug an der Hand, mit dessen Hilfe die zukünftige Entwicklung ihres Portfolios bei An- und Verkauf, aber auch bei Investitionen in den Bestand optimiert werden kann.

Die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* dargestellten räumlichen Informationen zur Gefährdung durch bestimmte Wetterereignisse sind prinzipiell neben Wohnimmobilien auch auf andere Nutzungsarten anwendbar. Eine höhere Gefährdung bspw. für Hagel an Standort A im Vergleich zu Standort B geht bei einer identischen Immobilie entsprechend auch mit einem höheren Schadenspotenzial einher, unabhängig davon, ob es sich um eine Wohn-, eine Büro- oder auch eine Handelsimmobilie handelt. Der im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendete Begriff des Risikos verbindet die Gefährdung an einem Standort (abgeleitet aus Klimadaten) mit der Widerstandsfähigkeit einer konkreten Immobilie gegenüber Schäden durch eine bestimmte Naturgefahr wie zum Beispiel Hagel. Die Verfügbarkeit von Informationen, mit deren Hilfe erwartete Schäden quantitativ abgeschätzt werden können, ist jedoch begrenzt und beschränkt sich gegenwärtig auf Sturm und Hagel. Für die Extremwetterereignisse Starkregen und Hitze werden daher qualitative Risikoeinstufungen getroffen.

## 4 Bestimmung von Klimarisiken für Ihre Immobilie

Um Ihnen als Eigentümer eine wirklich handlungsrelevante Informationsbasis zur Verfügung zu stellen, war es in einem ersten Schritt wichtig, in transparenter Form Gefährdungsinformationen zu Standorten aufzubereiten und diese mit Hilfe einer anwenderfreundlichen Visualisierung darzustellen. Hierzu mussten Daten bezugnehmend auf die unterschiedlichsten Naturgefahren gesammelt und aufbereitet werden. Neben der aktuellen Gefährdung mussten auch Informationen für künftige Entwicklungen verarbeitet werden. Darauf aufbauend war der nächste logische Schritt, eine Verbindung dieser Daten zur örtlichen Gefährdung mit der Widerstandsfähigkeit einer konkreten Immobilie, um so schließlich erst eine wirkliche Risikoanalyse zu ermöglichen.

### Gefährdung identifizieren

Der Begriff „Gefährdung“ beschreibt zunächst die Häufigkeit von potenziell schadensträchtigen Wetterereignissen an einem spezifischen 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 Widerstandsfähigkeit einer Immobilie lassen sich Aussagen zur Häufigkeit sowie den Kosten von Schäden und damit zum Risiko einer Immobilie an einem Standort treffen.

Die sogenannte Gefährdungsfunktion (englisch: „Hazard-Funktion“) beschreibt die statistische Wahrscheinlichkeit für das Überschreiten einer bestimmten Intensität, z. B. einer Windgeschwindigkeit von 35 m/s) an einem Standort. Die Gefährdungsfunktion wird durch die Anwendung bestimmter statistischer Methoden auf empirische oder modellierte meteorologische Daten bestimmt.

### Warum ist die Verwundbarkeit eines Gebäudes entscheidend für die Bestimmung des Schadens?

Um die Risiken, der eine Immobilie ausgesetzt ist, zu bestimmen, wurde ein Zusammenhang zwischen der vorliegenden Gefährdung, im Sinne der Häufigkeit bestimmter Extremwetterereignisse ab einer bestimmten Intensität, und den dabei zu erwartenden Schäden hergestellt.

Dieser Zusammenhang wird durch die sogenannte Vulnerabilität einer Immobilie ausgedrückt und drückt deren Verwundbarkeit gegenüber bestimmten Einwirkungen aus. Rein Begrifflich handelt es sich damit also um das Gegenteil der Widerstandsfähigkeit einer Immobilie. Für jede Naturgefahr ist die Vulnerabilität von anderen Parametern abhängig. Die Definition des Begriffs in der Literatur ist teilweise unterschiedlich, im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* lehnt dieser sich jedoch an die Definition der Münchener Rück an, im Sinne der Schadensanfälligkeit eines Objekts auf Grund äußerlicher Einwirkungen. Das Ziel der Vulnerabilitätsanalyse ist letztlich die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen der Intensität eines Naturereignisses und den daraus resultierenden Schäden an der Immobilie. Da die im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Schadensfunktionen mit relativen Schäden (bezogen auf den Versicherungswert) arbeiten, bedarf es der Bestimmung von Wiederherstellungskosten, um das monetäre Risiko bezogen auf ein bestimmtes Objekt zu berechnen.

### Wie kann die Schadenshöhe hergeleitet werden?

Das Vorgehen zur Wertermittlung ausgehend von Sachwerten, bei dem es im Kern auf technische Merkmale der Objekte ankommt, besteht aus verschiedenen Komponenten, die getrennt voneinander ermittelt werden und erst am Ende der Berechnungen zusammengeführt werden. Die Komponenten umfassen grundsätzlich den Bodenwert, den Wert der baulichen Anlagen und den Wert sonstiger Anlagen – wie bspw. (bauliche) Außenanlagen oder aufwändige Ein- und Ausbauten (mit Ausnahme des beweglichen Inventars). Da die zur Schadensabschätzung verwendeten statistischen Modelle ausschließlich das Gebäude selbst betrachten, bleiben sowohl der Bodenwert, als auch die baulichen Außenanlagen oder Inventar außer Acht. Der Wert von Inventar bzw. Hausrat ist im Einzelfall individuell sehr unterschiedlich und kann daher nicht mit dem immobilienbezogenen Ansatz des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erfasst werden. Die Alterswertminderung der Bauteile wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da im Schadensfall Neuherstellungskosten relevant sind.

### Wie berechnet das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* den zu erwartenden Schaden?

Die Gefährdung eines bestimmten Standortes muss zur Schadensabschätzung mit der



Vulnerabilität einer Immobilie in Verbindung gebracht werden, um schließlich Aussagen treffen zu können, wie oft ein erwarteter monetärer Schaden am Objekt eintrifft. 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 Schadenserwartungswert* (*erwarteter Verlust/expected loss*) berechnet wird. Es handelt sich dabei um den jährlich zu erwartenden Schaden (*Annual expected loss AEL*), der prinzipiell mit der anteiligen (Sach-)Versicherungsprämie für eine Immobilie in Bezug auf die betrachtete Naturgefahr vergleichbar ist. Im Falle einer Versicherung setzt sich die Prämie allerdings zusätzlich zum erwarteten Durchschnittsschaden noch aus einem Sicherheitszuschlag und Verwaltungskosten zusammen (vgl. Kaas et al. 2008).

Der verfolgte Ansatz zur Risikobestimmung lässt sich demnach wie folgt charakterisieren, wobei der „Punkt“ (◦) hier *keine* rein multiplikative Verknüpfung illustriert:

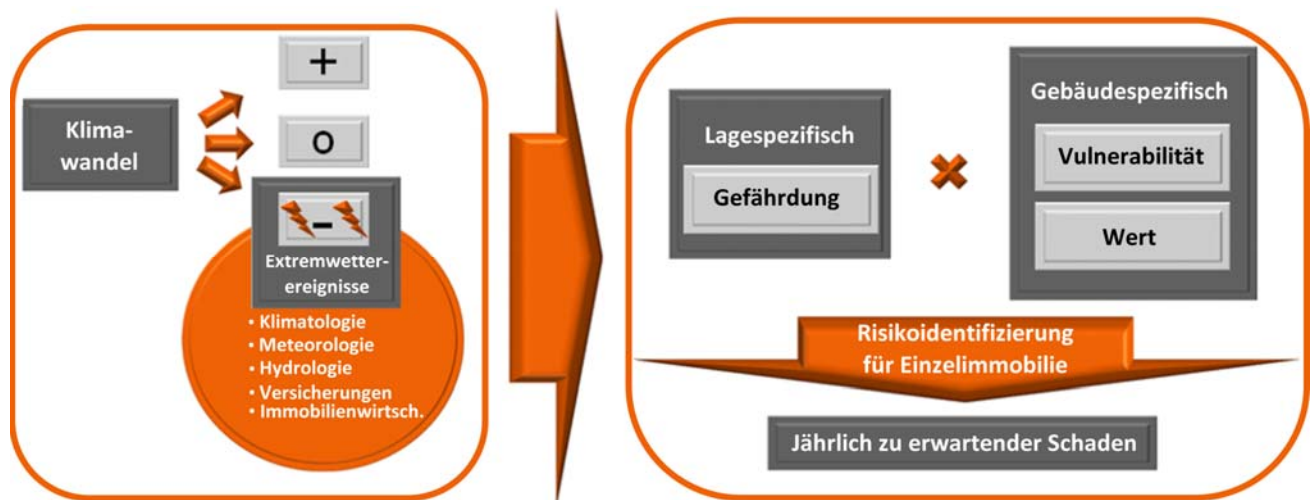
### Risiko = Gefährdung ◦ Vulnerabilität ◦ Wert

Das Verknüpfungssymbol „◦“ drückt somit *nicht* die exakte mathematische Multiplikation der drei Faktoren aus, sondern steht nur symbolisch für die gemeinsame Verwendung der einzelnen Aspekte. Die detaillierte Berechnung ist äußerst komplex und bedient sich u. a. der Integralrechnung, der Extremwertstatistik und anderen Elementen (vgl. hierzu im Detail den Projekt-Endbericht). Die Gefährdung ist hierbei lediglich vom Standort einer Immobilie abhängig, die Vulnerabilität und der Wert werden hingegen ausgehend von den Gebäudemerkmalen, die von Ihnen als Nutzer des Werkzeugs erfasst werden können, abgeleitet. Dieser dreigliedrige Ansatz wird schematisch in Abbildung 3 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 Gefährdungsfunktion) die Wahrscheinlichkeit, wie oft ein bestimmter Schaden innerhalb eines bestimmten Zeitraums überschritten wird (vgl. Hirsch/Braun/Bienert 2015).

