

Das Naturgefahrenanalysetool **K.A.R.L.**®

Gesamtdokumentation und Nutzerhandbuch

KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH

15. Oktober 2020

Diese Unterlagen sind vertraulich und nur zum Gebrauch von autorisierten Nutzern bestimmt.
Die Weitergabe an nicht-autorisierte Nutzer ist nicht erlaubt.



Einleitung und Gliederung des Dokumentes

K.A.R.L.[®] (Köln.Assekuranz Risiko Lösungen) ist ein weltweit einsetzbares Analyse-Tool zur **standortgenauen** und **objektbezogenen** Erkennung, Berechnung und Bezifferung von Risiken, die durch Naturgefahren (z.B. Überschwemmung, Starkregen, Erdbeben, Sturm, Tornado und Hagel) hervorgerufen werden. Das System K.A.R.L. wird von erfahrenen Geowissenschaftlern der KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH (KA) seit 2008 entwickelt und bietet ein etabliertes Konzept zur Analyse von Naturgefahrenexpositionen.

Zur Einschätzung der Risikosituation kombiniert K.A.R.L. die standortspezifische Gefährdungslage mit der Widerstandsfähigkeit (Vulnerabilität) des Untersuchungsobjektes (z.B. Immobilie, Industrieanlage). Dabei werden nicht nur einzelne Extremereignisse berücksichtigt, sondern auch Ereignisse, die trotz geringem Schadenpotential zu einem hohen Risiko beitragen, dadurch dass sie regelmäßig in kurzen Abständen (hohe Eintrittswahrscheinlichkeit) Schäden verursachen.

Als Ergebnis liefert K.A.R.L. eine quantitative Bewertung der Naturgefahren-Risikosituation am Standort. Zu den Ergebnissen gehören konkrete zu erwartenden jährliche Schadensbeträge als auch mögliche Maximalschäden, die durch einzelne Extremereignisse hervorgerufen werden können. Diese Informationen sind hilfreich für u.a. fundierte Investitionsentscheidungen oder zur Planung von gezielten Schutzmaßnahmen.

Das Naturgefahrenanalyzesystem K.A.R.L. wurde für die spezifischen Anforderungen bei Hypothekendeckungswerten und in der Immobilienfinanzierung weiterentwickelt. Über einen von der vdpResearch GmbH speziell eingerichteten Online-Zugang können interessierte Kreditinstitute Einzel- sowie Portfolio-Standort-Analysen für ihre Immobilienobjekte abrufen. Durch Eingabe einer Adresse und Auswahl eines Gebäudetyps erstellt das System eine Risikoanalyse für das entsprechende Immobilienobjekt. Als Nutzer erhalten Sie einen ausführlichen Bericht (PRO Ergebnisbericht), der Auskunft über alle relevanten Ergebnisse und deren Ermittlung gibt. Außerdem bekommen Sie eine einseitige Kurzübersicht der wichtigsten Risiko-Kenngrößen.

In dem vorliegende Dokument werden die Grundlagen, Prinzipien und Ergebnisse des Systems K.A.R.L. detailliert beschrieben, um dem Nutzer bei der Interpretation und beim Verständnis der von K.A.R.L. gewonnenen Analyseergebnisse zu unterstützen. Die Dokumentation ist in vier wesentliche Teile untergliedert:

1. **Modelldokumentation:**
Prinzipien, Grundlagen und Vorgehensweisen des Analyse-Modells werden dargestellt. Wesentliche Ergebnis-Werte werden erklärt und die Datengrundlagen werden aufgezählt.
2. **Dokumentation der Vulnerabilitäten:**
Der Begriff Vulnerabilität und die Vorgehensweise zur Bestimmung der Vulnerabilitäten werden erläutert.
3. **Dokumentation der Ergebnisberichte:**
Hintergrundinformationen und Erläuterungen zu Ergebnisberichten
4. **Anhang:**
Definitionen der gebäudespezifischen Vulnerabilitätskurven, Glossar, Abkürzungs- und Literaturverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

1. Risikomodellierung mit K.A.R.L. [®]	11
1.1. Prinzipien der Risikoanalyse	12
1.2. Methodik der Risikoanalyse	14
1.2.1. Gefahr	14
1.2.2. Intensität	15
1.2.3. Jährlichkeit/ Wiederkehrperiode	16
1.2.4. Gefährdung	17
1.2.5. Vulnerabilität	19
1.2.6. Risiko	20
1.2.7. Erläuterung und Einstufung des K.A.R.L.-Risikowertes	21
1.2.8. Schutzziel	23
1.2.9. Modellierung möglicher Schadenszenarien (PML/SUL)	25
1.2.10. Abgrenzung zu Gefahrenkarten	28
1.3. Untersuchte Gefahren	30
1.3.1. Vulkanismus	30
1.3.2. Erdbeben	31
1.3.3. Tsunami	32
1.3.4. Überschwemmung	32
1.3.5. Starkregen	35
1.3.6. Sturmflut	36
1.3.7. Sturm	37
1.3.8. Hagel	38
1.3.9. Tornado	39
1.3.10. Klimawandel	40
1.4. Datenbasis	42
2. Vulnerabilitäten	45
2.1. Bedeutung der Vulnerabilität in der Risikoberechnung	45
2.2. Vorgehen zur Bestimmung der Vulnerabilitäten	46
3. Erläuterung der Ergebnisberichte	49
3.1. Kurzbericht (OnePager)	49
3.1.1. Aufbau des Kurzberichtes	49
3.1.2. Standort- und Gebäudemerkmale	51
3.1.3. Risikokennzahlen	53
3.1.4. Allgemeine Hinweise	55
3.2. K.A.R.L.-PRO Ergebnisbericht	57
3.2.1. Aufbau des Langberichtes	57
3.2.2. Erläuterung von Parametern und Begriffen	58
A. Gebäudespezifische Vulnerabilitäten	73
A.1. Immobiliencluster	73
A.2. Beschreibung der Vulnerabilitäten für Geschosswohnungsbau und Bürogebäude mit 3 bis 7 Geschossen (IMCL02)	75
A.2.1. Überschwemmung, Tsunami und Sturmflut	75
A.2.2. Sturm und Tornado	77

A.2.3. Hagel	78
A.2.4. Erdbeben	80
A.2.5. Vulkanismus	81
A.3. Vulnerabilitätskurvensätze für alle weiteren Immobiliencluster	83
A.3.1. Geschosswohnungsbau und Bürogebäude bis 2 Geschosse (IMCL01)	83
A.3.2. Geschosswohnungsbau und Bürogebäude über 7 Geschosse (IMCL03)	85
A.3.3. Ein- und Zweifamilienhaus mit und ohne Keller (IMCL04 und IMCL05)	86
A.3.4. Hospitality-Immobilien mit bis zu 4 Geschossen (IMCL06)	88
A.3.5. Hospitality-Immobilien mit mehr als 4 Geschossen (IMCL07)	89
A.3.6. Flachdachhalle (IMCL08)	90
A.3.7. Shopping-Center (IMCL09)	91
B. Glossar	93
C. Abkürzungsverzeichnis	99
D. Literaturverzeichnis, Quellenangaben und Links	99

Abbildungsverzeichnis

1.1. Hagelkorngößen und Wiederkehrperioden im Großraum Köln.	18
1.2. Mobiler Schutzwall gegen Rheinhochwasser in Köln.	24
1.3. Auflistung der von K.A.R.L. analysierten Naturgefahren und eine Kurzbeschreibung der Berechnungsmethoden.	30
1.4. Wasserstände der Donau und ihrer Nebenflüsse.	33
1.5. Beispiel eines Messpegels an der Donau.	34
1.6. Maximale Windgeschwindigkeiten – 100-Jährliches Ereignis (Auswertung KA).	38
1.7. Berechnete Hagelpotenziale (Stand 2019/2020).	39
1.8. Berechnetes weltweites Tornadopotenzial.	40
1.9. Jahresmitteltemperaturen im Rheinland.	41
2.1. Berechnung des Risikos.	45
2.2. Beispiel für einen Vulnerabilitätskurvensatz.	46
2.3. Definition von Vulnerabilitätskurven im Spannungsfeld zwischen erzielbarer Genauigkeit und praktischer Verwendbarkeit.	47
3.1. Aufbau: K.A.R.L.-Kurzbericht.	50
3.2. Einstufung und Farbcodierung des Risikos (% p.a.).	53
3.3. Unwetterpotenziale für verschiedene Städte weltweit.	62
3.4. Blitzaktivität für verschiedene Städte weltweit.	62
A.1. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Überschwemmung.	76
A.2. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Sturm.	78
A.3. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve Hagel.	79
A.4. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve Erdbeben.	81
A.5. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve Vulkanismus.	82
A.6. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL01.	83
A.7. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL03.	85
A.8. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL04.	86
A.9. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL05.	87
A.10. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL06.	88
A.11. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL07.	89
A.12. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL08.	90
A.13. Vulnerabilitätskurvensatz für IMCL09.	91
B.1. Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Überschwemmung (Beispiel).	96

Tabellenverzeichnis

1.1. Bezugsgrößen bei Bestimmung der Gefährdungslage.	19
1.2. Qualitative Einstufung der Risiken.	22
1.3. Schätzung des Schutzzieles durch K.A.R.L. in Relation zum relativen Risiko. . .	25
1.4. Vergleich von SEL/SUL und K.A.R.L.-PMLs für 475-jährliches Erdbeben.	27
1.5. Datenbasis der Risikomodellierung.	42
3.1. Erläuterungen zu Standort- und Gebäudemerkmalen im K.A.R.L.-Kurzbericht. . .	51
3.2. Erläuterungen zu de Risikokennzahlen im K.A.R.L.-Kurzbericht.	53
3.3. Erläuterungen zum K.A.R.L.-PRO Ergebnisbericht.	58
A.1. Immobilientypen bzw. -cluster und Differenzierungsparameter.	74
B.1. Schätzung des Schutzzieles durch K.A.R.L. in Relation zum relativen Risiko. . .	96

1. Risikomodellierung mit K.A.R.L.[®]

Einleitung

K.A.R.L., die Abkürzung steht für Köln Assekuranz Risiko Lösungen, ist ein global einsetzbares Informationssystem zur Erkennung und Bewertung von Gefahren, Gefährdungen und Risiken. Das System K.A.R.L. wurde bei der KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH (KA) entwickelt, um folgende Aufgaben zu erfüllen:

- **Standortuntersuchungen:** Zusammenfassen und Analysieren aller verfügbaren Informationen, die zur Beurteilung der Exposition eines Standortes (z.B. ein normales Gebäude, eine Lagerfläche, eine Produktionsstätte etc.) gegenüber Naturgefahren aller Art herangezogen werden können.
- **Portfolio-Analyse:** Hierbei handelt es sich um einen standardisierten Prozess, bei dem beliebig viele Standortanalysen automatisiert nacheinander durchgeführt werden.
- **Kumulanalyse:** Aufbauend auf den Ergebnissen der Portfolioanalyse werden die identifizierten Gefährdungen und Risiken regional und kundenspezifisch kategorisiert. So lässt sich z.B. feststellen, wer in welchem Maße besonders stark von einem Erdbeben in Kalifornien oder einer Sturmflut an der Nordseeküste betroffen sein könnte.
- **Streckenanalyse:** In diesem ebenfalls standardisierten und automatisierten Prozess werden Transportwege und –strecken (an Land und auf See) daraufhin untersucht, welche topographischen und klimatischen Bedingungen entlang der Strecke zu erwarten sind. Die klimatischen Bedingungen werden entsprechend eines vorgegebenen Zeitraumes für den Transportvorgang (Tage, Monate, Jahreszeiten) analysiert. Darüber hinaus wird ebenfalls untersucht, mit welchen Naturgefahren im Streckenverlauf zu rechnen ist.

Dabei ist K.A.R.L. in der Lage, eine Vielzahl von digitalen Ausgabe-Formaten zur Ergebnisdarstellung zu erzeugen. Von einfachen Text-Dateien, MS-EXCEL-kompatiblen Dateien über komplett automatisch generierte Analyse-Berichte (PDF) bis hin zu XML oder JSON-Dateien, die über digitale Schnittstellen versendet werden können, reicht hier die Palette.

Im Folgenden wird erläutert, auf welchen Prinzipien die Risikoberechnung in K.A.R.L. beruht, welche Daten ihr zugrunde liegen und wie die Ergebnisse interpretiert werden müssen. Folgendes ist jedoch klarzustellen:

Eine Gefährdungs- und Risikoanalyse hat nichts mit einer Vorhersage zu tun!
Man erhält bei einer Gefährdungsanalyse Aussagen darüber, wie oft sich bestimmte Ereignisse im Durchschnitt wiederholen können, aber nicht wann sie sich ereignen. Weder für harmlose „Uferpromenaden-Überschwemmung“ noch für leichte Erdbeben ist es nach derzeitigem Stand der Wissenschaft möglich, den genauen Eintrittszeitpunkt vorherzusagen; und genau so trifft dies natürlich für katastrophale Ereignisse zu. Ausnahmen gibt es höchstens bei Stürmen oder Überschwemmungen, die sich auf Grund kritischer Wetterlagen Stunden oder Tage vorher ankündigen und den potenziell Betroffenen damit eine gewisse Vorwarnzeit einräumen.

1.1. Prinzipien der Risikoanalyse

Bei der Analyse von Risiken arbeitet das System K.A.R.L. nach folgenden Prinzipien:

Wissenschaftliche Datengrundlage

K.A.R.L. stützt sich in seinen Analysen grundsätzlich auf geowissenschaftliche Basisdaten, Messwerte und Fakten, die rund um den Globus in weitestgehend gleichbleibender Qualität zur Verfügung stehen. Damit ist sichergestellt, dass Risikobewertungen für Standorte in Japan oder Australien jederzeit mit solchen aus Europa, den USA oder Südamerika vergleichbar sind, weil sie nach einheitlichen Standards erstellt wurden und frei von Interpretationen Dritter sind.

K.A.R.L. schaut nicht in den „Rückspiegel“, sondern vorwärts

Das bedeutet: Die Gefährdungs- und Risikoanalysen basieren nicht auf Katastrophenkatalogen oder Schadenstatistiken aus der Vergangenheit, sondern auf naturwissenschaftlich erhobenen Daten, die aus verschiedensten Quellen zusammengetragen wurden. Auf diese Weise versucht K.A.R.L. Auskunft darüber zu geben, wo es in Zukunft aufgrund bestimmter geologischer, geographischer, meteorologischer oder sonstiger Umgebungsbedingungen zu gefährlichen Situationen kommen könnte. Den Blick in die Vergangenheit, verbunden mit der Frage „Wo ist es bereits zu Schäden gekommen und damit schon einmal gefährlich gewesen?“ vermeidet K.A.R.L. so weit als möglich. Ausnahmen sind natürlich nötig (siehe auch Methodik-Kapitel 1.2). Das betrifft u.a. die Analyse von Erdbebenrisiken, die ohne Rückgriff auf vorhandene seismische Beobachtungen nicht möglich ist.

Flexibilität und Erfahrung

Nur für einen relativ geringen Anteil der Erdoberfläche liegen konkrete Daten und Messwerte vor, auf die K.A.R.L. seine Analysen aufbauen kann. Also nimmt K.A.R.L. im Falle fehlender Messdaten Schätzungen vor, die aus bekannten Umgebungsbedingungen abgeleitet werden. So können z.B. die maximal möglichen Wasserstände, die sich bei einem extremen Hochwasser einstellen würden, aus der Struktur der umgebenden Landschaft größenordnungsmäßig abgeschätzt werden. Selbstverständlich ist es möglich, die Schätzungen jederzeit durch konkrete Informationen zu ersetzen, wenn entsprechendes Datenmaterial vorliegt. Weiß man beispielsweise, dass ein Gelände durch einen stabilen Schutzdamm gegen Überschwemmungen oder durch ein festes Dach gegen Platzregen und Hagel gesichert ist, kann man diesen Sachverhalt K.A.R.L. mitteilen, und das Risiko wird entsprechend geringer eingestuft.

Konkrete Zahlenwerte als Ergebnis

K.A.R.L. hat zum Ziel, Risiken als Zahlenwerte bzw. in Geldwerten auszudrücken. Zum einen wird ein konkretes Risiko (auch Gesamtrisiko genannt) berechnet, das einem mittleren, jährlichen Schadenaufwand entspricht, also dem finanziellen Wert, den jemand theoretisch, über lange Zeit betrachtet, jährlich bereitlegen müsste, um gegen die bestehenden Risiken gewappnet zu sein. Natürlich handelt es sich dabei um eine rein theoretische Summe, die wahrscheinlich niemals mit einem tatsächlich eintretenden einzelnen Schaden übereinstimmen wird. Aber sie spiegelt den mittleren jährlichen Schadenerwartungswert wider, der sich ergäbe, wenn man den Schadenverlauf an einem bestimmten Standort über viele Jahrzehnte – beim Thema Erdbeben ginge es sogar um Jahrhunderte - hinweg dokumentieren könnte und sich die Randbedingungen in der Beobachtungszeit nicht ändern würden. Damit wird das Risiko fassbar und

kalkulierbar und muss nicht nur qualitativ beschrieben werden mit indifferenten Begriffen wie „hoch“, „vertretbar“ oder „vernachlässigbar“ oder mit entsprechenden Indexzahlen, sondern es wird über eine konkrete Maßzahl definiert, mit der man rechnen kann. Darüber hinaus werden weitere konkrete Schadensummen für einzelne Schadensszenarien berechnet, d.h. für extreme Naturereignisse mit einer bestimmten Wiederkehrperiode. So ist es in der Versicherungswirtschaft üblich die 200-jährlichen Ereignisse zu betrachten, um den Versicherungsumfang in Bezug auf Naturgefahren bewerten zu können. Zur Abschätzung maximaler Schadensummen von Einzelereignissen werden von K.A.R.L. zusätzlich zum Gesamtrisiko der Wahrscheinliche Maximalschaden (PML: Probable Maximum Loss), der Scenario Upper Loss (SUL) sowie der Scenario Expected Loss (SEL) berechnet (siehe Kapitel 1.2.9).

K.A.R.L. – eine physikalische Approximation nach aktuellem Kenntnisstand

Selbst unter optimalen Bedingungen mit bester Datengrundlage operiert man bei der Modellierung eines Risikos stets mit einer gewissen Anzahl unbekannter Faktoren. Das Ergebnis ist in keinem Fall mit der Berechnung einer Finanzgröße, wie z.B. einer Verzinsung über viele Jahre zu vergleichen. Vielmehr ist das Ergebnis immer auf eine Modellierung, eine physikalische Approximation nach aktuellem Kenntnisstand, zurückzuführen. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse und/oder hinzugekommene Basisdaten können die Risikoanalyse stark beeinflussen. Das Resultat ist damit nur ein temporär gültiger Wert, der weder richtig noch falsch im eigentlichen Sinne sein kann.

Pflege, Wartung und Weiterentwicklung

Die Entwicklung von K.A.R.L. wird voraussichtlich nie komplett abgeschlossen sein, denn stets werden bei der KA neue wissenschaftliche Erkenntnisse daraufhin überprüft, ob sie für K.A.R.L. nutzbar gemacht und implementiert werden können. Dies betrifft auch die Datenbasis (siehe Kap. 1.4 und Tab. 1.5), auf die K.A.R.L. zurückgreift, an deren Verbesserung und Aktualisierung kontinuierlich gearbeitet wird. Damit ist jede Risikoanalyse, die mit K.A.R.L. vorgenommen wird, ein Spiegelbild des jeweiligen momentanen Entwicklungsstandes und muss als solche gewertet werden. Dies betrifft auch alle darüber hinaus gehenden Aussagen, die aus einer K.A.R.L.-Auswertung abgeleitet werden.

K.A.R.L. ist kein Tool zur Prämienermittlung oder Tarifierung

Das in K.A.R.L. ausgegebene Risiko hat nichts mit der Ermittlung einer Versicherungsprämie zu tun, da bei der Berechnung des Risikos nur auf die Basisdaten, das Naturgefahrenmodell und die spezifische Empfindlichkeit (Vulnerabilität, siehe Kap. 2 und A) des untersuchten Objektes aufgebaut wird. Versicherungstechnische Faktoren wie ein Risikoausgleich im Portfolio, Eigenbehalte oder Marktmechanismen finden keine Berücksichtigung. Das System K.A.R.L. berechnet also das direkte Risiko des Eigentümers eines Objektes und nicht das Risiko des Versicherers.

Transparenz

K.A.R.L. ist kein „Black-Box-System“, das man nur mit Daten füttert und dann Ergebnisse erhält, die nicht nachvollzogen werden können und über die nicht mehr diskutiert werden darf. Vielmehr werden die Methoden, nach denen K.A.R.L. vorgeht, offengelegt, hergeleitet und beschrieben, so dass jeder die Möglichkeit hat, sich von der Plausibilität der getroffenen Bewertungen zu überzeugen.

1.2. Methodik der Risikoanalyse

In dem vorliegenden Kapitel werden zunächst die für die Risikoanalyse wichtigen Begriffe Gefahr, Gefährdung, Risiko sowie Vulnerabilität vorgestellt. Mit den exakten Definitionen dieser Ausdrücke vertraut zu sein, ist eine wichtige Voraussetzung für das Verständnis der weiteren Ausführungen und unerlässlich für das erfolgreiche Arbeiten mit K.A.R.L. Für die im Rahmen einer Risikoanalyse verwendeten Begriffe bietet die Fachliteratur zahlreiche Definitionen an. Stellvertretend dafür sollen an dieser Stelle die von Plate und Merz (2001) vorgeschlagenen Definitionen vorgestellt werden [1]:

- **Gefahr:** Zustand, in dem mit hinreichender Wahrscheinlichkeit und in absehbarer Zeit mit einem extremen Ereignis zu rechnen ist, das zu einer Bedrohung von Menschen, Umwelt oder Sachkapital führen kann.
- **Jährlichkeit/Wiederkehrperiode:** Mittleres Wiederkehrintervall eines Ereignisses.
- **Gefährdung:** Die von einer Gefahr ausgehende Bedrohung einschließlich seiner Überschreitungs- bzw. Auftretenswahrscheinlichkeit.
- **Vulnerabilität:** Möglicher Schaden bei Eintritt eines Ereignisses einer bestimmten Intensität.
- **Risiko:** Kombination von Vulnerabilität und geschätzter Auftretenswahrscheinlichkeit als Basis für Entscheidungen bei Unsicherheit. Technisch: Produkt aus Schaden und Überschreitungswahrscheinlichkeit (genauer: Erwartungswert des Schadens).

Die nachfolgend gegebenen und speziell auf K.A.R.L. abgestimmten eigenen Definitionen beruhen teilweise auf dieser Literaturquelle. Hieraus wurden sie aber nicht wörtlich übernommen, sondern vielmehr in einer Art und Weise umformuliert und ergänzt, dass sie im Rahmen des Systems K.A.R.L. mathematisch eingesetzt werden können.

1.2.1. Gefahr

Eine Gefahr ist dann gegeben, wenn natürliche oder durch Menschenhand erzeugte Umgebungsbedingungen festzustellen sind, die Beeinträchtigungen, Unfälle oder Sach- und Personenschäden hervorrufen können.

Gefahren sind also die Themen, mit denen K.A.R.L. sich beschäftigt, wobei der Fokus auf den Naturgefahren liegt: Erdbeben, Tsunamis, Vulkanismus, Überschwemmung, Sturmflut, Hagel, Sturm, Tornados, Starkregen etc. Die Frage, ob eine Gefahr vorliegt, lässt sich nach dieser Definition eindeutig nur mit JA oder NEIN beantworten. Andere Antworten sind streng betrachtet nicht sinnvoll. Dazu einige Beispiele:

Tsunami-Gefahr in Moskau?	NEIN , Moskau liegt nicht am Meer.
Sturmflut-Gefahr New York?	JA , New York liegt am Meer.
Vulkanismus-Gefahr in Stockholm?	NEIN , es gibt weit und breit keinen Vulkan.
Vulkanismus-Gefahr in Neapel?	JA , der Vesuv liegt direkt nebenan.
Überschwemmungs-Gefahr auf der Zugspitze?	NEIN , dort kann sich kein Wasser sammeln.

Es ist nicht immer möglich, diese Definition strikt einzuhalten. So gibt es beispielsweise keinen Punkt auf der Erde, wo man Erdbeben hundertprozentig ausschließen könnte und die

Frage nach der Erdbeben-Gefahr guten Gewissens mit einem eindeutigen NEIN beantworten dürfte. Gleiches gilt für Sturm, denn überall auf der Erde gibt es Luft, die sich irgendwann einmal schneller bewegen könnte als es für die Umgebung zuträglich ist. In solchen Fällen muss K.A.R.L. von seinen Prinzipien abweichen und sich damit behelfen, ob am Standort selbst oder in dessen Umgebung Informationen über das Eintreten der betreffenden Gefahr vorliegen. Gibt es dafür keine Hinweise, lautet die Antwort NEIN.

Die Beantwortung der Frage, ob eine Gefahr besteht oder nicht, ist immer der Einstieg in eine K.A.R.L.-Risikoanalyse. Bei NEIN wird die Gefahr nicht weiter untersucht und das entsprechende Risiko erhält den Wert NULL.

Wurde jedoch eine Gefahr erkannt, wird die Analyse fortgesetzt und der Grad der Gefährdung untersucht. Dazu muss man sich zunächst mit den Parametern **Intensität** und **Jährlichkeit** befassen.

1.2.2. Intensität

Die Intensität ist die physische Stärke, mit der sich eine Gefahr im Falle ihres Auftretens auf Personen und Sachgüter auswirkt. Die Intensität wird in der für den jeweiligen Gefahrentyp spezifischen Maßeinheit angegeben.

Naturereignisse können bekanntlich in mehr oder weniger heftiger Form auftreten. Ein normaler Herbststurm mit einer Windstärke von weniger als 8 Bft ist etwas Gewöhnliches und kann kaum Schaden anrichten. Ein Orkan oder Hurrikan, der mit mehr als 12 Bft daher fegt und dabei Windgeschwindigkeiten von mehr als 200 km/h aufweisen kann, ist schon bedeutend gefährlicher. Ein leichtes Erdbeben erschrickt die Menschen nur, ein schweres verwüstet ganze Landstriche. Die Intensität eines Ereignisses steht also in direktem Zusammenhang mit dem Schaden, der dadurch angerichtet werden kann.

Es gibt (noch) keine einheitliche Maßeinheit für die Intensität von Naturereignissen, weshalb bei K.A.R.L. auf die traditionellen Einheiten zurückgegriffen werden muss:

Sturm (Wirbelstürme, Orkane, Tornados): Windgeschwindigkeit in Bft, km/h, Winddruck in N/m^2
Überschwemmung, Sturmflut, Tsunami: Wasserstand in Meter (m), Strömungsgeschwindigkeit
Erdbeben: MM¹-Intensität, Bodenbeschleunigung in cm/s^2
Hagel: mittlerer Korndurchmesser in cm

¹MM-Intensität: MM steht für „Modified Mercalli“, eine zwölfteilige Skala, die im Unterschied zur Magnitude nicht die Energie eines Erdbebens am Punkt seiner Entstehung, sondern dessen Auswirkungen am Beobachtungsort beschreibt.

1.2.3. Jährlichkeit/ Wiederkehrperiode

Die Jährlichkeit ist das mittlere in Jahren anzugebende Wiederkehrintervall eines Ereignisses bestimmter Intensität oder einer bestimmten Energiefreisetzung, das mit statistischen Methoden auf der Basis dokumentierter Daten ermittelt wird oder bei deren Fehlen auch geschätzt werden kann. Der Kehrwert der Jährlichkeit (1/Jährlichkeit) wird als Eintritts- oder Auftretenswahrscheinlichkeit bezeichnet.

Weit verbreitet ist die Ansicht, dass sich bestimmte extreme Ereignisse (z.B. „Jahrhundertfluten“) in den zeitlichen Intervallen ihrer Jährlichkeiten wiederholen müssten, eine „Jahrhundertflut“ demnach also etwa alle 100 Jahre zu erwarten sein sollte. Das ist jedoch falsch: Die Jährlichkeit besagt nur, dass ein bestimmtes Ereignis innerhalb eines sehr langen – fiktiven – Zeitraumes mit entsprechender Häufigkeit zu erwarten ist.

Wenn beispielsweise an einem Fluss ein hoher Wasserstand im Verlauf von 2.000 Jahren 20 mal erreicht bzw. überschritten wird, definiert man diesen Wasserstand als ein 100-jährliches Ereignis. Hierbei spielt es absolut keine Rolle, ob diese 20 Ereignisse alle innerhalb eines einzigen Jahrhunderts stattfinden und davor oder danach 1900 Jahre lang ausbleiben, oder ob sie sich mehr oder weniger gleichmäßig über zwei Jahrtausende verteilen.

Sicher ist, dass die tatsächlichen zeitlichen Intervalle zwischen solchen Ereignissen so gut wie niemals mit der berechneten Jährlichkeit übereinstimmen, sondern sehr stark variieren. Über einen sehr langen Beobachtungszeitraum betrachtet nähert sich ihr Durchschnittswert allerdings wieder der mit mathematischen Methoden ermittelbaren Jährlichkeit. Da es aber, vor allem wenn es um Jahrhundert- oder Jahrtausend-Ereignisse geht, an entsprechend langen Beobachtungszeiträumen fehlt und diese Gegenrechnung deshalb nicht durchgeführt werden kann, ist und bleibt die Jährlichkeit eine fiktive statistische Größe.

Konkret berechnen kann man die Jährlichkeit allenfalls dann, wenn das betrachtete Ereignis innerhalb des Beobachtungszeitraumes oft vorgekommen ist. 10- oder 20-jährliche Ereignisse lassen sich recht zuverlässig berechnen, wenn der Beobachtungszeitraum mehrere Dekaden umfasst.

Große Wiederkehrintervalle sind dagegen immer das Ergebnis einer statistischen Hochrechnung auf der Basis dokumentierter Messwerte. Eine Faustregel besagt, dass hierbei nicht über das Doppelte bis Dreifache der Länge des zur Verfügung stehenden Beobachtungszeitraumes hinaus extrapoliert werden sollte. Dies bedeutet: Wenn z.B. an einem Fluss über 80 Jahre die maximalen jährlichen Wasserstände notiert worden sind, sollte man aus diesen Daten eigentlich nur Aussagen bis zum 160-jährlichen, maximal bis zum 240-jährlichen Hochwasser ableiten.

Erfordernisse der Praxis verlangen jedoch, dass dieses Kriterium oft verletzt werden muss, denn die 500-, 1.000- oder (bei Kerntechnischen Anlagen) 10.000-jährlichen Ereignisse werden als Grundlagen für Risikoanalysen bzw. Auslegung von Schutzkonzepten benötigt. Das trifft auch für die Auswertungen zu, die mit K.A.R.L. durchgeführt werden und die teilweise bis zum 10.000-jährlichen Ereignis reichen. In solchen Fällen wählt K.A.R.L. grundsätzlich die ungünstige Variante der Extrapolation, um nach dem Vorsichts-Prinzip zu vermeiden, dass ein Risiko unterschätzt wird.

Außerdem bezieht sich eine so ermittelte Wiederkehrperiode immer nur auf eine bestimmte Gefahrenquelle, d.h. einen bestimmten Fluss oder eine bestimmte Region, in der Tornados entstehen können. In verschiedenen Fluss-Systemen kann das jeweilige 100-jährliche Ereignis beispielsweise vollkommen verschiedene Ausmaße annehmen, wenn die beiden Fluss-Systeme

über sehr unterschiedliche Anzahlen und Arten von Zuflüssen verfügen. Auch die Landschaftsform ist entscheidend: Bei zwei weitgehend vergleichbaren Flüssen ist in einer weiten Ebene viel mehr Wasser notwendig, um einen bestimmten Hochwasserstand zu erzeugen, als in einem engen Tal.

1.2.4. Gefährdung

Sobald eine Gefahr festgestellt wird, stellt sich zunächst die Frage nach der Bedeutung dieser Erkenntnis: Ist es wirklich gefährlich im Sinne einer existentiellen Bedrohung oder kann man mit der Gefahr leben? Bin ich also gefährdet? Solche Fragen lassen sich nur beantworten, indem man klärt, wie oft und wie stark sich die erkannte Gefahr in einem bestimmten Gebiet bemerkbar macht.

Häufigkeiten (wie oft?) und Intensitäten (wie stark?) sind in diesem Zusammenhang die Parameter, die mit Zahlenwerten eindeutig belegt und in eine Beziehung zueinander gestellt werden müssen.

Außerdem kann eine Gefährdung nur dann bestehen, wenn es ein Schutzgut (Menschen, Tiere, Sachwerte etc.) gibt, das durch die eintretende Gefahr in Mitleidenschaft gezogen werden kann, also eine gewisse Vulnerabilität gegenüber der Gefahr aufweist. Ist dies nicht der Fall, muss man sich mit der Gefährdung und dem daraus resultierenden Risiko nicht weiter beschäftigen. Demnach lautet die Definition für Gefährdung:

Die Gefährdung gibt an, mit welchen Jährlichkeiten pro Flächeneinheit sich eine Gefahr mit entsprechenden Intensitäten bzw. Energiefreisetzungen realisiert. Die Feststellung einer Gefährdung setzt voraus, dass das betreffende Schutzgut aufgrund seiner Vulnerabilität (s.u.) gefährdet ist.

Die zuverlässigsten Ergebnisse bekommt man dann, wenn man sich mit mathematisch-statistischen Auswertungen auf jahrzehnte- oder jahrhundertelange Messreihen stützen kann. Beispiele dafür sind etwa die Pegeldata des Rheins bei Köln, die seit 1820 täglich aufgezeichnet werden. Oder die von vielen wissenschaftlichen Instituten gesammelten Erdbeben-Aufzeichnungen, die man in einigen Teilen der Welt sogar noch um antike oder prähistorische Daten² erweitern kann. Auf einer solch soliden Grundlage lässt sich ausrechnen, wie oft man mit leichten, mittelschweren oder extremen Überschwemmungen oder Erdbeben rechnen sollte.

Beispiel Köln: Für den Großraum der Domstadt kommt bei solchen Berechnungen beispielsweise heraus, dass im Schnitt etwa 1 Mal pro Jahrhundert ein stärkeres Erdbeben für Unruhe und sogar leichte Gebäudeschäden sorgt. Sehr schwache Beben, die nur von empfindlichen Messinstrumenten bemerkt werden, die jedoch kein Mensch mehr spürt, sind hier fast an der Tagesordnung. Aber auch sehr heftige Erdstöße, die Teile der Stadt in Schutt und Asche legen könnten, sind nicht ganz auszuschließen; allerdings bemisst sich deren statistisches Wiederkehrintervall in Jahrtausenden. Bekanntermaßen setzt auch der Rhein der Stadt Köln hin und wieder zu: Dass einige Uferpromenaden unter Wasser stehen, kommt fast jedes Jahr vor und ist nicht weiter schlimm. Land-unter in der Altstadt war früher durchschnittlich etwa alle zehn Jahre zu vermelden und mit beträchtlichen Schäden verbunden. Das galt, bis im Rahmen des Kölner Hochwasserschutz-Konzeptes eine Uferbefestigung errichtet wurde, die die Stadt an einigen Uferabschnitten sogar bis zu einem 200-jährlichen Hochwasser abschirmt. Für den Fall, dass es auf dem Rhein ein statistisch nur alle 300, 400 oder 500 Jahre auftretendes Hochwas-

²Aus alten Schriften und Überlieferungen kann man einiges über Erdbeben erfahren.

ser gibt, nutzen auch die besten Befestigungsanlagen nichts mehr und es ginge in Köln zu wie 2002 an der Elbe bei Dresden.

K.A.R.L. setzt zur Gefährdungsanalyse zwei unterschiedliche Verfahren ein:

Statistische Auswertung

Diese ist nur dann durchführbar, wenn konkrete Messdaten weltweit in ausreichender Anzahl und Qualität vorhanden sind. Die Daten werden dann nach gängigen wissenschaftlichen Verfahren einer mathematischen Häufigkeitsanalyse unterzogen. Bei K.A.R.L. kann diese Methode z.B. für **Erdbeben** oder **Sturm** eingesetzt werden. Hierbei wird dann ganz konventionell auf der Basis von Daten aus der Vergangenheit auf potenzielle Gefährdungen in der Zukunft geschlossen.