Abbildung 3

#### Schematische Verknüpfung von Gefährdung, Vulnerabilität und Wert zum Risiko



Quelle: Eigene Darstellung.

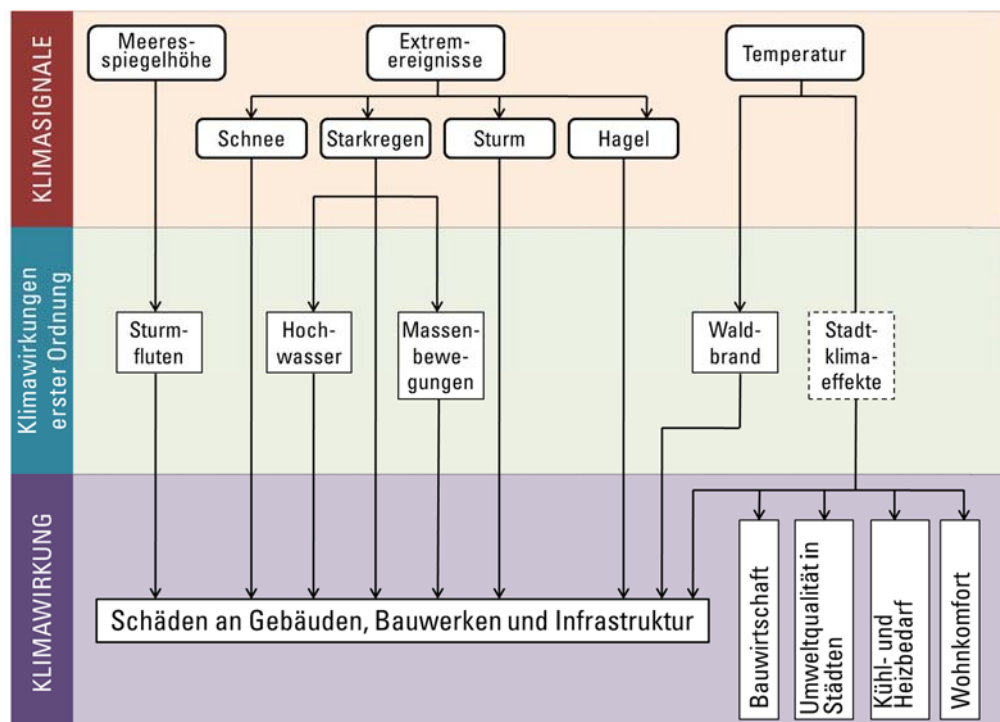
## 5 Welchen Naturgefahren ist Ihre Immobilie ausgesetzt?

Je nach untersuchter Naturgefahr sind andere meteorologische Größen bzw. deren Intensitäten entscheidend für den potenziellen Schaden an Ihrer Immobilie. Im Fall von Stürmen ist dies beispielsweise die Windgeschwindigkeit und bei Starkregen die Menge an Niederschlag innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

Um Naturgefahren und deren Wirkungskette einzuordnen, wird in nachfolgender Darstellung das sog. Klimasignal (ereignisbezogen), die Wirkung 1. Ordnung i. S. v. Folgen des Klimasignals sowie die Auswirkungen auf die Immobilien- und Wohnungswirtschaft kurz skizziert:

Abbildung 4

Schematische Darstellung der Wirkungskette Klimasignal – Klimawirkung



Quelle: UBA 2015

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* stellt die Verbindung zwischen dem Wetterereignis und den monetären Auswirkungen auf die Immobilie und den Standort her. Die unterschiedlichen Naturgefahren werden nun nachfolgend explizit betrachtet.

### Naturgefahren auf einen Blick

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* berücksichtigt insgesamt acht relevante Naturgefahren zur Bestimmung der Gefahren und Risiken für Ihre Immobilie:

- Wintersturm
- Hagel
- Hitze
- Starkregen
- Erdbeben
- Blitzschlag
- Schneelast
- Waldbrand

Weiterführende Informationen zu den im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* verwendeten Datengrundlagen sowie möglichen Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit Ihrer Immobilie sind für jede Naturgefahr in einem eigenen Dokument, das im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* abgerufen werden kann, beschrieben. Durch eine Variation der baulichen Merkmale, der von Ihnen im Tool eingegebenen Gebäude, können Sie direkt den entsprechenden Effekt auf das resultierende Risiko ermitteln und dies bei der Planung eventueller Anpassungsmaßnahmen berücksichtigen.

Im Fall von Hochwasser sind die für entsprechenden Berechnungen notwendigen Gefährdungsinformationen (lokale Wassertiefen bei Hochwasserereignissen) nur sehr begrenzt

verfügbar, weshalb eine deutschlandweite Bestimmung quantitativer Risiken vorläufig nicht möglich ist und daher nicht im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* berücksichtigt wird. Im Tool sind jedoch entsprechende Links zu den Gefährdungsinformationen der Bundesländer sowie zu weiteren Informationen wie beispielsweise auf dem Portal „Kompass Naturgefahren“ des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) hinterlegt.

## 5.1 Sturm

*Windstürme*<sup>1</sup> sind neben Überschwemmungen und Hagelschlag in Deutschland der Hauptverursacher von Schäden an Immobilien durch Naturgefahren, wobei wiederum fast 90 % der entstandenen Schäden auf sogenannte *Winterstürme* (September bis April) zurückzuführen sind (Münchener Rück 1999).

Die Gefährdung durch Stürme kann sich auch innerhalb kleiner Gebiete stark unterscheiden und hängt neben der allgemeinen Lage eines Standorts relativ zur vorherrschenden Groß-

wetterlage auch von der Topographie (also beispielsweise der Lage in einem windgeschützten Tal oder im Gegensatz dazu auf einer Bergkuppe) und der Oberflächenbeschaffenheit (zum Beispiel offenes Feld versus Stadt) ab.

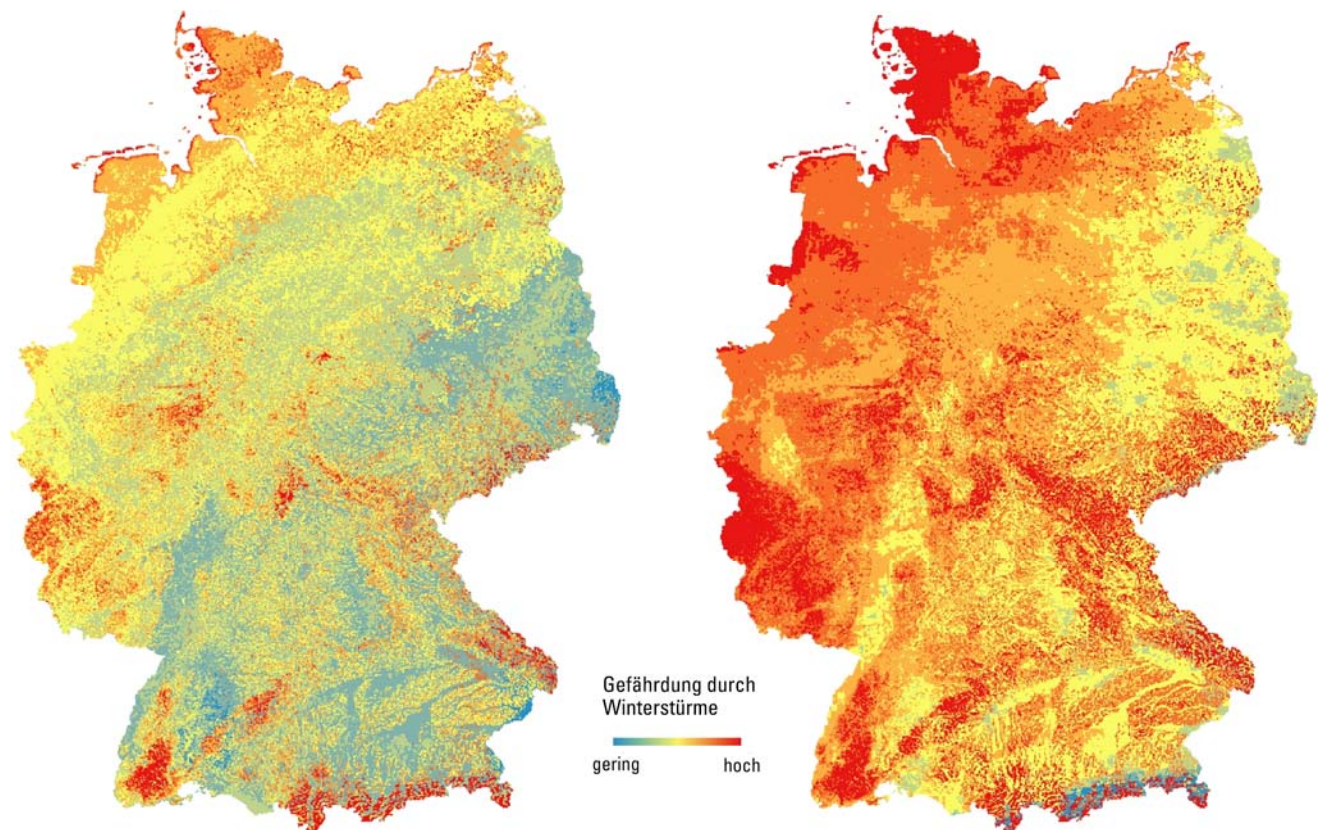
Der Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit eines Sturms und dem dabei eintretenden Schaden wird mit Hilfe von Schadensfunktionen beziffert. Ausschlaggebend ist dabei in aller Regel die während eines Sturms maximal erreichte Geschwindigkeit. Die Wirkung des Windes auf ein Gebäude resultiert aus dem auftretenden Windstaudruck und den damit verbundenen Kräften, die auf die exponierten Gebäudeteile einwirken. Abbildung 5 stellt die bundesweite Veränderung der Gefährdung durch Windstürme dar.