Potenzialanalyse

Für viele Gefahren wie z.B. Überschwemmung oder Hagel gibt es entweder keine flächendeckenden Dokumentationen oder sie sind in so umfangreichem Maße – dafür aber in unterschiedlichsten und sehr diversifizierten Quellen – vorhanden, dass ein direkter Zugriff auf diese Daten über K.A.R.L. bislang nicht praktikabel ist. In solchen Fällen untersucht K.A.R.L. auf der Grundlage anderer verfügbarer Informationen, ob an den betreffenden Standorten überhaupt die Möglichkeit besteht, dass sich die entsprechende Gefahr realisieren könnte, d.h. ob überhaupt eine Gefahr für ein bestimmtes Naturereignis besteht. Unter Einbeziehung von Erfahrungswerten wird dann untersucht, wie oft und wie heftig sich unter den gegebenen Bedingungen die betreffende Gefahr in Zukunft realisieren könnte.

Gleichgültig, ob der Weg über eine statistische Auswertung oder eine Potenzialanalyse genommen wurde, stets mündet die Untersuchung der Gefährdung in eine als Diagramm darstellbare Relation, die den Zusammenhang zwischen der statistischen Wiederkehrperiode (WKP) einerseits und andererseits der Intensität, mit der sich die Gefahr zeigt, herstellt.

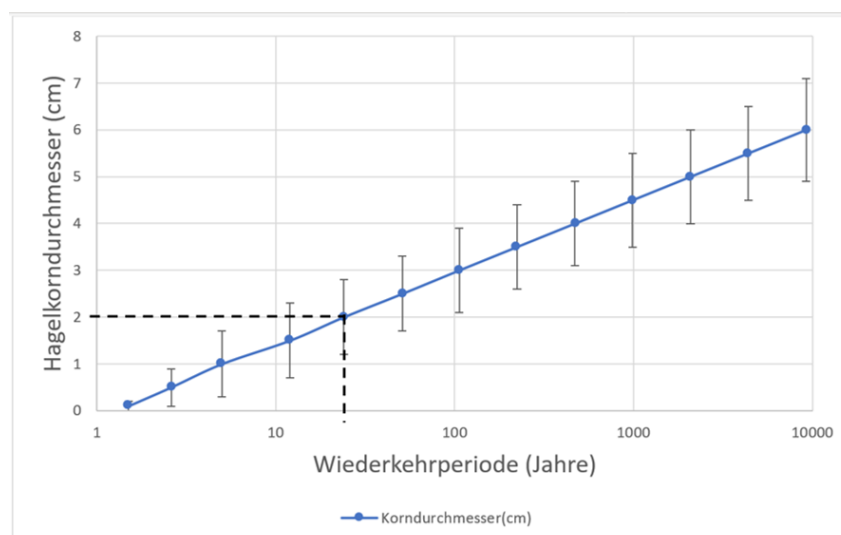


Abbildung 1.1.: Hagelkorngrößen und Wiederkehrperioden im Großraum Köln.

So zeigt z.B. Abbildung 1.1, welche Hagelkorn-Durchmesser in welchen statistischen Intervallen im Raum Köln zu erwarten sind. Man kann hier bereits erkennen, dass Hagelkörner von 2

cm Durchmesser, die schon erste Schäden an Kraftfahrzeugen anrichten können, etwa alle 20 Jahre zu erwarten sind. Ein Katastrophenhagel, bei dem Körner von mehr als 3 cm auftreten (Zum Vergleich: Ein Tischtennisball hat einen Durchmesser von genau 4cm) wäre ein Jahrhundertereignis.

Eine Angabe zur Gefährdung muss sich immer auf ein bestimmtes begrenztes Gebiet beziehen. An der Erdbebengefahr lässt sich das am besten verdeutlichen: Pro Jahr finden auf der Erde mehrere heftige Erdbeben mit Magnituden über 7 statt. Bezogen auf den gesamten Globus wäre das also ungefähr ein 1-jährliches Ereignis. Betrachtet man aber einzelne Regionen oder Länder, wie z.B. Kalifornien oder Japan, sind Erdbeben dieser Stärke dort natürlich viel seltener und treten nur etwa alle 10 bis 20 Jahre auf. Richtet man den Blick nur auf einzelne Städte, wie z.B. San Francisco oder Tokyo, wächst das statistische Wiederkehrintervall auf 100 bis 200 Jahre an. Die Wahrscheinlichkeit, dass ausgerechnet eine Stadt wie Tokyo von einem Starkbeben getroffen wird, ist selbstverständlich viel geringer, als dass dieses Beben überhaupt und dann auch noch irgendwo anders auf der Erde stattfindet.

Bei K.A.R.L. werden für die Berechnung der Gefährdungsgrade folgende geographischen Bezugsgrößen verwendet:

Tabelle 1.1.: Bezugsgrößen bei Bestimmung der Gefährdungslage.

Gefahr	Bezugsgröße für Gefährdungsangabe
Erdbeben	Umkreis von mindestens 50 km um den Standort
Hagel	pro Quadratkilometer
Vulkanismus, Überschwemmung, Tsunamis, Sturmflut, Sturm, Starkregen	Standort (Koordinatenpunkt)

1.2.5. Vulnerabilität

Das Konzept der Vulnerabilität und seine exakte Anwendung in K.A.R.L. werden in einem separaten Kapitel ausführlich erläutert. An dieser Stelle wird lediglich ein kurzer Überblick vermittelt. Die Definition der Vulnerabilität lautet:

Unter dem Begriff der Vulnerabilität versteht man die spezifische Abhängigkeit zwischen der Schadenempfindlichkeit bestimmter Güter und der Intensität einer auf sie einwirkenden Gefahr.

Es gibt vereinzelt Güter, denen es nichts ausmacht, wenn sie von Erdbeben durchgeschüttelt, mit vulkanischer Asche überhäuft, von Hagel getroffen, vom Sturm gepeitscht oder komplett unter Wasser getaucht werden. Deren Vulnerabilität beträgt in jedem Fall Null. Dann erübrigen sich auch weitere Betrachtungen hinsichtlich des Risikos, weil solche Güter aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit keinen Schaden erleiden können und damit auch kein Risiko tragen.

Die meisten Sachgüter reagieren jedoch auf mindestens eine, oft sogar mehrere Gefahren äußerst empfindlich und zudem auch noch höchst unterschiedlich: Gebäude können schon bei mittelstarken Erdbeben einen großen Schaden davontragen, wohingegen das einem Lagerplatz von Kraftfahrzeugen kaum etwas ausmacht. Landwirtschaftliche Flächen können schon von geringem Hagel verwüstet werden, der aber wiederum die meisten Gebäude unbehelligt lässt. Wenn dagegen ein Hagel auftritt, der Dachfenster oder Jalousien durchschlägt, werden PKWs schon fast völlig zerstört.

Die Vulnerabilität ist deshalb eine komplizierte Größe, weil sie sowohl von der Intensität und Art der betreffenden Gefahr als auch den Eigenschaften der potenziell betroffenen Objekte abhängt. Aus diesem Grund kann sie nur durch eine mathematische Funktion definiert werden, die – spezifisch für jedes Produkt/Lager- bzw. Transportgut/Objekt – den Zusammenhang zwischen Intensität und zu erwartendem Schädigungsgrad beschreibt.

Eine Einzelbetrachtung der Vulnerabilität für jedes untersuchte Objekt würde allerdings bei großen Portfolien, vom enormen Aufwand abgesehen, keine Vorteile bei der Qualität der Ergebnisse bringen, da auch ein Naturgefahren-Modell nie 100% exakt sein kann. Es empfiehlt sich also bei Betrachtung einer Vielzahl verschiedener Objekte immer die Bildung von Clustern gleicher oder ähnlicher Empfindlichkeit.

1.2.6. Risiko

Das Risiko, das K.A.R.L. berechnet, könnte man als den mittleren jährlichen Schadenerwartungswert bezeichnen und es unterliegt folgender Definition:

Das Risiko ist definiert als mathematisches Integral über die Quotienten aus Schadenpotenzialen, die bestimmten Intensitäten zugeordnet sind, und den Jährlichkeiten der Ereignisse, die diese Intensitäten hervorrufen. Das Risiko wird angegeben in Währungseinheit pro Jahr.

Das von K.A.R.L. berechnete Risiko entspricht also dem mittleren jährlichen Schadenerwartungswert und berücksichtigt eine Vielzahl an Ereignissen mit unterschiedlichsten Wiederkehrperioden. Im Gegensatz zum PML-Wert (Probable Maximum Loss - Wahrscheinlicher Maximalschaden (PML), siehe Kap. 1.2.9) ist der durchschnittliche jährliche Schadenerwartungswert eine rein theoretische Größe, die dem Schaden entspricht, mit dem längerfristig an einem Standort zu rechnen ist. Der PML-Wert dagegen entspricht dem Schaden eines Ereignisses mit einer bestimmten Wiederkehrperiode.

Bei jeder Risikoanalyse berechnet das System K.A.R.L. für jede Naturgefahr zunächst die Risiken für verschiedene Wiederkehrperioden von 1 bis maximal 10.000 Jahren in Abständen von nur einem Jahr und bildet daraus dann das mittlere Gesamtrisiko bzw. den mittleren jährlichen Schadenerwartungswert.

Das auf diese Weise berechnete Risiko beschreibt die Risikosituation an einem untersuchten Standort am zutreffendsten, weil es folgende Kriterien erfüllt:

- Das vor Ort bestehende Gesamt-Risiko kann durch eine einzige Maßzahl ausgedrückt werden, welche Anteile der aus allen potenziellen Wiederkehrperioden resultierenden Einzelrisiken enthält und diese ihrer Bedeutung entsprechend gewichtet.
- Es ist höher als das an eine bestimmte Jährlichkeit gebundene maximale Einzelrisiko und verhindert damit, dass die örtliche Risikolage systematisch unterschätzt wird.
- Es spiegelt den mittleren jährlichen Schadenerwartungswert wider, d.h. den Durchschnittsschaden, den man ermitteln könnte, wenn man ein Objekt (Büro-Gebäude, Produktionsstandort, Niederlassung, Lager etc.) eine sehr lange Zeit unter gleichbleibenden wirtschaftlichen Bedingungen beobachten würde.
- Seine mathematische Herleitung ist nachvollziehbar und kann methodisch auf alle die Gefahrentypen übertragen werden, zu denen genügend (Modell-)Daten vorliegen.

K.A.R.L. kann diesen Risikowert auf zwei unterschiedliche Arten ausgeben:

Relatives Risiko

Wenn K.A.R.L. keinen Objektwert kennt, wird dieser automatisch für die Berechnung mit dem Wert 100 belegt. Das führt dazu, dass das errechnete Risiko als prozentualer Anteil eines unbekanntes – weil nicht konkret vorgegebenen – Objektwertes zu verstehen ist. Das relative Risiko wird immer mit ausgegeben. Die Ausgabe erfolgt in der Einheit *Prozent/Jahr*.

Absolutes Risiko

Hierbei handelt es sich um den tatsächlichen Geldwert, der jährlich zur Kompensation des Risikos eingesetzt werden sollte und der dem durchschnittlichen jährlichen Schadenerwartungswert entspricht. Das absolute Risiko kann deshalb von K.A.R.L. nur dann errechnet werden, wenn der Wert des untersuchten Objektes bekannt ist und K.A.R.L. angegeben wurde. Natürlich ist es durch Anwendung von Prozentrechnung immer möglich, ein relatives Risiko zusammen mit einem Objektwert manuell in ein absolutes Risiko zu überführen. Die Ausgabe des absoluten Risikos erfolgt in einer beliebigen *Geldeinheit/Jahr*.

Achtung: Dieser durchschnittliche Schadenerwartungswert, dem das errechnete Risiko entspricht - egal ob prozentual oder absolut angegeben – kann im Extremfall beispielsweise dadurch entstehen, dass 200 Jahre lang nichts passiert, dann aber ein Ereignis eintritt, das einen Schaden vom 200-fachen des errechneten Risikos (Schadenerwartungswertes!) verursacht. Das errechnete durchschnittliche jährliche Risiko wird also so gut wie nie mit den tatsächlich eintretenden Schäden übereinstimmen. Es ist, wie alle anderen Parameter, aus denen es abgeleitet wurde, eine rein statistische Größe.

Man darf den prozentualen Risikowert nicht mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit verwechseln – ein Fehler, der oft gemacht wird, da es sich um einen niedrigen Prozentwert handelt. Am leichtesten lässt sich das daran erkennen, dass für die sinnvolle Angabe einer Eintrittswahrscheinlichkeit außer eines Bezugszeitraumes (hier könnte man das „/Jahr“ missverstehen) auch die Benennung eines KONKRETEN Ereignisses erforderlich ist, auf welches sich die Eintrittswahrscheinlichkeit bezieht! Um also beispielsweise die Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Erdbeben angeben zu können, genügt es nicht, zu schreiben:

Erdbeben: x %/Jahr

Vielmehr müsste man das Ereignis Erdbeben exakt spezifizieren und schreiben:

*Die Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Erdbeben der Intensität Y beträgt an diesem Ort
x %/Jahr.*

Bei der Angabe *Erdbeben: x %/Jahr* kann es sich folglich nur um den jährlichen Risikowert handeln, als Eintrittswahrscheinlichkeit ist diese Angabe nicht nutzbar.

1.2.7. Erläuterung und Einstufung des K.A.R.L.-Risikowertes

Jetzt stellt sich die Frage, was dieser Wert konkret bedeutet, wie man ihn interpretieren und einstufen kann.

Wann ist ein Risiko eigentlich hoch, wann durchschnittlich oder vertretbar und wann ist es gering oder sehr gering?

Zweifelsohne hängt die Antwort auf diese Frage eng mit dem persönlichen Risikoempfinden und Sicherheitsbedürfnis eines jeden zusammen. Ein Risiko, das dem einen noch als tolerabel

erscheint, würde ein anderer vielleicht niemals akzeptieren wollen. Trotzdem haben wir bei der KA versucht, eine qualitative Einstufung der Risiken vorzunehmen, die zumindest einen Eindruck über das Ausmaß eines Risikos vermitteln kann. Wir haben uns dabei an Erfahrungen aus der Versicherungswirtschaft orientiert und darauf aufbauend eine Einstufung vorgenommen.

Es ist einleuchtend, dass auch hierbei zwischen relativen und absoluten Risiken unterschieden werden muss: Die relativen Risiken, die keinen Unterschied zwischen den an den Risikoor-ten befindlichen Geldwerten machen, bewegen sich näher am Gefährdungsgrad, der direkt aus den physischen Einflüssen einer Gefahr resultiert. Das relative Risiko sagt nur aus, das X Prozent der Werte vor Ort betroffen sein können. Mit der absoluten Höhe dieser Werte beschäftigt es sich nicht. Im Extremfall kann das relative Risiko sehr hoch sein (z.B. in einem überschwemmungsgefährdeten Gebiet), das absolute Risiko aber gegen Null streben, wenn sich dort keinerlei wertvolle Objekte befinden. Umgekehrt kann ein mäßiges relatives Risiko zu einem sehr großen Schaden führen, wenn sich am Risikoort eine hohe Wertekonzentration befindet. Dort kann das absolute Risiko auch trotz einer eigentlich nur geringen Gefährdung unangenehm hoch werden.

Dies ist z.B. der Fall, wenn eine sehr große Anzahl von wärme gedämmten Hausfassaden von einem Hagelschlag beschädigt wird, der im betreffenden Gebiet nur äußerst selten vorkommt und deshalb nach menschlichem Ermessen kaum zu erwarten war. Kommentare wie „Das ist hier noch nie vorgekommen“ oder „Damit hat niemand gerechnet“ hört man in diesem Zusammenhang, wenn bei einem seltenen Ereignis sehr große Schäden entstanden sind. Findet ein vergleichbares Ereignis dagegen irgendwo über einem Wald statt, wo kaum Schäden entstehen können, wird kaum darüber berichtet und das betreffende Gebiet nicht als Risikozone wahrgenommen. Eine qualitative Einstufung der absoluten Risiken kann folglich immer nur der Eigentümer der analysierten Objekte vornehmen, indem er die absoluten Risikowerte in Geldeinheiten pro Jahr zu seinen übrigen Unternehmenskennzahlen in Beziehung setzt. Eine allgemeingültige Abstufung lässt sich dafür nicht ableiten.

Vor diesem Hintergrund ist folgende qualitative Einstufung der relativen Risiken entstanden:

Tabelle 1.2.: Qualitative Einstufung der Risiken.

Relative Risiken (% / Jahr)	Qualitative Einstufung
$X < 0,05$	sehr gering
$0,05 \leq X < 0,10$	gering
$0,10 \leq X < 0,40$	auffällig
$0,40 \leq X < 0,70$	erhöht
$0,70 \leq X < 1,00$	hoch
$X \geq 1,00$	sehr hoch

Nach strikter Auslegung der Definitionen kann es für Naturgefahren in den meisten Fällen keine echte „Null“ beim Risiko geben. Auch wenn eine Gefahr in einer Gegend nach menschlichem Ermessen keine Rolle spielt, so besteht trotzdem immer die – wenn auch verschwindend geringe – Wahrscheinlichkeit, dass es beispielsweise doch einmal zu einem >10.000-jährlichen Ereignis kommt. Aus diesem Grund bezeichnen wir Risiken, die kleiner sind als 0,0001 % / Jahr als „unbedeutend“ und nicht etwa als „nicht vorhanden“.

Zur weiteren Erläuterung der Bedeutung des integrierten Risikos kann man sich jederzeit auf

folgende Überlegung stützen: Nehmen wir als einfaches Beispiel ein Risiko von 1 %/Jahr an und summieren diesen Anteil gedanklich Jahr für Jahr – nach 100 Jahren erreicht man die 100% und damit in Summe einen Totalschaden. Wie bereits erläutert, wird dieser Fall mit einiger Sicherheit so nie auftreten, da sich die Schadenereignisse in der Realität sowohl in der Höhe als auch in der Zeit des Eintretens zufällig verteilen werden. Allerdings kann diese Überlegung helfen, einen Eindruck von der Höhe des Risikos zu bekommen.

Ein drohender kompletter Verlust des Eigentums innerhalb eines Jahrhunderts ist eine Bedrohung, die einen persönlich noch mit einiger Wahrscheinlichkeit betreffen kann und daher werden bei der KA auch berechnete Risiken, die größer als 1 %/Jahr sind, als „sehr hoch“ bezeichnet. Nimmt man dagegen einen Risikowert von 0,01 %/Jahr (ein sehr geringes Risiko) an, so benötigt man für die Summe von 100 % Schaden nicht mehr 100, sondern 10.000 Jahre. Damit befinden wir uns in einem Risikobereich, den nicht einmal die Erben des Eigentümers als existenzielle Bedrohung ansehen müssten.

Die einfache Umrechnung des Risikowertes in die Zeit, die statistisch betrachtet bis zum Erreichen eines Totalschadens vergehen würde, kann also durchaus helfen, das Risiko einzuordnen. Die Berechnung dieser fiktiven Zeit bis zum Totalschaden funktioniert folgendermaßen:

$$T_{100\%} = 100 / \text{Risiko (\%/Jahr)}$$

Da es sich hier um einen rein statistischen Wert handelt, der nur zur Veranschaulichung dienen kann und noch mehr Potenzial für Missverständnisse bietet als der Risikowert selbst, wird dieser auch nicht in den K.A.R.L.-Ergebnissen aufgeführt.

1.2.8. Schutzziel

Grundsätzlich arbeitet K.A.R.L., wenn keine konkreten Messdaten vorhanden sind, nach dem Vorsichts-Prinzip: Ein Risiko soll eher überschätzt als übersehen werden. Es gibt außer den Vulnerabilitäten noch weitere Faktoren, die das Risiko beeinflussen können. Einer der wichtigsten Faktoren ist das Schutzziel, das bei Überschwemmung, Sturmflut und Tsunami eine Rolle spielt.

Ohne ergänzende Informationen geht K.A.R.L. z.B. bei der Berechnung des Überschwemmungsrisikos davon aus, dass keine Dämme, Deiche, künstliche Aufschüttungen oder Notfallpläne existieren, die im Falle einer Überschwemmung den Schaden mindern könnten. Natürlich ist das meist nicht der Fall, denn dort, wo Menschen schon schlechte Erfahrungen mit den Naturgewalten gemacht haben, wird es in irgendeiner Form bereits technische Schutzmaßnahmen geben, die die Gefährdung verringern und damit auch das Risiko zurückdrängen. Schutzmauern, Dämme oder Deiche, die Sicherheit gegen Überschwemmungen bieten sollen, werden in den allermeisten Fällen so dimensioniert, dass sie Hochwasserereignissen einer bestimmten, vorher ausgerechneten Wiederkehrperiode standhalten.

So sind z.B. die Schutzeinrichtungen, die die Stadt Köln vor Ausuferungen des Rheins bewahren sollen, stellenweise sogar auf ein 200-jährliches, mindestens aber auf ein 100-jährliches Hochwasser bemessen. Die Küstenschutzanlagen der Niederlande sollen stellenweise sogar ein 10.000-jährliches Ereignis abhalten können. Wenn also ein derartiger Sachverhalt bekannt ist, kann man ihn K.A.R.L. im Rahmen der Standort- oder Portfolioanalyse bekannt geben. K.A.R.L. setzt dann mit der Risikoberechnung erst ein, wenn bei der Gefährdungsanalyse die Jährlichkeit des angegebenen Schutzzieles überschritten wird. Entsprechend geringer fällt hinterher natürlich das berechnete integrierte Risiko aus.

Ob die Schutzmaßnahmen tatsächlich halten was sie versprechen, kann K.A.R.L. nicht garantieren. Bestes Beispiel dafür aus der jüngeren Vergangenheit ist der Untergang der Stadt

New Orleans nach dem Hurrikan Katrina, der durch berstende Deiche verursacht wurde. Ohne genauere Kenntnis des beklagenswerten Zustandes der Deiche hätte man für New Orleans wahrscheinlich ein Schutzziel von 100 Jahren angegeben. K.A.R.L. hätte die Stadt damit für einigermaßen sicher erklärt. Wenn man also mit K.A.R.L. eine solch unklare oder potenziell gefährliche Situation simulieren möchte, muss man das Schutzziel gegenüber Überschwemmung bewusst auf einen geringen Wert (5 oder 10 Jahre) setzen. Gibt man kein Schutzziel an, wird K.A.R.L. bei der Risikoanalyse hin und wieder im ersten Schritt zu exorbitant hohen Schadenerwartungswerten kommen. Diese sind nicht realistisch, denn wer würde/könnte schon ein jährliches relatives Risiko von bis zu 40 % des Objektwertes akzeptieren, ohne irgendetwas dagegen zu unternehmen?

Unter solchen Bedingungen geht K.A.R.L. davon aus, dass es mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit irgendwelche technischen Schutzeinrichtungen geben muss, die K.A.R.L. allerdings nicht im Detail bekannt sein können. Also wird anhand des berechneten Risikos geschätzt, bis zu welcher Jährlichkeit Schutzeinrichtungen mit einiger Wahrscheinlichkeit vorhanden sein müssten, um diesen Platz überhaupt einigermaßen wirtschaftlich nutzen zu können. Danach wird das Risiko unter Berücksichtigung des geschätzten Schutzzieles erneut berechnet.

Unter dem Begriff Schutzziel werden alle technischen Maßnahmen zusammengefasst, die dazu geeignet sind, ein bestimmtes Gebiet oder ein einzelnes Objekt vor Überflutung zu schützen. Die Bemessungsgröße für die Wirksamkeit einer solchen Maßnahme ist die statistische Wiederkehrperiode (Jährlichkeit) des Ereignisses, vor dem maximal geschützt werden kann. In erster Linie zählen zu solchen Schutzmaßnahmen Dämme, Deiche, Mauern und mobile Schutzsysteme, wie sie z.B. in Köln aufgebaut werden, wenn ein Rheinhochwasser (siehe Abb. 1.2) droht.



Abbildung 1.2.: Mobiler Schutzwall gegen Rheinhochwasser in Köln.

Hinzu kommen Pumpwerke, Rückhaltebecken, Retentionsflächen, Stauseen oder spezielle Drainagesysteme, die Niederschlagswasser gezielt ableiten, bevor es eine Überschwemmung

verursachen kann. An gefährdeten Küstenabschnitten sorgen gewaltige Fluttore oder überdimensionale Schutzmauern vor Sturmfluten und Tsunamis.

K.A.R.L. kann nicht wissen, wo überall in der Welt sich derartige Schutzsysteme befinden, ob sie ein 100-jährliches Ereignis abwehren können oder ob sie so dimensioniert sind, dass sie einer 1.000-jährlichen Sturmflut standhalten könnten. Weiterhin spielen das Alter, der Erhaltungszustand sowie Pflege und Wartung, die in unterschiedlichen Gegenden der Welt stark voneinander abweichen können, eine Rolle.

Wo bekannt ist, dass Schutzsysteme vorhanden sind und für welche Wiederkehrperiode sie ausgelegt sind, werden solche Informationen in den Datenbeständen der KA abgelegt und stehen K.A.R.L. somit zur Verfügung. Meistens ist dies jedoch nicht der Fall. Dann wird von K.A.R.L. ein „virtuelles“ Schutzziel angenommen, dessen Schutzgrad von der Höhe des relativen Risikos abhängt, das K.A.R.L. OHNE Berücksichtigung jedweder Schutzmaßnahmen errechnet hat.

Tabelle 1.3.: Schätzung des Schutzzieles durch K.A.R.L. in Relation zum relativen Risiko.

Relative Risiken	K.A.R.L.-Schutzziel-Schätzung
> 0,10 %/Jahr	10-jährlich
> 0,20 %/Jahr	25-jährlich
> 0,40 %/Jahr	50-jährlich
> 0,70 %/Jahr	75-jährlich
> 1,00 %/Jahr	100-jährlich

Diese Abstufung wurde bewusst so gewählt, dass die berechneten Risiken lediglich bis in den plausiblen Bereich abgesenkt werden, dabei aber trotzdem so hoch bleiben, dass die betreffenden Standorte als kritisch auffallen. Außerdem werden die Schätzwerte in den Ergebnissen der K.A.R.L.-Analysen aufgeführt, so dass in der Realität im Rahmen einer Ortsbesichtigung überprüft werden kann, ob die entsprechenden Schutzziele tatsächlich existieren.

Für küstennahe Gebiete können getrennte Schutzziele für Überschwemmung (Sturzfluten, Ausuferungen von Flüssen und Drainageversagen) und Sturmfluten bzw. Tsunamis angegeben werden.

1.2.9. Modellierung möglicher Schadenszenarien (PML/SUL)

In Gablers Versicherungslexikon [2] wird der Begriff des „PML“ wie folgt definiert:

„Wahrscheinlicher maximaler Schaden. Maßgröße für den (unter gewissen Annahmen) wahrscheinlich größten Schaden aus einem versicherten Risiko, ausgedrückt in einem Geldbetrag. Der PML wird in Bezug auf einzelne Großschadenrisiken und auf Kumulrisiken meist in der Feuerversicherung (und Feuer-Rückversicherung) verwandt, daneben auch in der verbundenen Wohngebäudeversicherung. Abzugrenzen vom Possible Maximum Loss (PML), der irritierender Weise mit der gleichen Abkürzung bezeichnet wird.“

In der Versicherungswirtschaft ist dieser Begriff stark durch die Verwendung in der Feuerversicherung geprägt. Allerdings benötigt man im Naturgefahren-Risikomanagement, insbesondere bei der Betrachtung von Kumulen oder von extremen Schadenszenarien, einen solchen Begriff für einen unter gewissen Annahmen zu erwartenden maximalen Schaden.

Vor diesem Hintergrund verwenden wir bei K.A.R.L. den Begriff des Probable Maximum Loss (PML) folgendermaßen:

Im Zuge der Berechnung des Risikos, wie in Abschnitt 1.2.6 beschrieben, wird von K.A.R.L. für jede Wiederkehrperiode (WKP) von 1 bis 10.000 Jahren der jeweilige für dieses Ereignis zu erwartende Schaden modelliert. Zur Betrachtung möglicher Schadenszenarien, um beispielsweise zu überprüfen, ob ein Versicherungsschutz ausreichend dimensioniert ist, wird dieser modellierte Schadenwert für eine Reihe ausgewählter Wiederkehrperioden mit ausgegeben. Zur Bewertung eines Versicherungsumfangs in Bezug auf Naturgefahren werden in der Versicherungswirtschaft üblicherweise die 200-jährlichen Ereignisse betrachtet. Aufgrund des in den meisten Regionen der Erde deutlich selteneren Auftretens von Erdbeben höherer und damit schadenträchtiger Intensität, wird im Falle von Erdbeben das 475-jährliche³ Ereignis zur Betrachtung von Schadenszenarien gewählt.

Weitere Ausnahmen bei den von K.A.R.L. untersuchten Gefahren bilden Vulkanismus und Tornado. Bei diesen beiden Gefahren ist es aufgrund der vorliegenden Daten und Modellierungsergebnisse im Allgemeinen nicht möglich, eine statistisch belastbare Aussage zur Schadenerwartung für einzelne Wiederkehrperioden zu treffen.

Diese modellierten Schadenhöhen in Geldeinheiten oder Prozent des Objektwertes bezeichnen wir als „Wahrscheinlichen Maximalschaden“ / „Probable Maximum Loss“ / „PML“. Dabei wird der PML bei K.A.R.L. stets in Zusammenhang mit einer bestimmten WKP angegeben, für die der entsprechende Schaden modelliert wurde.

Zur Angabe des lt. Modell maximal möglichen Schadens durch eine bestimmte Gefahr, der je nach Standort und Empfindlichkeit deutlich unter 100 % liegen kann, verwenden wir bewusst nicht die Abkürzung PML (für Possible Maximum Loss) sondern bezeichnen diesen im Bericht als „Berechneten Maximalschaden“. Dieser Wert bezieht sich dann auf die höchste verwendete WKP von 10.000 Jahren.

Wenn also bei K.A.R.L. PML-Werte angegeben werden, muss man sich von den üblichen Definitionen lösen und diesen Wert als den modellierten (also nach Ergebnis des Modells „wahrscheinlichen“) maximalen Schaden bei einem Naturereignis der angegebenen WKP an einem Objekt mit der zuvor definierten Empfindlichkeit (Vulnerabilität) betrachten.

In der einseitigen Ergebniszusammenfassung (OnePager) des K.A.R.L.-Online-Berichts werden für jeden Standort die Risikowerte und die PML-Werte zu allen Naturgefahren zusammen dargestellt.

Im Jahr 1999 wurde von der „American Society of Testing Materials (ASTM)“ eine neue Nomenklatur eingeführt, die den PML im Bereich Erdbeben ersetzen soll. Hier werden die Begriffe „Scenario Expected Loss (SEL)“ und „Scenario Upper Loss (SUL)“ eingeführt. Der SUL – die „konservativere“ Betrachtungsweise des Risikos - kann definiert werden als der Erdbebenverlust für das Gebäude mit einer 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit der Nicht-Überschreitung (oder einer 10-prozentigen Wahrscheinlichkeit der Überschreitung), der aus einem bestimmten Ereignis bei bestimmten Fehlern, die das Gebäude betreffen, resultiert.

Die PML-Definition in K.A.R.L. unterscheidet sich zum einen nicht hinsichtlich der verschiedenen Naturgefahren und ist zum anderen immer das Resultat einer sehr konservativen Modellierung, in der stets nach dem Vorsichtsprinzip verfahren wird, um grundsätzlich kein Risiko zu unterschätzen. Bei sorgfältiger Definition der entsprechenden Vulnerabilitätskurven kann also bei allen Gefahren davon ausgegangen werden, dass die modellierten Schäden tendenziell et-

³Dies entspricht einer Überschreitungswahrscheinlichkeit des betrachteten Schadens von 10 % innerhalb von 50 Jahren.

was zu hoch ausfallen.

Damit entspricht die Vorgehensweise bei K.A.R.L. bezüglich aller Gefahren im Prinzip der des SUL bei Erdbeben.

Zur Untermauerung dieser These haben wir SUL-Werte aus einer Untersuchung von Thiel et.al. (2012) „SEL versus SUL: managing seismic risk in commercial real estate investments“ [3] eine Reihe von SUL-Werten für Gebäude „akzeptabler seismischer Belastbarkeit“ in verschiedenen amerikanischen Städten mit den von K.A.R.L. ermittelten PML-Werten verglichen. Im Zuge dieser Studie wurden 14 Städte in den USA hinsichtlich dort jeweils zu erwartender SEL- und SUL-Werte, jeweils bezogen auf das „Design Basis Earthquake (DBE)“ (das 475-jährliche Ereignis), untersucht. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse für diese Städte. In der letzten Spalte ist jeweils der entsprechende K.A.R.L.-PML-Wert zum 475-jährlichen Ereignis angegeben.

In den Städten, die auf oder in der Nähe von Erdbeben-Hot-Spots liegen, wie Santa Cruz und San Francisco, liegen die K.A.R.L.-Werte deutlich über den jeweiligen SUL-Werten. Der Grund dafür ist die Anwendung einer für deutsche Verhältnisse erstellten Vulnerabilität, die von einer Anwendung deutscher Bauvorschriften hinsichtlich Erdbebensicherheit ausgeht. Möchte man für diese extremen Orte zu passenderen Ergebnissen kommen, so ist die Erstellung einer entsprechenden Vulnerabilität notwendig, die Maßnahmen für erdbebensicheres Bauen berücksichtigt.

In den meisten Fällen liegen SUL und K.A.R.L.-PML-Wert sehr nahe zusammen oder stimmen sogar überein. Diese Vergleiche müssen mit einer gewissen Vorsicht gezogen werden, da nicht genau bekannt ist, welche Gefährdungswerte einerseits und Empfindlichkeiten andererseits in der Studie zur Anwendung gekommen sind.

Tabelle 1.4.: Gegenüberstellung der SEL/SUL und K.A.R.L.-PMLs für ein 475-jährliches Erdbeben.

Ort	SEL (%) (bzgl. DBE)	SUL (%) (bzgl. DBE)	K.A.R.L. – PML (%) (bzgl. DBE)
Santa Cruz, CA	12	34	96
San Francisco, CA	13	38	81
Redmond, WA	11	32	45
Anchorage, AK	14	39	53
Oakland, CA	15	41	53
Woodland Hills, CA	13	38	47
Los Angeles, CA	14	39	43
Portland, OR	8	23	23
Big Sur, CA	8	22	21
Redlands, CA	15	42	37
Reno, NV	10	29	20
Salt Lake City	9	26	13
Memphis, TN	11	31	4,1
Roseville, CA	8	21	0,4

Lediglich bei drei Standorten unterschreitet der von K.A.R.L. errechnete 475-jährliche Schaden den SUL-Wert erheblich:

Roseville (CAL): Dieser Ort befindet sich in einer nahezu erdbebenfreien Zone zwischen aktiveren Zonen westlich und östlich davon. Möglicherweise ist dieser Sachverhalt in der uns vorliegenden SUL-Berechnung nicht ausreichend gewürdigt worden.

Salt Lake City: Die geologischen Bedingungen sind nicht mit denjenigen im hochgradig gefährdeten Kalifornien zu vergleichen. Laut K.A.R.L. ist hier im Fall eines 475-jährlichen Erdbebens nur mit einer MM-Intensität von knapp über VII zu rechnen, was laut verwendeter Vulnerabilitätskurve nur zu einem Schaden von ca. 12 % des Objektwertes führen kann.

Memphis: Hier geben die allgemein verwendeten Gefahrenkarten, auf denen die SUL-Berechnung vermutlich basiert, nur deshalb einen hohen Gefährdungsgrad aus, weil es im frühen 19. Jahrhundert eine singuläre und äußerst schadenträchtige Erdbebenserie gegeben hat. Aufgrund der geologischen Bedingungen im Westen der USA ist es jedoch unwahrscheinlich, dass sich derartige am gleichen Ort in absehbarer Zeit nochmals wiederholt. Wahrscheinlicher ist, dass andere Gebiete im Umfeld der Appalachen, wo es in historischer Zeit noch keine Beben gegeben hat, irgendwann einmal betroffen sein werden. Vor diesem Hintergrund stuft K.A.R.L. die Erdbebengefährdung in Memphis geringer ein.

Fazit: Das Beispiel liefert einen soliden Hinweis darauf, dass K.A.R.L. bei der Modellierung der Erdbebengefährdung zu vergleichbaren Ergebnissen wie eine SUL-Berechnung kommt. Insbesondere erkennt man, dass die K.A.R.L.-PML-Werte in allen Fällen (außer den drei gut erklärbaren Ausnahmen) immer näher am SUL als am stets deutlich niedrigeren SEL liegen. Da sich das Vorgehen bei allen Naturgefahren hinsichtlich der strikten Einhaltung des Vorsichtsprinzips gleicht, kann man diese Erkenntnis im Prinzip auf die übrigen Gefahren verallgemeinern.

1.2.10. Abgrenzung zu Gefahrenkarten

In den vorangegangenen Kapiteln wurde dargestellt, dass K.A.R.L. zur Bestimmung der lokalen Risikosituation vereinfacht dargestellt drei Faktoren berücksichtigt:

1. Die Gefährdungslage (Intensität und Häufigkeit möglicher Ereignisse bis hin zum Extremereignis),
2. die Exposition des Standortes (lokale, risikobeeinflussende Faktoren) sowie
3. die objektspezifischen Vulnerabilitäten (Schadenempfindlichkeit der potenziell betroffenen Objekte gegenüber den Ereignissen).

Das Ergebnis ist in jedem Fall eine Zahl, die eine konkrete Eigenschaft des untersuchten Objektes darstellt und direkt von dessen Eigenschaft, Lage, Wert, den lokalen Bodenbedingungen (soweit erkennbar), Schutzgrad usw. abhängt. Die Gesamtmenge aller Ergebnisse einer K.A.R.L.-Analyse enthält viele solcher Zahlen: Das relative/absolute Risiko, verschiedene PML-Werte zu verschiedenen WKP usw.

Mit diesem Vorgehen und den daraus resultierenden Ergebnissen unterscheidet sich K.A.R.L. grundsätzlich von den Naturgefahren-Systemen, deren Schwerpunkt auf der Darstellung von

Gefährdungskarten liegt. Um eine Darstellung auf einer Kartenfläche zu erreichen, muss man sich naturgemäß auf einzelne Ereignisse mit einer bestimmten Wiederkehrperiode beziehen, ohne dabei unterschiedliche Schadenausmaße an verschiedenen Objekten berücksichtigen zu können. Zum Zeichnen einer Gefährdungskarte zum Thema Erdbeben wird üblicherweise das 475-jährliche Erdbeben gewählt und dann dessen lokale Auswirkungen (die zu erwartende Intensität nach der Mercalli-Skala bei normalen Bodenbedingungen) mittels einer Farbabstufung dargestellt. Für verschiedene Wiederkehrperioden müssen dementsprechend auch jeweils neue Karten gezeichnet werden.

Gefährdungskarten bilden also üblicherweise die Gefährdungslage einer Naturgefahr nur für eine oder wenige Eintrittswahrscheinlichkeiten ab (z.B. Erdbebenintensität beim 475-jährlichen Ereignis, Windstärke beim 200-jährlichen Sturmereignis oder Überflutungszonen für das 100-jährliche Hochwasserereignis). Sie zeigen, welche Regionen von dem entsprechenden Naturereignis mit welcher Intensität betroffen sein könnten. Dazu sind diese Regionen häufig in Zonen mit unterschiedlichen Gefährdungsstufen unterteilt, was farblich differenziert abgebildet wird. In der Versicherungswirtschaft aber auch von behördlicher Seite gibt es je nach Naturgefahr übliche Wiederkehrperioden (WKP), die als Orientierung zur Maßnahmenplanung dienen. Dies ist z.B. das 475-jährliche Erdbebenereignis oder das 200-jährliche Sturmereignis. Indem Gefährdungskarten als Grundlage zur Maßnahmenplanung dienen, helfen sie präventiv, Schäden an Menschen und Infrastruktur durch Naturgefahren möglichst gering zu halten. Interesse an solchen Karten haben demnach u.a. Behörden, die verantwortlich für Schutzmaßnahmen gegenüber Naturgefahren sind, aber auch Planungsbüros, Versicherungen und Rückversicherungen.

Der Vorteil einer Gefährdungskarte ist der schnelle Überblick über die Gefährdungssituation in einer Region, einem Land oder einem ganzen Kontinent.

Oft werden auch gewichtete und normierte Indizes verwendet, um den Gefährdungsgrad numerisch oder qualitativ (z.B. niedrig, mittel, hoch) anzugeben. Auch diese Indizes ermöglichen eine schnelle Einschätzung eines Gefährdungsgrades in einer Region relativ zu einer anderen.

Auf Grund dieser Eigenschaften, ist ein direkter und einfacher Vergleich zwischen den Ergebnissen von K.A.R.L. und den Einstufungen einer Gefährdungskarte grundsätzlich nicht möglich.

1.3. Untersuchte Gefahren

K.A.R.L. untersucht einen Standort auf Risiken aus allen wesentlichen Naturgefahren. Einen Überblick über die von K.A.R.L. analysierten Naturgefahren und eine Kurzbeschreibung der Berechnungsmethode liefert die Abbildung 1.3.









Gefahr	Beschreibung	Berechnungsmethode
Vulkanismus		<ul style="list-style-type: none"> Eruptions-Historie, Anzahl schwerer Ausbrüche pro Zeitspanne in der Umgebung
Tsunami		<ul style="list-style-type: none"> Analyse dokumentierter run ups (Wellenhöhen) an Küsten im weiteren Umfeld
Erdbeben		<ul style="list-style-type: none"> Analyse dokumentierter Erdbeben im Umkreis von 50 bis 300 km Modellierung lokaler Intensitäten auf Basis geologischer Faktoren aus Höhenmodell
Sturm		<ul style="list-style-type: none"> Analyse global verfügbarer Wetterdaten Modellierung lokaler Faktoren (exponierte/geschützte Lage) auf Basis Höhenmodell
Sturmflut		<ul style="list-style-type: none"> Modellierung von Wellenhöhen auf Basis Küstenform, Gezeiten, Windgeschwindigkeit Falls verfügbar: Analyse dokumentierter Wasserspiegelhöhen
Überschwemmung		<ul style="list-style-type: none"> Modellierung des Potenzials auf Basis der Landschaftsform (Höhenmodell) Ermittlung des Gefährdungsgrads durch Verknüpfung mit regionalen Klimafaktoren
Tornado		<ul style="list-style-type: none"> Modellierung des regionalen Tornadopotenzials auf Basis Klimadaten Kalibrierung anhand Beobachtungen aus den USA
Hagel / Starkregen		<ul style="list-style-type: none"> Modellierung des regionalen Potenzials auf Klimadaten Kalibrierung anhand konkreter Beobachtungen (Ort, Häufigkeit, Hagelkorngröße)

Abbildung 1.3.: Auflistung der von K.A.R.L. analysierten Naturgefahren und eine Kurzbeschreibung der Berechnungsmethoden.

1.3.1. Vulkanismus

Über wenige der ca. 1.500 als aktiv geltenden Vulkane liegt eine für statistische Analysen ausreichende Datenbasis vor. Das liegt daran, dass a.) nur eine beschränkte Anzahl als besonders gefährlich geltender Vulkane dauerhaft überwacht wird (z.B. der Vesuv bei Neapel oder der Popocatepetl bei Mexico-City), und b.) die meisten Vulkane so selten ausbrechen, dass sich in der dem Menschen zur Verfügung stehenden Beobachtungszeit keine auswertbare Datenbasis ansammeln konnte. Oft gibt es nur Informationen über den Zeitpunkt des letzten Ausbruchs⁴.

Maßgeblich für die K.A.R.L.-Risikoanalyse ist die Häufigkeit, mit der an einem einzelnen Vulkan mit Ausbrüchen der Stärke VEI 3 oder stärker (Volcanic Explosivity Index (VEI)) zu rechnen ist.

Aus Daten der Smithsonian Institution (Washington), Global Volcanism Program [4] lässt sich anhand der Eruptionshistorie ableiten, wie oft mit einem Ausbruch \geq VEI 3 zu rechnen ist.

Die so ermittelte Jährlichkeit bzw. Wiederkehrperiode ist die Grundlage der Risikoanalyse. Bestimmender Faktor bei der Vulnerabilität ist die Distanz zum vulkanischen Ausbruchszentrum. Hierzu wird für die Vulnerabilität üblicherweise eine von der berechneten Distanz zum Vulkan abhängige Abnahmefunktion zugrunde gelegt, die im Nahbereich eine starke, bei größerem Abstand eine schwächere Abnahme des Schadenpotenzials unterstellt. Vulkane, die außerhalb des in der Vulnerabilitätskurve angegebenen maximalen Schadenradius liegen, werden nicht mehr in die Risikoanalyse einbezogen. Natürlich ist es auch hier möglich, spezielle Situationen wie die des Eyjafjallajökull (Eruption 2010, Flugverkehr über Nord- und Mitteleuropa in weiten Teilen und für mehrere Tage eingestellt) in der Vulnerabilität abzubilden, weil man

⁴Aus diesem Grund lässt sich hier im Allgemeinen kein Schaden zu verschiedenen WKP modellieren und als Folge daraus auch kein PML-Wert zu einer bestimmten WKP angeben.

beispielsweise auf Flugverbindungen angewiesen ist.

Um der hohen Gefährlichkeit von Stratovulkanen Rechnung zu tragen, wird die Distanz zur Berechnung des Schadenpotenzials halbiert. Wegen der geringeren Gefährlichkeit von Schildvulkanen und untermeerischen Vulkanen wird sie in diesen Fällen verdoppelt bzw. verzehnfacht.

1.3.2. Erdbeben

K.A.R.L. greift zur Analyse des Erdbebenrisikos auf die öffentlich zugänglichen Erdbebenkataloge des United States Geological Survey (USGS) und NOAA - National Geophysical Data Center (NGDC) [5] zurück. Dieser Datensatz enthält weltweite Daten von Erdbeben vor allem der letzten 100 Jahre aber auch weiter zurückliegend. Es werden Informationen über die Magnitude, z.T. über die Intensität des aufgetretenen Erdbebens und über die mittlere Herdtiefe geliefert.

Gefahr-Erkennung

Wenn in einem Umkreis von 200 km rund um die Ortskoordinate des untersuchten Standortes keine Erdbeben registriert wurden, gilt der Standort als nicht gefährdet. Andernfalls wird mit der Gefährdungsanalyse fortgefahren.

Gefährdungsanalyse

Daten in einem Suchumkreis um die Ortskoordinate des untersuchten Standortes werden auf ihre Häufigkeitsverteilung untersucht.

Maßgeblich für die Zerstörungskraft eines Erdbebens ist aber nicht die Magnitude selbst sondern die durch sie ausgelöste Intensität bzw. Bodenbeschleunigung.

Während die Magnitude ein logarithmisches Maß für die am Erdbebenherd freigesetzte Energie darstellt, beschreibt die Intensität die tatsächliche Beschleunigung / Schwingung des Erdbodens am Beobachtungsort. Bei einem Erdbeben einer beliebigen Magnitude M_w hängt die Intensität an einem beliebigen Beobachtungsort von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie der unterschiedlichen Dämpfung der Wellen durch die jeweilige Entfernung zum Erdbebenherd (Tiefe und laterale Distanz) und der Bodenbeschaffenheit am Beobachtungsort selbst, sowie zwischen Erdbebenzentrum und Beobachtungsort.

Mit Hilfe von empirischen Umrechnungsformeln sowie der Abschätzung von Dämpfungsfaktoren und Korrekturfaktoren für die Bodenbeschaffenheit lässt sich aus der mittels Seismometer gemessenen Magnitude am Epizentrum eine lokale Intensität ermitteln. Bei künstlich aufgeschüttetem Gelände bzw. weichem und Grundwasser-gesättigten Boden erwartet man höhere Intensitäten, bei Untergründen aus gewachsenem Felsen dagegen niedrigere. Die lokale Bodenbeschaffenheit wird von K.A.R.L. aufgrund der aus dem digitalen Höhenmodell abgeleiteten Landschaftsform geschätzt. Nähere Erläuterungen hierzu in Abschnitt 1.3.4 (Überschwemmung).

Auf dieser Grundlage wird im nächsten Schritt anhand von max. 20 Modellrechnungen untersucht, wie sich virtuelle Erdbeben unterschiedlicher Magnituden an den Positionen der zum untersuchten Standort nächst-gelegenen bekannten Erdbebenherde auf ihre Umgebung theoretisch auswirken würden.

Berechnung des Risikos

Auf der Grundlage der ermittelten Gefährdung und Vulnerabilität erfolgt die Risikoberechnung nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.3. Tsunami

Gefahr-Erkennung

Grundsätzlich geht K.A.R.L. davon aus, dass alle Gebiete, die tiefer als 100 m über dem Meeresspiegel und gleichzeitig näher als 10 km an der Küste liegen, durch Tsunamis gefährdet sind.

Gefährdungsanalyse

Die Gefährdungsanalyse stützt sich auf eine Häufigkeitsanalyse gemessener Run-ups. Dies sind die Wellenhöhen, mit denen ein Tsunami auf die Küste trifft. Hierzu wird auf Daten von NGDC [6] zurückgegriffen. Jeder Einzelmessung sind ihre eigenen Ortskoordinaten sowie die des auslösenden Ereignisses zugeordnet. Die ältesten registrierten Ereignisse stammen aus vorchristlicher Zeit, die jüngsten entsprechen dem jeweiligen Aktualisierungsstand der verwendeten Datengrundlage.

Aus den vorliegenden Daten werden diejenigen Wellenhöhen ermittelt, die mutmaßlich am Standort zu beobachten gewesen wären. Hierzu wird eine empirische Formel verwendet, die aus konkreten Tsunami-Beobachtungen abgeleitet wurde.

Die auf diese Weise ermittelten standortspezifischen Wellenhöhen werden dann einer statistischen Häufigkeitsanalyse unterzogen, aus der sich der Zusammenhang zwischen bestimmten Wellenhöhe und den Jährlichkeiten ihres Auftretens ablesen lässt.

Aufgrund der bei einem Tsunami auftretenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten werden die von K.A.R.L. modellhaft berechneten Schadenssummen doppelt so hoch angesetzt wie bei einer Sturmflut.

Berechnung des Risikos

Die Berechnung des Risikos erfolgt analog zum Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“.

1.3.4. Überschwemmung

In diesem Kapitel wird nur auf Überschwemmungen eingegangen, die ausschließlich durch ein temporäres Überangebot von Wasser hervorgerufen werden. Überflutungen als Folgeerscheinungen von Stürmen über dem Meer (Sturmfluten) oder von Erdstößen (Tsunamis) werden von K.A.R.L. separat behandelt und darum auch in eigenen Kapiteln erläutert.

Mit weitem Abstand handelt es sich bei Überschwemmung um diejenige Naturgefahr mit dem höchsten Komplexitätsgrad, sowohl was das Erscheinungsbild, Ursachen und Gefährdungsgrad als auch die Definition betrifft, wann man überhaupt von einer Überschwemmung sprechen kann. Insbesondere im Versicherungswesen kann in dem Fall, „wenn Wasser sich an einem Ort befindet, wo es eigentlich nicht sein sollte“, zu unterschiedlichen Auffassungen kommen, wie mit den daraus resultierenden Schäden umzugehen ist. Ob überhaupt, wo, wie oft und wie heftig es zu Überschwemmungen kommen kann, hängt von einer Vielzahl unterschiedlichster Einflussfaktoren ab, die dämpfend, verstärkend, sich gegenseitig aufhebend oder sogar

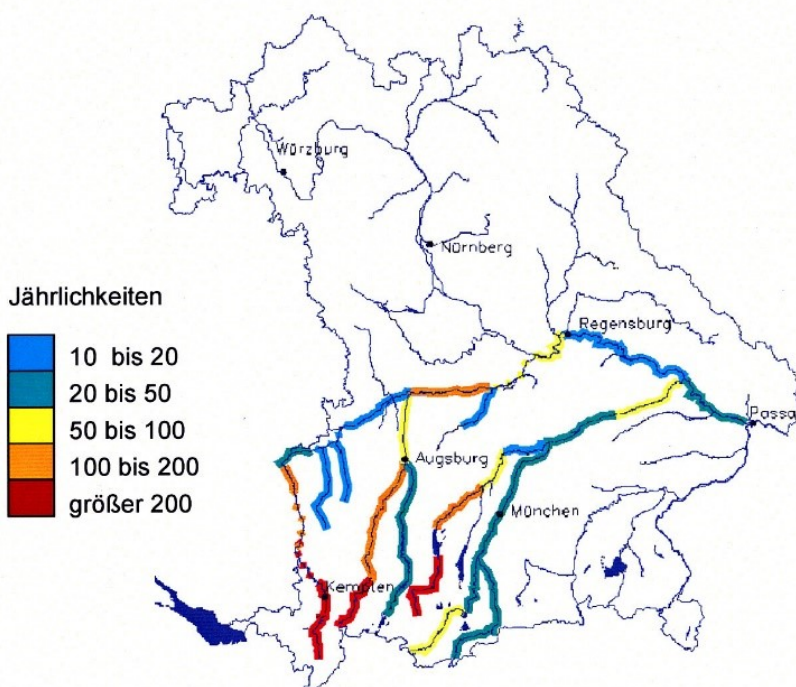


Abbildung 1.4.: Wasserstände der Donau und ihrer Nebenflüsse.

potenzierend wirken können. Vor diesem komplexen Hintergrund ist es äußerst schwierig, zu einer exakten Aussage bezüglich der Hochwassergefährdung eines bestimmten Standortes zu kommen.

Am Beispiel der Pfingstflut an der Donau (1999) lässt sich zeigen (siehe dazu Abb. 1.4), dass sogar für ein einziges solches Ereignis keine einheitliche Jährlichkeit zu ermitteln ist: Je nachdem, wo in den alpennahen Zuflüssen der Donau heftige Niederschläge niedergegangen waren, variierten die maximalen Pegelstände der Flüsse bei der Pfingstflut zwischen Jährlichkeiten von 20 bis über 200 Jahren. Entsprechendes war auch im Verlauf der Donau selbst festzustellen: Während im Großraum Ingolstadt Wiederkehrperioden von über 200 Jahren erreicht wurden, lagen zwischen Regensburg und Passau die Jährlichkeiten für dieses Ereignis bei 20 Jahren.

Genau genommen kann die Überschwemmungsgefährdung, bei der konkrete Wasserspiegeln Höhen definierten Jährlichkeiten gegenübergestellt werden, nur für punktuelle Orte angegeben werden, wo entsprechende statistisch auswertbare langjährige Datenaufzeichnungen vorliegen. Schon wenige Kilometer flussauf- oder abwärts kann die Situation jedoch schon völlig anders sein, je nachdem, ob das Flussbett einen größeren oder kleineren Querschnitt aufweist, ein Nebenfluss einmündet, die Ufer befestigt sind oder der Fluss natürlichen Raum findet, um sich in der Landschaft ausbreiten zu können.

Doch schon die statistischen Auswertungen von Daten eines einzigen Messpegels lassen einen großen Interpretationsspielraum zu, wie Abbildung 1.5 zeigt: Als rote Punkte sind hier die berechneten Wiederkehrperioden von Durchflussraten dargestellt, die aus einer 80-jährigen Beobachtungszeit eines Messpegels an der Donau abgeleitet wurden.

Während bei diesem Beispiel beim 10-jährlichen Ereignis noch einigermaßen klare Verhältnisse herrschen (ca. $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$), muss man sich bei den hier möglichen Extrapolationsvari-

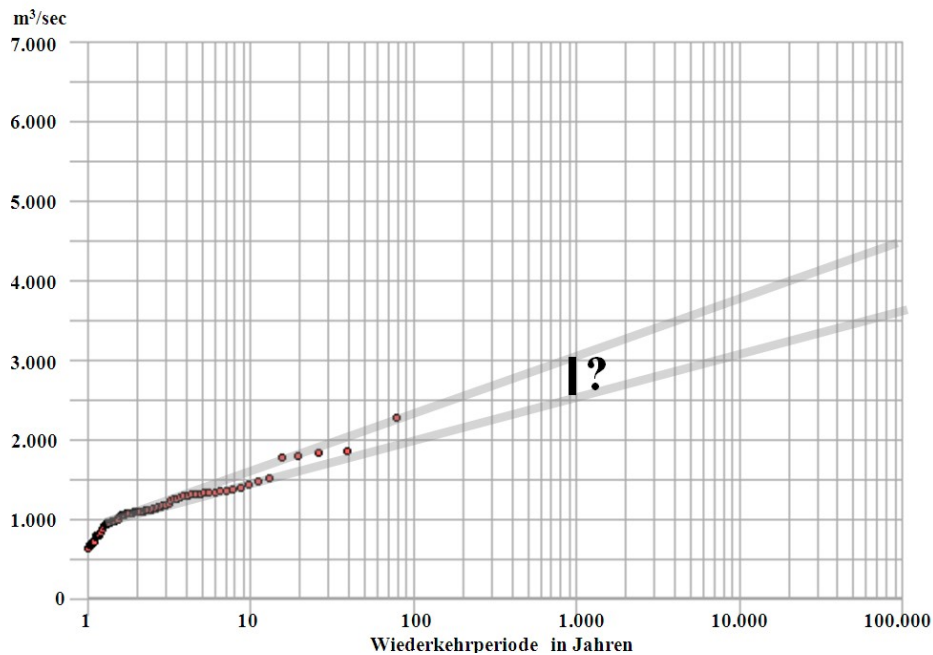


Abbildung 1.5.: Beispiel eines Messpegels an der Donau.

anten beim 100-jährlichen Hochwasser bereits zwischen Durchflussraten von 2.000 bis 2.400 m^3/s entscheiden. Beim 1.000-jährlichen Ereignis variiert die Spannweite bereits zwischen 2.500 und 3.000 m^3/s . Oder umgekehrt: Würde hier beispielsweise bei einem Hochwasser eine Durchflussrate von 3.000 m^3/s festgestellt, könnte so ein Befund auf der Grundlage der in Abbildung 12 gezeigten Auswertung sowohl als 1.000-jährliches, mit gleicher Berechtigung aber auch als 10.000-jährliches Ereignis interpretiert werden.

Angaben zu Wiederkehrperioden, die im Zusammenhang mit Überschwemmungen vorgebracht werden, sind vor diesem Hintergrund also stets mit äußerster Skepsis zu bewerten, denn sie basieren in den allermeisten Fällen auf einer viel zu ungenauen Datengrundlage (die Beobachtungszeit ist eigentlich immer zu kurz, selbst wenn sie 100 Jahre umfasst.) und außerdem sind sie durch die mathematischen Extrapolationsverfahren beeinflusst, die zu ihrer Ermittlung verwendet wurden.

Da K.A.R.L. den Anspruch erhebt, weltweit nach einem einheitlichen Standard Aussagen zur Überschwemmungsgefährdung liefern zu können, musste die Methodik der rückwärtsgewandten statistischen Auswertung konkreter gemessener Pegeldata grundsätzlich verlassen und durch gänzlich andere Ansätze ersetzt werden.

Gefahr-Erkennung

Generell geht K.A.R.L. zunächst davon aus, dass die gesamte Landoberfläche der Erde als potenziell überschwemmungsgefährdetes Gebiet angesehen werden muss. Im Rahmen der Gefährdungsanalyse können jedoch bestimmte Areale ausgewiesen werden, wo nach menschlichem Ermessen keine größere Überschwemmung möglich ist.

Gefährdungsanalyse

Das Überschwemmungspotenzial wird auf Grundlage des von K.A.R.L. verwendeten digitalen Höhenmodells bestimmt.

Aus der Landschaftsstruktur in der weiteren Umgebung des Standortes – hierzu wird ein Umkreis von 2 bis 6 km herangezogen – ermittelt K.A.R.L. sodann diejenige Geländehöhe, bis zu der das Wasser im Falle einer Überschwemmung maximal ansteigen kann.

Während auf der einen Seite die Landschaftsform die „Geometrie“ eines Hochwasserereignisses bestimmt und damit vorgibt, in welchem vertikalen Raum sich bestimmte Wasserstände überhaupt bewegen können, sind die regionalen Klimafaktoren dafür verantwortlich, ob es hier überhaupt zu Hochwasserereignissen kommen kann oder nicht. Beispiel: Ein Tal in der trockensten Gegend der Erde, der Atacama-Wüste in Chile, mag aufgrund seiner Landschaftsform ein hohes Überschwemmungspotenzial aufweisen und 5 Meter hohe Flutwellen fassen können; da es dort aber so gut wie nie regnet, bleiben Überschwemmungen eine extreme Seltenheit, wenn sie nicht sogar völlig unmöglich sind. Das gleiche Tal in die deutschen Mittelgebirge versetzt, würde vielleicht alle 200 bis 300 Jahre von einer Sturzflut heimgesucht. Im regenreichen Westen des indischen Subkontinents wäre es vielleicht gänzlich unbewohnt, weil es alle paar Jahre unter Wasser stünde.

Auf diesen Prinzipien aufbauend erstellt K.A.R.L. in Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen mathematische Funktionen, die den Zusammenhang zwischen möglichen Wasserständen im Bereich zwischen Unter- und Obergrenze des hydraulischen Systems einerseits und den dazu gehörigen Wiederkehrperioden andererseits beschreiben.

Berechnung des Risikos

Auf der Grundlage der ermittelten Gefährdung und Vulnerabilität erfolgt die Risikoberechnung nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.5. Starkregen

Starkregen ist meist ein relativ eng begrenztes Phänomen und kann auch in hochwassersicheren Zonen vorkommen. Umgekehrt können Überschwemmungen bzw. Sturzfluten durch Starkregen-Ereignisse hervorgerufen werden, die weitab vom untersuchten Standort stattfinden, diesen jedoch nicht direkt treffen. Die Gefahrenorte eines niedergehenden Starkregens und der davon ausgelösten Sturzflut sind also nicht identisch. Deshalb werden Überschwemmungs- und Starkregen-Risiken von K.A.R.L. separat bewertet, denn es handelt sich um voneinander unabhängige Risiken.

Starkregen kann Schäden verursachen, die sich - anders als bei einer Überschwemmung – unter ungünstigen Bedingungen auf kleinstem Raum realisieren. An erster Stelle sind hier Wassereinträge in Kellerräume und Tiefgaragen sowie deren Einfahrten, in allseitig geschlossene Innenhöfe, Unterführungen und kleine lokale Senken zu nennen. Alle genannten Strukturen sind oft baulicher Natur und von einer nur geringen flächigen Ausdehnung. Sie können deshalb von K.A.R.L. auf Basis der verwendeten Höhenmodelle nicht erkannt werden. Hinzu kommen mögliche Schäden durch das Eindringen von Regenwasser in Gebäude, Fahrzeuge und Transportmittel (Wagons, Container, Kisten, Verpackungsfolien etc.) sowie Beeinträchtigungen durch unterspülte Infrastruktursysteme.

Weiterhin hängt das Risiko, durch Starkregen beeinträchtigt zu werden oder Schaden zu erleiden, in hohem Maße von der Aufnahmekapazität der lokalen Abwassersysteme ab. Diese

sind aufgrund von Wirtschaftlichkeitserwägungen normalerweise nur auf Regenmengen ausgelegt, die in statistischen Intervallen von 3 bis 10 Jahren auftreten (Bemessungsregen). Ein höherer Schutzgrad ist selten zu finden und wird daher im vorliegenden Zusammenhang nicht betrachtet. Wird der Bemessungsregen überschritten, kommt es zum Überstau, zum Austritt von Kanalwasser an der Oberfläche und den damit verbundenen Folgeschäden.

Zur Berechnung der Starkregen-Gefährdung und des daraus resultierenden Risikos kommt ein bei der KA entwickeltes Modell zum Einsatz, das auf global verfügbaren Klimadaten basiert und das anhand gemessener Niederschlagsdaten von mehr als 1.700 weltweit verbreiteter Wetterstationen kalibriert wurde. Dieses Modell liefert für jeden Punkt der Erde (außer der Antarktis) die für Wiederkehrperioden zwischen 1 und 10.000 Jahren zu erwartenden Näherungswerte der maximalen Tagesniederschläge.

Es gibt keine global gültigen und miteinander vergleichbaren Definitionen zu den Begriffen Bemessungs- und Starkregen. Was als Starkregen empfunden wird, hängt hauptsächlich vom regionalen Klima ab. Außerdem sind die lokalen Umgebungsbedingungen, die einen Starkregen zu einem Schadenereignis werden lassen, kaum zu spezifizieren. Da vor diesem Hintergrund einerseits eine Festlegung auf bestimmte Vulnerabilitäten wesentlich schwieriger ist und andererseits auch keine global flächendeckenden Informationen zur Dimensionierung von Abwassersystemen vorliegen, wird im Rahmen der K.A.R.L.-Analyse von folgenden generalisierten Annahmen ausgegangen:

1. Der Bemessungsregen orientiert sich am lokalen 5-jährlichen Tagesniederschlag, anzugeben als Niederschlagshöhe in mm. Als maximaler Bemessungsregen wird ein Wert von 250 mm/Tag angenommen. Weiterhin wird unterstellt, dass der von K.A.R.L. berechnete Bemessungsregen nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 25 % in die Dimensionierung von Abwassersystemen eingegangen ist. Dagegen wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % davon ausgegangen, dass der Bemessungsregen kaum höher als 100 mm/Tag sein dürfte.
2. Niederschlagsereignisse unterhalb oder in Höhe des angenommenen Bemessungsregens erzeugen keine Schäden.
3. Niederschlagsereignisse, die den angenommenen Bemessungsregen überschreiten, gelten als Starkregen.
4. Maßgeblich für den potenziellen Schadegrad ist der Faktor, um den ein Starkregen einer bestimmten Wiederkehrperiode den angenommenen Bemessungsregen übertrifft.
5. Der höchstmögliche Schaden wird von K.A.R.L. dann unterstellt, wenn ein Starkregenereignis die 5-fache Niederschlagsmenge des angenommenen Bemessungsregens erbringt. Er wird mit dem Maximalschaden gleichgesetzt, der laut verwendeter Vulnerabilität für Überschwemmungen gilt. Zwischen dem ersten Überschreiten des Bemessungsregens und dem potenziellen Maximalwert wird ein exponentieller Anstieg des Schadenpotenzials angenommen.

1.3.6. Sturmflut

Gefahr-Erkennung

Grundsätzlich geht K.A.R.L. davon aus, dass alle Gebiete, die tiefer als 10 m über dem Meeresspiegel und gleichzeitig näher als 30 km an der Küste liegen, durch Sturmfluten gefährdet

sind. Steilküsten fallen damit aus der Betrachtung heraus, obwohl hier ebenfalls noch eine theoretische Gefährdung durch Küstenerosion und –abbrüche⁵ besteht.

Gefährdungsanalyse

Zur Ermittlung der Sturmflutgefährdung werden zunächst die maximalen Windgeschwindigkeiten auf See bestimmt.

Über eine empirische Formel werden die Aufstauhöhen (angegeben in Meter über dem mittleren Tidehochwasser bzw. Meeresspiegel in Ruhe) errechnet, die sich unter Einfluss dieser unter bestimmten Jährlichkeiten auftretenden Windgeschwindigkeiten ergeben.

Darüber hinaus werden die Küstengeometrie sowie der Gezeitenfluss berücksichtigt.

Aufgrund der Gezeiten ist die zeitliche Dauer des Sturmflutmaximums begrenzt. So kann das Meerwasser über die Küstenlinie normalerweise nur während der Zeit des höchsten Wasserstandes ins Hinterland eindringen. Dort verteilt es sich über eine größere Fläche. Auf der Landseite der Deichlinie erreichen die Wasserstände daher so gut wie nie das Niveau des Sturmflutmaximums draußen auf See. K.A.R.L. berücksichtigt diesen Sachverhalt insofern, als dass für den bei einer Sturmflut eintretenden Wasserstand über Land diejenige Überschwemmungshöhe gewählt wird, die aufgrund der topographischen Umfeldanalyse als Obergrenze des betrachteten hydraulischen Systems zu betrachten ist (vgl. Kapitel 1.3.4 Überschwemmung)

Berechnung des Risikos

Das Risiko berechnet sich nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.7. Sturm

Gefahr-Erkennung

Bei klimabedingten Gefahren, wie z.B. Gefahren durch Sturm, wird von K.A.R.L. die gesamte Erdoberfläche als potenzielles Gefahrengebiet betrachtet.

Gefährdungsanalyse

Zur Ermittlung des Gefährdungsgrades wird auf Wind-Daten von ca. 5.200 weltweit verteilten Wetterstationen zurückgegriffen. Hierbei wurden nur Daten von Stationen verwendet, an denen die Beobachtungsdauer mindestens einen Zeitraum von 20 Jahren umfasst.

Zusammengefasst über alle Stationen steht somit ein Zeitraum von über 170.000 „Beobachtungsjahren“ zur Verfügung mit mehr als 6,2 Millionen Angaben zu den mittleren täglichen Windgeschwindigkeiten sowie den Mittelwerten der pro Tag stündlich gemessenen Maximalgeschwindigkeiten. Sporadisch stehen auch Informationen über die an bestimmten Tagen in Starkböen aufgetretenen Maximalgeschwindigkeiten zur Verfügung.

Es werden die für bestimmte Jährlichkeiten zu erwartenden Spitzenböen ermittelt, denn diese verursachen die größten Schäden und sind somit maßgeblich für den Grad der Gefährdung. In der Abbildung 1.6 sind Beispiele für die maximalen Windgeschwindigkeiten des 100-jährlichen

⁵Der hochspezielle Fall eines Objekts, welches direkt am Rande einer Steilküste liegt, ist auch für jegliches global arbeitendes Expertensystem nicht lösbar, da eine Vielzahl spezieller lokaler Parameter für dieses Risiko eine Rolle spielen. Allen voran wären hier die Stabilität des Untergrundes und das Strömungsverhalten sowie die Windverhältnisse am betreffenden Küstenstreifen zu nennen.

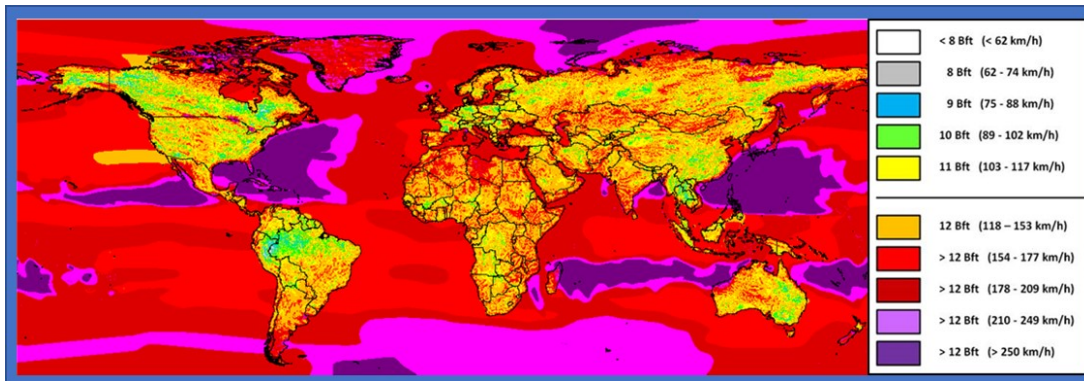


Abbildung 1.6.: Maximale Windgeschwindigkeiten – 100-Jährliches Ereignis (Auswertung KA).

Ereignisses dargestellt.

K.A.R.L. ermittelt die Sturm-Gefährdung für jeden Punkt der Erdoberfläche als Relation zwischen Wiederkehrperiode und entsprechender maximaler Windgeschwindigkeit. Eine Unterscheidung zwischen den Winterstürmen der gemäßigten Breiten und tropischen Wirbelstürmen wird hierbei nicht getroffen.

Berechnung des Risikos

Die Risikoberechnung erfolgt nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.8. Hagel

Gefahr-Erkennung

Grundsätzlich wird von K.A.R.L. die gesamte Erdoberfläche als potenzielles Hagelgebiet betrachtet.

Gefährdungsanalyse

Um zu Beginn der Analyse eine qualitative Aussage zum Grad der Hagelgefährdung zu erhalten, wurde auf der Grundlage global verfügbarer Klimadaten das „Hagelpotenzial“ ermittelt. Hierbei handelt es sich um eine von der Köln.Assekuranz aus den Parametern Jahresniederschlag, Temperatur, Evapotranspiration (effektive Verdunstung), Höhenlage der Frostgrenze sowie Blitzaktivität modellierte Maßzahl, mit der beschrieben werden kann, inwieweit die regionalen Klimabedingungen das Auftreten von Hagel begünstigen oder einschränken. Die Zahlenwerte für das Hagelpotenzial variieren zwischen 0 (= kein Hagel), 6 (= mittleres Hagelpotenzial) bis 14 (= extremes Hagelpotenzial). Die mit dem Modell der KA berechneten globalen Hagelpotentiale sind in Abbildung 1.7 dargestellt.

Das hierfür eingesetzte und bei der KA entwickelte Modell hat sich seit 2008 eindrucksvoll in der Praxis bewährt und wurde 2018/2019 nochmals gründlich überarbeitet.