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht Ihnen neben der Bestimmung der Gefährdungslage am Standort Ihrer Immobilie dank der Einbindung gebäudespezifischer Vulnerabilitätsmodelle auch eine Abschätzung des zu erwartenden jährlichen Durchschnittsschadens unter gegenwärtigen und zukünftigen Klimaverhältnissen.

(1) Wenn im Folgenden der Begriff Sturm verwendet wird, bezieht sich dies auf die Gefährdung durch hohe Windgeschwindigkeiten und schließt Hagel, welcher gesondert behandelt wird, nicht mit ein.

**Abbildung 5**

**Gegenwärtige (links, 1971–2008) und zukünftige (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Sturm**



Quelle: *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

## 5.2 Hagel

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 1,1 Milliarden Euro (GDV 2014). Die Schäden treten dabei beispielsweise im Vergleich zu Winterstürmen in räumlich eng begrenzten Gebieten auf, können dort aber mitunter zu extrem hohen Schäden an einem Großteil der Gebäude führen.

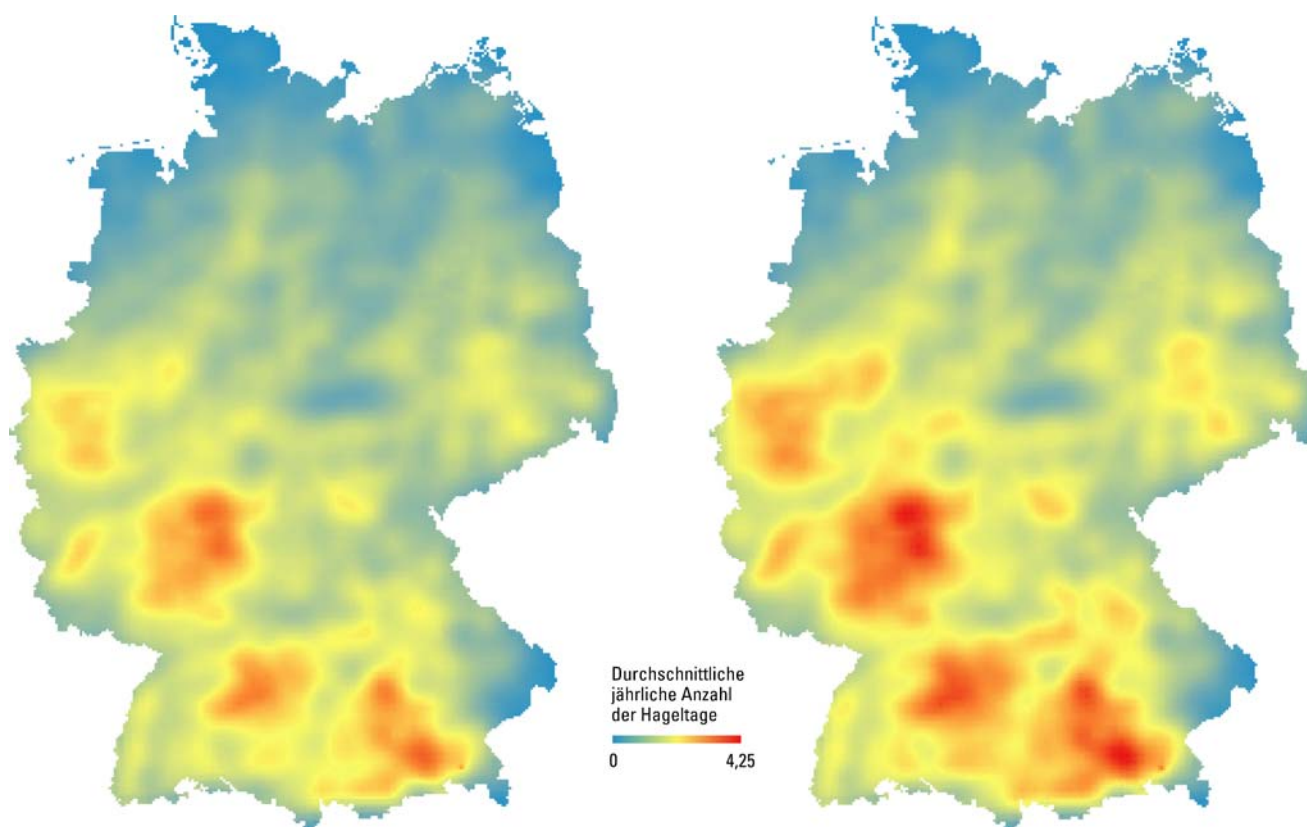
Der an einem Gebäude durch Hagel entstehende Schaden hängt in erster Linie von den baulichen Merkmalen der Immobilie (in Form mehr oder weniger anfälliger Materialien einzelner

Gebäudeteile) und der Anzahl und Größe der Hagelkörner ab. Da ein nachträglicher Austausch der entsprechenden Materialien mit nicht unerheblichen Kosten verbunden ist, sollte eine ausreichend hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hagelschlag bereits in der Planungsphase Berücksichtigung finden.

Genau wie im Fall der Winterstürme, ermöglicht das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* neben der standortspezifischen Bestimmung der Gefährdungslage auch eine Abschätzung der monetären Risiken in Gegenwart und Zukunft in Form des jährlich zu erwartenden Schadens durch Hagelereignisse (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6

Gegenwärtige (links, 1971–2000) und zukünftige (rechts, 2021–2050) Gefährdung durch Hagel



Quelle: *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

## 5.3 Hitze

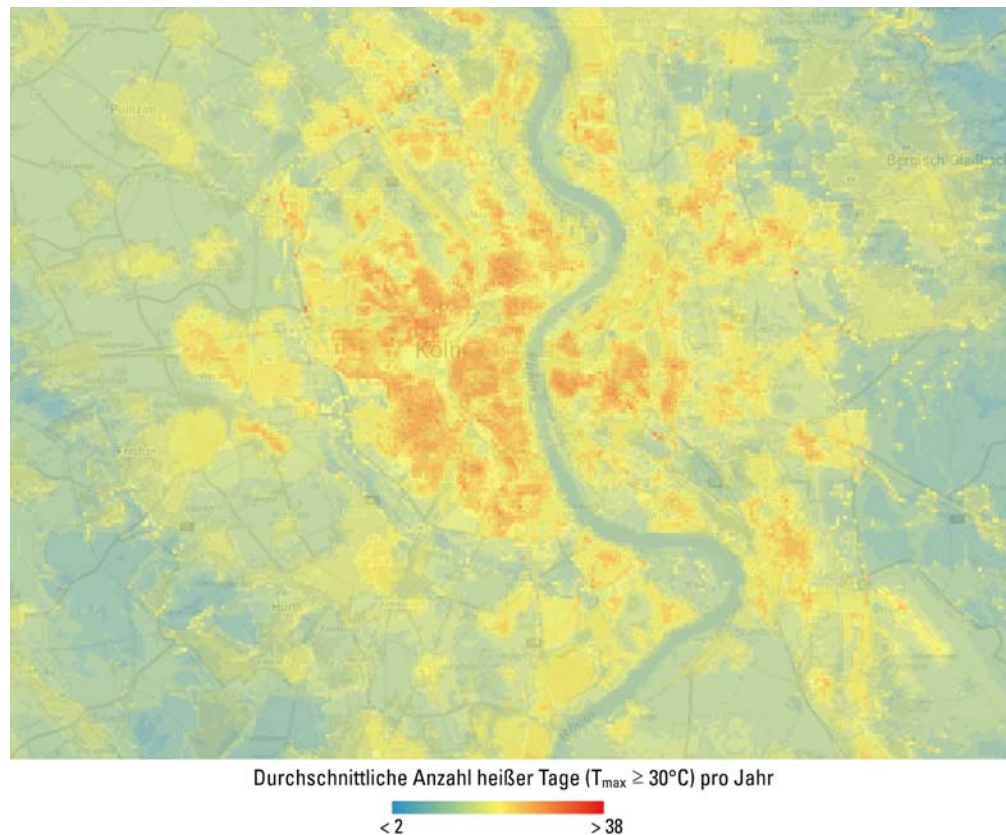
Durch den Klimawandel bedingt treten vermehrt langanhaltende Hitzeperioden auf (vgl. Abbildung 7). Diese gefährden nicht nur die Landwirtschaft und Menschen mit angeschlagener Gesundheit, sondern stellen auch ein Risiko für die Immobilienwirtschaft dar. In Immobilien ohne

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 von Gewerbe-





Abbildung 8

Mittlere Anzahl der jährlichen „Heißen Tage“ ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) in Köln (2021–2050)

Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

## 5.4 Starkregen

Starkregenereignisse mit besonders hohen Niederschlagsmengen in relativ kurzen Zeiträumen stellen ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Gefahr für Immobilien und deren Werthaltigkeit dar. 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 100 Millionen Euro Sachschäden in dem betroffenen Gebiet zu beklagen. Aufgrund der hohen Bodenversiegelung in städtischen Gebieten in Verbindung mit einer großen Menge oberflächlich abfließenden Wassers bzw. einer geringen Versickerungsrate herrscht eine besonders hohe Gefährdung durch Sturmflutereignisse. Auch in größerer Entfernung von Fließgewässern, also vermeintlich sicheren Standorten und dadurch geringen Vorsichtsmaßnahmen, können Überschwemmungsschäden auftreten. Da eine exakte Abschätzung der Sturmflutrisiken mit dem derzeitigen Informationsstand der Wissenschaft nicht möglich ist, beziehen sich die

Gefährdungsangaben im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* allein auf die gegenwärtige und zukünftige Häufigkeit und Intensität der auslösenden Starkregenereignisse (vgl. Abbildung 9). Darüber hinaus erfolgt im Tool eine auf den Nutzerangaben zur Immobilie basierende Einstufung der Vulnerabilität und des Risikos für das Gebäude durch die direkte Einwirkung des Starkregens auf das Gebäude. Eine hohe Gefährdung in Verbindung mit hoher individueller Verwundbarkeit Ihrer Immobilie wird Ihnen im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* aufgezeigt. Als mögliche Reaktionen könnten Sie die Verwundbarkeit Ihrer Immobilie durch entsprechende bauliche Maßnahmen an Dach und den Entwässerungsanlagen ggf. optimieren.