Zur Quantifizierung der Hagelpotentiale wurde auf Wetterdaten der USA zurückgegriffen, die seit etwa 1980 umfangreiches und zuverlässiges Datenmaterial über Hagelereignisse in allen Bundesstaaten anbieten. Da diese Daten innerhalb der USA sowohl fast alle Klimazonen und theoretisch berechneten Hagelpotentiale abdecken als auch Angaben über die Durchmesser

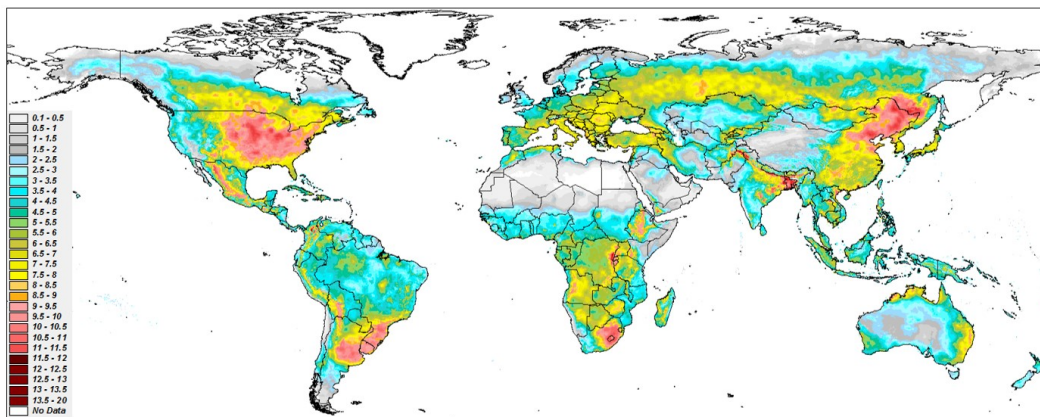


Abbildung 1.7.: Berechnete Hagelpotenziale (Stand 2019/2020).

der bei den registrierten Ereignissen aufgetretenen Hagelkörner enthalten, eignen sie sich hervorragend zur Kalibrierung der Hagelpotenziale. Da es außerhalb der USA keine Vergleichsdaten von ähnlicher Qualität und Vollständigkeit gibt, wurde diese Kalibrierung auf den gesamten Globus übertragen.

Zur Gefährdungsanalyse ermittelt K.A.R.L. zunächst das lokale Hagelpotenzial und berechnet dann die ortstypischen Jährlichkeiten für unterschiedliche Hagelkorn-Durchmesser.

Berechnung des Risikos

Die Risikoberechnung nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.9. Tornado

Gefahr-Erkennung

K.A.R.L. geht von der Annahme aus, dass überall dort, wo Hagel möglich ist, grundsätzlich auch mit dem Auftreten von Tornados zu rechnen ist, denn Hagel und Tornados werden durch gleiche Wetterbedingungen begünstigt. Dem entsprechend orientiert sich die Einstufung der Tornado-Gefahr in erster Näherung am bereits oben erläuterten Hagelpotenzial.

Gefährdungsanalyse

Aus einer statistischen Auswertung der Tornado-Ereignisse in den USA über die Jahre 1950 bis 1998 und der Berücksichtigung jeweiliger lokaler klimatischer Gegebenheiten konnte eine erste weltweite Korrelation zwischen Hagelpotenzialen und der Auftretenswahrscheinlichkeit schwerer Tornados hergestellt werden.

In einem weiteren Schritt wurde diese in Abhängigkeit von der regionalen Reliefenergie nochmals modifiziert. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass die Entstehung von Tornados bei einer geringen regionalen Reliefenergie < 50 m (schwach hügeliges Gelände, ebene Flächen) in hohem Maße begünstigt wird, bei einer ausgeprägten Reliefenergie > 150 m (alpines Hochgebirge) aber nahezu unmöglich ist. Das Resultat dieser Berechnung ist in Abbildung 1.8 als Tornadopotenzial dargestellt. Das Tornadopotenzial gibt die durchschnittliche Anzahl von F3- bis F5-Tornados an, die statistisch pro Jahr auf einer Fläche von 10.000 km^2 zu erwarten sind.

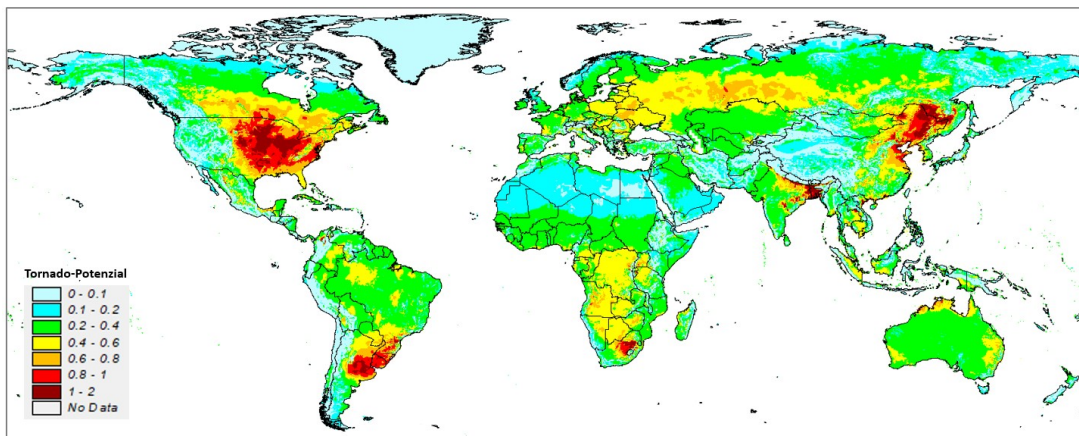


Abbildung 1.8.: Berechnetes weltweites Tornadopotenzial.

Allgemein lässt sich zur Tornadogefahr folgendes bemerken: Trotz ihres beeindruckenden Erscheinungsbildes und der ihnen innewohnenden Zerstörungskraft stellen Tornados selbst in Gebieten, wo sie vergleichsweise häufig auftreten, keine außergewöhnlich große Gefahr dar, weil sie nur relativ kleine Flächen erfassen und verwüsten. Ein Tornado kann einen Standort in wenigen Hundert Metern Entfernung passieren, ohne dass dort ein nennenswerter Schaden eintritt. Bei Tornados handelt es sich somit um Naturereignisse, bei denen das von ihnen ausgehende Risiko deutlich überschätzt wird (worüber ein einzelner zufällig Betroffener natürlich anders denkt).

Vulnerabilität und Schadenpotenzial

Da bei den im unmittelbaren Wirkungsbereich von Tornados der Klassen F3 bis F5 herrschenden Windgeschwindigkeiten in den allermeisten Fällen eine Totalzerstörung der dort getroffenen Objekte zu erwarten ist, wird von K.A.R.L. keine Spezifizierung der Vulnerabilität im sonst üblichen Verfahren vorgenommen. K.A.R.L. rechnet hierbei also stets mit einem Schadenpotenzial von 100 %.

Berechnung des Risikos

Die Risikoberechnung nach dem im Kapitel 1.2 „Methodik der Risikoanalyse“ beschriebenen Schema.

1.3.10. Klimawandel

K.A.R.L. bezieht seit 2018 auch den Klimawandel in seine Analysen ein. Klima ist das Durchschnittswetter, beobachtet und gemessen über einen längeren Zeitraum. Meist basieren Klimadaten auf einer dreißigjährigen Beobachtungszeit. Wenn man also die derzeit verfügbaren gemessenen Wetterdaten von 1989 bis 2019 verwendet, erfährt man eigentlich nur, wie das Klima vor etwa 15 Jahren, also 2004, war. Mit K.A.R.L. möchten wir unseren Kunden jedoch die aktuellen Klimadaten des Jahres 2020 – und natürlich später auch die der Jahre 2021, 2022 usw. – zur Verfügung stellen können.

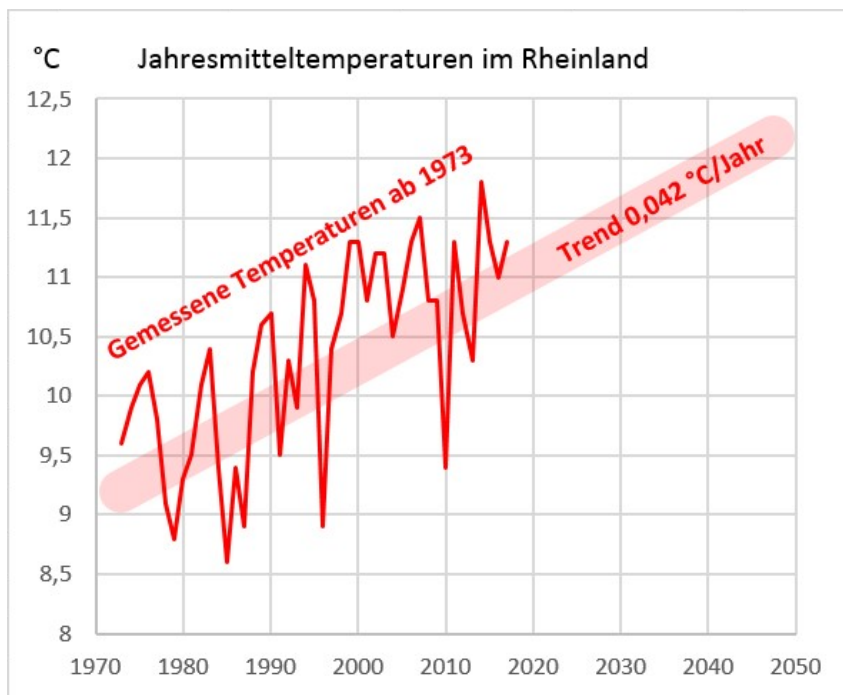


Abbildung 1.9.: Jahresmitteltemperaturen im Rheinland. Quelle: Tägliche Beobachtungsdaten NOAA [11]

Da es die Wetterbeobachtungen, die benötigt würden, heute allerdings nur zur Hälfte gibt (die 15 Jahre bis 2035 fehlen noch), musste ein anderer Weg gewählt werden: Wir haben die Klimadaten, die K.A.R.L. bisher verwendet hat und die etwa den Zustand um die Jahrtausendwende wiedergeben, um modellgerechnete Daten aus Klimamodellen ergänzt. Hierfür haben wir auf das NCAR Community Climate System Model (CCSM) [7] zurückgegriffen, dessen Projektionen in die Zukunft auch in die Berichte des IPCC (International Panel of Climate Change) [9] eingegangen sind. Verwendet haben wir daraus das Szenario A1b [8], das von einem mittleren CO_2 -Anstieg in der Erdatmosphäre bis zum Jahr 2099 ausgeht.

Rückblickend auf die letzten 1 bis 2 Jahrzehnte stimmt dieses Modell sehr gut mit der tatsächlich beobachteten Klimaerwärmung überein, was wir anhand von Stichproben an etlichen Punkten der Erde bestätigen konnten. So wird z.B. für den Raum Köln laut Szenario A1b eine Klimaerwärmung von durchschnittlich $0,042\text{ °C}$ pro Jahr erwartet. Das klingt im ersten Moment zwar nicht besonders aufregend, bedeutet aber, dass die mittlere Jahrestemperatur hier von $10,1\text{ °C}$ im Jahr 2000 voraussichtlich auf $12,2\text{ °C}$ im Jahr 2050 ansteigen wird (siehe Abb. 1.9). Nur spüren kann man das nicht, weil die Temperatursprünge zwischen den Jahren um eine Größenordnung stärker ausfallen und den schleichenden Trend im Hintergrund überdecken. Vergleichbare Entwicklungen gelten auch für die zu erwartenden Niederschläge oder die Anzahl der in Zukunft möglichen heißen Sommertage.

Wir gehen davon aus, dass dieses Modell auch in Zukunft – zumindest in den kommenden 2 bis 3 Jahrzehnten – die Klimaentwicklung auf unseren Planeten zutreffend wiedergeben wird. Damit haben wir K.A.R.L. in die Lage versetzt, stets den aktuellen Zustand des Klimas sowie auch den der kommenden Jahre in seinen Risikoanalysen berücksichtigen zu können.

Dies betrifft derzeit die für Hagel, Tornado und Starkregen durchgeführten Risikoanalysen, die sich dadurch von Jahr zu Jahr leicht verändern können.

1.4. Datenbasis

Zur Modellierung von Risiken aus Naturgefahren benötigt man neben dem Rechenmodell und den Angaben zur Empfindlichkeit der analysierten Objekte (Vulnerabilitäten) vor allem auch eine Reihe von Daten, als Grundlage der Modellrechnung. Um die Gefährdung eines Standortes bzgl. Überflutung aller Art zu ermitteln, sind beispielsweise Angaben zur geographischen Höhe am Standort selbst und in der näheren Umgebung notwendig sowie vor allem die Höhenunterschiede zum nächsten Gewässer und um die Hagelgefährdung modellieren zu können werden zusätzlich zu den üblichen Wetterdaten auch Informationen zur lokalen Gewitterhäufigkeit benötigt, da ein Hagelschauer eine mögliche Begleiterscheinung eines Gewitters ist. Für jede Naturgefahr sind eine Reihe von Daten zur Modellierung notwendig.

Grundsätzlich gilt dabei, dass in K.A.R.L. ausschließlich Daten aus vertrauenswürdigen Quellen zum Einsatz kommen und diese Daten auch möglichst in der Rohform verwendet werden. Das bedeutet, die K.A.R.L.-Analysen sind frei von Interpretationen Dritter, die ggf. nicht nachvollzogen werden können und die Plausibilisierung und auch die Erklärbarkeit der Ergebnisse erschweren. Abgeleitete Daten, die in der folgenden Tabelle aufgelistet sind, wurden bei der KA unter Verwendung nachvollziehbarer Methodik erstellt.

Tabelle 1.5.: Datenbasis der Risikomodellierung.

Kurzbeschreibung	Quelle der Basisdaten
Globales Höhenmodell auf Basis der SRTM V4 - Daten	http://srtm.csi.cgiar.org/ oder https://cgiarcsi.community/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1/
Partielles Höhenmodell auf Basis der GTOPO30-Daten	https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-global-30-arc-second-elevation-gtopo30?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
Globales Höhenmodell in geringerer Auflösung	http://www.cgiar-csi.org/ oder http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/gtopo30/gtopo30.html
Steigung der Windgeschwindigkeits-log(Häufigkeits)-Beziehung	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis und Munich Re, Globus der Naturgefahren 2009 (Layer Tropical Storm")
Nullpunkt der Windgeschwindigkeits-log(Häufigkeits)-Beziehung	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis und Munich Re, Globus der Naturgefahren 2009 (Layer: Tropical Storm)
Blitzaktivität	https://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data_lis-otd-climatology.html
Mittlere monatliche Minimaltemperaturen	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis
Mittlere monatliche Maximaltemperaturen	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis

Monatliche Niederschlags-summen	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis
Steigung Gutenberg-Richter-Relation	Seismicity Catalogs, NGCD Boulder, Colorado; NEIC, Golden, Colorado (CD) ; https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/
Nullpunkt Gutenberg-Richter-Relation	Seismicity Catalogs, NGCD Boulder, Colorado; NEIC, Golden, Colorado (CD) ; https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/
Dämpfungsparameter für Umrechnung von Magnitude in MM-Intensität	Seismicity Catalogs, NGCD Boulder, Colorado; NEIC, Golden, Colorado (CD) ; https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/
Gezeitenamplituden	ftp://ftp.space.dtu.dk/pub/DTU10/DTU10_TIDEMODEL
Global Seismic Hazard Map	http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/
Ortshöhen von Wetterstationen	http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo&cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis
Evapotranspiration (eff. Verdunstung nach TURC), berechnet auf Basis der Jahresmitteltemperatur und des Jahresniederschlages	Mittlere monatl. Niedrigst- und Höchsttemperaturen, Jahresniederschlag (s.o.)
Hagelpotenzial	Mittlere monatl. Niedrigst- und Höchsttemperaturen, Jahresniederschlag, Blitzaktivität, Evapotranspiration (s.o.)
Distanz zur Küste	http://srtm.csi.cgiar.org/ oder https://cgiarcsi.community/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1/
Reliefenergie	http://srtm.csi.cgiar.org/ oder https://cgiarcsi.community/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1/
Tornadopotenzial	Hagelpotenzial, Reliefenergie (s.o.)
Unwetterpotenzial	monatliche Niederschlagssummen, Blitzaktivität (s.o.)
Wasserverfügbarkeit	monatliche Niederschlagssummen (summiert zu Jahresniederschlag), Evapotranspiration (s.o.)
Aktive Vulkane	https://volcano.si.edu/
Dokumentierte Erdbeben	http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html ; Seismicity Catalogs, NGCD Boulder, Colorado; NEIC, Golden, Colorado (CD); https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/
Tsunami-Ereignisse	https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/runup-search/

Durch Tsunami-Ereignisse ausgelöste Runups	https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/runup-search/
Lokale Eintrittswahrscheinlichkeiten von Sturmfluten	http://tidesandcurrents.noaa.gov/cdata/StationList?type=Current%20Data&filter=historic sowie Internetrecherchen, Literaturquellen, eigene Erhebungen der KA etc.
Lokale Eintrittswahrscheinlichkeiten von Hochwasserereignissen	http://water.usgs.gov/waterwatch/ sowie Internetrecherchen, Literaturquellen, eigene Erhebungen der KA etc.

2. Vulnerabilitäten

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Begriff Vulnerabilität und dessen Bedeutung in der Risikoberechnung. Darüber hinaus wird das Vorgehen beschrieben, wie objektspezifische Vulnerabilitäten grundsätzlich definiert werden.

2.1. Bedeutung der Vulnerabilität in der Risikoberechnung

Vulnerabilitäten bzw. Vulnerabilitätskurven (VK) beschreiben die Anfälligkeit eines Untersuchungsobjektes gegenüber einer Naturgefahr. Von der Vulnerabilität eines Objektes ist somit das Ausmaß des Schadens abhängig, der bei Eintritt eines Ereignisses an dem Objekt zu erwarten ist.

Als plakatives Beispiel unterschiedlicher Vulnerabilitäten kann ein offener Lagerplatz dienen, auf dem zum einen hochwertige Neufahrzeuge und zum anderen teure Elektronik in Containern stehen. Das gleiche Schadenereignis „Hagel“ könnte die Fahrzeuge stark beschädigen, die Elektronikteile im Container wären jedoch nicht „verwundbar“.

Die Vulnerabilität eines Untersuchungsobjektes ist ein wichtiger Bestandteil der Risikoanalyse mit dem Naturgefahren-Analysetool K.A.R.L..

Das konkrete Risiko eines Untersuchungsobjektes (z.B. Immobilienobjekt) lässt sich aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Vulnerabilität des Objektes gegenüber dem Einwirken einer Naturgefahr berechnen. Wird der Objektwert hinzugefügt, so kann eine quantitative Aussage über die zu erwartenden, monetären Schäden am Objekt getroffen werden (siehe Abb. 2.1).

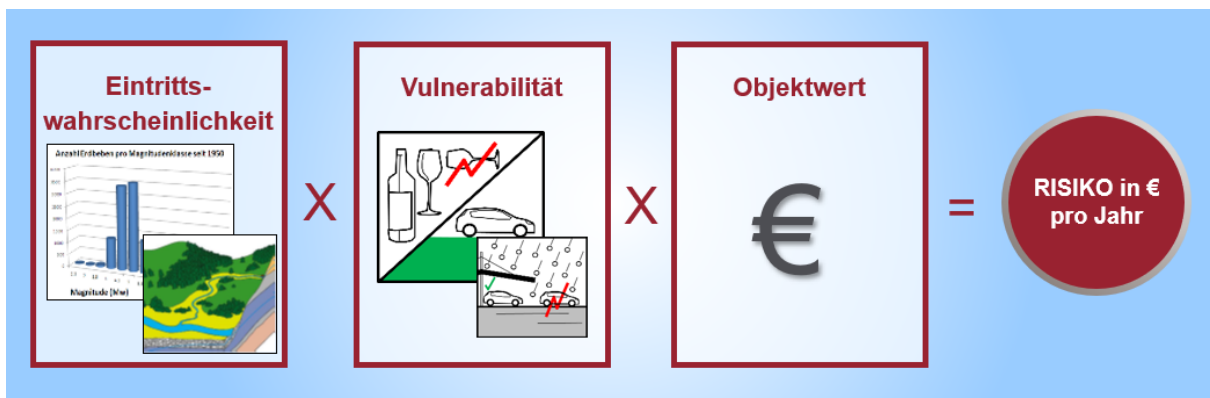


Abbildung 2.1.: Berechnung des Risikos.

Das Naturgefahrenanalysetool K.A.R.L. berücksichtigt Risiken durch folgende Naturgefahren: Überschwemmungen, Sturmflut, Erdbeben, Tsunamis, Vulkanismus, Sturm, Tornado, Hagel sowie Starkregen. Für jedes Objekt und jede analysierte Naturgefahr kann eine individuelle Vulnerabilitätskurve definiert werden. Aktuell verwendet K.A.R.L. pro Untersuchungsobjekt einen Satz von sechs Vulnerabilitätskurven (siehe Abb. 2.2), der folgende Naturgefahren beinhaltet: Vulkanismus, Erdbeben, Flut (Süßwasser), Tsunami / Sturmflut (Salzwasser), Sturm sowie Hagel.

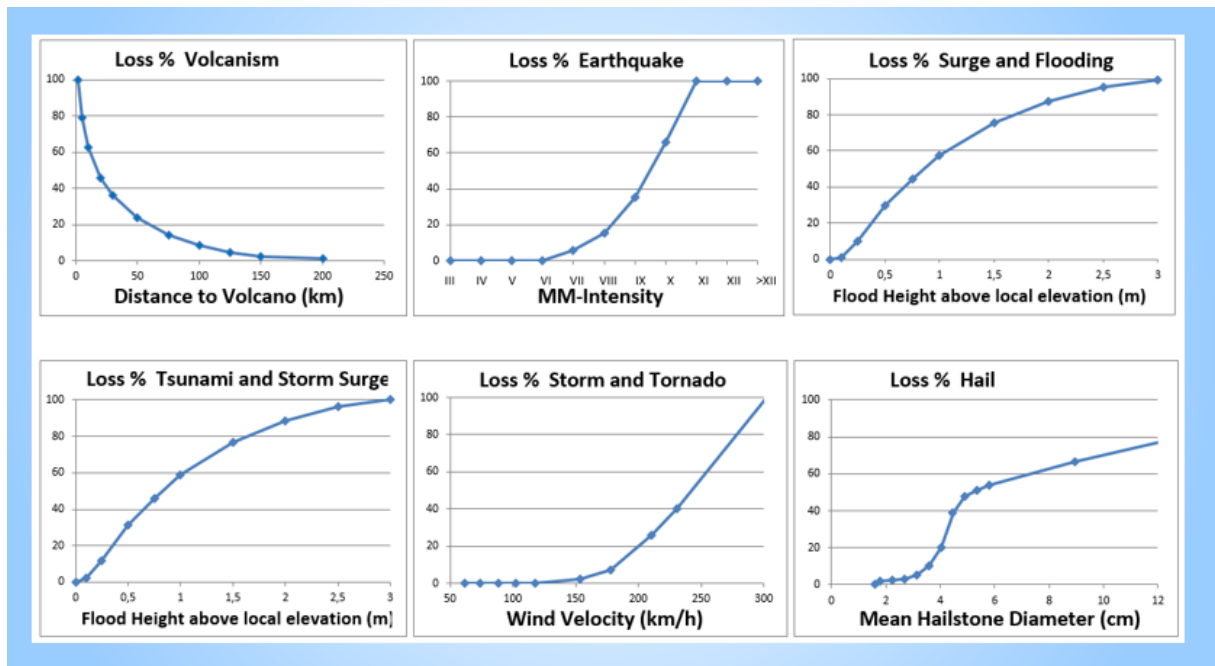


Abbildung 2.2.: Beispiel für einen Vulnerabilitätskurvensatz.

Eine Vulnerabilitätskurve beschreibt das Ausmaß des zu erwartenden Schadens (in % vom Gesamtwert des Objektes bzw. Wiederherstellungswert) in Abhängigkeit zur Einwirkungsstärke des Naturereignisses. Lediglich im Falle von Vulkanismus wird statt einer Einwirkungsstärke die Distanz des Objektes zum Vulkan angegeben. Dies stellt eine notwendige und auch im Rahmen einer Risikoberechnung zulässige Vereinfachung dar, die aufgrund der Vielzahl von verschiedenen Vulkan-Typen notwendig ist.

2.2. Vorgehen zur Bestimmung der Vulnerabilitäten

Für jedes Objekt müsste theoretisch ein individueller Vulnerabilitätskurvensatz (VKS) definiert werden. Da es jedoch extrem aufwändig wäre, für jedes einzelne Objekt eine individuelle Vulnerabilitätskurve zu definieren, ist es sinnvoll, die zu betrachtenden Objekte hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Naturgefahren in gemeinsame Objekttypklassen bzw. Kategorien zusammenzufassen. Die Auswahl und die Anzahl der Objekttypklassen ist abhängig von der Datenverfügbarkeit und dem Informationsbedürfnis der Nutzer. Dabei entsteht ein Spannungsfeld zwischen erzielbarer Genauigkeit auf der einen und praktischer Verwendbarkeit auf der anderen Seite (siehe Abb. 2.3).

Es sollte immer beachtet werden, dass es sich bei den Ergebnissen von K.A.R.L. um modellgerechnete Werte handelt. Diesen Werten wohnt per Definition eine nicht exakt bestimmbare Unsicherheit inne. Es gibt also einen Punkt, ab dem eine weitere Unterteilung in Klassen nicht mehr zu einer echten Verbesserung der Genauigkeit der Ergebnisse führt.

Folgende Fragestellungen und Randbedingungen können hilfreich sein für die Auswahl der Kategorien:

- Sind gesicherte Informationen verfügbar, die Grund für eine Unterteilung in Kategorien sein können?

- Gibt es sehr deutliche Unterschiede in der Empfindlichkeit des Objekts gegenüber einzelnen oder allen Gefahren?
- Ist der potenzielle Schaden, der zur Kategorienbildung führen würde, groß im Verhältnis zum Gesamtwert (bzw. Wiederherstellungswert)?

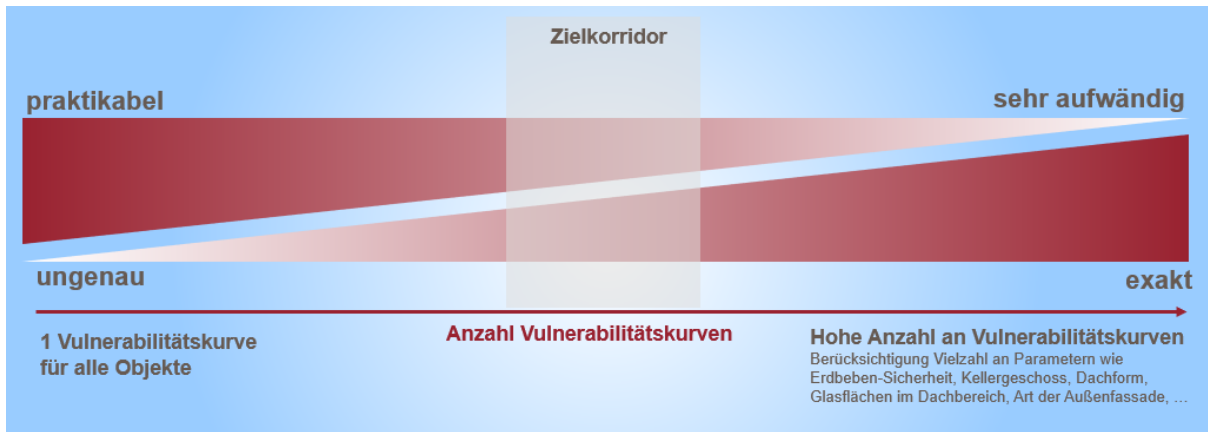


Abbildung 2.3.: Definition von Vulnerabilitätskurven im Spannungsfeld zwischen erzielbarer Genauigkeit und praktischer Verwendbarkeit.

Zur Bestimmung der konkreten VK einer Objektklasse kann sich zum einen auf Expertenschätzungen und zum anderen auf die Analyse von Schadendaten der Vergangenheit bezogen werden. In der Praxis wird es selten ohne Schätzung möglich sein, eine Vulnerabilität zu definieren, da meist keine ausreichend präzisen Schadendaten für eine vollständig datenbasierte Kalibrierung der Vulnerabilität vorliegen.

Zur Erstellung der Vulnerabilitäten hat sich die Beantwortung der folgenden Fragen als hilfreich erwiesen:

- Bei welchem Einwirkungsgrad trifft überhaupt der erste nennenswerte Schaden ein, also wie lange liegt der Schaden bei 0%?
- Ist überhaupt ein Schaden von 100% denkbar und wenn nicht, welcher Maximalschaden kann erreicht werden?
- Gibt es aus Expertensicht eine Meinung darüber, wie die Kurve zwischen den beiden Extrempunkten aus der Beantwortung der ersten beiden Fragen verlaufen müsste? Gibt es Beispielfälle, die diese Annahmen stützen?

Dabei muss beachtet werden, die voranstehenden Fragen möglichst allgemeingültig zu beantworten. Das bedeutet zum Beispiel, dass die rein theoretische Möglichkeit eines Totalschadens nicht automatisch zur Festlegung des Maximalschadens in der Kurve auf 100% führen sollte. Als konkretes Beispiel kann hier der Flut-Schaden an Gebäuden dienen: Unter sehr ungünstigen Umständen (Unterspülung der Fundamente, Kontamination mit ausgelaufenem Mineralöl o.ä.) kann eine Flut einen Totalschaden an einem Gebäude anrichten – dies ist jedoch nicht die Regel. Stehen aussagekräftige Schadendaten zur Verfügung, so können diese bei der Erstellung einer Vulnerabilität sehr hilfreich sein. Aussagekräftig bedeutet dabei folgendes:

- Die Schadenursache ist hinreichend genau bekannt (z.B.: ungefährender Wasserstand bei Flutschaden, bei einem Hagel die Korngröße, bei einem Sturmschaden die Windgeschwindigkeit etc.).

- Die Schadenhöhe für das betrachtete Objekt ist bekannt (eine Sammel-Meldung, wie z.B. „Hagelschäden in Millionenhöhe bei Tief XY“, hilft nur sehr bedingt weiter).
- Der Gesamtwert (d.h. Wiederherstellungswert) des Objektes ist bekannt.
- Der Schadenort ist idealerweise bekannt.
- Das Schadendatum ist idealerweise bekannt.

Darüber hinaus ist folgende Vorgehensweise üblich, wenn für verschiedene Objekttypen Vulnerabilitäten festgelegt werden sollen: Zunächst wird ein Objekt ausgewählt, wofür die Vulnerabilitätskurven mit oben beschriebener Methode ausführlich erörtert werden. Dabei ist es sinnvoll, ein von der Wertigkeit und Anfälligkeit her „mittleres“ Objekt auszuwählen. Ausgehend von diesem „ersten“ Kurvensatz werden die Vulnerabilitätskurven für andere Objekte bestimmt, indem speziell die Unterschiede hinsichtlich der Empfindlichkeiten zwischen den verschiedenen Objekttypen herausgearbeitet werden.

Diese hier genannten Methoden wurden auch zur Erstellung der gebäudespezifischen Vulnerabilitäten für die Immobiliencluster der Pfandbriefdeckung angewandt, was im Kapitel A näher erläutert wird.

3. Erläuterung der Ergebnisberichte

Einleitung

Das Naturgefahrenanalysesystem K.A.R.L. der Köln.Assekuranz Agentur GmbH wurde für die spezifischen Anforderungen bei Hypothekendeckungswerten weiterentwickelt. Über einen von der vdpResearch GmbH speziell eingerichteten Online-Zugang [12] können interessierte Kreditinstitute Einzel-Standort-Analysen für ihre Immobilienobjekte abrufen.

Das System K.A.R.L. erstellt für diese Immobilienobjekte nach Eingabe einer Adresse und Auswahl eines Gebäudetyps eine Risikoanalyse zu verschiedenen Naturgefahren, wie z.B. Überschwemmung, Sturmflut, Sturm, Hagel, Starkregen und Erdbeben. Als Ergebnisberichte kann der Nutzer einen ausführlichen Bericht (K.A.R.L.-Pro Ergebnisbericht) anfordern, der Auskunft über alle relevanten Ergebnisse und weitere Hintergrundinformationen (z.B. klimatologische Daten oder Erklärungen zu Risikoberechnung) gibt. Darüber hinaus gibt es einen einseitigen Kurzbericht (OnePager), der die wichtigsten Risiko-Kenngrößen zusammengefasst darstellt. Im vorliegenden Kapitel wird zunächst der Kurzbericht ausführlich erläutert, was dem Nutzer bei der Interpretation dieses Berichtes unterstützen soll. In darauffolgenden Kapitel wird der Aufbau des Langberichtes beschrieben und es werden zusätzliche Informationen dem Nutzer geboten.

3.1. Kurzbericht (OnePager)

Der von K.A.R.L. erstellte Kurzbericht ist eine Art Risikosteckbrief, der alle wichtigen Risikofaktoren hinsichtlich der standortbezogenen Naturgefahrensituation für ein spezifisches Untersuchungsobjekt (hier speziell: Immobilienobjekt) in übersichtlicher Form darstellt. Dafür wurde bewusst auf weiterführende Informationen und Erklärungen verzichtet. Das vorliegende Dokument soll Erläuterungen liefern, um den Nutzer bei der Interpretation der Analyse-Ergebnisse zu unterstützen.

Nutzer, die sich für eine detaillierte Beschreibung der Naturgefahrensituation an einem Standort interessieren, haben die Möglichkeit einen kompletten Bericht anzufordern (siehe auch Kapitel 3.2). Dieser ca. 30-seitige Bericht enthält im Vergleich zum Kurzbericht viele zusätzliche Informationen, wie z.B. klimatische Bedingungen am Standort, Maximalschäden für eine Reihe von Naturgefahren mit verschiedenen Wiederkehrperioden, detaillierte Informationen über die für die Risikoberechnung verwendeten Vulnerabilitäten und Datenquellen.

Der Kurzbericht dient der kompakten Darstellung aller Informationen, die zur Beurteilung des Naturgefahren-Risikos am Standort notwendig sind. Der komplette Bericht trägt darüber hinaus zum Gesamtverständnis der Naturgefahren-Situation bei.

3.1.1. Aufbau des Kurzberichtes

Der K.A.R.L.-Kurzbericht ist folgendermaßen aufgebaut (siehe Abbildung 3.1): Zunächst werden die vom Nutzer vorgegebenen **Standort- bzw. Gebäudemerkmale** aufgelistet. Im zweiten

Abschnitt folgen alle von K.A.R.L. berechneten, **standort- und objektspezifischen Risikofaktoren** hinsichtlich der Naturgefahrensituation. **Allgemeine Hinweise** wie Erklärungen zu den wichtigsten Begriffen, die Erläuterung der Farbcodierung (Legende) sowie haftungsrechtliche Hinweise bilden den Abschluss des Kurzberichts. Der letzte Teil bleibt bei jeder Analyse unverändert und dient lediglich dem besseren Verständnis der Auswertungsergebnisse im Kurzbericht.

Standort- und Gebäudemerkmale

(i.d.R. vom Nutzer vorgegeben)

standort- und objektspezifische Risikofaktoren

(Ergebnisse aus K.A.R.L.-Analyse)

Allgemeine Hinweise

(Text bleibt für alle Analysen gleich)

K.A.R.L.®-Online PRO - Analyse (Zusammenfassung)

Standort: 80014 Lido di Licola NA, Italien
 Vulnerabilität: Fachmarkt

Latitude (Breite)	40,8822596	Longitude (Länge)	14,0400126
Geländehöhe (Modell)	0,00 m	Schutzziel ¹ Flut/Sturmflut	- / (100)
K.A.R.L.®-Version	K.A.R.L.-08-2019.2	Gesamtwert (USD)	500.000

Gefahr	Einstufung	Risiko ² (%p.a.)	WKP ³	PML ⁴ (%)	PML ⁴ (USD)
Vulkanismus		1,4109	-	-	-
Erdbeben		0,1136	475	4,35	21.752
Tsunami		0,0740	200	0,00	0
Überschwemmung		0,0000	200	0,00	0
Sturmflut		0,0763	200	7,70	38.511
Sturm		0,4146	200	10,99	54.961
Tornado		0,1226	-	-	-
Hagel		0,0255	200	1,40	7.000
Starkregen ⁵		0,0407	200	2,05	10.268

¹Schutzziel Bezeichnet einen technischen Schutz gegen Eindringen von Wasser (z.B. Damm oder Mauer). Die angegebene Zahl bezeichnet die Wiederkehrperiode bis zu dem Erreichen der Schutz besteht (z.B. 100: Schutz bis zum 100jährigen Ereignis). Werte in Klammern bedeuten, dass das Schutzziel von K.A.R.L.® geschätzt wurde, "-" bedeutet, dass kein Schutz vorgegeben oder geschätzt wurde.