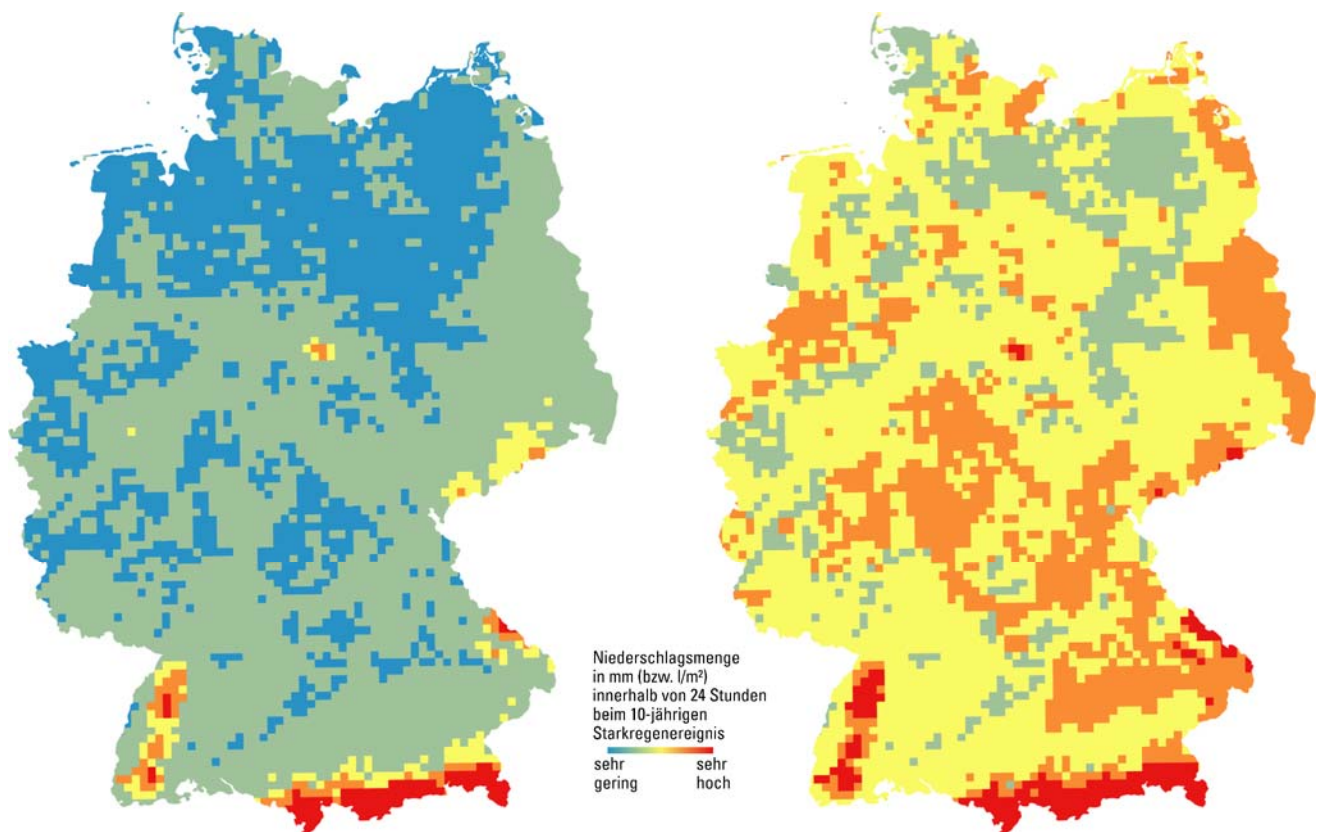
Eine Verknüpfung von Starkregenereignissen einer bestimmten Intensität mit konkreten Schäden an Immobilien im Sinne von Schadensfunktionen existiert bisher nicht. Eine monetäre Bewertung jährlich zu erwartender Schäden ist daher im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht möglich. Es gibt jedoch erste Ansätze, 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 10). Die Vulnerabilitätsklassifizierung erfolgt auf Grundlage einer fünfstufigen Skala anhand der vom Nutzer im Tool angegebenen Informationen zu seiner Immobilie.

#### Abbildung 9

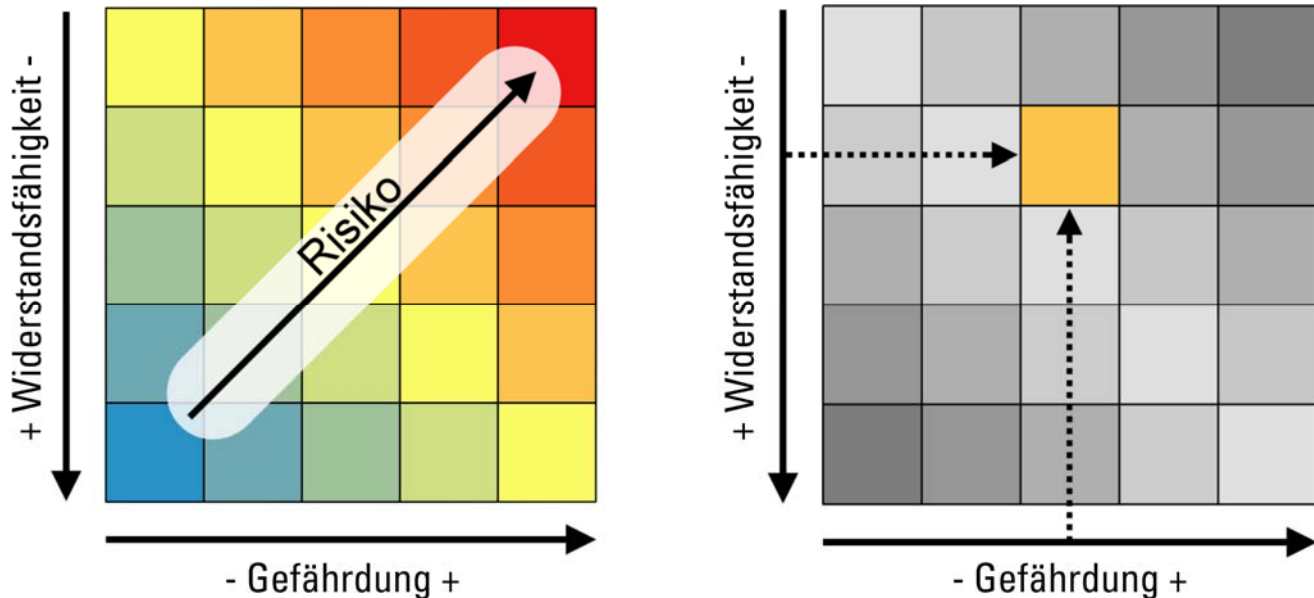
Gegenwärtige (links) und zukünftige (rechts, 2021–2050) 10-jährige Niederschlagshöhe der Dauerstufe 24 Stunden



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

Abbildung 10

## Qualitative Risikomatrix



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

## 5.5 Erdbeben

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 Wiederkehrperiode von 475 Jahren besitzen. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht dem Nutzer eine

Einschätzung der standortspezifischen Gefährdungssituation (vgl. Abbildung 11) und unterstützt dadurch insbesondere Bauherren bei der Berücksichtigung möglicher Risiken. Da sich die Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegenüber Erdbeben in erster Linie aus dessen konstruktiven Merkmalen, die nach Fertigstellung kaum oder gar nicht mehr veränderbar sind, ergibt, ist es hier besonders wichtig, bereits in der Bauphase seine Gefährdung zu kennen und bei der Planung zu berücksichtigen.