²Risiko (%p.a.) Anteil des Gesamtwertes, der statistisch betrachtet pro Jahr durch die entsprechende Gefahr vernichtet wird.

³WKP Statistische Wiederkehrperiode (Jahre) - jeweils übliche Betrachtungsweise der Versicherungswirtschaft.

⁴PML (% / WE) Probable Maximum Loss / wahrscheinlicher prozentualer Maximalschaden bei angegebener WKP in Prozent des Gesamtwertes (gerundet auf 2 Nachkommastellen) bzw. in absoluten Währungseinheiten (WE).

⁵Starkregen Das Starkregnerisiko wird anhand einer Abschätzung üblicher Drainagekapazitäten berechnet, nicht mit klassischen Vulnerabilitäten. Zu geringen Anteilen ist dieses Risiko bereits im Überschwemmungsrisiko enthalten. Eine Summenbildung ist daher nicht sinnvoll.

- Die verfügbare Datenlage lässt keine statistisch belastbare Angabe von WKP und PML zu.

Die Legende bezieht sich nur auf die Farbcodierung des Risiko-Wertes in Prozent pro Jahr

% p.a.	-	< 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,4	0,4 – 0,7	0,7 – 1	> 1
Einstufung	keine Gefährdung	sehr gering	gering	auffällig	erhöht	hoch	sehr hoch
Farbe							

Haftungswichtiger Hinweis:
 Die mit K.A.R.L.® ermittelten Risiko- und Gefährdungseinstufungen stützen sich auf global verfügbare geologische, geographische und meteorologische Datensätze, die bei der KA vorgehalten, kontinuierlich gepflegt, erweitert und aktualisiert werden. Ebenso werden die verwendeten Berechnungsmethoden ständig verbessert und dem aktuellen Wissensstand angepasst. Somit spiegeln die Ergebnisse den aktuellen Wissensstand zum Zeitpunkt der Berichterstattung wider.
 Informationen über Schadensereignisse der Vergangenheit werden lediglich zur Verifizierung der eingesetzten Flächenmodelle herangezogen, nicht aber als deren Grundlage. Damit ist gewährleistet, dass sich die Risikomodellierung wissenschaftlich an naturwissenschaftlichen Prinzipien orientiert und nicht durch die zufällige Häufige und manchmal auch kollektive Erhebung von Schadenfällen beeinflusst ist. Fehlende oder unvollständige Daten werden durch spezielle, bei der KA entwickelte, Schätzverfahren plausibel ergänzt. Hierbei wird generell nach dem VORSICHTS-PRINZIP vorgegangen, d.h. Risikobewertungen mit einem hohen Anteil an geschätzten Parametern fallen deshalb meistens etwas zu hoch aus.
WICHTIGER HINWEIS: Die vorliegende Risikoanalyse wurde automatisch erstellt. Es erfolgte keine Sichtung und Plausibilitätskontrolle durch einen wissenschaftlichen Experten.
 Bestimmte Umgebungsbedingungen, die nur optisch in Landkarten, Luftaufnahmen oder Satellitenbildern zu erkennen sind und von denen die Risikoanalyse möglicherweise entscheidend beeinflusst wird, konnten deshalb nicht identifiziert werden und bleiben unberücksichtigt.
 Die hier abgegebenen Risikoanforderungen beruhen auf den im vollständigen K.A.R.L.® Bericht angegebenen Datenquellen und den in K.A.R.L.® integrierten Erfahrungswerten. Die Auswertungen wurden nach dem besten Kenntnisstand sorgfältig und nach bestem Wissen und Gewissen vorgenommen. Risikoanalysen sind jedoch keine Vorhersagen. Darum ist nicht auszuschließen, dass auch bei Gefahren, für die ein geringes oder überhaupt kein Risiko ausgewiesen wurde, plötzlich und unerwartet Schadensereignisse größeren Ausmaßes eintreten.

erstellt am 15.06.2020 10:54:14
 von vdpResearch GmbH - KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH

Abbildung 3.1.: K.A.R.L.-Kurzbericht - Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus Einzel-Standort-Risikoanalysen mit dem Naturgefahrenanalysetool K.A.R.L.®.

In der folgenden Tabelle 3.1 werden die im Kurzbericht auftauchenden Begriffe abschnittsweise und aufeinanderfolgend beschrieben.

3.1.2. Standort- und Gebäudemerkmale

Tabelle 3.1.: Erläuterungen von Begriffen, Parametern und Kenngrößen zum Thema Standort- und Gebäudemerkmalen im Kurzbericht.

Begriff, Parameter oder Kenngröße	Ursprung	Erläuterung
Standort	Eingabe durch Nutzer	Adresse des untersuchten Standortes bzw. des Immobilienobjektes. Diese wird im Bericht so wiedergegeben, wie sie auf der Website eingetragen wurde und dient dem Nutzer zur Zuordnung der Analyseergebnisse zum untersuchten Objekt. Die Risikoanalysen von K.A.R.L. werden auf Basis der geographischen Koordinaten eines Standortes erstellt. Über die Eingabe der Adresse beim K.A.R.L.-Online-Zugang [12] werden automatisch die geographischen Koordinaten des Untersuchungsstandortes bestimmt.
Vulnerabilität	Auswahl durch Nutzer/ Modellvariable	Die Vulnerabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Objektes (hier: Immobilie) gegenüber einer Naturgefahr. Damit wird also der prozentuale Anteil eines Objektes bezeichnet, der beim Eintritt einer Naturgefahr einer bestimmten Intensität zerstört werden könnte. Für verschiedene Gebäudetypen sind spezifische Vulnerabilitäten definiert (siehe auch Kap. A und 2). Es bestehen Cluster, um die Komplexität der Eingabe für den Nutzer zu reduzieren. Durch die Auswahl eines solchen Clusters, gekennzeichnet durch Gebäudetyp und Etagenanzahl (siehe auch Kap. A.1 für ausgewählte Immobilien-Cluster), teilt der Nutzer dem System K.A.R.L. mit, welcher Vulnerabilitätsdatensatz zur Risiko-Analyse verwendet werden soll. Die Auswahl der passenden Vulnerabilität ist genauso wichtig für die Qualität des Ergebnisses wie die Auswahl des richtigen Standortes verbunden mit der Qualität der Modellierung der Naturgefahren. Die Vulnerabilitäten der jeweiligen Cluster wurden von einem Expertengremium bestehend aus Bewertungsspezialisten der Pfandbriefbanken und Risikoanalyseexperten der KA sowie Sachverständigen für Gebäudeschäden definiert.

Tabelle 3.1 Fortsetzung von vorheriger Seite

Latitude (Breite)/ Longitude (Länge)	Eingabe durch Nutzer bzw. Online-Bestimmung durch Eingabe der Standort-Adresse	Geographische Koordinaten: Für die Risikoanalysen von K.A.R.L. werden die geographischen Koordinaten des untersuchten Standortes benötigt. Diese Koordinaten werden vom System automatisch bestimmt entweder (1.) indem der Nutzer über das entsprechende Feld im Online-Zugang die Adresse eingibt [12] oder (2.) indem der Nutzer den Positions-Cursor auf der Google Maps-Karte zu dem gewählten Ort verschiebt. (weitere Informationen im Glossar B)
Geländehöhe (Modell)	Modellvariable	K.A.R.L. bestimmt anhand der geographischen Koordinaten die zugehörige Geländehöhe in Metern über dem Meeresspiegel anhand eines integrierten, globalen digitalen Höhenmodells. (weitere Informationen - siehe u.a. Glossar B und Kapitel 1.2)
Schutzziel Flut/ Sturmflut/ Tsunami	Modellvariable	Das Schutzziel bezeichnet einen technischen Schutz gegen das Eindringen von Wasser (z.B. einen Deich, eine Mauer oder eine künstliche Geländeerhöhung) entweder bei einer Überschwemmung im Inland oder bei Sturmflut und Tsunami im Küstenbereich. Die angegebene Zahl bezeichnet die Wiederkehrperiode bis zu deren Erreichen von einem derartigen Schutz ausgegangen wird. Zum Beispiel bedeutet die Zahl 100, dass in der Risikoanalyse davon ausgegangen wird, dass dieser Standort bis zum 100-jährlichen Flutereignis vor einer Überschwemmung geschützt ist. Dieser Wert wird in der Risikoanalyse berücksichtigt. Es sollte geprüft werden, ob dies den realen Bedingungen vor Ort entspricht. (weitere Informationen - siehe Glossar B und Kapitel 1.2.8)
K.A.R.L.[®]-Version	Modellvariable	Aktuelle Versionsnummer des verwendeten K.A.R.L. [®] -Systems.
Gesamtwert (EUR)	(Optionale) Eingabe durch Nutzer	Der Gesamtwert bzw. Wiederherstellungswert des Untersuchungsobjektes. Dieser Wert ist optional vom Nutzer anzugeben [12]. Der Nutzer kann frei entscheiden, welchen Wert er als Objektwert auswählen möchte. Von dem ausgewählten Wert werden alle von K.A.R.L. berechneten monetären Schäden abgeleitet. Die Währungseinheit (WE) muss vom Nutzer ausgewählt werden.

3.1.3. Risikokennzahlen

Im zweiten Abschnitt des Kurzberichtes werden die standort- und objektspezifischen Risikokennzahlen dargestellt, die vom Analysetool K.A.R.L. in Bezug auf das Eintreten von Naturgefahren berechnet wurden. Alle hier dargestellten Parameter sind Ergebnisse einer automatisch durchgeführten K.A.R.L.-Analyse, die sich speziell auf den ausgewählten Standort und auf das ausgewählte Objekt beziehen.

Tabelle 3.2.: Erläuterungen von Begriffen, Parametern und Kenngrößen zum Thema Risikokennzahlen im Kurzbericht.

Begriff, Parameter oder Kenngröße	Erläuterung																
Gefahr	Hier werden alle von K.A.R.L. berücksichtigten Naturgefahren aufgelistet.																
Einstufung	<p>Die berechneten relativen Risiken (in der Einheit % pro Jahr) werden in verschiedene Risikoklassen unterteilt, von „keine Gefährdung“ bis „sehr hoch“. Jeder Risikoklasse wird eine Farbe zugeordnet. Die Farbcodierung soll bei der Erkennung der Risikosituation helfen. Wie die Einstufung der Risiken und die entsprechenden Farbcodierungen definiert sind, zeigt die folgende Tabelle (siehe auch Legende im Kurzbericht).</p> <table border="1" data-bbox="619 1081 1158 1498"> <thead> <tr> <th data-bbox="619 1081 979 1133">Einstufung/ classification</th> <th data-bbox="979 1081 1158 1133">% p. a.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="619 1133 979 1184">keine Gefährdung/ no hazard</td> <td data-bbox="979 1133 1158 1184">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1184 979 1236">sehr gering/ very low</td> <td data-bbox="979 1184 1158 1236"><0,05</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1236 979 1288">gering/ low</td> <td data-bbox="979 1236 1158 1288">0,05-0,1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1288 979 1339">auffällig/ notable</td> <td data-bbox="979 1288 1158 1339">0,1-0,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1339 979 1391">erhöht/ increased</td> <td data-bbox="979 1339 1158 1391">0,4-0,7</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1391 979 1442">hoch/ high</td> <td data-bbox="979 1391 1158 1442">0,7-1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="619 1442 979 1498">sehr hoch/ very high</td> <td data-bbox="979 1442 1158 1498">>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Abbildung 3.2.: Einstufung und Farbcodierung des Risikos (% p.a.). Mehr Informationen dazu sind in Kapitel 1.2.7 nachzulesen.</p>	Einstufung/ classification	% p. a.	keine Gefährdung/ no hazard	-	sehr gering/ very low	<0,05	gering/ low	0,05-0,1	auffällig/ notable	0,1-0,4	erhöht/ increased	0,4-0,7	hoch/ high	0,7-1	sehr hoch/ very high	>1
Einstufung/ classification	% p. a.																
keine Gefährdung/ no hazard	-																
sehr gering/ very low	<0,05																
gering/ low	0,05-0,1																
auffällig/ notable	0,1-0,4																
erhöht/ increased	0,4-0,7																
hoch/ high	0,7-1																
sehr hoch/ very high	>1																

Tabelle 3.2 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p>Risiko (% p.a.)</p>	<p>Das Risiko in Prozent pro Jahr (% p.a.) gibt den Anteil des Gesamtwertes an, der statistisch betrachtet pro Jahr durch Schäden, resultierend aus der betrachteten Naturgefahr, verloren geht. Dabei handelt es sich um einen rein theoretischen Wert, der entsteht, wenn die Schäden aller möglichen Naturereignisse über einen sehr langen Zeitraum hinweg gewichtet und gemittelt werden. Dieser Wert wird durch das System K.A.R.L. berechnet, wobei je nach Naturgefahr unterschiedliche Algorithmen zur Risikobestimmung eingesetzt werden. Viele dieser Algorithmen basieren auf statistischen Auswertungen geologischer, geographischer und meteorologischer Datensätze (wie z.B. Erdbeben, Vulkanismus, Tsunami) und werden darüber hinaus durch komplexe Rechenmodelle ergänzt, um u.a. Datenlücken in Messreihen sinnvoll zu beheben und/oder Auswirkungen auf das Objekt hinsichtlich der lokalen Gegebenheiten genauer bestimmen zu können. Wichtig: Die Gefährdungskurven, die als Grundlage für den Risikowert modelliert werden, verlaufen naturgegeben nicht linear! Daher besteht auch keine lineare Beziehung zwischen dem Risiko pro Jahr und dem x-jährlichen PML. Das bedeutet, wenn man z.B. das Risiko pro Jahr mit 200 multipliziert, wird man nicht den 200-jährlichen PML erhalten, sondern den Wert, der theoretisch über einen Zeitraum von 200 Jahren angespart werden müsste, um alle statistisch innerhalb dieser Zeitspanne zu erwartenden Einzelschäden begleichen zu können.</p>
<p>WKP</p>	<p>Statistische Wiederkehrperiode (Jahre). Die Wiederkehrperiode ist eine statistische Messgröße, mit der ein Zeitraum (50 Jahre, 100 Jahre usw.) beschrieben wird, innerhalb dessen im Mittel einmal ein Naturereignis bestimmter Intensität stattfindet. Die hier gewählten WKPs der einzelnen Naturgefahren entsprechen den üblichen Betrachtungsweisen der Versicherungswirtschaft (Erdbeben 475, Rest 200). Die statistische Einstufung der Ereignisse funktioniert immer nur über einen sehr langen (realen oder simulierten) Zeitraum. Ob beispielsweise ein als 200-jährlich eingestuftes Ereignis neu eingestuft werden muss, weil es evtl. zweimal in einem Jahr aufgetreten ist, könnte erst nach mehreren Hundert Jahren mit Sicherheit gesagt werden. Weitere Informationen zum Thema Risiko können in Kapitel 1.2.6 nachgelesen werden.</p>

Tabelle 3.2 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p>PML (%)</p>	<p>„Probable Maximum Loss“ bzw. „Wahrscheinlicher Maximalschaden“ angegeben in Prozent des Wertes. Der hier berechnete wahrscheinliche Maximalschaden bezieht sich auf die angegebene Wiederkehrperiode. Das System K.A.R.L. rechnet zum Beispiel für ein 475-jährliches Erdbebenereignis am Standort den möglichen Schaden am Objekt aus. Dazu wird die Intensität des 475-jährlichen Erdbebenereignisses an dem betreffenden Standort sowie die entsprechende Vulnerabilität benötigt. Der PML kann durchaus einen sehr kleinen Wert annehmen, wenn die Empfindlichkeit (Vulnerabilität) des Objekts gering ist und/oder die Intensität der einwirkenden Naturgefahr bei der betrachteten Wiederkehrperiode niedrig ist. Ebenso ist es vollkommen realistisch, dass bei einem geringen Risiko pro Jahr, der PML bei einem 200-jährlichen Ereignis null ist. In diesem Fall entsteht das Risiko ausschließlich durch mögliche Ereignisse, die mit Wiederkehrperioden größer als 200 Jahre auftreten. Siehe auch Kap. 1.2.9.</p>
<p>PML (EURO od. WE)</p>	<p>Der wahrscheinliche Maximalschaden als monetärer Wert ergibt sich aus dem PML (%) und dem Gesamtwert (bzw. Wiederherstellungswert) des Untersuchungsobjektes. Dieser Wert wird in der gewünschten Währungseinheit nur angezeigt, wenn ein Gesamtwert vom Nutzer angegeben wurde.</p>

3.1.4. Allgemeine Hinweise

Warum gibt es keine PML-Berechnung für Tornado und Vulkanismus

Die von K.A.R.L. berechneten PML-Werte beziehen sich auf bestimmte Wiederkehrperioden (bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten = 1 / Wiederkehrperiode). Für die übrigen Gefahren wird jeweils derjenige Schaden errechnet, der durch ein Ereignis hervorgerufen wird, das -statistisch – etwa alle 200 Jahre eintritt. Nur bei Erdbeben wird üblicherweise eine höhere Wiederkehrperiode von 475 Jahren verwendet.

Die Berechnung einer Wiederkehrperiode erfordert eine belastbare Datengrundlage, auf deren Basis sich statistische Analysen durchführen oder mathematische Modelle aufbauen lassen. Dies ist bei den Naturgefahren Vulkanismus und Tornado nicht flächendeckend gegeben.

Vulkanismus: Auf der Erde gibt es ca. 1.500 Vulkane, wovon allerdings lediglich etwa 100 als besonders gefährlich geltende dauerhaft überwacht werden. Hiervon wiederum sind nur wenige Vulkane im Verlauf der letzten Jahrhunderte so oft ausgebrochen, dass sich daraus eine ausreichend lange Zeitreihe generieren ließe, in der Eruptionen verschiedener Intensitäten in entsprechenden Häufigkeiten dokumentiert sind (das ist z.B. am Vesuv oder Popocatepetl möglich). Außerdem übersteigen die Ruhephasen zwischen den Ausbrüchen im Regelfall die für PML-Berechnungen herangezogenen Wiederkehrperioden erheblich. Im einzigen aktiven Vulkangebiet Deutschlands geht man davon aus, dass zwischen Ausbruchphasen mehrere 10.000 Jahre liegen können. Ein 200- oder 475-jährliches Ereignis lässt sich damit nicht sinnvoll

ermitteln. Da in den meisten Vulkangebieten der Erde ähnliche Bedingungen herrschen, wurde bei K.A.R.L. auf eine PML-Berechnung grundsätzlich verzichtet.

Tornado: K.A.R.L. errechnet das Tornado-Risiko auf Basis der Eintrittswahrscheinlichkeit schwerer schadenträchtiger Ereignisse innerhalb eines Referenzgebietes von 10.000 km². Weil im Vergleich dazu der Schadenbereich eines einzelnen Tornados nur wenige km² beträgt, ist die Wahrscheinlichkeit, tatsächlich getroffen zu werden, für ein einzelnes Objekt (Gebäude) verschwindend gering. Selbst im US-amerikanischen Mittelwesten, der weltweit als das Haupttriksikogebiet für Tornados gilt, werden unter diesen Bedingungen von K.A.R.L. maximale Risiken von nur 0,6 % pro Jahr berechnet. Das bedeutet, dass ein Totalschaden statistisch etwa alle 166 Jahre (100/0,6) zu erwarten ist. Außerhalb der USA liegt dieser Wert grundsätzlich etwa eine Zehnerpotenz höher, also bei 1.000 bis 2.000 Jahren. PML-Werte für Wiederkehrperioden von 200 bis 475 Jahren lassen sich für Tornados aus diesem Grunde nicht global-flächendeckend ermitteln.

Besonderheiten zum Starkregenisiko und warum es gesondert betrachtet wird?

Starkregen ist meist ein relativ eng begrenztes Phänomen, das in erster Linie direkt am Ereignisort aber auch entfernt davon in Form von Sturzfluten oder Überschwemmungen enorme Schäden hervorrufen kann. Da Starkregen in Regionen auftreten kann, die normalerweise keine Überschwemmungsgefährdung aufweisen, wird das Starkregen-Risiko vom System K.A.R.L. separat zum Überschwemmungsrisiko bewertet.

Durch Starkregen entstehen – meist lokal begrenzt - Schäden durch Wassereintritte in Kellerräume und Tiefgaragen sowie deren Einfahrten, in Unterführungen und kleine lokale Senken. Hinzu kommen mögliche Schäden durch das Eindringen von Regenwasser in Gebäude, Fahrzeuge und Transportmittel (Wagons, Container, Kisten, Verpackungsfolien etc.) sowie Beeinträchtigungen durch unterspülte Infrastruktursysteme.

Das Starkregen-Risiko hängt in hohem Maße von der Aufnahmekapazität der lokalen Abwassersysteme ab. Diese sind aufgrund von Wirtschaftlichkeitserwägungen normalerweise auf Regenmengen ausgelegt, die in statistischen Intervallen von 3 bis 10 Jahren auftreten (Bemessungsregen). Wird dieser Bemessungsregen überschritten, kann Grundwasser oder Kanalwasser an die Oberfläche austreten und damit Folgeschäden verursachen. Das Starkregenisiko wird vom System K.A.R.L. anhand einer Abschätzung üblicher Drainagekapazitäten berechnet, nicht mit klassischen Vulnerabilitäten.

Unter bestimmten Bedingungen, vor allem im Bergland, können sich die Starkregen- und Überschwemmungsrisiken gegenseitig überschneiden oder beeinflussen. Daher sollte das Starkregen-Risiko gesondert betrachtet werden.

Was ist das Vorsichts-Prinzip?

K.A.R.L. ergänzt fehlende oder unvollständige Daten plausibel durch spezielle, bei der KA entwickelte Schätzverfahren. Hierbei wird generell nach dem „Vorsichts-Prinzip“ vorgegangen, d.h. in der Regel werden hierbei ungünstigere anzunehmende Umgebungsbedingungen für die Risikoberechnungen ausgewählt.

Ein Beispiel dafür ergibt sich aus der Berechnung des Überschwemmungsrisikos: Es soll die Geländehöhe von einem Standort bestimmt werden, der sich zwischen verschiedenen, benachbarten Gitterpunkten des Höhenmodells befindet. K.A.R.L. wählt dann den niedrigsten

der benachbarten Gitterpunkte aus und überträgt dessen Geländehöhe auf den untersuchten Standort. Damit kann man ausschließen, dass das lokale Überschwemmungsrisiko unterschätzt wird.

Daraus folgt allerdings auch, dass Risikobewertungen mit einem hohen Anteil an geschätzten Parametern meistens etwas zu hoch ausfallen.

3.2. K.A.R.L.-PRO Ergebnisbericht

3.2.1. Aufbau des Langberichtes

Nutzer, die sich für eine detaillierte Beschreibung der Naturgefahrensituation an einem Standort interessieren, haben die Möglichkeit einen Langbericht (K.A.R.L.-Pro Ergebnisbericht) anzufordern. Dieser ca. 30-seitige Bericht enthält im Vergleich zum Kurzbericht viele zusätzliche Informationen und kann grob in drei Abschnitte unterteilt werden: Er beginnt mit einer übersichtlichen Auflistung von wichtigen Informationen zum Standort, wie z.B. Standortkoordinaten, verwendete Vulnerabilität, zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus der Risikoanalyse. Danach folgt ein kurzes Kapitel über die klimatischen Bedingungen am Standort. Im dritten Kapitel wird ausführlich auf die Gefährdungs- und Risikosituation am Standort nach Naturgefahren getrennt eingegangen. Es ist zu erwähnen, dass der Langbericht (wie auch der Kurzbericht) völlig automatisch erstellt wird. Es erfolgte keine objekt- bzw. standortspezifische Sichtung und Plausibilitätskontrolle durch einen wissenschaftlichen Experten.

Inhaltsverzeichnis des K.A.R.L.-PRO Ergebnisberichtes

1. Allgemeine Übersicht
 - a) Auftragskenndaten
 - b) Standortdaten
 - c) Geographische Verhältnisse
 - d) Zusammenfassung der Risikoanalyse
 - e) Vulnerabilitäten und gefährdete Werte
 - f) Risikokennzahlen
 - g) Empfehlungen und weitere Schritte
 - h) Hinweis zur Bewertung
2. Klimatische Bedingungen
 - a) Klimadaten
 - b) Klimadiagramm
3. Gefährdungs- und Risikoanalysen
 - a) Vulkanismus
 - b) Erdbeben
 - c) Tsunami
 - d) Überschwemmung
 - e) Starkregen
 - f) Sturmflut

- g) Sturm
 - h) Tornado
 - i) Hagel
 - j) Methodik
- A Datenquellen
- B Impressum

3.2.2. Erläuterung von Parametern und Begriffen

In der folgenden Tabelle werden dem K.A.R.L.-Anwender weitergehende Informationen zur Verfügung gestellt, die helfen sollen, mögliche aufkommende Fragen bei einer Durchsicht des Langberichtes zu beantworten. Die Tabelle ist dabei in derselben Reihenfolge wie der Langbericht aufgebaut. Nahezu zu jedem Unterthema gibt es ausführliche Beschreibungen und Erklärungen zu den Kenngrößen, Parameter, Abbildungen und vielem mehr.

Tabelle 3.3.: Erläuterungen von Begriffen, Parametern und Kenngrößen zum Thema Risikokennzahlen im ausführlichen Ergebnisbericht von K.A.R.L. (K.A.R.L.-PRO ERGEBNISBERICHT).

Begriff, Parameter oder Kenngröße	Erläuterung
1.1. Auftragskenndaten	
Auftrag Nr.	eine kundenspezifische Nummer
Auftrags-ID	Wird automatisch zur eindeutigen Identifizierung des Auftrages vergeben.
Version	Versionsnummer des verwendeten K.A.R.L.
1.2. Auftragskenndaten	
Untersucher Standort	Adressdaten des Standortes. Adressangabe wird so dargestellt, wie sie vom Nutzer eingegeben wurde. Anhand der Adresse bestimmt das Online-Tool die geographischen Koordinaten des Standortes, die Basis der Standortanalysen sind. Daher ist es von großer Bedeutung, dass der Nutzer die Adresse überprüft, bevor er die Abfrage der Standortanalyse startet.
1.3. Geographische Verhältnisse	
Latitude/Longitude (Breite/Länge)	Geographische Koordinaten des Standortes (Breite und Länge als Dezimalgrad). Sie werden aus der Adresse des Standortes abgeleitet.

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p>Angegebene Ortshöhe (m. ü. Meerespiegel)</p>	<p>Geländehöhe des Standortes, die vom Nutzer vorgegeben wurde. In manchen Anwendungsfällen ist es sinnvoll, dass der Nutzer die Ortshöhe des Standortes K.A.R.L. vorgibt. Dann wird diese Höhe von K.A.R.L. als Grundlage zur Risikobestimmung genutzt. Ansonsten wird immer die Geländehöhe mit Hilfe eines digitalen Höhenmodells [13] bestimmt. In diesem Fall stimmt die „angegebene Ortshöhe“ mit der „Ortshöhe aus Höhenmodell“ überein. Bei der Nutzung von K.A.R.L. über den Online-Zugang der vdpResearch GmbH wird momentan standardmäßig die Geländehöhe mit Hilfe des Höhenmodells ermittelt, d.h. der Nutzer kann keine Höhenangabe an K.A.R.L. übergeben.</p>
<p>Ortshöhe aus Höhenmodell (m ü. Meerespiegel)</p>	<p>Geländehöhe am Standort, die auf Basis eines digitalen Höhenmodells [13] bestimmt wurde. Diese Angabe wurde automatisch aus einem globalen digitalen Höhenmodell übernommen, das auf Radarmessungen beruht. Abweichungen von der tatsächlichen Geländehöhe können dort auftreten, wo der Radarstrahl von Dächern oder Baumkronen reflektiert wurde. Der angenommene Höhenwert wurde unter Worst-Case-Aspekten aus dem Höhenmodell interpoliert und liegt möglicherweise unterhalb der tatsächlichen Geländehöhe. Dies soll dazu dienen, dass das Überschwemmungsrisiko an einem Standort auf keinen Fall unterschätzt wird.</p>
<p>Landschaftstyp</p>	<p>Der Landschaftstyp bezieht sich auf die Höhenstruktur in der weiteren Umgebung des Standortes. Es gibt mehrere Landschaftstypen von „Flachland“ über „Hügeliges Gelände“ bis „Alpines Hochgebirge“. Der Landschaftstyp wird anhand der Reliefenergie auf Basis des Höhenmodells [13] im Umkreis des Standortes bestimmt.</p>
<p>Tiefster und Höchster Punkt</p>	<p>Diese Informationen werden ebenfalls auf Basis des digitalen Höhenmodells bestimmt.</p>
<p>Ungefähre Distanz zur Küste</p>	<p>Die angegebene Distanz zur Küste entspricht der Luftlinie zum nächstgelegenen Punkt im Höhenmodell, der nicht als Festland definiert ist. Deshalb können unter Umständen auch Ästuare oder breite Flussmündungen bereits als Meeresgebiete interpretiert werden.</p>
<p>1.4. Zusammenfassung der Risikoanalyse</p>	
<p>Grafik der Risiken</p>	<p>Das Diagramm zeigt übersichtlich für jede Naturgefahr das Maß des abgeschätzten Risikos bezogen auf das zu untersuchende Objekt am Standort. Es werden hier keine konkreten Risikowerte angegeben. Die Risiken werden aber in verschiedene Klassen unterteilt von „unbedeutend“ über „auffällig“ bis „sehr hoch“ (siehe auch 1.2.7). Dargestellt wird auch, dass der Untersuchungsbedarf mit Zunahme des Risikos ansteigt bzw. als notwendiger angesehen wird.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

Anmerkungen zu Risiken	Je nach Höhe des Risikos einer Naturgefahr, werden dem Nutzer an dieser Stelle zum Teil konkrete Untersuchungen (wie z.B. Überprüfung der Bodenbeschaffenheit oder Schutzvorrichtungen) vorgeschlagen.
1.5. Vulnerabilitäten und gefährdete Werte	
Gefährdete Werte	Der gefährdete Wert beträgt bei Immobilien in der Regel 100 % und bedeutet, dass 100 % des betrachteten Standortes bzw. Objektes von möglichen Naturgefahren betroffen sein können. Dieser Parameter ist nur dann von Bedeutung, wenn ein Standort mit großer räumlicher Ausdehnung (z.B. Industriepark) untersucht wird. Damit kann im System K.A.R.L., das im Prinzip eine punktuelle Bewertung des Risikos durchführt, der Tatsache Rechnung getragen werden, dass möglicherweise ein Teil des Standortes, bedingt durch seine Topografie (z.B. ein Gelände in leichter Hanglage), nicht gefährdet ist.
Vulnerabilität	Hier steht, auf welche Art von Objekten und damit auch auf welche objektspezifische Vulnerabilität 1.2.5 sich die Risikoanalyse bezieht. Die Vulnerabilität kann vom Nutzer indirekt ausgewählt werden, indem er auswählt, welche Art von Untersuchungsobjekt analysiert werden soll.
1.6. Risikokennzahlen	
Tabelle der Risiken	In der Tabelle sind die von K.A.R.L. errechneten Risiken (in Prozent pro Jahr) für jede Naturgefahr aufgelistet. Die Werte beziehen sich auf Schäden an einem konkreten Objekt. Die objektspezifischen Eigenschaften hinsichtlich der Verletzbarkeit werden durch die Auswahl der Vulnerabilität berücksichtigt wurde. Diese Risikozahlen entsprechen dem mittleren, jährlichen Schadenerwartungswert und liefern eine quantitative Aussage über die finanzielle Belastung durch Naturgefahren, die an einem Standort für ein konkretes Objekt zu erwarten ist. Die Risikozahlen werden in sechs verschiedene Risikoeinstufungen von „unbedeutend“ bis „sehr hoch“ unterteilt (für weitere Informationen siehe auch 1.2.7). Die entsprechende Einstufung wird hinter den Risikozahlen in Klammern angegeben. Die Summe der Risiken setzt sich aus einer einfachen Aufsummierung aller Risiken (außer Starkregen) zusammen. Die Risikoeinstufung bleibt dabei gleich. So ist es z.B. möglich, dass an einem Standort das Gesamtrisiko (also die Risikosumme) als „auffällig“ eingeschätzt wird, während die Risiken der einzelnen Naturgefahren alle „sehr gering“ oder „gering“ sind.
Starkregen	Anmerkung: Das Starkregenrisiko kann zum Teil bereits im Überschwemmungsrisiko enthalten sein. Eine Summenbildung mit den anderen Risiken ist somit nicht sinnvoll.
Kurzerläuterung: Risikoberechnung	In diesem Abschnitt wird anhand eines Beispiels erläutert, was die hier angegebenen Risikozahlen bedeuten und wie sie berechnet werden.

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

1.7. Empfehlungen und weitere Schritte	
Dieser Abschnitt erscheint nur, wenn Einzelrisiken berechnet wurden, die als „auffällig“ oder höher einzustufen sind. In diesem Falle werden für die risikoreicheren Naturgefahren Handlungsempfehlungen angeboten.	
1.8. Hinweis zur Bewertung	
Die Hinweise zur Bewertung der Ergebnisse einer K.A.R.L.-Standortanalyse, sollen dem Nutzer helfen, die gewonnenen Ergebnisse korrekt zu interpretieren. Sie sind sehr wichtig, um Fehlinterpretationen vorzubeugen. Dieser Textabschnitt ist in allen Berichten unabhängig vom Standort und betrachteten Objekt gleich.	
2. Klimatische Bedingungen am Standort	
Die verwendeten Klimadaten stammen aus einer Kombination aus gemessenen Klimadaten, die etwa die Situation um das Jahr 2000 wiedergeben, und aus Simulationen mit dem Klimamodell CCSM (Community Climate System Model [7]) für die folgenden Jahre. Die Simulationen basieren auf den Annahmen des Emissionsszenarios A1b [8]. Die hier dargestellten, klimatologischen Werte beziehen sich immer auf das laufende Jahr.	
<i>Theoretische Wasserverfügbarkeit (mm pro Jahr)</i>	Die Wasserverfügbarkeit errechnet sich aus der Differenz zwischen der jährlichen Niederschlagsmenge und der effektiven Verdunstung (Evapotranspiration). Theoretisch ist diese Wassermenge als Oberflächenwasser nutzbar oder sie ergänzt durch Versickerung den Grundwasservorrat. Wird der Wert von 200 mm pro Jahr überschritten, muss grundsätzlich nicht mit einer Wasserknappheit gerechnet werden, abgesehen von extrem trockenen, heißen Jahren. Wird ein Wert von 50 mm pro Jahr unterschritten, besteht hohe Dürregefahr. Weitere Informationen zu diesem Parameter können in dem K.A.R.L.-Newsletter 3 -2015 [18] nachgelesen werden.

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

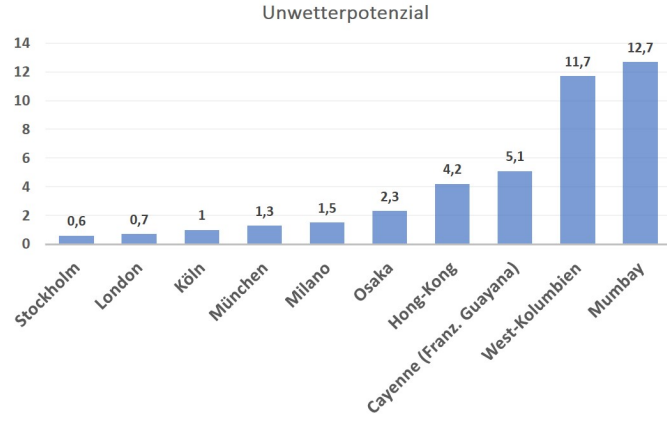
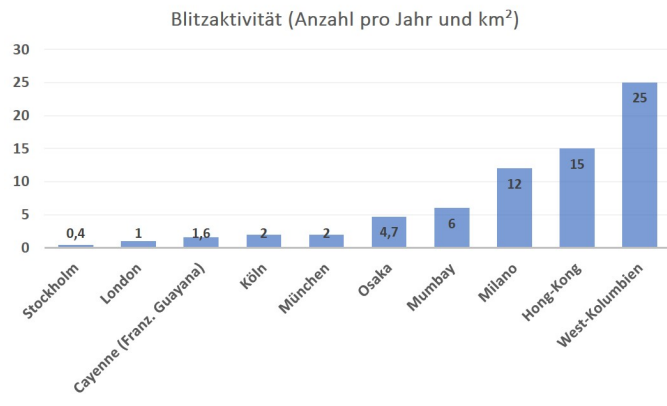
<p>Unwetterpotenzial</p>	<p>Das Unwetterpotenzial ist eine von der Köln.Assekuranz Agentur GmbH aus verschiedenen Parametern abgeleitete Maßzahl, mit der die Häufigkeit und Intensität von Unwettern als Vergleichswert zu den Verhältnissen in Westeuropa beschrieben werden kann. Als Unwetter werden hier vor allem starke Gewitter mit hohen Niederschlagsmengen und Sturmböen betrachtet. Als Parameter fließen Blitzaktivität, Regenmengen und Temperatur in den Unwetterpotenzial-Index ein. Für exemplarische Regionen ergeben sich folgende charakteristische Unwetterpotenziale:</p>  <p>Abbildung 3.3.: Unwetterpotenziale für verschiedene Städte weltweit.</p>
<p>Blitzaktivität (Anzahl pro Jahr und km^2)</p>	<p>Die hier angegebene Blitzaktivität entspricht der durchschnittlichen jährlichen Anzahl von Blitzschlägen pro Quadratkilometer basierend auf Daten, die von NASA-Satelliten zwischen 1995 und 2010 gesammelt wurden [10]. Für exemplarische Regionen ergeben sich folgende charakteristische Blitzaktivitäten:</p>  <p>Abbildung 3.4.: Blitzaktivität für verschiedene Städte weltweit. Hinweis: Nur etwa 10 Prozent der registrierten Blitze schlagen auf der Erdoberfläche ein.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p>Berechnete maximale Schneelast (kg/m^2)</p>	<p>Die Schneelast (auch Schneedruck) beziffert die Einwirkung auf Bauwerke durch die im klimatologischen Sinne zu erwartende Schneemenge. Die Schneelast gehört zu den klimatisch bedingten veränderlichen Einwirkungen auf Bauwerke. Sie hängt von Schneeart und Schneemenge ab. Die baulichen Lastannahmen bezüglich der Schneelast, auf die eine Dachkonstruktion auszulegen ist, hängen ab von der geografischen Lage und von der Form des betrachteten Bauwerks. Die hier angegebenen Schneelasten wurden auf der Basis global verfügbarer Klimadaten berechnet. Das hierzu verwendete Modellierungsverfahren wurde anhand zahlreicher konkreter lokaler Empfehlungen und Bauvorschriften, die aus weltweit unterschiedlichen Klimazonen und topographischen Höhenlagen stammen, kalibriert. Die berechneten Werte sollten somit lediglich als Orientierungswerte verstanden werden. Sie sind als Grundlage für die statische Auslegung von Bauwerken nicht geeignet. Für Baustatische Berechnungen sind ausschliesslich die von den örtlichen Behörden herausgegebenen Schneelasten zu verwenden. Weitere Informationen zur berechneten maximalen Schneelast können im K.A.R.L.-Newsletter 2-2015 [19] nachgelesen werden.</p>
<p>Klimadiagramm</p>	<p>Das Klimadiagramm zeigt pro Monat die mittlere Maximal- und Minimaltemperatur ($^{\circ}C$), Niederschlagsmenge (mm) und Luftfeuchtigkeit (%) am Standort. Zusätzlich ist der Hitzeindex nach Steadman [14] dargestellt. Er gibt die gefühlte Temperatur im Bereich höherer Temperaturen wieder. In seine Berechnung fließen die langjährigen Mittelwerte der realen Temperaturen und Luftfeuchten ein. Eine gefühlte Temperatur von bis zu $26^{\circ}C$ wird hierbei als gesundheitlich unkritisch definiert. Deshalb ist der niedrigste Wert dieses Index immer $26^{\circ}C$. Wird an einem Standort dieser Wert in keinem Monat überschritten, bedeutet das, dass während aller Jahreszeiten ein angenehmes Klima zu erwarten ist.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

3. Gefährdungs- und Risikoanalysen	
Aufbau der Unterkapitel	<p>Die folgenden Risikobeschreibungen hängen sehr stark von den berechneten Risikowerten ab. In der Regel sind die Unterkapitel der einzelnen Naturgefahren jedoch folgendermaßen aufgebaut.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurze Beschreibung und Charakterisierung der Gefährdungslage • Intensitäten für verschiedene Wiederkehrperioden • Vulnerabilität • Risikokennzahlen für verschiedene Wiederkehrperioden • Allgemeine Charakterisierung (Einstufung) des Risikos <p>Die Unterkapitel halten sich grundsätzlich an die oben genannte Gliederung. Es gibt jedoch auch verschiedene Ausnahmen jeweils in Abhängigkeit zur lokalen Gefährdungs- bzw. Risikosituation. Abweichungen zu diesem Aufbau gibt es zum Beispiel, wenn am Standort keine oder nur eine geringe Gefahr von einem Naturereignis (z.B. weit im Landesinneren ist keine Gefahr für eine Sturmflut oder einen Tsunami) besteht oder wenn keine Vulnerabilität gegenüber der Naturgefahr vorliegt. Dann wird dieser Sachverhalt kurz beschrieben.</p> <p>Für weiterführende Informationen zum Thema Risikoberechnung siehe Kapitel 1.</p>
3.1. Vulkanismus	
<p>Einleitende Hinweise: An einem Standort wird von einem Risiko durch Vulkanausbruch ausgegangen, wenn im Umkreis von einem durch die Vulnerabilität vorgeschriebenen Radius mindestens ein aktiver Vulkan zu finden ist. Grundsätzlich werden im vorliegenden Zusammenhang alle Vulkane als potenziell aktiv angesehen, an denen im Verlauf der letzten 20.000 Jahre Eruptionstätigkeit nachzuweisen ist. In besonderen Fällen, wie z.B. am Yellowstone Vulkan in den USA, wird dieser Zeitraum noch bedeutend weiter gefasst. Die Höhe des Risikos wird dann über die Entfernung und Ausbruchshistorie (inklusive Ausbruchsart) aller Vulkane im Umkreis des vorgegebenen Radius bestimmt. Als Datengrundlagen wird eine umfangreiche Liste historischer Vulkanausbrüche verwendet, die z.T. bis zu Ausbrüchen im Eiszeitalter (Pleistozän, mehr als 10.000 Jahre bis 2.5 Mio. Jahren) zurückreicht und vom Smithsonian Institute – Global Volcanism Program [4] frei erhältlich ist. Ist das Risiko durch Vulkanismus ungleich 0, werden folgende Inhalte dem Nutzer präsentiert:</p>	
Vulnerabilität Vulkanismus	<p>Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Entfernung zum Vulkan an. Diese Vulnerabilitäten werden zur Berechnung der Risikozahlen benötigt.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p>Aktive risikorelevante Vulkane im Umkreis von 200 km</p>	<p>Die Tabelle zeigt alle aktiven Vulkane in einem Umkreis des vorgebenen Radius, bei denen mit einem schweren Ausbruch der Stärke VEI = 3 (VEI = Volcanic Explosivity Index [15]) und höher zu rechnen ist. In der Liste werden auch die Risiken pro Vulkan aufgelistet. Das Gesamtrisiko für Schäden durch Vulkanausbrüche ergibt sich durch Aufsummierung der Teilrisiken der einzelnen Vulkane.</p>
<p>Risikokennzahlen</p>	<p>Hier wird zum einen der von K.A.R.L. ermittelte Maximalschaden in Prozent und das relative Risiko (d.h. der mittlere, jährlich Schadenerwartungswert) in Prozent pro Jahr angegeben. Eine Abstufung der Risiken nach verschiedenen WKPs wie bei anderen Naturgefahren führt auf Grund der verfügbaren Datenlage bei Vulkanen nicht zu statistische belastbaren Aussagen und ist somit nicht sinnvoll. Der hier berechnete Maximalschaden gibt den jeweils höchsten im Rahmen der durchgeführten Modellrechnungen aufgetretenen Einzelschaden an und bezieht sich somit auf den Ausbruch eines Vulkanes mit der höchsten Intensität oder besonders nah am Standort. Diesem wird keine statistische Wiederkehrperiode zugeordnet.</p>
<p>3.2. Erdbeben</p>	
<p>Einleitende Hinweise: Als Datengrundlage zur Berechnung des Erdbebenrisikos wird hauptsächlich der Erdbebenkatalog vom U.S. Geological Survey – Earthquake Catalog [5] genutzt. Dieser Datensatz enthält weltweite Daten von Erdbeben vor allem der letzten 100 Jahre aber auch weiter zurückliegend. Dieser Datensatz liefert Informationen über die Magnitude und z.T. über die Intensität des aufgetretenen Erdbebens und über die mittlere Herdtiefe.</p>	
<p>Erdbebenhäufigkeit</p>	<p>Anhand einer statistischen Auswertung der Erdbebendaten wird die Erdbebenhäufigkeit am Standort ermittelt. Dazu wird eine Stichprobe von beobachteten Erdbeben in einem Umkreis von mindestens 50 km ausgewählt (ggf. auch bis 300 km in Abhängigkeit von der Erdbebenhäufigkeit im näheren oder weiter entfernten Umkreis). Die Erdbeben-Stichprobe wird dann nach Magnitudenklassen kategorisiert und deren Eintrittshäufigkeiten ermittelt. Damit wird ein sogenanntes Gutenberg-Richter-Diagramm erstellt, wie hier dargestellt. Die Eintrittshäufigkeiten werden auf eine Bezugsfläche von 7854 km² (R = 50 km) vereinheitlicht. Aus der Gutenberg-Richter-Relation im Diagramm können die Eintrittswahrscheinlichkeiten (Y) für verschieden hohe Magnituden (X) abgelesen werden.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p><i>Erdbebengefährdung</i></p>	<p>Zur Einstufung der Erdbebengefährdung wird in der Regel das aus der statistischen Häufigkeitsanalyse abgeleitete 475-jährliche Ereignis herangezogen. Die Erdbebengefährdung ist darüber hinaus auch abhängig von der Bodenbeschaffenheit, da diese einen Einfluss auf die ausgelöste Intensität bzw. Bodenbeschleunigung hat. Das Modell schätzt die Bodenbeschaffenheit mit Hilfe des Höhenmodells. Es gilt generell: in Tallagen (Geländeeinschnitten) wird mehr loses Sediment erwartet, was eine Gefährdung durch Erdbeben erhöht. In Regionen, in denen es keine Überflutungsgefahr gibt, z.B. in Hochlage oder auf Bergkuppen, ist eher mit felsigem Untergrund zu rechnen, der die Erdbebengefährdung mindert.</p>
<p><i>Mögliche MM-Intensitäten am Standort (ggf. MM-Intensitäten-Skala)</i></p>	<p>Die Tabelle listet alle Erdbeben nach den MM-Intensitäten (MM: Abkürzung für Modified-Mercalli-Skala [16]) für verschiedene Wiederkehrperioden auf. Die Mercalli-Skala unterteilt die Stärke von Erdbeben anhand der sicht- und fühlbaren Auswirkungen (Stärke) von Erdbeben an der Erdoberfläche aufgrund des beobachteten Geschehens und der bewirkten Veränderung. Mit Hilfe dieser Skala können Rückschlüsse auf das Schadenpotential der Ereignisse am Standort gezogen werden.</p>
<p><i>Vulnerabilität Erdbeben</i></p>	<p>Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Erdbebenstärke/-intensität an. Diese Vulnerabilitäten werden zur Berechnung der Risikozahlen benötigt.</p>
<p><i>Risikokennzahlen Erdbeben</i></p>	<p>Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr) Einstufung des Erdbebenrisikos am Standort.</p>
<p><i>Zusammenhang zwischen Magnitude und Intensität</i></p>	<p>Die Magnitude ist im weitesten Sinne eine Maßzahl für die bei einem Erdbeben in dessen Hypozentrum freigesetzte Energie. Die Intensität beschreibt hingegen seine an der Erdoberfläche fühlbaren bzw. zu beobachtenden Auswirkungen in einer 12-stufigen Skala in Form römischer Ziffern [16]. Zusammenfassend gilt: Ein Erdbeben hat eine Magnitude aber mehrere Intensitäten je nach Entfernung zum Hypozentrum. Dieser Zusammenhang ist in der Graphik im Langbericht dargestellt.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

3.3. Tsunami	
<p>Einleitende Hinweise: Grundsätzlich geht K.A.R.L. davon aus, dass nur Gebiete, die tiefer als 100 m über dem Meeresspiegel und gleichzeitig näher als 10 km an der Küste liegen, durch Tsunamis gefährdet sind. Die Gefährdungsanalyse stützt sich auf eine Häufigkeitsanalyse gemessener Wellenhöhen (Run-Ups), mit denen ein Tsunami auf die Küste trifft. Hierzu wird auf Daten von National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce (NOAA) - National Geophysical Data Center (NGDC) [6] zurückgegriffen. Die registrierten Ereignisse reichen von vorchristlicher Zeit bis heute. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei den dokumentierten, weiter zurückliegenden Tsunamis eher um markante Wellenhöhen handeln muss. In diesen Fällen ordnet K.A.R.L. dem Run-Up einen Schätzwert von 2,55 m zu. Um die Tsunami-Häufigkeiten zu ermitteln, werden alle Tsunamis in einem vordefinierten Gebiet analysiert.</p>	
<i>Tsunami-Häufigkeit</i>	<p>Das Diagramm zeigt die Wellenhöhen (Run-Ups) am untersuchten Standort, die von einem Tsunami-Ereignis ausgelöst werden, in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Wiederkehrperioden werden. Die Höhenangaben beziehen sich auf den mittleren Meeresspiegel. Maßgeblich für die Risikoanalyse ist die dargestellte Regressionsgerade.</p>
<i>Vulnerabilität Tsunami</i>	<p>Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Wellenhöhe (in Meter über Geländehöhe) an. Diese Vulnerabilitäten werden zur Berechnung der Risikozahlen benötigt. An dieser Stelle werden auch Angaben zum Schutzziel gemacht. In bestimmten Fällen schätzt K.A.R.L. ein Schutzziel, wenn der Nutzer dazu keine Angaben gemacht hat. Mehr Informationen dazu sind im Glossar in Kapitel B zu finden.</p>
<i>Risikokennzahlen Tsunami</i>	<p>Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Tsunamirisikos am Standort.</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

3.4. Überschwemmung	
<p>Einleitende Hinweise: Die Gefährdung durch Überschwemmung wird auf Basis des digitalen Höhenmodells bestimmt. Das Modell untersucht die Geländehöhen der näheren Umgebung und überprüft, ob sich der Standort in einer Senke oder in einer Höhenlage mit guten oder schlechten Abflussbedingungen befindet. Ggf. werden diese Analysen mit vorhandenen Messdaten ergänzt.</p>	
Hydrographische Kenndaten	<p>Die Tabelle listet die ermittelte Überschwemmungshöhen für verschiedene WKPs auf. In der Liste ist auch die Geländehöhe am Standort eingeordnet, um schnell sehen zu können, ab welchen Überschwemmungshöhen der Standort betroffen sein könnte.</p>
Vulnerabilität Überschwemmung	<p>Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Überschwemmungshöhe an. Diese Vulnerabilitäten werden zur Berechnung der Risikozahlen benötigt.</p>
Risikokennzahlen Überschwemmung	<p>Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Überschwemmungsrisikos am Standort</p>
3.5. Starkregen	
<p>Einleitende Hinweise: Zur Berechnung der Starkregen-Gefährdung und des daraus resultierenden Risikos kommt ein bei der KA entwickeltes Modell zum Einsatz, das auf global verfügbaren Klimadaten basiert und das anhand gemessener Niederschlagsdaten von mehr als 1.700 weltweit verbreiteter Wetterstationen kalibriert wurde. Dieses Modell liefert für jeden Punkt der Erde (außer der Antarktis) die für Wiederkehrperioden zwischen 1 und 10.000 Jahren zu erwartenden Näherungswerte der maximalen Tagesniederschläge. Weiterführende Informationen können im K.A.R.L. Insights: Starkregen (01/2018) [17] nachgelesen werden.</p>	
Maximale Tagesniederschläge	<p>Die Tabelle listet die ermittelten maximalen Tagesniederschläge für verschiedene WKPs auf.</p>
Risikokennzahlen Starkregen	<p>Folgende von K.A.R.L. ermittelten Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Starkregenrisikos am Standort</p>

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

3.6. Sturmflut	
<p>Einleitende Hinweise: K.A.R.L. geht davon aus, dass nur die Standorte, die tiefer als 10 m über dem Meeresspiegel und gleichzeitig näher als 30 km an der Küste liegen, durch Sturmfluten gefährdet sind. Die Ermittlung der Sturmflutgefährdung mit K.A.R.L. und des daraus resultierenden Risikos basiert auf Analysen der statistisch möglichen Windgeschwindigkeiten im Seegebiet vor der Küste, den regionalen Gezeiteinflüssen sowie der Geometrie des Küstenverlaufs. Hieraus wurden maximale Wasserstände bzw. Wellenhöhen abgeleitet, die bei Sturmfluten unterschiedlicher statistischer Wiederkehrperioden zu erwarten sein sollten. Dies bedeutet, dass die nachfolgenden Aussagen einen qualitativen Charakter aufweisen und die ausgegebenen Zahlenwerte von den realen Bedingungen abweichen können. Eine genauere Überprüfung der Risikolage vor Ort ist deshalb anzuraten.</p> <p>Für zahlreiche Küstenabschnitte weltweit kann K.A.R.L. jedoch auch auf konkret gemessene Wasserstandsdaten zurückgreifen, die eine statistisch belastbare Gefährdungsanalyse erlauben.</p>	
Hydrographische Kenndaten (seeseitige Wellenhöhen)	Die Tabelle listet die ermittelten Überschwemmungshöhen durch Sturmflut für verschiedene WKPs auf.
Sturmflut-Häufigkeit	Das nachfolgende Diagramm zeigt zu erwartende seeseitige Höhen von Brandungswellen, die bei einem Sturmflut-Ereignis in unmittelbarer Ufernähe (weniger als 500 m) auftreten können, in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Wiederkehrperioden. Die Höhenangaben beziehen sich auf den mittleren Meeresspiegel. Zusätzlich werden die damit verbundenen mutmaßlichen Höhen, bis zu denen diese Wellen Schaden anrichten könnten, am Standort selbst in Metern über Geländeniveau angegeben.
Vulnerabilität Sturmflut	Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Fluthöhe an. Diese Vulnerabilitätskurve wird zur Berechnung des Risikos benötigt.
Risikokennzahlen Sturmflut	Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Sturmflutrisikos am Standort
3.7. Sturm	
<p>Einleitende Hinweise: Die Berechnung der Sturm-Gefährdung mit K.A.R.L. beruht auf eigenen Auswertungen der KA von ca. 5000 weltweit verteilten Wetterstationen, über die auswertbare langjährige Messreihen bezüglich der lokalen Windgeschwindigkeiten vorliegen. Hierbei wird nicht zwischen tropischen Wirbelstürmen und außertropischen Stürmen unterschieden. Darüber hinaus wurde mithilfe digitaler Höhenmodelle untersucht, inwieweit die morphologische Exposition des Standortes Einfluss auf die dort zu erwartenden maximalen Windgeschwindigkeiten ausüben könnte.</p>	

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

Sturmhäufigkeit	Das Diagramm zeigt die von K.A.R.L. für den Standort ermittelten Windgeschwindigkeiten für Ereignisse verschiedener Wiederkehrperioden.
Vulnerabilität Sturm	Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Windgeschwindigkeit an. Diese Vulnerabilitätskurve wird zur Berechnung des Risikos benötigt.
Risikokennzahlen Sturm	Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Sturmrisikos am Standort
3.8. Tornado	
Einleitende Hinweise: Die Tornado-Gefährdung wird von K.A.R.L. anhand der regionalen Klimaparameter und geographischen Faktoren ermittelt. Hierbei wurde im Rahmen von Modellrechnungen außerdem berücksichtigt, dass weite Ebenen oder nur leicht hügeliges Gelände das Auftreten von Tornados begünstigen, hingegen eine stark strukturierte Landschaft ihr Entstehen eher behindert bzw. lediglich Tornados von relativ kurzer Lebensdauer zulässt. Die Kalibrierung des Modells erfolgte auf Basis von Wetter- und Klimadaten aus den USA [11].	
Risikokennzahlen Tornado	Hier wird zum einen der von K.A.R.L. ermittelte Maximalschaden (in % und WE) und das relative Risiko (in % pro Jahr) angegeben. Eine Abstufung der Risiken nach verschiedenen WKPs wie bei anderen Naturgefahren führt auf Grund der verfügbaren Datenlage bei Tornados nicht zu statistisch belastbaren Aussagen und ist somit nicht sinnvoll. Der hier berechnete Maximalschaden ist immer 100 %, da von einem Totalschaden auszugehen ist, wenn ein Tornado einen Standort trifft. Generell stellen Tornados selbst in Gebieten, wo sie vergleichsweise häufig auftreten, keine außergewöhnlich große Gefahr dar, weil sie nur relativ kleine Flächen erfassen und verwüsten. Mehr Informationen dazu sind in Kap. 1.3.9 zu finden.
3.9. Hagel	
Einleitende Hinweise: Die Berechnung der Hagel-Gefährdung mit K.A.R.L. beruht auf einem von der KA entwickelten Hagel-Modell. Hierbei wurde auf der Grundlage regionaler Klimaparameter untersucht, inwieweit diese das Auftreten von Hagel entweder begünstigen oder verhindern und sich in ihrer Wirkungsweise eventuell auch gegenseitig kompensieren können. Da Hagel zudem in den meisten Fällen an Gewitter gebunden ist, wurde auch die Blitzhäufigkeit in die Modellrechnungen einbezogen. Die Kalibrierung des Modells erfolgte auf Basis von Wetter- und Klimadaten aus den USA [11].	

Tabelle 3.3 Fortsetzung von vorheriger Seite

<p><i>Vulnerabilität Hagel</i></p>	<p>Das Diagramm zeigt die Vulnerabilitätskurve für das vom Nutzer ausgewählte Untersuchungsobjekt (z.B. Immobilie, Produktionshalle). Die Vulnerabilitätskurve gibt den zu erwartenden prozentualen Schaden in Abhängigkeit zur Hagelkorngroße (in cm) an. Diese Vulnerabilitätskurve wird zur Berechnung des Risikos benötigt.</p>
<p><i>Risikokennzahlen Hagel</i></p>	<p>Folgende von K.A.R.L. ermittelte Risikokennzahlen werden hier dargestellt: verschiedene (je nach Gefährdungslage) PML-Werte (in % und in WE), berechneter Maximalschaden (in % und WE) und relatives Risiko (in % pro Jahr), Einstufung des Hagelrisikos am Standort</p>

A. Gebäudespezifische Vulnerabilitäten

Im vorliegenden Kapitel werden die gebäudespezifischen Vulnerabilitäten dargestellt, die für die spezifischen Anforderungen bei Hypothekendeckungswerten oder zur Immobilienfinanzierung entwickelt wurden. Dazu werden zunächst die verschiedenen, relevanten Gebäudecluster erarbeitet, die zur Ermittlung ordentlicher Deckungswerte der Hypothekendeckungsmasse oder zur Immobilienfinanzierung eine Rolle spielen. Für die ausgewählten Gebäudecluster werden im zweiten Abschnitt dieses Kapitel konkrete Vulnerabilitätskurvensätze festgelegt und beschrieben.

A.1. Immobiliencluster

Es wurden sechs Immobilientypen (siehe Tabelle A.1) bestimmt [20], [21], die hinsichtlich einer Risikoanalyse differenziert berücksichtigt werden müssen. Diese Immobilientypen werden zusätzlich entweder nach der Etagenanzahl oder nach dem Vorhandensein eines Kellers in verschiedene Immobiliencluster unterteilt. Dabei wurde angenommen, dass alle Objekte eines Immobilienclusters ähnliche Empfindlichkeiten (Vulnerabilitäten) hinsichtlich der Einwirkung von Naturgefahren aufzeigen, so dass jeweils ein Cluster-spezifischer Vulnerabilitätskurvensatz benötigt wird.

Für den Nutzer bedeutet dies, dass er für eine Risikoanalyse sein Untersuchungsobjekt einem der Immobiliencluster zuordnen muss.

Wie bereits erwähnt, werden einige Immobilientypen auch nach der Geschossanzahl des Objektes differenziert. Dies gilt für die Immobilientypen „Geschosswohnungsbau“ und „Bürogebäude“ sowie „Hospitality“ und bedeutet, dass es mehrere Vulnerabilitätskurven in Abhängigkeit zur Geschossanzahl für diesen Immobilientyp gibt. Die zusätzliche Differenzierung der Immobilien wurde eingeführt, da die Vulnerabilitäten über den anteiligen Schaden (in % des Wertes) definiert werden und dieser im Falle einiger Naturgefahren (wie z.B. Überschwemmung und Sturm) stark mit der Höhe variiert [20]. So ist z.B. ein Hochhaus mit mehr als fünf Stockwerken bei gleichem Wasserstand anteilig weniger von einer Überschwemmung betroffen als ein zweigeschossiges Immobilienobjekt. Ein weiterer Differenzierungsfaktor ist das Vorhandensein eines Kellers bei den eigennutzungsfähigen Immobilien (IMCL04 und IMCL05).

Die Bauweise einer Immobilie ist ein wichtiger Faktor für die Anfälligkeit eines Gebäudes. Da die Mehrheit der Immobilienobjekte in der Pfandbriefdeckung eine massive Bauweise und harte Bedachung haben, wird dies bei der Bildung der Vulnerabilitäten vorausgesetzt [20]. Lediglich bei Ein- und Zweifamilienhäusern (IMCL04 und IMCL05) werden auch Fertighäuser berücksichtigt, die häufig in Leichtbauweise angefertigt sind. Weitere Ausnahmen (häufiger in anderen Ländern, wie z.B. USA) müssten gesondert betrachtet werden.

Der Immobilientyp „Ein- und Zweifamilienhaus“ (IMCL04 und IMCL05) bezieht sich nur auf eigennutzungsfähige Wohnimmobilien. Alle anderen Immobilientypen sind entweder nicht eigennutzungsfähige Wohnimmobilien mit oder ohne gewerblichem Anteil oder rein gewerblich genutzte Immobilien.

Darüber hinaus wird angenommen, dass abgesehen von den Immobilienclustern IMCL04 und

IMCL08 alle Immobilien unterkellert sind [20]. Für den Standardfall wird davon ausgegangen, wenn ein Keller vorhanden ist, dass sich die Technische Gebäudeausstattung (TGA) in diesem befindet [20]. Laut Sachverständigem haben in der Regel mehrgeschossige Gebäude einen Keller, wo sich die TGA auch befindet [22].

Tabelle A.1.: Immobilientypen bzw. -cluster und Differenzierungsparameter.

Immobilientyp/Cluster	Merkmale	Differenzierung	Cluster-ID
Geschosswohnungsbau (Mehrfamilienhaus auch mit geringem gewerblichem Anteil)	nicht eigennutzungsfähig, mehrgeschossig, unterkellert, Massivbauweise	1-2 Etagen	IMCL01
		3-7 Etagen	IMCL02
		über 7 Etagen	IMCL03
Ein-/Zweifamilienhaus (Reihenhaus, Fertighaus, freistehendes Haus)	eigennutzungsfähige Wohnimmobilie, i.d.R. ein- bis zweigeschossig	ohne Keller	IMCL04
		mit Keller	IMCL05
Bürogebäude (auch Geschosswohnungsbau mit hohem gewerblichen Anteil, wie z.B. Geschäfte, Arztpraxen, Werkstätten)	nicht eigennutzungsfähig, mehrgeschossig, unterkellert, Massivbauweise	1-2 Etagen	IMCL01
		3-7 Etagen	IMCL02
		über 7 Etagen	IMCL03
Hospitality (Hotel, Sozialimmobilien, etc.)	Hochwertige Technische Ausstattung (z.B. Aufzüge, Lüftungsanlagen, Großküchen), unterkellert	bis 4 Etagen	IMCL06
		über 4 Etagen	IMCL07
Flachdachhalle (Fachmarkt, Supermarkt, Logistikhalle)	eingeschossig, Flachdach, Technik auf dem Dach		IMCL08
Shopping-Center	Hochwertige TGA, eher großflächige Bauweise, unterkellert		IMCL09

Eigentumswohnungen (ETW) werden so behandelt wie das Gesamtobjekt, in dem sie sich befinden. So würde zum Beispiel eine ETW in einem Geschossbau mit 7 Stockwerken der Vulnerabilitätsatz des Clusters IMCL03 zugeordnet werden. Dies lässt sich zum einen damit begründen, dass der Besitzer einer ETW anteilig sich an den Kosten bei Gebäudeschäden beteiligen muss unabhängig davon, ob die eigene ETW davon betroffen ist. Zum anderen bezieht sich der mit K.A.R.L. abgeschätzte mögliche Schadenwert nicht auf den Wert des Gesamtobjektes, sondern auf den Wert der ETW oder er wird als prozentualen Schadenwert angegeben.

Generell werden nur die Immobilien inkl. TGA betrachtet, aber nicht deren sonstiger Inhalt (z.B.

Inventar, Ware) und auch keine durch ein Schadenereignis bedingte Betriebsunterbrechungen. Somit ist grundsätzlich auch die Nutzungsart des Objektes irrelevant. Ausnahme ist die Unterscheidung zwischen eigennutzungsfähigen und nicht eigennutzungsfähigen Wohnimmobilien (nähere Erläuterungen dazu in Kap. A.3.3). Objekte aus den Immobilienclustern Hospitality (z.B. Hotels und Krankenhäuser) und auch Shopping-Center haben meist sehr hochwertige technische Ausstattungen (Großküchen, Rolltreppen, Belüftungsanlagen, etc.), die in den Gebäudewert mit einfließen und auch die Anfälligkeit der Immobilie gegenüber Naturgefahren beeinflussen [22].

Mit der Cluster-ID (Spalte 4 in Tab. A.1 Immobiliencluster (IMCL)) kann ein Immobiliencluster eindeutig zugeordnet werden. Diese dient lediglich zur vereinfachten und eindeutigen Beschreibung im Text.

Die hier definierten, gebäudespezifischen Vulnerabilitäten beziehen sich auf Objekte, die nach deutschen Baumaßstäben gebaut wurden. Je nach Gebäudetyp können sich die Bauweisen und somit auch die Vulnerabilitäten weltweit teilweise sehr stark unterscheiden. Dies muss ggf. berücksichtigt werden, wenn Gebäude außerhalb von Deutschland analysiert werden sollen.

Die im Folgenden dargestellten Vulnerabilitätskurven garantieren ausdrücklich nicht die Passung der Vulnerabilität für jedes einzelne Objekt. Die Entscheidung über die Anwendbarkeit der Vulnerabilität für das einzelne Objekt liegt stets beim Anwender.

A.2. Beschreibung der Vulnerabilitäten für Geschosswohnungsbau und Bürogebäude mit 3 bis 7 Geschossen (IMCL02)

Im folgenden Kapitel werden die Vulnerabilitätskurven für die Immobiliencluster Geschosswohnungsbau und Büroimmobilien mit 3 bis 7 Geschossen (IMCL02) ausführlich beschrieben und typische Schadenbilder werden aufgezeigt, die sich durch das Einwirken der jeweiligen Naturgefahr ergeben können. Berechnungen von konkreten monetären Schadenwerten beziehen sich in diesem Unterkapitel immer auf eine Art Standardobjekt oder mittleres Objekt aus diesem Gebäudecluster IMCL02 mit 5 Geschossen und einem Objektwert von 5 Mio. Euro. Für mehrgeschossige Bürogebäude gelten dieselben Vulnerabilitätskurven.

A.2.1. Überschwemmung, Tsunami und Sturmflut

Die angefertigte Vulnerabilitätskurve (VK) für das Immobiliencluster IMCL02 gegenüber der Naturgefahr Überschwemmung (durch Flut, Tsunami oder Sturmflut) ist in Abbildung A.1 dargestellt und basiert auf folgenden allgemeinen Annahmen: Die Schadenhöhe an Gebäuden bei Überschwemmungen wird von einer Vielzahl an Faktoren, z.B. Wasserstand, Überflutungsdauer, Fließgeschwindigkeiten und Vorsorgemaßnahmen bestimmt. Auswertungen von starken Überschwemmungsereignissen in der Vergangenheit (z.B. Elbhochwasser 2002) haben gezeigt, dass die Überflutungshöhe einer der wichtigsten schadenbestimmenden Faktoren ist [23]. Für die Risikoanalysen in K.A.R.L. wird somit der entstehende Schaden an Gebäuden in Abhängigkeit zum Wasserstand gesetzt (siehe Abb. A.1). Durch Salzwasser verursachte Schäden an Gebäuden sind auf Grund der Korrosionswirkung meist gravierender, insbesondere an der TGA. Da jedoch eindringendes Süßwasser regelmäßig verunreinigt ist (z.B. durch auslaufendes Öl aus Heizungsanlagen), gleicht sich das Schadenmaß im Normalfall dem durch Salzwasser an [22]. Ist der Wasserstand so hoch, dass der Keller komplett vollläuft, ist die TGA unabhängig von der Wasserart irreparabel zerstört. Deshalb wird für Überschwemmun-

gen durch Tsunami, Sturmflut oder Süßwasser dieselbe Vulnerabilitätskurve angenommen.

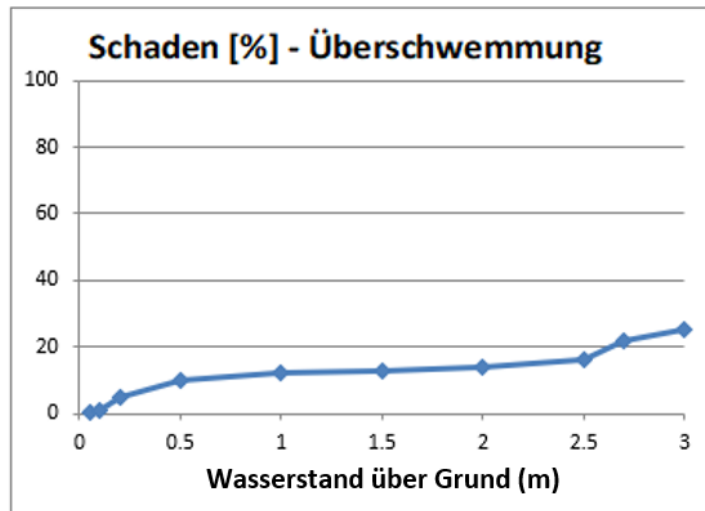


Abbildung A.1.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Überschwemmung (VK Überschwemmung). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Überschwemmungshöhe [m] für das Immobiliencluster IMCL02.

In der gebäudespezifischen VK Überschwemmung (Abb. A.1) wird davon ausgegangen, dass erste Überschwemmungsschäden von ca. 1 % (des Objektgesamtwertes) ab einer Wasserhöhe von ca. 5 cm über Grund auftreten. Bei dieser Wasserhöhe treten noch keine strukturellen Gebäudeschäden auf. Die Schadenbilder beschränken sich auf leichtere Durchfeuchtungsschäden und Verschmutzungen [24]. Bei der Definition einer verallgemeinernden Vulnerabilitätskurve wurde berücksichtigt, dass je nach Gebäudebauweise bei geringen Wasserstandshöhen schon Wasser in den Keller des Gebäudes eindringen und dort auf Grund von schadensrelevanten Wasserständen auch Schäden hervorrufen kann [25]. Allerdings wurde auch berücksichtigt, dass schon einfache Maßnahmen (z.B. in Form von Stufen) einen Schutz gegen Hochwasser bieten können und es daher auch möglich ist, dass bei diesen Wasserständen noch kein Schaden am Gebäude entsteht.

In der VK Überschwemmung (Abb. A.1) wird bei einem Wasserstand von 3 m von einem Maximalschaden von 25 % ausgegangen [24]. Für das angenommene Standardgebäude des IMCL04 wird somit der Maximalschaden auf ca. 1,25 Mio. Euro geschätzt. Die Schadenbilder bei hohen Wasserständen sind typischerweise: zerstörte TGA und Aufzugselektronik, eingedrückte Türen und Fenster, Durchfeuchtungsschäden (Dämmung, Putz), Kontaminationen sowie strukturelle Gebäudeschäden (Risse in Wänden, Austausch von Ausbauteilen).

Die Kurve zwischen den beiden Extremen steigt nahezu linear an. Es gibt einen etwas steileren Anstieg bis 0,5 m Wasserhöhe, da angenommen wird, dass ab dieser Höhe in der Regel die TGA irreparabel geschädigt wird, da das Wasser mit großer Sicherheit in das Erdgeschoss und in den Keller eindringt.

Ein weiterer Sprung in der Vulnerabilitätskurve befindet sich zwischen 2,5 und 2,7 m. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ab dieser Höhe das Wasser das nächste Stockwerk erreicht und somit der Schadenwert sprunghaft ansteigt (siehe auch [24]).