## 5.6 Blitzschlag

Schäden durch Blitzschläge und Überspannung kosteten die deutschen Sachversicherer allein im Jahr 2014 340 Millionen Euro (GDV 2015), wobei die räumliche Verteilung der Gefährdung sehr unterschiedlich ausfällt und generell in höheren Lagen deutlich größer ist als im Flachland. Während die Anzahl der gemeldeten Schadensereignisse in den letzten zehn Jahren leicht rückläufig war, steigen die durchschnittlichen Kosten pro Versicherungsfall kontinuierlich an. 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 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. Eine

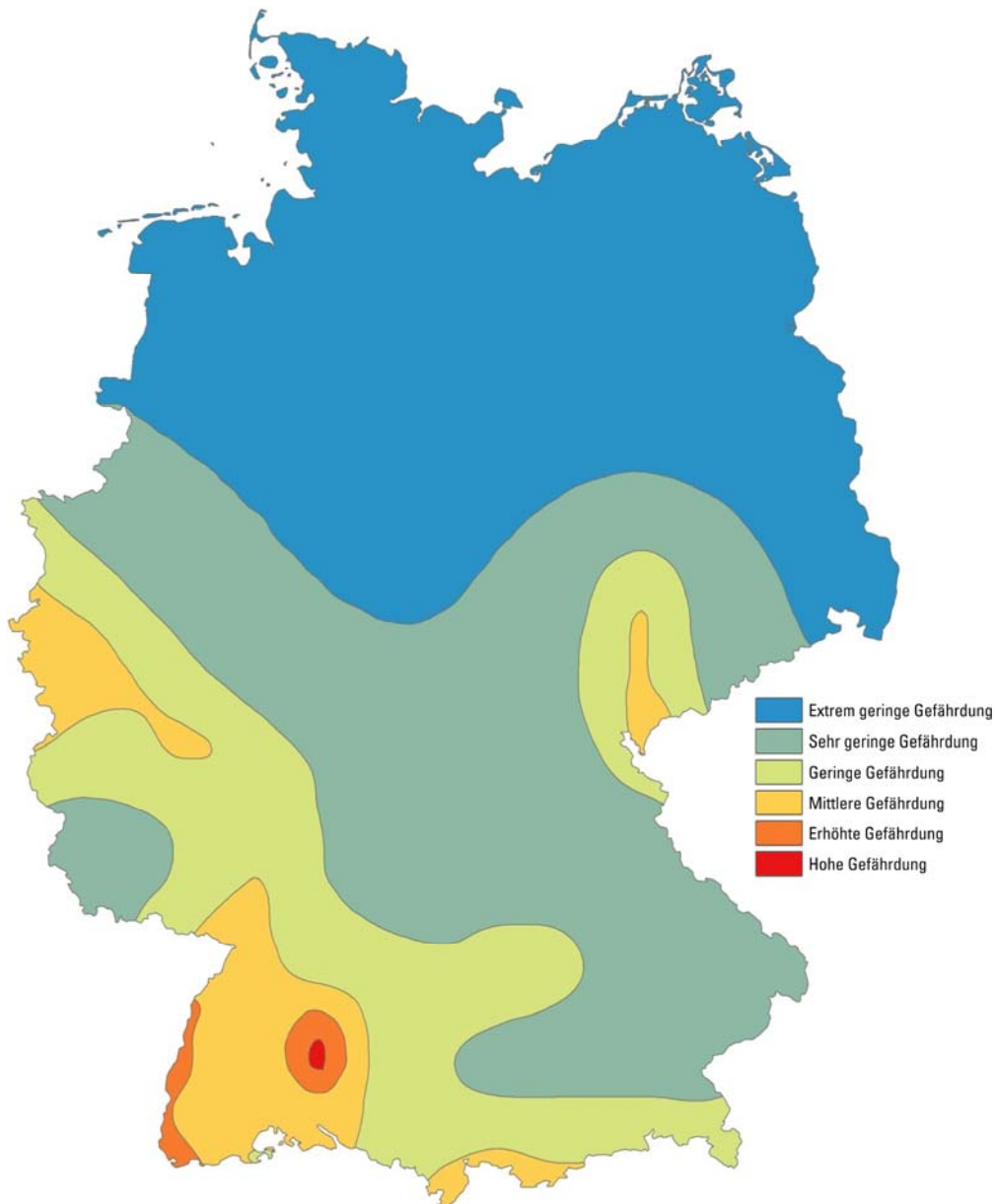


quantitative Abschätzung möglicher Schäden mit Hilfe von *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ist daher nicht möglich und Angaben zur Gefährdung an einem Standort können nur auf räumlich aggregierten Daten für größere Gebiete basieren. Als Nutzer des Werkzeuges erhält man daher einerseits eine Gefährdungsangabe auf Landkreis-/Stadtebene (vgl. Abbildung 12) und wird darüber hinaus mit entsprechenden

Hintergrundinformationen versorgt, die eine Abschätzung des tatsächlichen Risikos ermöglichen sowie insbesondere Maßnahmen zur Risikominderung aufzeigen. In möglichst komprimierter Form werden dabei die relevanten Merkmale einer Immobilie selbst, als auch deren Umgebung dargelegt und durch mögliche Schutzmaßnahmen – bspw. die Installation einer Blitzschutzanlage – ergänzt.

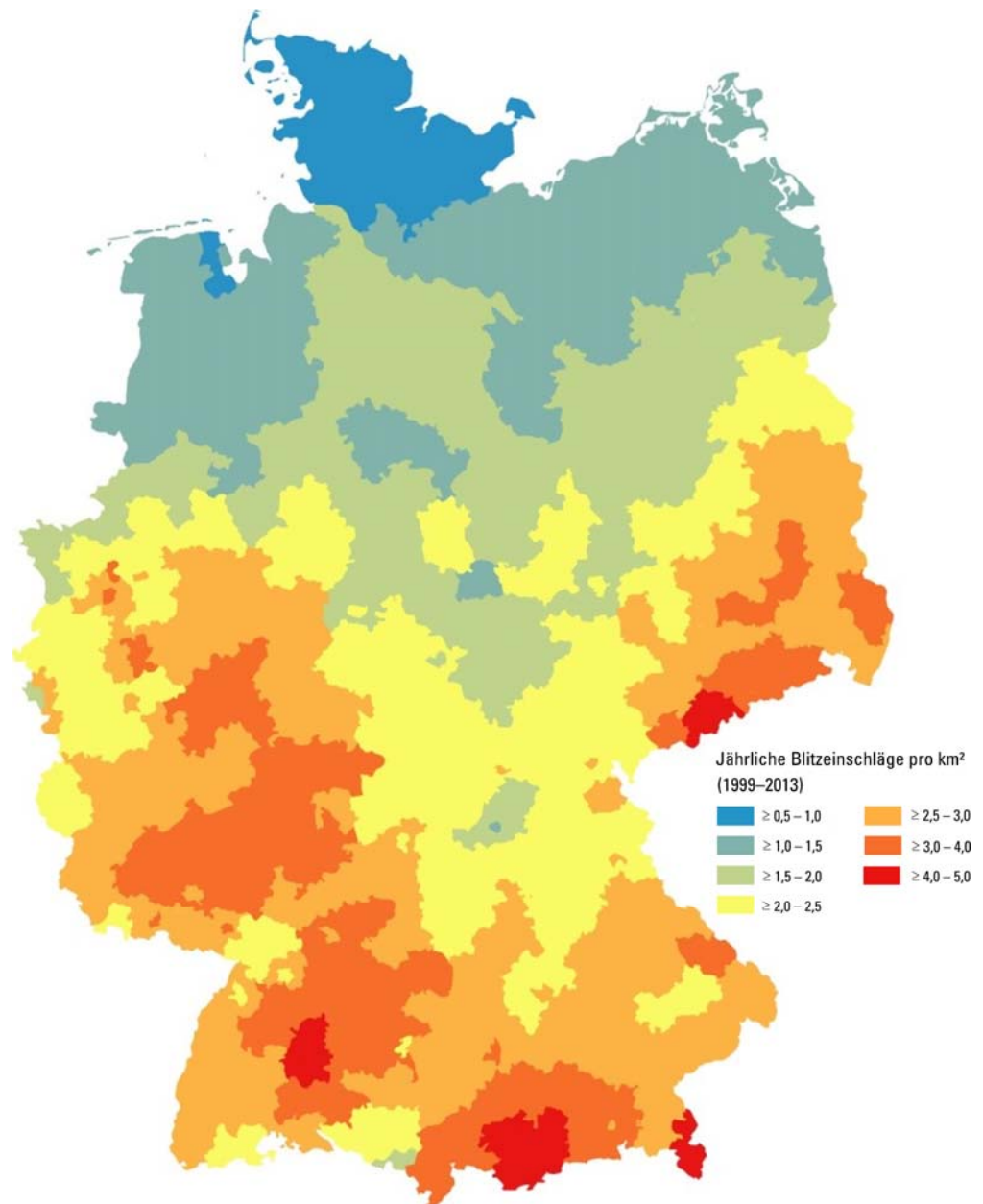
**Abbildung 11**

**Erdbebengefährdung in Deutschland**



Quelle: *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

Abbildung 12

Jährliche Blitzeinschläge pro km<sup>2</sup> (Datenbasis 1999–2013)Quelle: Siemens-BLIDS 2014; *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

## 5.7 Waldbrand

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 angrenzen (Wittich 1998: 321). 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 werden (Wittich 1998: 324) und dies obwohl rein klimatisch betrachtet das Risiko von Waldbränden im gleichen Zeitraum sogar zugenommen hat (Wittich et al. 2011).