Steigendes Grundwasser - ein Effekt, der bei Überschwemmungsereignissen meist auftritt -

kann durch unzureichend abgedichtete Kellergeschosse schon bei geringen Überschwemmungshöhen oder schon vor Überflutung des Geländes in den Keller des Gebäudes eindringen. Dieser Effekt wird momentan weder im K.A.R.L.- Modell noch in den Vulnerabilitäten berücksichtigt.

Ein Totalschaden durch Überschwemmung ist bei massiver Bauweise sehr unwahrscheinlich, allerdings nicht komplett unmöglich (z.B. Kontamination durch verschmutztes Wasser, Unterspülung der Fundamente). In einer Vulnerabilitätskurve, die eine gewisse Allgemeingültigkeit haben soll, können wie zuvor erläutert extreme Fallbeispiele nicht berücksichtigt werden.

Studien zeigen, dass die Schadenhöhe durch Überschwemmung an Gebäuden ohne Keller im Mittel geringer ausfällt, was darauf zurückzuführen ist, dass heutzutage Kellerräume die gesamte Haustechnik und im Bereich Wohn-Immobilien häufig hochwertig ausgebaute Wohn- und Nutzräume enthalten [25]. Wie in Kapitel A.1 erwähnt, wurde bei der Festlegung der Vulnerabilität in Abbildung A.1 davon ausgegangen, dass die hier betrachteten mehrgeschossigen Büro- und Wohngebäude (abgesehen von IMCL04) alle einen Keller haben, in dem die TGA untergebracht ist.

A.2.2. Sturm und Tornado

Die angefertigte Vulnerabilitätskurve für das Immobiliencluster IMCL02 gegenüber der Naturgefahr Sturm und Tornado ist in Abbildung A.2 dargestellt und basiert auf folgenden allgemeinen Annahmen:

Generell ist die Zahl der massiven Sturmschäden an einzelnen Gebäuden sehr gering. Die beachtlichen Gesamtschäden von großflächigen Stürmen sind im Wesentlichen auf die große Zahl kleiner und mittlerer Schäden an Fassaden und Dächern zurückzuführen [26]. Darüber hinaus sind vor allem alle außen angebrachten Gegenstände, wie z.B. Markisen, Fensterläden, Antennen, Solarmodule, Sonnenschutz etc. von Sturm betroffen. Bei massiver Bauweise ist das Dach weniger empfindlich, nur die Technik (z.B. Klimaanlage oder Antennen) oder Anbauten (z.B. Werbebanner), die auf dem Dach angebracht sind, können beschädigt werden [22].

Die Vulnerabilitätskurve in Abbildung A.2 beschreibt das Ausmaß des Sturmschadens in Abhängigkeit zu den auftretenden Böen-Geschwindigkeiten (in km/h). Windböen sind maximale Windgeschwindigkeiten, die mindestens für 3 Sekunden anhalten und i.d.R. über dem üblicherweise gemessenen Zehn-Minuten-Mittelwert der Windgeschwindigkeit liegen.

In der VK Sturm (Abb. A.2) wird davon ausgegangen, dass erste Schäden bei Windböen ab 80 km/h auftreten. Der Schadenanteil wird auf 0,1 % bei 95 km/h (schwerer Sturm, Windstärke 10) geschätzt. Dies entspricht bei einem Standardobjekt des IMCL02 einem Schadenwert von 5.000 Euro. Bei Windgeschwindigkeiten von ca. 200 km/h (Orkan, Windstärke 12) wird von einem Schaden von 10 % ausgegangen, was einem Schadenwert von 500 Tsd. Euro für ein IMCL04-Standardobjekt entsprechen würde. Schäden in diesem Ausmaß könnten durch abgedeckte Dächer oder umgefallene Bäume und damit verbundene Folgeschäden entstehen.

Spitzenböen von 200 km/h treten in Deutschland nur bei extremen Sturmereignissen (z.B. Winterstürmen) in exponierten Lagen auf. Einer der schadenträchtigen Stürme in Deutschland der letzten Jahre war der Orkan Kyrill (2007). Damals wurden auf dem Brocken Spitzenböen von bis zu 200 km/h gemessen und im Flachland maximale Böen von 120 km/h bis 130 km/h.

Höhere Windgeschwindigkeiten vor allem im Flachland können in Deutschland durch Tornados erreicht werden. Dieses lokale und zeitlich sehr begrenzte Ereignis ist eher selten, hat aber eine extrem hohe Zerstörungskraft. K.A.R.L. geht daher beim direkten Auftreffen eines Tornados

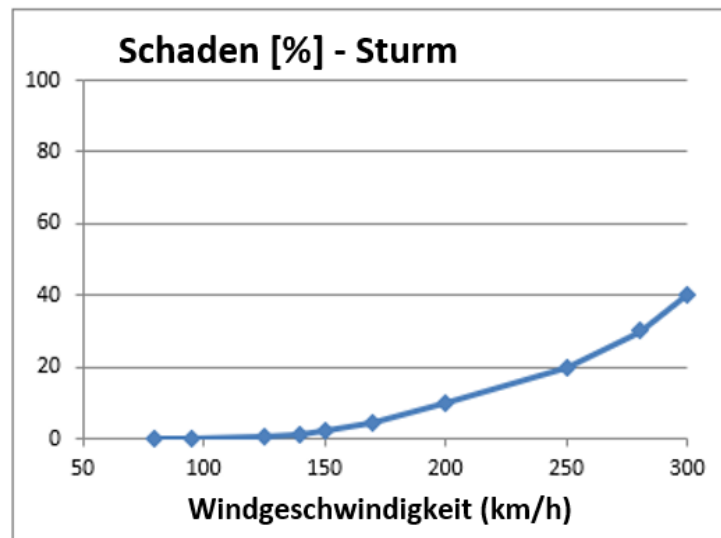


Abbildung A.2.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Sturm (VK Sturm). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Windgeschwindigkeit [km/h] für das Immobiliencluster IMCL02.

auf ein Objekt immer von einem Schadenanteil von 100 % aus.

Die VK Sturm (Abb. A.2) zeigt einen maximalen Schadenanteil von 40 % bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h. Windgeschwindigkeiten von dieser Stärke werden in Deutschland nahezu nie gemessen. Diese Werte beziehen sich eher auf Schäden durch tropische Wirbelstürme, wovon z.B. die Küstenregionen der USA oder Japan betroffen sein können.

Der Innenraum von Gebäuden wird bei Sturmereignissen in der Regel nur dann beschädigt, wenn als Folgeschaden zerstörter Fenster oder Dächer Feuchtigkeit in die Innenräume eindringen kann. Die hier beschriebene gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve für Sturm wurde in Abstimmung mit einem Gebäudesachverständigen [22] und in Anlehnung an wissenschaftliche Studienergebnisse z.B. von Munich Re (2001) [27] definiert.

A.2.3. Hagel

Die angefertigte gebäudespezifische VK gegenüber der Naturgefahr Hagel ist in Abbildung A.3 für das Cluster IMCL02 dargestellt und basiert auf folgenden allgemeinen Annahmen: Bei Hagel sind ähnlich wie bei Sturm in erster Linie Schäden an Dach und Fassaden, Fensterläden oder Fenstern, d.h. an der Gebäudehülle, zu erwarten. Besonders anfällig für Hagelschäden auf Dächern sind Oberlichtkuppeln, Kunststoffelemente und Solaranlagen. Höhere Geschossbauten (wie hier betrachtet) haben in der Regel Flachdächer, die zusätzlich begrünt oder bekiest sind. Somit ist der darunterliegende Dachbelag relativ gut gegen Hagel geschützt [22].

Art und Stärke der Hagelschäden sind von verschiedenen Faktoren abhängig: Anzahl der Hagelkörner pro Quadratmeter, Größe und Form der Hagelkörner, lokale Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen sowie die Aufprallgeschwindigkeit der Hagelkörner [28]. Der Hagelkorngröße kommt dabei die größte Bedeutung zu. Je größer und schwerer ein Hagelkorn ist, desto mehr Schaden kann es anrichten.

Die entsprechende Vulnerabilitätskurve in Abbildung A.3, die bei der Risikoberechnung durch

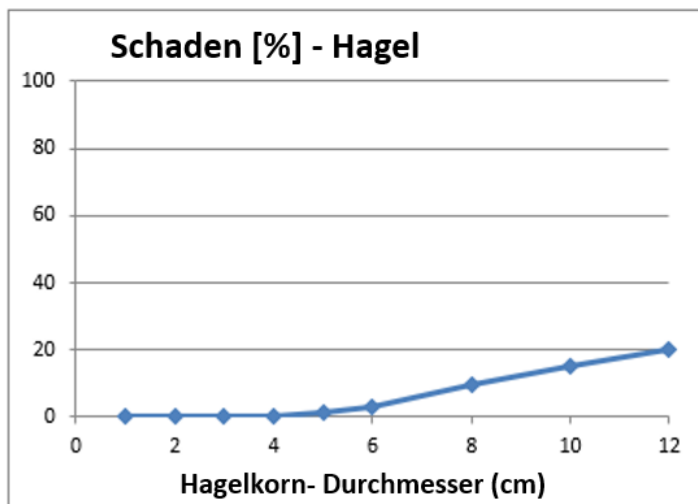


Abbildung A.3.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve für Hagel (VK Hagel). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Hagelkorngröße [cm] für das Immobiliencluster IMCL02.

K.A.R.L. berücksichtigt wird, beschreibt das Ausmaß von Hagelschäden in Abhängigkeit zum Durchmesser der Hagelkörner.

In der VK Hagel (Abb. A.3) ist zu sehen, dass erste Hagelschäden an Gebäuden ab Korngrößen von 4 cm erwartet werden. Der Schadenanteil wird auf 1,5 % bei einem Hageldurchmesser von 5 cm geschätzt, was einer Schadenssumme von 75 Tsd. Euro für ein IMCL02-Standardobjekt entsprechen würde. Der Schadenanteil steigt ab Korngrößen von 6 cm nahezu linear an bis zu einem Schadensatz von 20 % bei Hagelkorngrößen von 12 cm. Dies entspricht einer Schadenssumme von 1 Mio. Euro für ein IMCL02-Standardgebäude. Hagelschäden in diesem Ausmaß können sich durch zerstörte Fenster, Dächer, Solaranlagen und Fassaden und damit verbundene Folgeschäden ergeben.

Besonders große Hagelkörner (ab 10 cm) treten extrem selten in Deutschland auf. Sie können auch eine erhebliche Gefahr für Menschen- und Tierleben darstellen.

Der Innenraum von Gebäuden ist i.d.R. bei Hagelereignissen nicht betroffen. Nur im Extremfall kann Feuchtigkeit in die Innenräume eindringen als Folgeschaden zerstörter Fenster oder Dächer. Ein wichtiger Aspekt sollte laut Sachverständigem [22] berücksichtigt werden: Der Hagelwiderstand von Materialien nimmt mit zunehmendem Alter ab (Beispiel Kunststoff: Versprödung durch Sonneneinstrahlung, Temperatureinflüsse, etc.). In Regionen mit großen sowohl täglichen als auch jahreszeitlichen Temperaturschwankungen (wie z.B. Bayern, am Alpenrand, Sachsen) werden Materialien extrem beansprucht und somit anfälliger für Hagelschäden (z.B. Oberlichter).

Grundsätzlich zeigen moderne Wohngebäude (eher kleinere Privatimmobilien, z.B. Einfamilienhaus (EFH)) wesentlich höhere Exponierungen gegenüber Hagel als Gebäude nach traditionellen Bauverfahren, also mit massiven Außenwänden in Form von Putz- oder Klinkerfassaden. Als besonders empfindlich gegen die Einwirkung von Hagel zeigen sich Fassaden aus einem Wärmedämmverbundsystem [29].

A.2.4. Erdbeben

Die angefertigte gebäudespezifische VK gegenüber der Naturgefahr Erdbeben für das Cluster IMCL02 ist in Abbildung A.4 dargestellt.

Für die Risikoberechnungen durch K.A.R.L. wird das Schadenausmaß an Gebäuden durch Erdbeben in Abhängigkeit zur Erdbebenintensität nach der Modifizierten-Mercalli-Skala (MM) beschrieben (siehe [16]). Die Mercalliskala ist eine zwölfteilige Intensitätsskala, die Erdbeben nach sicht- und fühlbaren Auswirkungen am Ort der Beobachtung einteilt. Die Stufen sind jeweils zu am Ort fühlbaren Bodenbeschleunigungen assoziiert. Allgemein gilt: Die Intensität ist ein Maß für die Auswirkungen eines Bebens. Sie beschreibt die Folgen der Erschütterung für Menschen und Gebäude an einem bestimmten Ort.

Die Erdbeben-Stärke bzw. Magnitude gibt dagegen Auskunft über die während eines Bebens freigesetzte Energie. Da die am Erdbebenherd freigesetzte Energie keine direkten Rückschlüsse auf die Wirkung des Bebens auf Gebäude, in unterschiedlichen Distanzen und auf unterschiedlichen Untergründen stehend, zulässt, ist die Magnitude zur Risikomodellierung ungeeignet.

Ein „sehr starkes“ Erdbeben der Stufe 7 auf der MM-Skala wird durch folgende Auswirkungen charakterisiert: Selbst in fahrenden Autos spürbar, das Stehen wird schwierig, Schäden an Möbeln, lose Mauersteine fallen herab, Gebäude in unzureichender Bauweise oder mit fehlerhaftem Bauentwurf werden stark beschädigt, leichte bis mittlere Schäden an normalen Gebäuden, Schäden vernachlässigbar bei guter Bauweise und -art. Eine solche Intensität kann unter ungünstigen Umgebungsbedingungen durch Beben mit einer Magnitude ab etwa 4.7 erreicht werden.

Bei der Definition der gebäudespezifischen VK Erdbeben in Abbildung A.4 wurde davon ausgegangen, dass erste nennenswerte Schäden (von ca. 1%) an Gebäuden ab einer Erdbebenintensität von VII angenommen werden. Für das IMCL02-Standardgebäude würde dies einem Schaden von 50 Tsd. Euro entsprechen. Bei Erdbeben dieser Intensität können Gebäudeschäden wie Risse im Verputz, auch größere Mauerrisse oder Beschädigungen durch herabfallende Gegenstände entstehen.

Ab einer Intensität von VII steigt der Schadenanteil in der VK Erdbeben (Abb. A.4) mit Zunahme der Intensität stark an. Bei einer Intensität von VIII wird ein Schaden von 10 % (d.h. 500 Tsd. Euro für IMCL02-Standardgebäude) angenommen. Erdbeben ab Intensität VIII können folgende Schäden verursachen: Schwere Gebäudeschäden auch an soliden Bauwerken (z.B. Wand- und Dacheinstürze), einströmendes Wasser, welches in Folge von Rohrbrüchen das Erdgeschoss flutet, sowie Einsturz von Bauten ist möglich.

Ein Totalschaden wird bei Erdbebenintensitäten von XII oder mehr erwartet. Bei dieser Intensität ist damit zu rechnen, dass selbst erdbebensicher gebaute Gebäude kollabieren und es sogar zur Bildung von Rissen im Erdboden kommt.

In Deutschland werden Erdbeben meist nur mit einer relativ geringen Stärke beobachtet. Dies liegt daran, dass Deutschland selbst mitten auf der Eurasischen Kontinentalplatte liegt. Die nächste Plattengrenze, in deren Nähe die meisten der Erdbeben entstehen, ist relativ weit entfernt.

Bei der Definition der VK für Erdbeben wurden deutsche Bauweisen und Vorschriften zugrunde gelegt, die keinen besonderen Schwerpunkt auf erdbebensicheres Bauen legen. Ein vorschriftsmäßig nach deutschen Maßstäben errichtetes Gebäude ohne Baumängel würde daher in einer Erdbebenregion, wie z.B. San Francisco, bei den dort zu erwartenden Intensitäten

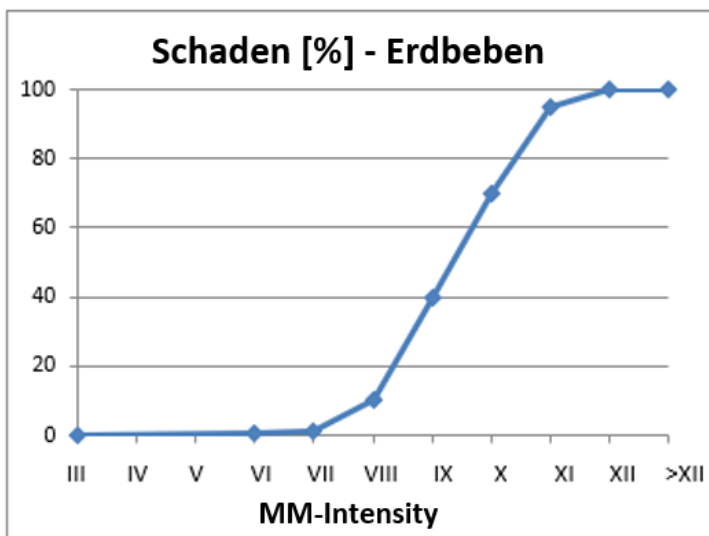


Abbildung A.4.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve für Erdbeben (VK Erdbeben). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Erdbebenintensität nach der Modifizierten-Mercalli-Skala (MM) für das Immobiliencluster IMCL02.

schwere Schäden erleiden. Ein nach örtlichen Vorschriften errichtetes Gebäude von ansonsten vergleichbarer Qualität würde dagegen deutlich stärkere Erdbeben aushalten.

Die an deutschen Baumaßstäben orientierte VK würde also für ein Gebäude in San Francisco mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer deutlichen Überschätzung des Risikos führen.

A.2.5. Vulkanismus

Die angefertigte gebäudespezifische VK gegenüber der Naturgefahr Vulkanismus für das Cluster IMCL02 ist in Abbildung A.5 dargestellt. Der Schadenanteil wird hier in Abhängigkeit zur Entfernung zum ausgebrochenen Vulkan beschrieben, da unabhängig vom Typ des betrachteten Vulkans davon ausgegangen werden kann, dass die Schäden mit zunehmender Entfernung zum Vulkan abnehmen.

Bis zu einer Entfernung von 2 km zum aktiven Vulkan wird von einem Totalschaden, d.h. von einem Schadenanteil von 100 %, ausgegangen. Gebäude werden dabei in erster Linie dadurch völlig zerstört, dass Lavaströme oder pyroklastische Ströme das Gebäude erreichen könnten [30]. Im Einzelfall können pyroklastische Ströme bis zu 400 km/h schnell werden und bis zu 60 km Entfernung zurücklegen. Schäden an Gebäuden, die sich relativ nah am Vulkan (bis wenige Kilometer Entfernung) befinden, können auch durch Schlackenwurf Tätigkeit hervorgerufen werden, wie z.B. durch Auswurf von großen Lavabrocken oder vulkanischen Bomben. Die durch die Eruption hervorgerufene Explosion kann zudem eine Druckwelle erzeugen, die bis zu einigen Kilometern weit reichen kann.

Die Wahl des Kurvenverlaufs in geringen Abständen zum Vulkan stellt eine abgeschätzte Mittelung bezüglich der verschiedenen Vulkantypen dar. Während bei explosiveren Vulkan-Typen bei starken Ausbrüchen noch in größeren Entfernungen mit Totalschäden gerechnet werden muss, können z.B. bei Schild-Vulkanen schon geringe Entfernungen dazu führen, dass kein Schaden entsteht.

In 50 Kilometer Entfernung zum Vulkan wird in der VK Vulkan (Abb. A.5) von einem Schadenanteil von 24 % ausgegangen, was einem monetären Schaden von 1,2 Mio. Euro für das IMCL04-Standardgebäude entspricht. In dieser Entfernung können Schäden durch Ascheregen aus dem Vulkanausbruch verursacht werden. Durch die Ansammlung von großen Aschemengen auf Dächern können diese im Zusammenhang mit Regen unter der Last einbrechen. Besonders häufig sind Regenrinnen und Klima- sowie Lüftungsanlagen betroffen, die durch Asche verstopft werden können.

Weitere Gefahren für Gebäude gehen von Schlammlawinen und Hangrutschungen aus, die durch den Vulkanausbruch hervorgerufen werden. Laut VK Vulkan wird in einer Entfernung von 200 km zum Vulkan davon ausgegangen, dass keine Schäden durch den Vulkanausbruch an Gebäuden mehr auftreten können.

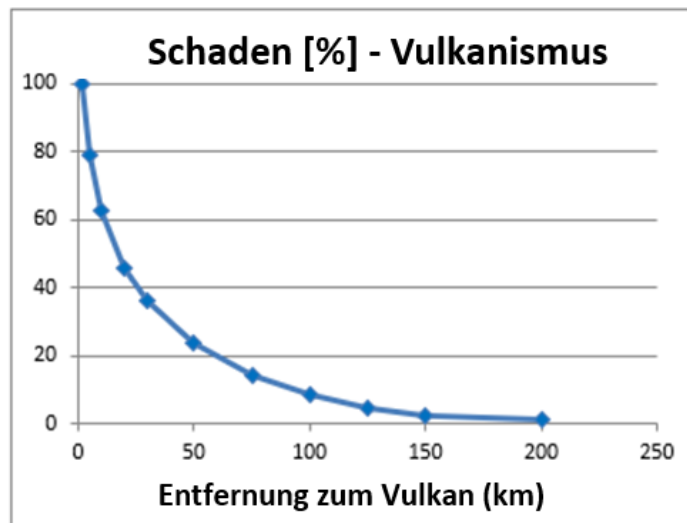


Abbildung A.5.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve für Vulkanismus (VK Vulkanismus). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Entfernung zum Vulkanausbruch für das Immobiliencluster IMCL02.

In Deutschland gibt es momentan keine aktiven Vulkane mehr. Dennoch gibt es Vulkangebiete, wie z.B. im Gebiet der Eifel, die noch nicht als völlig erloschen gelten, sondern nur ruhen. Es gibt jedoch keine Anzeichen, dass ein Vulkanausbruch in Deutschland aktuell bevorsteht [30].

Die Klasse der sogenannten „Supervulkane“, wie z.B. der Yellowstone in den USA, wurde bei der Definition der Kurve nicht berücksichtigt. Ausbrüche dieser Vulkane in fernerer Vergangenheit hatten mitunter globale Auswirkungen (z.B. durch Tsunamis). Hierfür lässt sich keine sinnvolle Kurvendefinition festlegen.

A.3. Vulnerabilitätskurvensätze für alle weiteren Immobiliencluster

In den folgenden Unterkapiteln werden die Vulnerabilitätskurven für alle Immobiliencluster zusammenfassend dokumentiert. Die Beschreibungen beziehen sich dabei auf Abweichungen zu den Vulnerabilitäten des Immobilienclusters IMCL02, die im vorherigen Kapitel A.2 detailliert beschrieben werden.

A.3.1. Geschosswohnungsbau und Bürogebäude bis 2 Geschosse (IMCL01)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für das Immobiliencluster IMCL01 „Geschosswohnungsbau/Bürogebäude bis 2 Geschosse“ zusammenfassend dokumentiert. Der gesamte Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.6 dargestellt. Die entstehenden Schäden bzw. Schadenbilder unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen des Immobilienclusters Geschosswohnungsbau/Bürogebäude mit 3 bis 7 Geschossen (IMCL02, siehe Kapitel A.2). Dennoch kann sich dasselbe Naturereignis unterschiedlich auf das Schadenausmaß auswirken, da z.B. der prozentuale Schadenanteil bei einem Hochwasser (Wasserstand 3 m) für ein eingeschossiges Gebäude wesentlich höher ist als für ein Gebäude mit 7 Stockwerken.

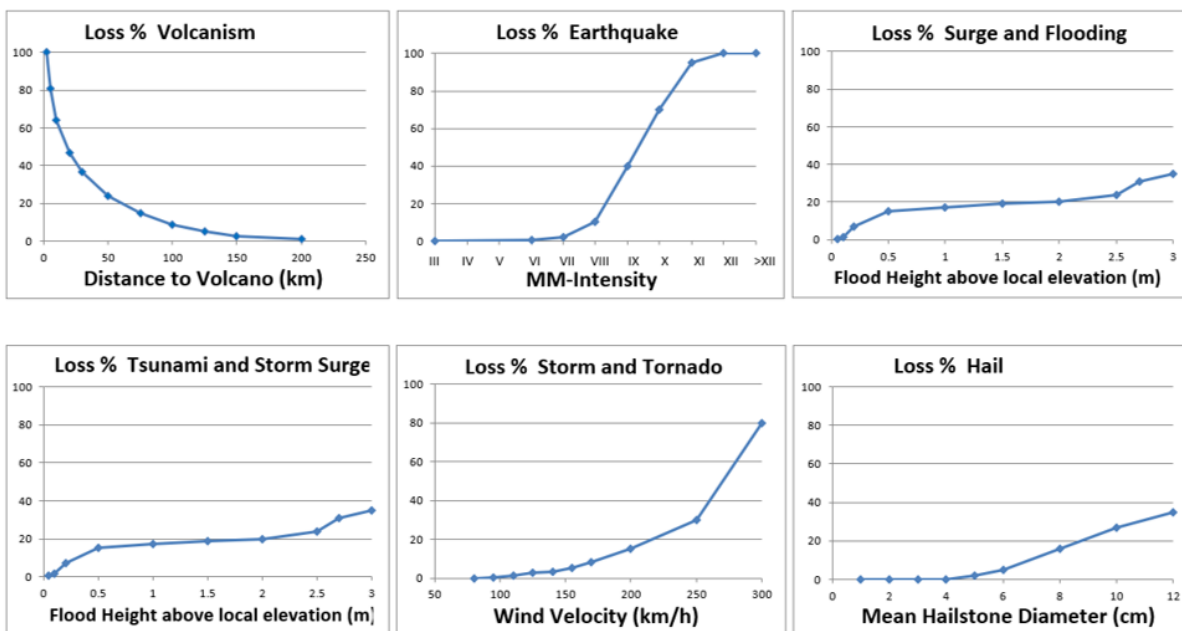


Abbildung A.6.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für die Immobiliencluster Geschosswohnungsbau und Bürogebäude bis 2 Geschosse (IMCL01). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den Vulnerabilitäten aus Kapitel A.2 und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL01 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe A.5).

Erdbeben: In der VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL01 wird davon ausgegangen, dass Immobilienobjekte aus IMCL01 bei Erdbeben-Intensitäten von VI bis VII etwas an-

fälliger sind als in VK IMCL02 (Abb. A.4). Für Erdbeben ab der Intensität VIII verläuft die Kurve analog zu der VK IMCL02 (Abb. A.4).

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenwert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 35 %. Ansonsten ähnlicher Verlauf der Kurven (vgl. A.1), generell sind die Schadenanteile etwas höher im Vergleich zu den größeren Gebäuden.

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 80 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Generell ist der prozentuale Schadenanteil für IMCL01-Immobilien etwas höher als für IMCL02-Objekte (Abb. A.2) bei gleichen Windgeschwindigkeiten.

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 35 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 5 cm auf.

A.3.2. Geschosswohnungsbau und Bürogebäude über 7 Geschosse (IMCL03)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für die Immobiliencluster IMCL03 Geschosswohnungsbau und Bürogebäude über 7 Geschosse zusammenfassend dokumentiert. Der komplette Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.7 dargestellt.

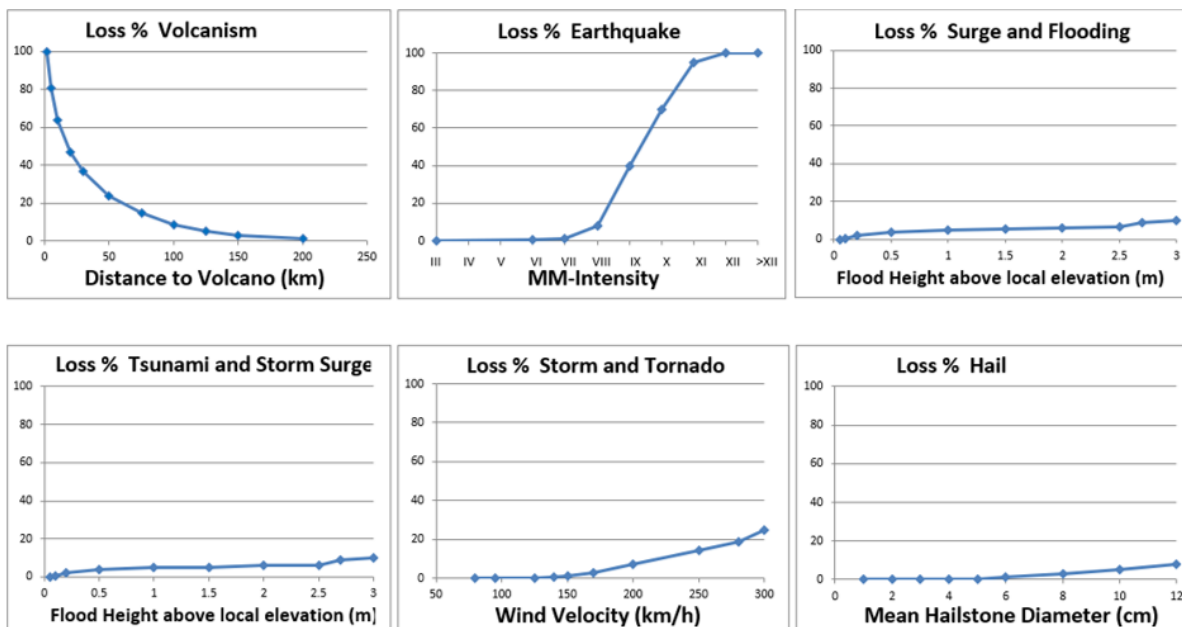


Abbildung A.7.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für die Immobiliencluster Geschosswohnungsbau und Bürogebäude mit mehr als 7 Geschossen (IMCL03). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den Vulnerabilitäten (IMCL02) aus Kapitel A.2 und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL03 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe A.5).

Erdbeben: In der VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL03 wird davon ausgegangen, dass Immobilienobjekte aus IMCL03 bei Erdbeben-Intensitäten von VI bis VII etwas weniger anfällig sind als in VK IMCL02 (Abb. A.4). Für Erdbeben ab der Intensität VIII verläuft die Kurve analog zu der VK IMCL02 (Abb. A.4).

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenswert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 10 %. Ansonsten ähnlicher Verlauf der Kurven (vgl. Abb. A.1), generell sind die Schadenanteile etwas geringer im Vergleich zu kleineren Gebäuden.

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 25 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Generell ist der prozentuale Schadenanteil für IMCL03-Immobilien etwas geringer als für IMCL02-Objekte (Abb. A.2) bei gleichen Windgeschwindigkeiten.

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 8 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 5 cm auf.

A.3.3. Ein- und Zweifamilienhaus mit und ohne Keller (IMCL04 und IMCL05)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für die Immobiliencluster „Ein- und Zweifamilienhaus (ZFH) mit und ohne Keller“ (IMCL04 und IMCL05) zusammenfassend dokumentiert. Bei diesen beiden Clustern geht es um eigennutzungsfähige Wohnimmobilien. Die Immobilien dieses Clusters können bis zu 3 Etagen haben. Der Vulnerabilitätskurvensatz für das Cluster IMCL04 (EFH/ZFH ohne Keller) ist in Abbildung A.8 und für das Cluster IMCL05 (EFH/ZFH mit Keller) in Abbildung A.9 dargestellt.

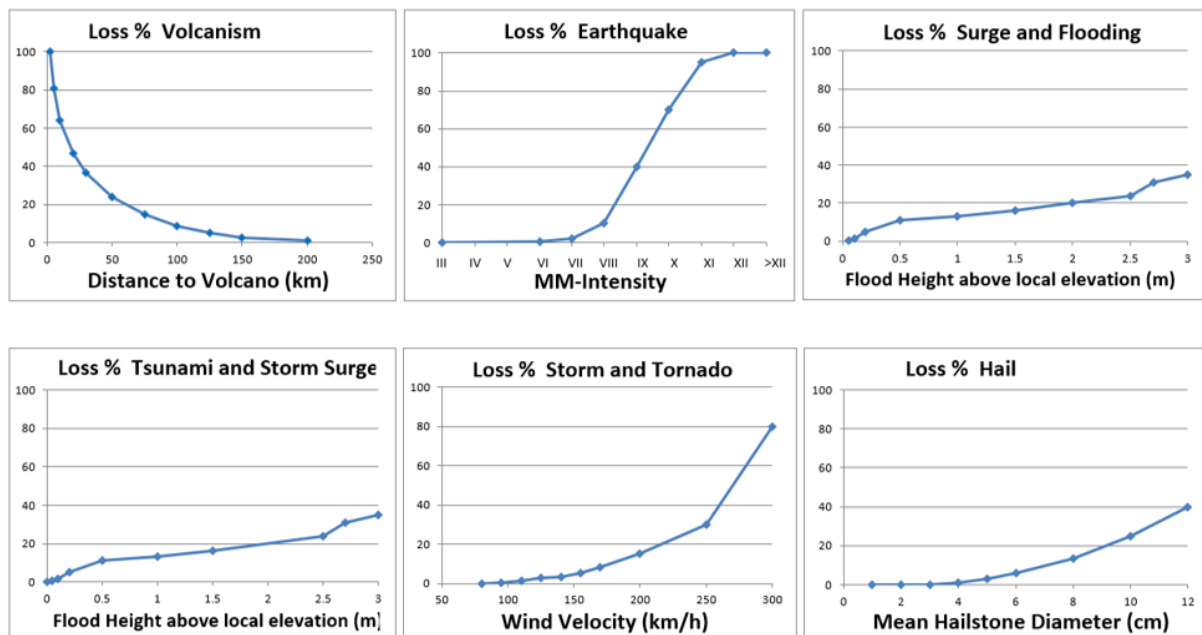


Abbildung A.8.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster „EFH und ZFH ohne Keller“ (IMCL04). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Die Vulnerabilitäten dieser Immobiliencluster haben folgende Eigenschaften bzw. Besonderheiten:

- Die Vulnerabilitäten von Geschosswohnungsbau/Bürogebäude mit 1 bis 2 Etagen (IMCL01) und EFH/ZFH mit Keller (IMCL05) sind identisch mit Ausnahme der Hagelvulnerabilität.
- Es wird davon ausgegangen, dass EFH/ZFH generell etwas empfindlicher sind hinsichtlich Hagelschäden auf Grund von möglichen Wärmedämmverbundsystemen oder anderen empfindlichen Fassaden (z.B. verzierte Holzfassaden, wie in Bayern und Baden-Württemberg häufig) und auf Grund von Dachlukfenstern, wodurch es bei Beschädigung zu Folgeschäden kommen kann.
- Die Vulnerabilitäten der beiden Cluster IMCL04 und IMCL05 (ohne/mit Keller) unterscheiden sich nur hinsichtlich überschwemmungsbedingten Naturgefahren (Hochwasser, Flut, Sturmflut, Tsunami):
 1. Bei niedrigen Wasserständen sind die Schadenwerte bei unterkellerten Immobilien etwas größer, dadurch dass Keller volllaufen können, was zu Schäden oder Komplettausfall der TGA des Hauses führen kann.