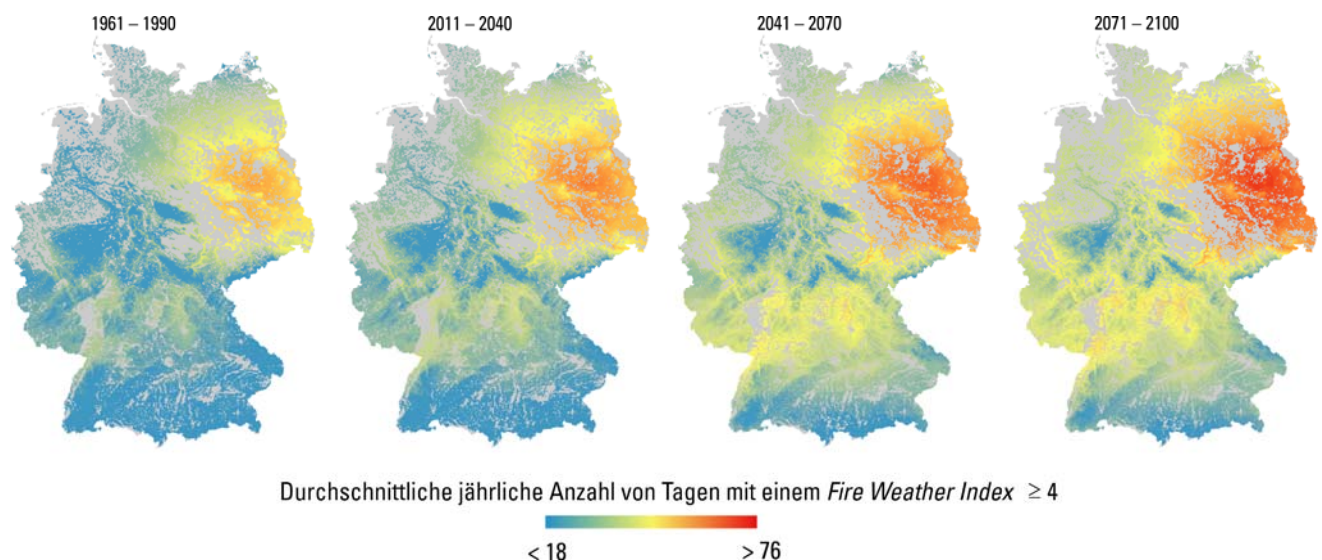
Diese Entwicklung verdeutlicht die Tatsache, dass der größte Teil der Waldbrände in Deutschland durch Menschen verursacht wird und damit vermeidbar wäre. Neben einer Zündquelle – sei es der Mensch oder ein Blitz – ist die Verfügbarkeit brennbaren Materials der zweite wesentliche Faktor bei der Entstehung 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 rechnen (Wittich et al. 2011). Klimatologen verwenden entsprechende Kennzahlen wie beispielsweise den kanadischen *Fire Weather*

*Index*, der die genannten Faktoren berücksichtigt und eine Abschätzung der aktuellen Waldbrandgefährdung ermöglicht. Durch die Verwendung langjähriger Klimabeobachtungen durch den DWD und entsprechende Auswertungen zahlreicher Klimamodelle ermöglicht das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* erstmals vergleichsweise genaue Abschätzungen der heutigen sowie der zukünftigen Gefährdung an einem Standort (vgl. Abbildung 13). Die Einstufung der durchschnittlichen Waldbrandgefährdung eines Standorts berücksichtigt dabei außerdem, ob in hinreichender Nähe überhaupt Waldgebiete als Gefahrenquelle vorhanden sind.

Eine Quantifizierung möglicher Schäden im Falle eines Waldbrandes ist in Ermangelung geeigneter Schadensfunktionen im Rahmen des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* nicht möglich. Als Nutzer erhält man jedoch an entsprechender Stelle Informationen zu den Faktoren, welche die Vulnerabilität eines Gebäudes beeinflussen (z. B. Holzbauweise, brennbares Material in der Umgebung etc.) und wie vorgesorgt werden kann. Insbesondere vor dem Hintergrund einer eventuell lokal erhöhten Gefährdung am Standort ermöglicht dies eine grobe Abschätzung des Risikos sowie das Ergreifen geeigneter Maßnahmen zu dessen Reduzierung. Der Verzicht auf leicht entflammbare Baumaterialien sowie kein Bewuchs in unmittelbarer Nähe des Gebäudes sind grundlegende zielführende Schritte.

Abbildung 13

Jährliche Anzahl von Tagen mit einem der beiden höchsten Werte des kanadischen *Fire Weather Index*



Quelle: DWD 2016; *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*.

## 5.8 Schneelast

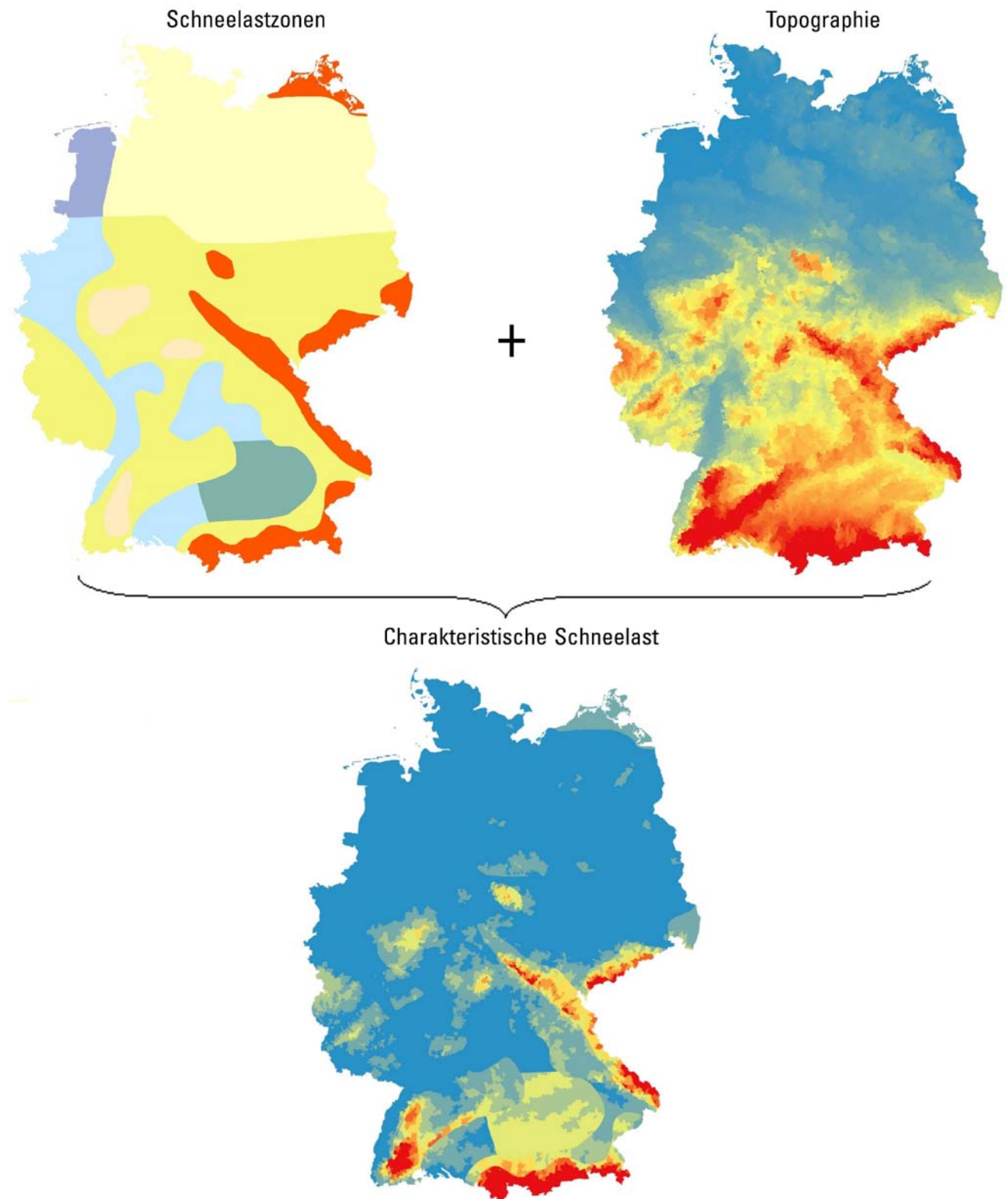
Die Gefährungsdefinition erfolgt im Fall der Schneelast anhand der relevanten Vorschriften, die in Deutschland in der DIN EN 1991-1-3 festgelegt sind. Dort wird insbesondere die Bestimmung der sogenannten charakteristischen Schneelast an einem Standort geregelt (vgl. Abbildung 14). In Verbindung mit der Dachform eines Gebäudes kann aus der charakteristischen Schneelast bestimmt werden, für welche Lasten ein Gebäude mindestens ausgelegt sein muss. Zusätzlich zur Lage eines Gebäudes in einer der drei bzw. fünf in der Norm definierten Schneelastzonen, spielt die Höhe eines Standortes über dem Meeresniveau in der Berechnung der einzuplanenden Schneelast eine wichtige Rolle. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bietet dem Nutzer durch die Verknüpfung dieser zonenspezifischen Höhenabhängigkeit mit entsprechenden Radardaten zur Topographie eine kartographische Darstellung des exakten Werts der charakteristischen Schneelast an beliebigen Standorten in ganz Deutschland.

Das konkrete Risiko einer Immobilie durch Schneelast setzt sich wie schon im Fall der bisher diskutierten Naturrisiken aus der durch die Schneelastzone definierten Gefährdung (Häufigkeit bestimmter Schneehöhen) sowie der gebäudespezifischen Vulnerabilität zusammen. Letztere wird neben der Stabilität der Dach-

konstruktion 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, wird im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* auf eine gebäudetypspezifische Erfassung der Vulnerabilität verzichtet. Als Nutzer erhält man neben den standortspezifischen Angaben zur Gefährdung vor Ort, Hinweise zu Faktoren, die die Vulnerabilität beeinflussen und welche Vorsichtsmaßnahmen je nach Fall sinnvoll sein können. Stehen ohnehin Sanierungsmaßnahmen am Objekt an, so kann in gefährdeten Regionen gezielt in Bezug auf statische Belastbarkeit und Dachneigung eine Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der baulichen Anlagen erreicht werden. Ist dies nicht der Fall sollte der Nutzer bei einer gefährdeten Immobilie im Fall akuter Schneelast regelmäßig prüfen, ob nicht sukzessive der Schnee vom Dach entfernt werden muss.

Abbildung 14

Schema der Verschneidung topographischer Informationen mit Schneelastzonen nach DIN EN 1991-1-3 zur Generierung räumlich differenzierter Gefährdungsinformationen



Quelle: DIN EN 1991-1-3; GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

## 6 Das Werkzeug *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*: Konzept und Praxisanwendung

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* ermöglicht privaten und gewerblichen Immobilienbesitzern, Bauherren, Planern, Bestandhaltern mit großen Portfolios und den sonstigen Akteuren der Immobilienwirtschaft eine objektgenaue Erfassung und Analyse räumlich differenzierter Naturgefahren für Immobilien unter heutigem und zukünftigem Klima.

### Objekt und standortspezifische Informationen zu Gefährdung sowie Widerstandsfähigkeit

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. Als Nutzer können Sie beliebig viele Immobilien unter Ihrem Profil anlegen und die mit den im Einzelfall wirkenden Risiken überprüfen. Die Ergebnisse der Gefährdungs- und Risikoanalyse werden in einem übersichtlichen *Objektsteckbrief* dargestellt, den Sie natürlich auch als PDF-Datei herunterladen können. Sollten Sie lediglich an der Gefährdung an einem bestimmten Standort interessiert sein, kann auf die Eingabe konkreter Immobiliendaten verzichtet und ein reiner *Standortsteckbrief* mit allen gegenwärtigen und zukünftigen Gefährdungsangaben erstellt werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, sich für die festgestellten Gefahren entsprechende *Hintergrundinformationen* und *Normstrategien* für mögliche Reaktionsmaßnahmen anzeigen zu lassen. Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* zeigt Ihnen im Risikosteckbrief für die Naturgefahren Hitze und Starkregen automatisch an, welche Ihrer Angaben zur Immobilie einen besonders negativen Effekt auf die Widerstandsfähigkeit besitzen.

### Verlinkung von Nutzerinput und *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*-Datenbanken

Die für die Erstellung der Steckbriefe benötigten Informationen werden einerseits durch Sie selbst als Nutzer eingegeben (Standort und Immobilienmerkmale) und sind andererseits in einer zentralen Datenbank auf der GIS-Plattform hinterlegt.

Bei den hinterlegten Daten handelt es sich um Informationen

- zur Gefährdung eines Standorts durch die unterschiedlichen abgebildeten Naturgefahren inklusive der zukünftigen Entwicklung dieser Gefährdung (Klimadaten),
- zu gebäudespezifischen Vulnerabilitätsfunktionen in Form von Schadensfunktionen und Vulnerabilitätsklassifikationen (Vulnerabilitätsdaten) und
- zur Ermittlung der Wiederherstellungskosten einer Immobilie (Daten zu Herstellungskosten).

Die hinterlegten Gefährdungsdaten sind darüber hinaus so aufbereitet, dass Sie eine übersichtliche Kartendarstellung aller integrierten Naturgefahren in einem weitgehend frei wählbaren Maßstab aufrufen können. Die übersichtliche Weboberfläche ermöglicht Ihnen eine intuitive Navigation in den aufgerufenen Gefährdungskarten (Zoomen und Verschieben, drag-and-drop), einen einfachen Wechsel zwischen verschiedenen Naturgefahren sowie der gewünschten Zeitperiode (Gegenwart sowie zukünftige Zeitfenster).

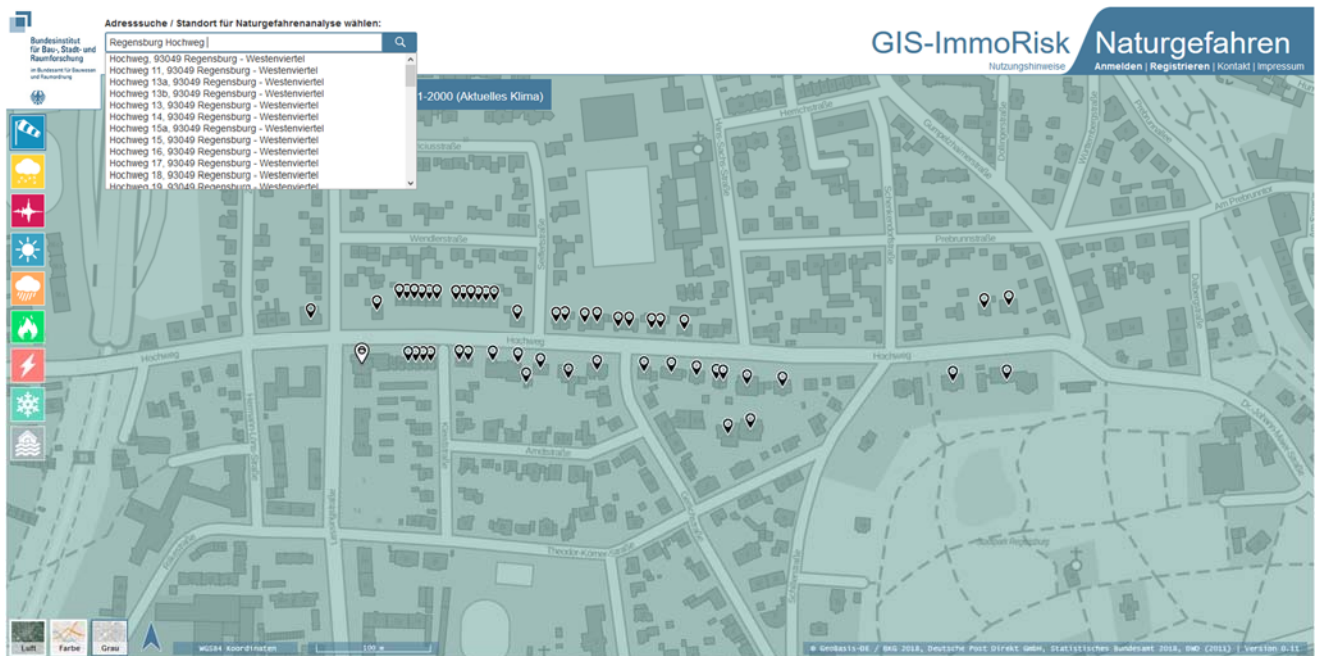
### Objektbezogene und räumliche Risikobestimmung möglich

Um die Orientierung zu erleichtern, können Sie frei aus unterschiedlichen Hintergrundkarten wählen (Luftbild oder topographische Karte) sowie über einen integrierten Adresssuchdienst auch direkt durch Tastatureingabe einen bestimmten Standort (bspw. Ihre Heimatadresse) aufrufen (Abbildung 15). Für jeden beliebigen Standort in Deutschland haben Sie 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 können Sie außerdem lokale Detailinformationen zur ausgewählten Naturgefahr aus der entsprechenden Datenbank abrufen. 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 15

## Adresssuche und standortgebundene Risikobestimmung



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

Die Identifizierung gebäudespezifischer Risiken erfolgt ebenfalls über die Weboberfläche des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, steht Ihnen jedoch nur nach vorheriger Anmeldung zur Verfügung. Wie bereits beschrieben, basiert die Risikoermittlung einerseits auf der standortspezifischen Gefährdung und andererseits auf der immobilienpezifischen Vulnerabilität sowie den Wiederherstellungskosten.

#### Risikosteckbrief für Einzelobjekte und Anzeige von Immobilienportfolien

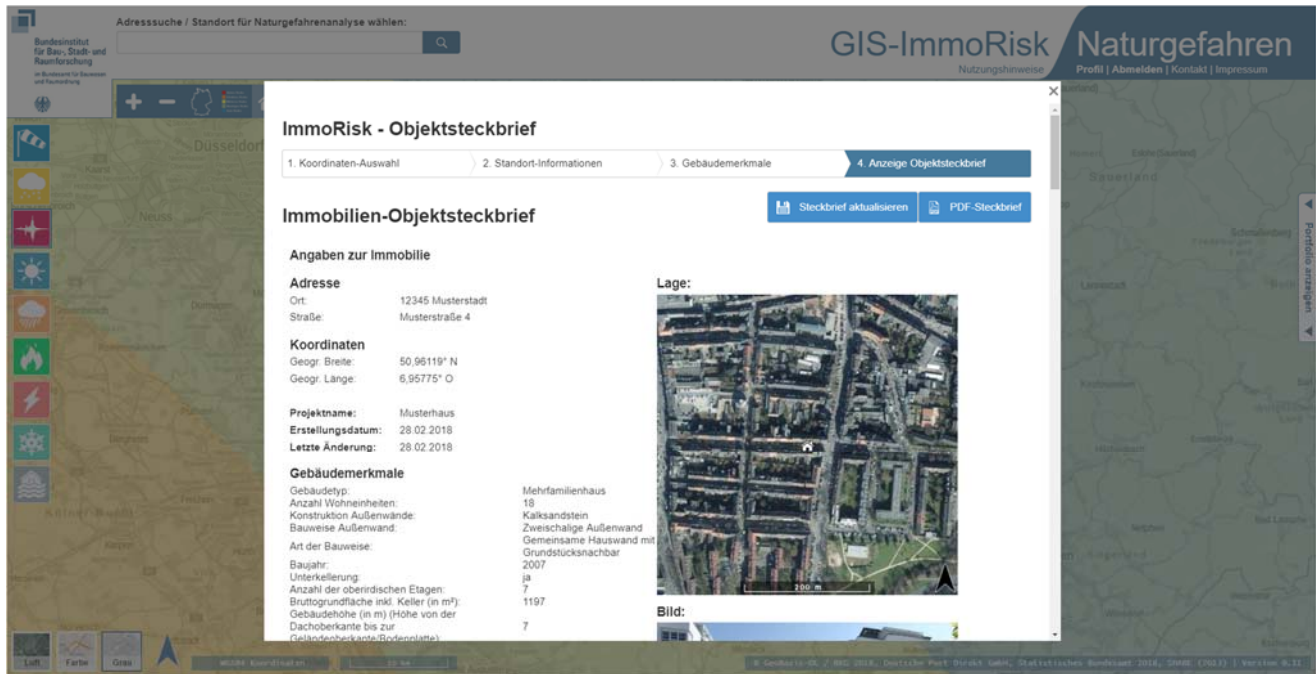
Nachdem Sie einen Standort über die Adresssuche oder durch Navigation in der Karte ausgewählt haben, ruft das Werkzeug automatisch für alle integrierten Naturgefahren die zur Risikoberechnung benötigten Gefährdungsdaten aus der Datenbank ab. Sie werden daraufhin aufgefordert, eine Reihe von Informationen zu Ihrer Immobilie anzugeben. Diese Eingaben sind notwendig, um auf die Widerstandsfähigkeit des Objektes und die Wiederherstellungskosten schließen zu können. Ausgehend von diesen Angaben, wählt die

Software nach einer definierten Rechenlogik für jede Naturgefahr eine Vulnerabilitätsfunktion aus und ermittelt den approximierten Wiederherstellungswert Ihrer Immobilie. Gefährdung und Vulnerabilität werden daraufhin vom System verknüpft und Ihnen im Browser der so erzeugte Objektsteckbrief (vgl. Abbildung 16) angezeigt.

Die so erfasste Immobilie wird in Ihrem sog. Portfolio gespeichert. Sie können dort beliebig viele Objekte speichern und jederzeit Änderungen an den baulichen Merkmalen vornehmen, um so den Effekt auf das resultierende Risiko zu untersuchen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Risiken für größere Immobilienbestände auf einmal zu erfassen, indem Sie die entsprechenden Daten in ein bereitgestelltes tabellarisches Formular eintragen und anschließend in das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* hochladen. Im Portfoliobereich des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* haben Sie die Möglichkeit, sich neben der tabellarischen Übersicht auch eine kartographische Darstellung aller erfassten Immobilien anzeigen zu lassen (vgl. Abbildung 17).

Abbildung 16

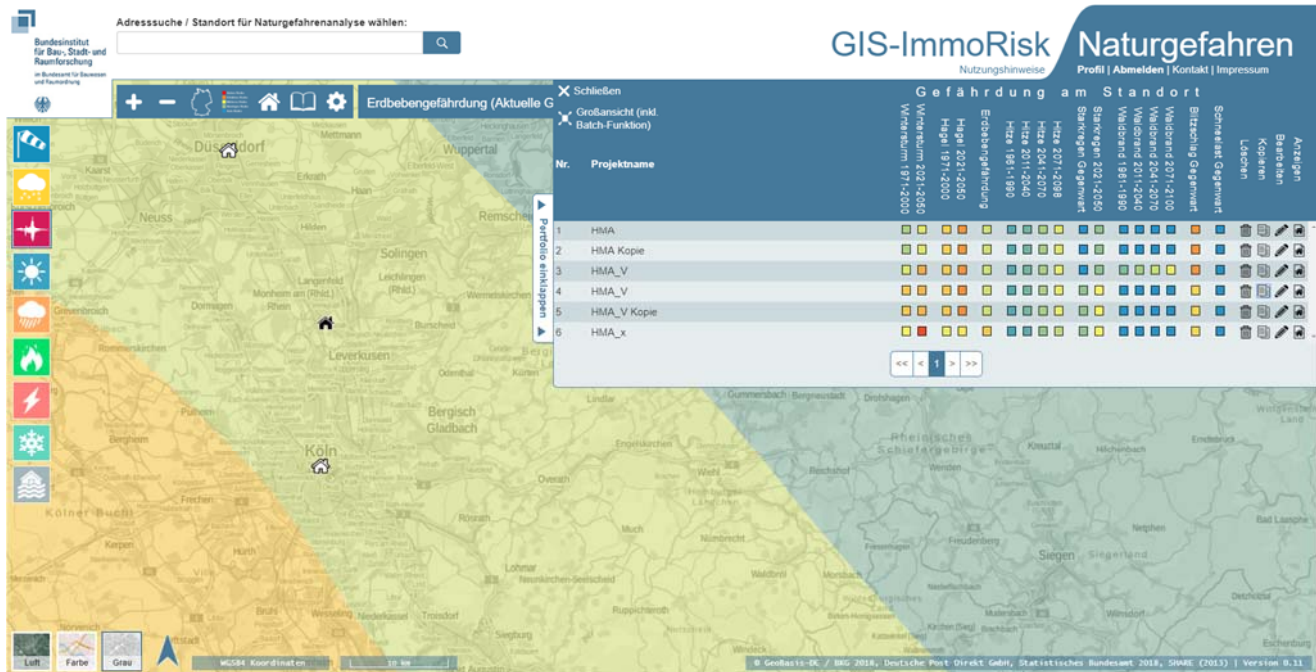
GIS-ImmoRisk Naturgefahren – Objektsteckbrief



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.

Abbildung 17

GIS-ImmoRisk Naturgefahren – Portfolioansicht



Quelle: GIS-ImmoRisk Naturgefahren.



Für alle im *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* behandelten Naturgefahren können Sie über entsprechende Schaltflächen (sowohl im fertigen Risikosteckbrief als auch bereits während der vorhergehenden Eingaben) fachliche Hintergrundinformationen aufrufen. Diese dafür vorgesehenen Infotexte 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 welche Maßnahmen prinzipiell eine Absenkung des Risikos ermöglichen. Die Infotexte können aus dem System heraus heruntergeladen werden.

Ein weiterer Infotext befasst sich mit der Methodik zur Berechnung des jährlich zu erwartenden Schadens inklusive einer vereinfachten und erläuterten Beispielrechnung, sowie den praktischen Schlussfolgerungen, die sich für Sie als Nutzer beispielsweise als Diskussionsgrundlage im Dialog mit einem Versicherer ergeben. Darüber hinaus werden im Infotext Links auf Möglichkeiten zur vertiefenden Lektüre (z. B. *Hochwasserschutzfibel* des *BMUB*) sowie auf andere Plattformen (z. B. *Kompass Naturgefahren* des *GDV*) bereitgestellt. Weitere Infotexte, die Sie in einem allgemeinen „Info-Bereich“ des Werkzeugs aufrufen können, enthalten

Informationen zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Schadensverhütung bzw. zur Klimamodellierung sowie zur Unsicherheit der Ergebnisse des *GIS-ImmoRisk Naturgefahren*, die zwangsläufig mit den verwendeten Gefährdungs- und Vulnerabilitätsdaten verbunden ist. In diesem „Info-Bereich“ können Sie außerdem ein Benutzerhandbuch abrufen, das die generelle Bedienung und den Funktionsumfang des Werkzeugs beschreibt.

#### **Bedienerfreundlich und Praxisnah**

Das *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* bietet durch seine bedienerfreundlichen Eigenschaften Immobilieneigentümern, -entwicklern und Investoren die Möglichkeit einer adäquaten Risikobeurteilung der eigenen Immobilie bzw. eines größeren Immobilienbestandes. Hierdurch wird die Transparenz verbessert und als Anwender können Sie so Investitionsentscheidungen treffen sowie Bewirtschaftungsstrategien entwickeln.

Eine detaillierte Bedienungsanleitung sowie Erläuterungen der weiteren Detailfunktionalitäten sind in der Software selbst hinterlegt. Besuchen, testen und nutzen Sie das Klimafolgenportal *GIS-ImmoRisk Naturgefahren* für Ihre Immobilie bzw. für Ihren Immobilienbestand unter [www.gisimmorisknaturgefahren.de](http://www.gisimmorisknaturgefahren.de) oder über die Homepage des BBSR unter [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de).

## 7 Literaturverzeichnis

BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2013: ImmoRisk – Risikoabschätzung der zukünftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft (=Forschungen, Nr. 159, Bonn).

DWD Deutscher Wetterdienst, 2015: Wetterlexikon. Zugriff: [http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html) (31.1.2018).

GDV Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, 2004: Sieben Milliarden Euro zahlten Versicherer für Hochwasser, Stürme und Hagel. Zugriff: <http://www.gdv.de/2014/01/sieben-milliarden-euro-zahlten-versicherer-fuer-hochwasser-stuerme-und-hagel> (31.1.2018).

Hirsch, Jens; Braun, Thomas; Bienert, Sven, 2015: Assessment of climatic risks for real estate. Property Management, Bd. 33, Nr. 5, S. 494–518.

Jochem, Eberhard; Schade, Wolfgang, 2009: Report of the Reference and 2°C Scenario in Europe. Deliverable M1.2 of ADAM Project. Karlsruhe. Fraunhofer ISI.

Kaas, Rob; Goovaerts, Marc; Dhaene, Jan; Denuit, Michel, 2008: Modern Actuarial Risk Theory. Using R. Springer. Heidelberg.

Münchener Rück, 1999: Naturkatastrophen in Deutschland. Schadenerfahrungen und Schadenpotentiale, München.

Munich Re, NatCatSERVICE, 2018: Bereitstellung von Daten zu Anzahl, Kosten und Art von Naturkatastrophen.

NOAA National Centers for Environmental Information (Hrsg.), 2015: Time Series, Zugriff: [http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global/globe/land\\_ocean/1/7/1880-2015](http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global/globe/land_ocean/1/7/1880-2015) (31.1.2018).

Tröltzsch, Jenny; Görlach, Benjamin; Lückge, Helen; Peter, Martin; Sartorius, Christian, 2012: Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland. Ecologic Institute. Berlin.

UBA Umweltbundesamt (Hrsg.), 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau.

Wittich, Klaus-Peter; Löpmeier, Franz-Josef; Lex, Peter, 2011: Waldbrände und Klimawandel in Deutschland, in: AFZ-Der Wald - Allgemeine Forst Zeitschrift für Wald und Forstwirtschaft, Jg. 2011, Nr. 18, S. 22–25.