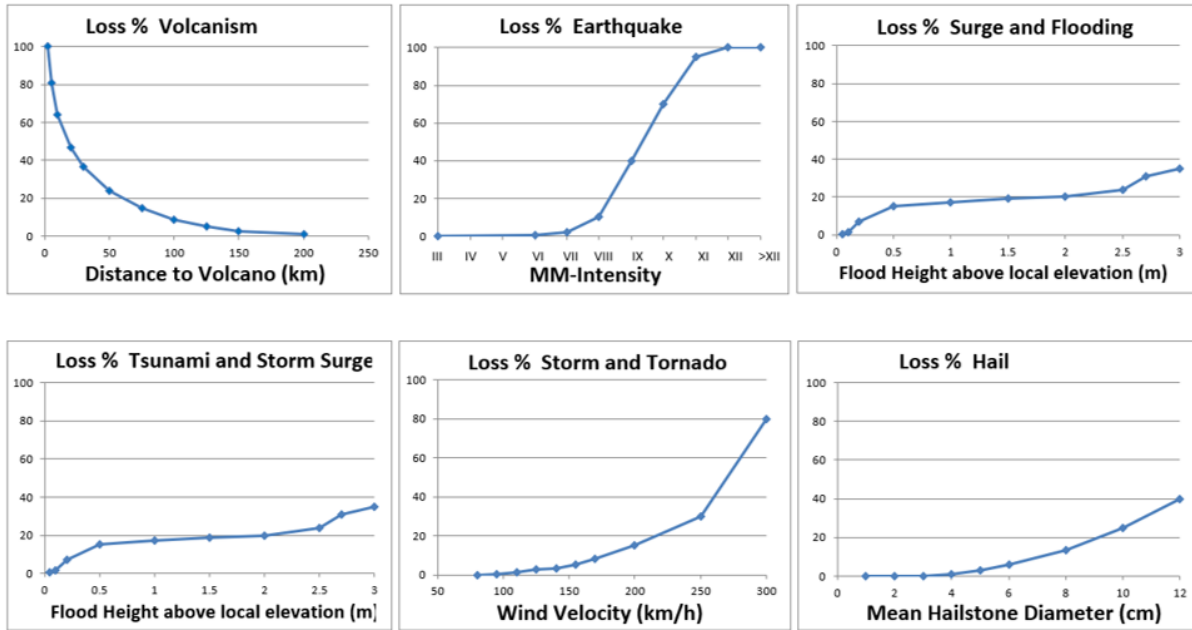


Abbildung A.9.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster „EFH und ZFH mit Keller“ (IMCL05). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

2. Bei sehr niedrigen Wasserständen (< 20 cm) wird davon ausgegangen, dass eine Erhöhung der Fenster und Türen das Eindringen von Wasser ins Haus zunächst verhindern kann.
3. Der Maximalschaden ist bei beiden Clustern gleich, da bei einem Wasserstand von 3 m davon ausgegangen wird, dass in beiden Fällen die TGA zerstört wurde. Auch wenn es bei unterkellerten Häusern insgesamt mehr geschädigte Fläche (Keller + Erdgeschoss) gibt, so nehmen wir einen höheren Gebäudewert für ein unterkellertes Haus an, was die relativen Schäden vergleichbar macht.

A.3.4. Hospitality-Immobilien mit bis zu 4 Geschossen (IMCL06)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für das Immobiliencluster IMCL06 „Hospitality-Immobilien mit bis zu 4 Geschossen“ zusammenfassend dokumentiert. Der komplette Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.10 dargestellt.

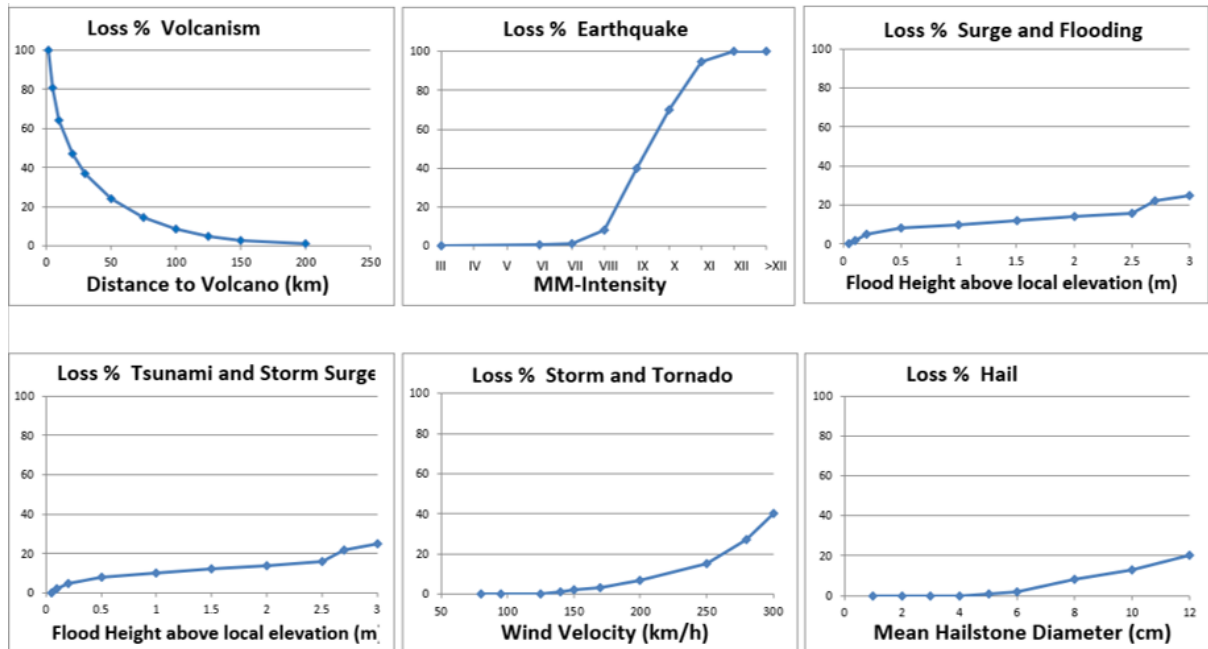


Abbildung A.10.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster Hospitality bis zu 4 Geschossen (IMCL06). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den Vulnerabilitäten (IMCL02) aus Kapitel A.2 und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL06 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe Abb. A.5).

Erdbeben: Der Kurvenverlauf der VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL06 ist nahezu identisch zu IMCL02 (Abb. A.4).

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenwert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 25 %. Die Kurve ist nahezu identisch zur VK Überschwemmung für IMCL02 (vgl. Abb. A.1).

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 40 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Die Kurve ist nahezu identisch zur VK Sturm für IMCL02 (Abb. A.2).

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 20 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 5 cm auf.

A.3.5. Hospitality-Immobilien mit mehr als 4 Geschossen (IMCL07)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für das Immobiliencluster IMCL07 „Hospitality-Immobilien mit mehr als 4 Geschossen“ zusammenfassend dokumentiert. Der komplette Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.11 dargestellt.

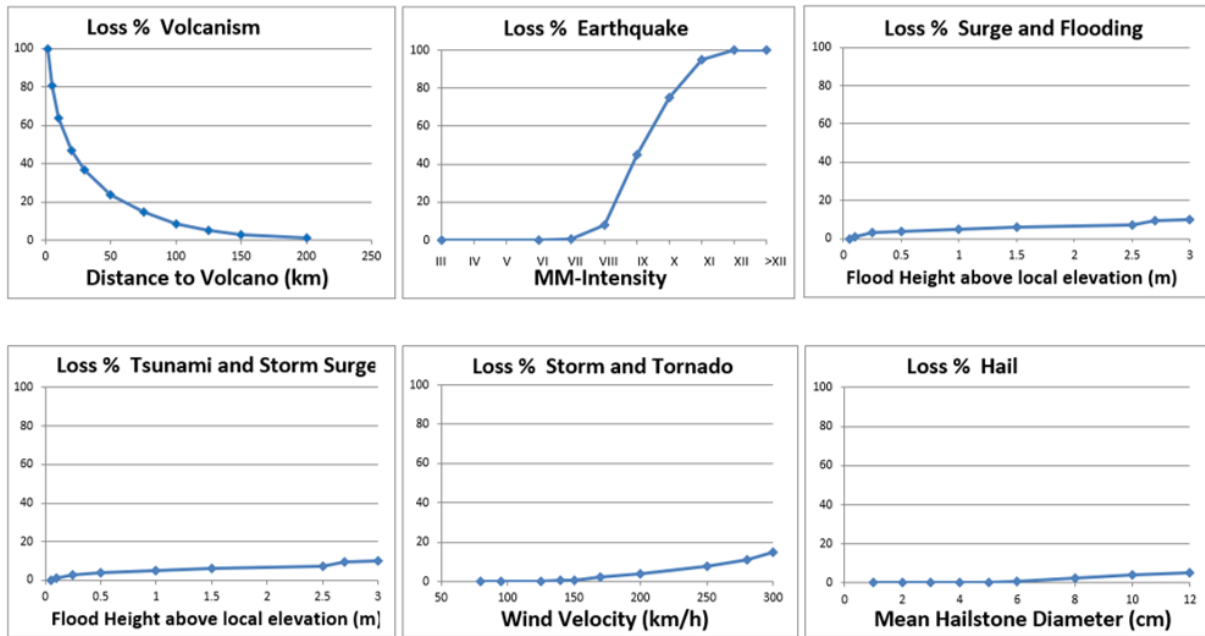


Abbildung A.11.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster Hospitality mit mehr als 4 Geschossen (IMCL07). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den Vulnerabilitäten (IMCL02) aus Kapitel A.2 und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL07 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe Abb. A.5).

Erdbeben: In der VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL07 wird davon ausgegangen, dass Immobilienobjekte aus IMCL07 bei Erdbeben-Intensitäten von VI bis VII etwas weniger anfällig sind als in VK IMCL02 (Abb. A.4). Für Erdbeben ab der Intensität VIII verläuft die Kurve analog zu der VK IMCL02 (Abb. A.4).

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenwert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 10 %. Die Kurve ist nahezu identisch zur VK Überschwemmung für IMCL03 (vgl. Abb. A.7).

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 15 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Es wird generell davon ausgegangen, dass der prozentuale Schaden etwas geringer ausfällt bei gleichen Windgeschwindigkeiten (im Vergleich zu IMCL03 und IMCL06) auf Grund des höheren Objektwertes durch die hochwertigere TGA. Die TGA ist bei Sturm normalerweise nicht betroffen.

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 5 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 5 cm auf.

A.3.6. Flachdachhalle (IMCL08)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für das Immobiliencluster IMCL08 „Flachdachhalle - Fachmarkt, Logistik, Supermarkt“ zusammenfassend dokumentiert. Der komplette Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.12 dargestellt.

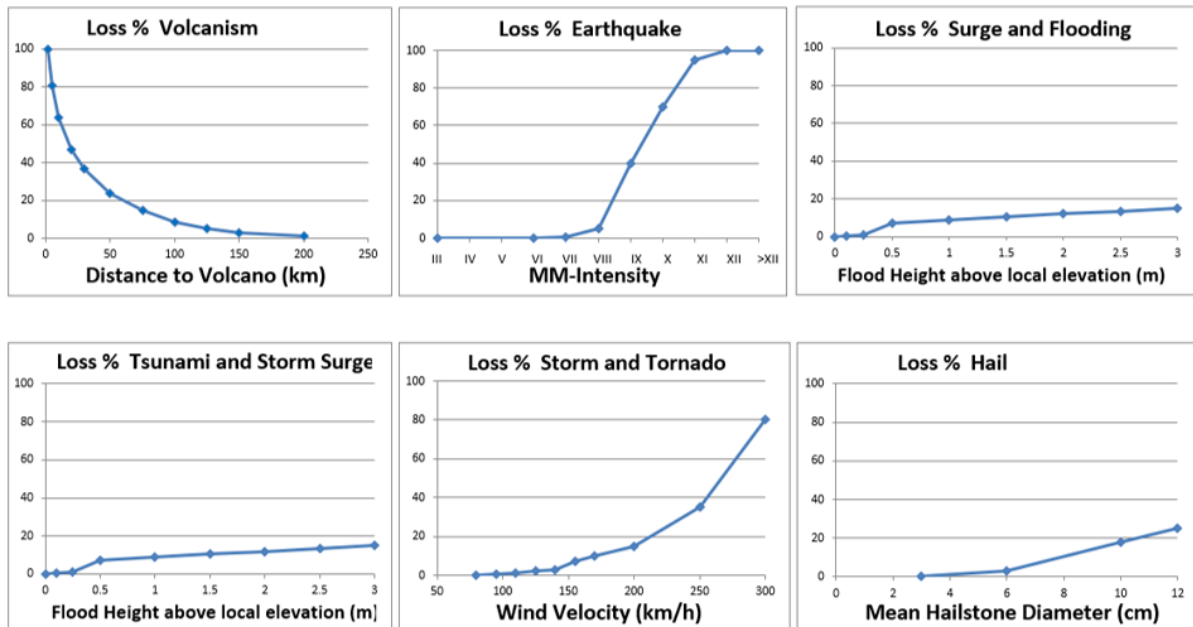


Abbildung A.12.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster eingeschossige Flachdachhalle (IMCL08). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den anderen Vulnerabilitäten und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL08 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe Abb. A.5).

Erdbeben: In der VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL08 wird davon ausgegangen, dass Immobilienobjekte aus IMCL08 bei Erdbeben-Intensitäten von VI bis VII etwas weniger anfällig sind als in VK IMCL02 (Abb. A.4). Für Erdbeben ab der Intensität VIII verläuft die Kurve analog zu der VK IMCL02 (Abb. A.4).

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenwert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 15 %. Der Kurvenverlauf unterscheidet sich zu allen anderen Clustern insofern, da es hier nur ein Stockwerk gibt, das betroffen sein kann.

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 80 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Hier wird berücksichtigt, dass das Flachdach im Extremfall (bei Windgeschwindigkeiten von 160 km/h) abgehoben werden kann.

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 25 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 5 cm auf. Damit ist das Cluster CL08 etwas anfälliger gegenüber Hagel als andere Immobiliencluster (siehe z.B. IMCL02). Grund dafür sind mögliche Oberlichter und die anfälligere Abdeckung des Flachdaches.

A.3.7. Shopping-Center (IMCL09)

Im folgenden Unterkapitel werden die Vulnerabilitätskurven für das Immobiliencluster IMCL09 „Shopping-Center“ zusammenfassend dokumentiert. Der komplette Vulnerabilitätskurvensatz für dieses Immobiliencluster ist in Abbildung A.13 dargestellt.

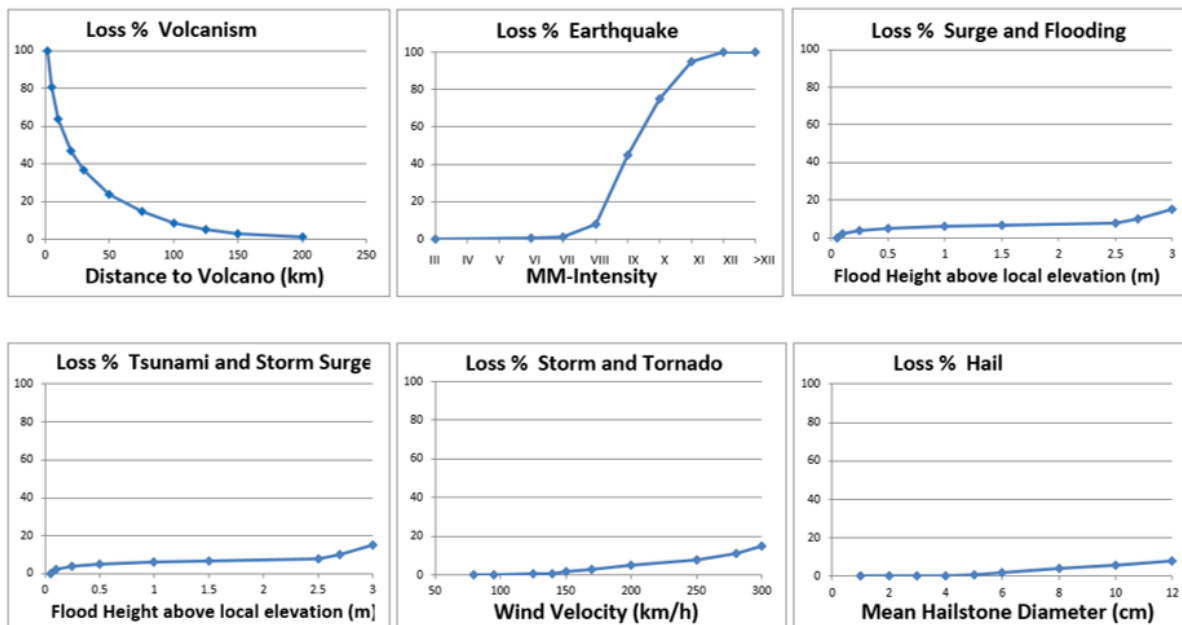


Abbildung A.13.: Gebäudespezifischer Vulnerabilitätskurvensatz für das Immobiliencluster Shopping-Center (IMCL09). Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Stärke/Intensität/Entfernung der Naturgefahr.

Auffällige Abweichungen zu den anderen Vulnerabilitäten und andere Besonderheiten werden hier kurz aufgelistet und beschrieben:

Vulkanismus: Die VK Vulkan für das IMCL09 ist identisch zu der VK IMCL02 (siehe Abb. A.5).

Erdbeben: Die VK Erdbeben für das Immobiliencluster IMCL09 ist identisch zur VK Erdbeben des Clusters IMCL07 (siehe Abb. A.11)

Überschwemmung und Tsunami: Der maximale Schadenwert bei einem Wasserstand von 3 m beträgt 15 %. Durch die großflächige Ausbreitung eines Shopping-Centers wird davon ausgegangen, dass eine große Fläche von einer Überflutung betroffen wäre. Somit liegt der maximale Schadenwert auch über dem des Immobilienclusters IMCL07. Auf der anderen Seite wird davon ausgegangen, dass strukturell keine größeren Schäden am Gebäude durch Hochwasser auftreten sollten.

Sturm: Maximaler Schadenanteil von 15 % wird bei Windgeschwindigkeiten von 300 km/h erwartet. Die VK Sturm für das Immobiliencluster IMCL09 zeigt etwas höhere Anfälligkeiten bei Windgeschwindigkeiten zwischen 95 km/h und 200 km/h im Vergleich zur VK des Clusters IMCL07 (siehe Abb. A.11)

Hagel: Maximaler Schadenanteil durch Hagelereignisse mit Korngrößen von 12 cm liegt bei 8 %. Erste Schäden treten bei Hagelkorngrößen von 4 cm auf. Die VK Hagel für das Immobiliencluster IMCL09 liegt geringfügig über der VK des Clusters IMCL07 (siehe Abb. A.11)

B. Glossar

Bodenverflüssigung (Liquefaction)

Bei feuchten, locker gelagerten Böden und oberflächennah anstehendem Grundwasser können Erschütterungen, z.B. durch Erdbeben, dazu führen, dass sich der Boden wie eine Flüssigkeit verhält und Gebäude ungleichmäßig absacken. Eine Google-Suche mit den Begriffen „Christchurch“ und „Liquefaction“ führt Sie zu einer Vielzahl von Beispielen von einem Erdbeben im Neuseeländischen Christchurch aus dem Jahr 2011, die diesen Effekt deutlich zeigen.

Eintrittswahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit, dass ein Naturereignis von bestimmtem Ausmaß innerhalb einer bestimmten Zeitspanne eintritt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird in Prozenten angegeben. Im Gegensatz dazu werden unter dem Begriff «Häufigkeit» absolute Zahlen in vier Kategorien angegeben: –«häufig»: jedes Jahr bis alle 30 Jahre–«mittel»: alle 30 bis 100 Jahre–«selten»: alle 100 bis 300 Jahre–«sehr selten»: seltener als alle 300 Jahre

Evapotranspiration (effektive Verdunstung)

Die Evapotranspiration bezeichnet die Summe aus Evaporation und Transpiration. In dieser Summe wird neben der Verdunstung von Wasser durch Boden- und Wasseroberflächen auch die Verdunstung aus Tier- und Pflanzenwelt berücksichtigt.

Geländehöhe (Modell)

K.A.R.L. führt einen Teil der Analysen auf Basis eines globalen digitalen Höhenmodells durch. Dabei handelt es sich um Messwerte der absoluten Höhe über dem Meeresspiegel in Metern, die mit Hilfe von Satelliten und RADAR-Technologie gemessen wurden. Der angegebene Wert stellt die nach K.A.R.L.-Berechnungen relevante Höhe für den Standort dar. Diese Werte können nie die Genauigkeit eines Wertes erreichen, der durch „konventionelle“ geodätische Vermessung ermittelt wurde (Referenzpunkte auf Straßen, amtliche Karten, etc.), sind aber dafür weltweit verfügbar.

Herdtiefe

Als Herdtiefe wird der Abstand des Erdbebenherdes (Hypozentrum) von der Erdoberfläche bezeichnet. Der Punkt an der Erdoberfläche direkt über dem Hypozentrum wird als Epizentrum bezeichnet.

Hypozentrum

Das Hypozentrum ist die Quelle eines Erdbebens im Erdinneren, auch als Bebenherd oder seismische Quelle bezeichnet.

Jährlichkeit

Auch Annuität, oder Frequenz, nennt man in den Geowissenschaften die Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Naturereignissen. Gemessen wird in $1/a$, oder aber in Zeiteinheiten, dann spricht man auch von Wiederkehrintervall. Relevant ist der Begriff für die Abschätzung von Extremereignissen.

Koordinaten (Latitude/geographische Breite, Longitude/geographische Länge)

Die Koordinaten bezeichnen einen Punkt auf der Erdoberfläche. In den K.A.R.L.-Modellrechnungen werden Koordinaten verwendet, da alle Daten, die in K.A.R.L. verwendet werden, in sogenannten Raster-Dateien vorliegen. Diese Dateien sind anhand von Koordinaten strukturiert – Adressen sind dort nicht verzeichnet.

In K.A.R.L. werden die Koordinaten im sogenannten Dezimalgrad-System verwendet. Die Koordinaten des Kölner Doms lauten dann Latitude: 50,941392; Longitude: 6,957089. Oft sieht man Koordinaten im nautischen Format. Darin hat der Kölner Dom folgende Koordinaten: Latitude: 50°56'29.01"N; Longitude: 6°57'25.52"E. Im Dezimalgrad-System funktioniert die Zuordnung zu Nord-/Südhalbkugel bzw. Östlicher-/Westlicher-Länge durch ein Vorzeichen: Kein Vorzeichen (+) bedeutet Nord bzw. Ost, ein negatives Vorzeichen (-) bedeutet Süd bzw. West. Die Mündung des Amazonas in Brasilien hat also z.B.: Latitude: -0,104658; Longitude: -50,308558.

Morphologische Exposition

Die morphologische Exposition beschreibt, wie stark ein Standort bedingt durch seine Lage in der Landschaft (an einem Hang, im Flachland, auf oder hinter einem Hügel etc.) Windeinflüssen ausgesetzt ist.

OnePager - Kurzbericht

Der sogenannte „OnePager“ ist eine Berichtsform, die automatisch vom System K.A.R.L. erzeugt wird. Es handelt sich um eine kompakte, einseitige Zusammenfassung der Ergebnisse der Risikoanalyse. Auf Erläuterungen wird in dieser Berichtsform überwiegend verzichtet.

PML (Probable Maximum Loss)

Der wahrscheinliche prozentuale Maximalschaden, der bei einem Ereignis der angegebenen Wiederkehrperiode zu erwarten wäre. Der PML kann durchaus einen sehr kleinen Wert annehmen, wenn die Empfindlichkeit (Vulnerabilität) des Objekts gering ist und darüber hinaus die Intensität der einwirkenden Naturgefahr bei der betrachteten Wiederkehrperiode niedrig ist.

Risiko (% p.a.)

Das Risiko in Prozent pro Jahr ist der mittlere jährliche Schadenerwartungswert und gibt den Anteil des Gesamtwertes an, der statistisch betrachtet pro Jahr durch Schäden, resultierend aus der betrachteten Naturgefahr, verloren geht. Dabei handelt es sich um einen rein theoretischen Wert, der entsteht, wenn die Schäden aller möglichen Naturereignisse über einen sehr langen Zeitraum hinweg gemittelt werden. Anders ausgedrückt, ist das Risiko definiert als mathematisches Integral über die Quotienten aus Schadenpotenzialen, die bestimmten Intensitäten zugeordnet sind, und den Jährlichkeiten der Ereignisse, die diese Intensitäten hervorrufen

(Risiko = Schadenpotenzial /Jährlichkeit). Das relative Risiko ist in Prozent pro Jahr angegeben. Es kann aber auch ein absolutes Risiko berechnet werden. Dies bezieht sich dann auf den Gesamtwert des Untersuchungsobjektes und gibt den Schaden in Währungseinheit pro Jahr an. Die Schadenpotenziale werden anhand der Vulnerabilitäten bestimmt und beschreiben den möglichen Schaden (in % oder absolut in Währungseinheit), der in Bezug auf den Eintritt einer Naturgefahr einer bestimmten Intensität zu erwarten ist.

Runups (Tsunami-Runups)

Ein Tsunami- Runup (engl. Run up = hochlaufen) bezeichnet einen Höhen-Messwert eines vergangenen Tsunami. Die Höhe eines Tsunami wird näherungsweise dadurch bestimmt, wie weit sie auf das Festland „hochgelaufen“ ist.

Strato- und Somma-Vulkane

Vulkane können nach verschiedenen Gesichtspunkten, wie z.B. der äußeren Form oder dem Ort ihres Auftretens, unterteilt werden. Strato- und Somma- Vulkane sind zunächst durch ihre äußere Erscheinung charakteristisch. Der Strato- oder auch Schichtvulkan besteht aus einzelnen Schichten von Lava und lockeren Auswurfmassen und bildet typischerweise eine steile spitzkegelige Form. Prominente Beispiele sind der Fujisan, der Mount St. Helens oder der Pinatubo. Der Somma-Vulkan ist ein enger Verwandter, denn es handelt sich um einen Vulkankegel, der sich im Zentrum einer Caldera (ein Trichter, entstanden durch eine explosive Eruption oder den Einsturz einer Magmakammer) gebildet hat. Beide Typen zeichnen sich durch die Möglichkeit besonders explosiver Eruptionen aus.

Schutzziel

Das Schutzziel bezeichnet einen technischen Schutz gegen das Eindringen von Wasser (z.B. Deich oder Mauer) entweder bei Überschwemmung an Flüssen (Flut) oder Sturmflut und Tsunami. Die angegebene Zahl bezeichnet die Wiederkehrperiode bis zu deren Erreichen von einem derartigen Schutz ausgegangen wird. Zum Beispiel bedeutet die Zahl 100, dass in den Risikoanalysen davon ausgegangen wird, dass dieser Standort bis zum 100jährigen Flutereignis vor einer Überschwemmung geschützt ist durch spezielle, meist bauliche Maßnahmen im Voraus. Wenn ein derartiges Schutzziel nicht vom Nutzer vorgegeben wird (wie dies bei der Anwendung im Rahmen der Pfandbriefdeckung vorgesehen ist), schätzt K.A.R.L. automatisch einen entsprechenden Schutz gegenüber häufig auftretenden Überschwemmungen. Dies beruht auf der Annahme, dass in der Regel keine Gebäude oder andere Einrichtungen in Regionen gebaut werden, die regelmäßig jedes Jahr oder alle 5 Jahre überschwemmt werden, ohne entsprechende schützende Maßnahmen einzuplanen. Wird kein Schutzziel vorgegeben, schätzt das System K.A.R.L. dieses in Orientierung zum entsprechenden relativen Risiko. Umso größer das relative Risiko der jeweiligen Naturgefahr berechnet wurde, umso größer wird das Schutzziel geschätzt siehe Tabelle B.1.

Unabhängig von der Höhe des relativen Risikos schätzt das System K.A.R.L. ein Schutzziel gegen ein 75-jährliches Ereignis, wenn der untersuchte Standort sich auf Meeresspiegelhöhe oder darunter befindet.

Durch das angenommene Schutzziel wird das Überschwemmungsrisiko durch Flut oder Sturmflut/Tsunami verringert. Deshalb ist es wichtig zu überprüfen, ob diese Annahme den realen Bedingungen vor Ort entspricht.

Tabelle B.1.: Schätzung des Schutzzieles durch K.A.R.L. in Relation zum relativen Risiko.

Relative Risiken	K.A.R.L.-Schutzziel-Schätzung
> 0,10 %/Jahr	10-jährlich
> 0,20 %/Jahr	25-jährlich
> 0,40 %/Jahr	50-jährlich
> 0,70 %/Jahr	75-jährlich
> 1,00 %/Jahr	100-jährlich

Vulnerabilität

Die Vulnerabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Objektes in Abhängigkeit zur Intensität einer einwirkenden Naturgefahren. Beim selben Naturgefahrenereignis am selben Ort können sich bei unterschiedlichen Vulnerabilitäten voneinander abweichende Risiken für zwei unterschiedliche Untersuchungsobjekte (hier: Immobilienobjekte) ergeben. Unterschiedliche Gebäudetypen werden in K.A.R.L. je Naturgefahr durch spezifische Vulnerabilitätskurven berücksichtigt. Für weitere Informationen zum Thema Vulnerabilitäten siehe Kapitel 2 und A.

Vulnerabilitätskurve

Die Vulnerabilitätskurve beschreibt das Ausmaß des Schadens (als Anteil in Prozent am Gesamtwert) als Kurve in Abhängigkeit zu einer ansteigenden Intensität einer bestimmten Naturgefahr (siehe Abbildung B.1).

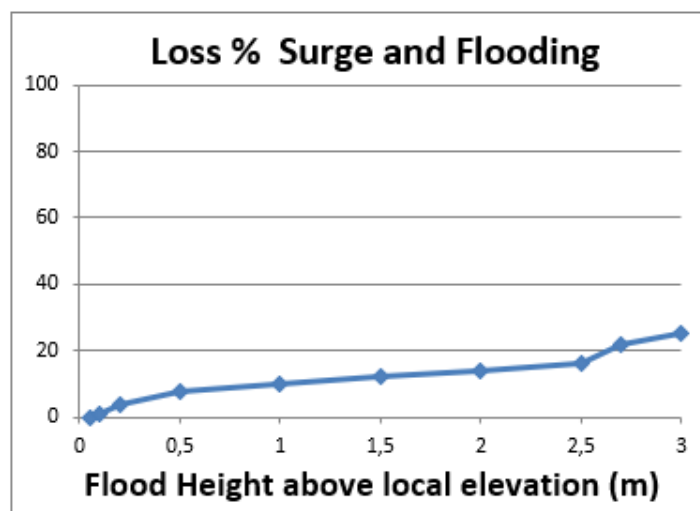


Abbildung B.1.: Gebäudespezifische Vulnerabilitätskurve bei Überschwemmung. Das Diagramm zeigt den prozentualen Schadenanteil [%] in Abhängigkeit zur Überschwemmungshöhe [m] für einen speziellen Immobiliientyp.

Vorsicht-Prinzip

K.A.R.L. ergänzt fehlende oder unvollständige Daten plausibel durch spezielle, bei der KA entwickelte Schätzverfahren. Hierbei wird generell nach dem Vorsicht-Prinzip vorgegangen, d.h. in der Regel werden hierbei ungünstigere anzunehmende Umgebungsbedingungen für die Risikoberechnungen ausgewählt. Ein Beispiel dafür ergibt sich aus der Berechnung des Überschwemmungsrisikos: Es soll die Geländehöhe von einem Standort bestimmt werden, der sich zwischen verschiedenen, benachbarten Gitterpunkten des Höhenmodells befindet. K.A.R.L. wählt dann den niedrigsten der benachbarten Gitterpunkte aus und überträgt dessen Geländehöhe auf den untersuchten Standort. Damit kann man ausschließen, dass das lokale Überschwemmungsrisiko unterschätzt wird. Daraus folgt allerdings auch, dass Risikobewertungen mit einem hohen Anteil an geschätzten Parametern meistens etwas zu hoch ausfallen.

C. Abkürzungsverzeichnis

ASTM	American Society of Testing Materials	26
CCSM	Klimamodell: Community Climate System Model	
DBE	Design Basis Earthquake	27
EFH	Einfamilienhaus	79
ETW	Eigentumswohnung	
IMCL	Immobiliencluster	75
NGDC	NOAA - National Geophysical Data Center	31
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce	67
PML	Probable Maximum Loss - Wahrscheinlicher Maximalschaden	20
SEL	Scenario Expected Loss	26
SUL	Scenario Upper Loss	26
TGA	Technische Gebäudeausstattung	74
USGS	United States Geological Survey	31
VEI	Volcanic Explosivity Index	30
VK	Vulnerabilitätskurve	75
VKS	Vulnerabilitätskurvensatz	46
WE	Währungseinheit	52
WKP	Wiederkehrperiode	26
ZFH	Zweifamilienhaus	86

Literaturverzeichnis, Quellenangaben und Links

- [1] E.J. Plate und B. Merz, 2001: Naturkatastrophen: Ursachen - Auswirkungen - Vorsorge, ISBN 978-3-510-65195-5
- [2] Gablers Versicherungslexikon, 2017: Wagner, Fred (Hrsg.), ISBN 978-3-8349-4625-6, 1100 Seiten, Gabler Verlag
- [3] Thiel C. C., T.E. Kosonen, D.A.Stivens, 2012: SEL versus SUL: managing seismic risk in commercial real estate investments, The structural design of tall and special buildings, Vol. 21, Is. 6 Pages: 389-464
- [4] Smithsonian Institute – Global Volcanism Program: <https://volcano.si.edu/> (27.04.2020)
- [5] U.S. Geological Survey – Earthquake Catalog: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (27.04.2020)
- [6] Daten von Run-Ups bzw. Wellenhöhen vom NOAA - National Geophysical Data Center (NGDC): <https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/runup-search/>
- [7] Klimamodell Community Climate System Model (CCSM): <http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/> (28.04.2020)
- [8] Informationen zu Emissionsszenarien:
<https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien.html> (28.04.2020)
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/sres-szenarien_node.html (28.04.2002)
- [9] Informationen zu IPCC-Berichten: <https://www.de-ipcc.de/266.php> (06.05.2020)
- [10] Blitzaktivitätsdaten der NASA: <https://visibleearth.nasa.gov/images/85600/global-lightning-activity/856021> (20.04.2020)
- [11] NOAA-DAILY-OBSERVATION-DATA, Link: <http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#cfg=cdo&theme=daily&layers=111&node=gis>
- [12] Anfordern einer K.A.R.L.-Analyse über Online-Zugang der vdpResearch GmbH: https://www.cib3.de/iCIB3/KARL_START.asp (06.05.2020)
- [13] Digitales Höhenmodell SRTM 90: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (28.04.2020)
- [14] R. G. Steadman, 1979: The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. In: J. Appl. Meteor. 18, S. 861–873
- [15] Volcanic Explosivity Index (VEI):
Link: <https://www.usgs.gov/media/images/volcanic-explosivity-index-vei-a-numeric-scale-measures-t> (20.04.2020)

- [16] Modifizierte Mercalli-Intensitätsskala (Modified Mercalli Intensity Scale):
<https://dev-acquisition.cr.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php> (27.04.2020)
- [17] K.A.R.L. Insights: Starkregen (Ausgabe 01/2018):
<https://www.koeln-assekuranz.com/documents/20147/0/2018-01+KARL+Insights+Starkregen.pdf/ac30ad5b-165d-a367-d00a-329681021f8e> (27.04.2020)
- [18] K.A.R.L.-Newsletter 3 -2015: Die Wasserverfügbarkeit - ein unterschätzter Risikofaktor
- [19] K.A.R.L.-Newsletter 2 -2015: Schneelast - Globale Informationen, Lokale Analysen
- [20] Niederschrift — 1. Sitzung: ad hoc-AG Vulnerabilitätscluster (gewerblich genutzte Immobilien) am 11. Juni 2019 vdp, Berlin *vdp*, 2019.
- [21] Zusammenfassung - 2. Sitzung: ad hoc-AG Vulnerabilitätscluster (privat-/eigengenutzte Wohnimmobilien) am 9. Juli 2020 vdp, Berlin.
- [22] Notizen aus Gesprächen mit dem ö.b.u.v. Gebäudesachverständigen Herrn Dipl.-Ing./Dipl. Kfm. Mathias Förster (Sachverständigen Büro Förster Düsseldorf) am 24.09.2019 und 06.11.2019
- [23] VdS 3521 : 2007-09 (01) Schutz vor Überschwemmungen: Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen
- [24] Maiwald, H. und Schwarz J., 2014: Neue Schadensmodelle zur Bewertung der Konsequenzen von extremen Hochwassern, Informationstag Ingenieurbau 2014
- [25] Kreibich, H. und M. Müller, 2005: Private Vorsorgemaßnahmen können Hochwasserschäden reduzieren, Schadenprisma, Ausgabe 1, 2005
- [26] Weidmann, M.; 2010: Sicherheit von Dächern und Fassaden bezüglich schadenverursachenden Windes, Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherung, Projekt „Schadenverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung“.
- [27] Münchener Rück (Hrsg.): Winterstürme in Europa (II). Schadenanalyse 1999, Schadenpotenziale. München, 2001.
http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2001-2005/Munich_Re_Group_2001_-_Winterst%C3%BCrme_in_Europa_II.pdf
- [28] Egli, T., 2007: Wegleitung 2007 - Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren, Kantonale Gebäudeversicherung, Planungshinweise Hagel
- [29] MunichRe (Webseite): Hagel – Eine unterschätzte, zunehmende Gefahr, Gute Gründe, um zu handeln.
(Link: <https://www.munichre.com/topics-online/de/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/hail.html>)
- [30] VULKANE.NET (Webseite): Vulkangefahren – Pyroklastische Ströme, Glutwolken und Lahare (Link: <http://www.vulkane.net/vulkanismus/vulkangefahren.html>)

Impressum

KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH
Hohenzollernring 72
50672 Köln
Tel.: +49 221 39761-200
Fax: +49 221 39761-301
info@koeln-assekuranz.com
www.koeln-assekuranz.com

© 2020 KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH