

Klimaresilienz in der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauweisen

Vor dem Hintergrund der weltweit spürbaren Auswirkungen des Klimawandels gewinnt das klimaresiliente Bauen in Deutschland stetig an Bedeutung. Dieser Beitrag zeigt auf, wie bereits heute die Klimaresilienz Eingang in die verschiedenen Systeme der Nachhaltigkeitsbewertung wie das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) oder das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) findet. Daraufhin erfolgt eine Filterung der im Nachhaltigkeitsziel „Anpassung an den Klimawandel“ der EU-Taxonomie genannten Klimagefahren hinsichtlich klimainduzierter und konstruktions-spezifischer Umwelt- und Standortrisiken. Für diese erfolgt abschließend eine grobe Einschätzung der Klimaresilienz marktüblicher Bauweisen des Wohnungsbaus.

Stichworte Nachhaltigkeit; Mauerwerk; Klimaresilienz; Klimawandel; EU-Taxonomie; Umwelt- und Standortrisiken; Hochwasser; Hitzewelle; Sturm; Brand

1 Einleitung und Kontext

Nach herrschender Meinung machen die jüngsten schmerzhaften Erfahrungen der verheerenden Überflutungen des Juli 2021 in Deutschland überdeutlich, dass wir zunehmend und unmittelbar mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert werden und – u.a. – der Gebäudesektor einer wachsenden Belastung durch Umwelt- und Standortrisiken und Schadensereignisse ausgesetzt sein wird.

Nachhaltigkeit als strategische Chiffre für ein Gegensteuern bei Klimawandel und anderen Herausforderungen (Ressourcenverbrauch, Überlastung von Ökosystemen etc.) bei der Umstellung auf eine dauerhaft und global zukunftsfähige Lebens- und Wirtschaftsweise spielt bereits seit Jahren eine wichtige Rolle in der und für die Bau- und Immobilienwirtschaft; als Stichwort sei übergeordnet die Entwicklung und Implementierung des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen in den späten 2000er-Jahren genannt.

Dieser Beitrag soll einerseits erläutern, dass und wie

- das Thema der Umwelt- und Standortrisiken, mithin insbesondere auch Klimarisiken, bereits seit o. g. Zeit in Nachhaltigkeitsbewertungs- und -zertifizierungssystemen des Deutschen Gütesiegels adressiert und
- die idealerweise möglichst hohe Widerstandsfähigkeit (Resilienz) von Gebäuden in der Bewertung abgebildet wird.

Climate resilience in sustainability assessment of constructions

Against the background of the globally noticeable effects of climate change, climate-resilient construction is steadily gaining in importance in Germany. This article shows how climate resilience is already being incorporated into the various sustainability rating systems, such as the German Sustainable Building Certificate (DGNB) or the Federal Sustainable Building Rating System (BNB). This is followed by a filtering of the climate hazards mentioned in the sustainability goal “adaptation to climate change” of the EU taxonomy with regard to climate-induced and construction-specific environmental and site risks. Finally, a rough assessment of the climate resilience of standard residential construction methods is made for these risks.

Keywords sustainability; masonry; climate resilience; climate change; EU taxonomy; local risks/hazards; flooding; heat wave; storm; fire

Andererseits soll der Beitrag darstellen, wie die EU-Taxonomie als Instrument zur Definition von nachhaltigen Aktivitäten und Übersetzung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens und der UN Sustainable Development Goals versucht, das zweite Umweltziel der Anpassung an den Klimawandel auch für den Gebäudesektor in einem verbindlichen hoheitlichen/regulatorischen Rahmen zu verankern.

Vor dem Hintergrund dieser definierten Anforderungen soll im Beitrag dann auch eine erste Einordnung der Klimaresilienz marktrelevanter Bauweisen mit dem Fokus auf dem Wohnungsbau erfolgen.

2 Umwelt- und Standortrisiken im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen

2.1 Überblick

Die Systeme des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) als öffentlicher und System der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) als privatwirtschaftlicher Systemstrang mit gemeinsamem Entwicklungs- und Markteinführungsursprung) verfolgen von Beginn an einen holistischen Ansatz bei der Bewertung (und anschließenden Zertifizierung) der Nachhaltigkeitsqualität von Gebäuden – inkl. eines explizit integrierten Steuerungs- und Optimierungsgedankens

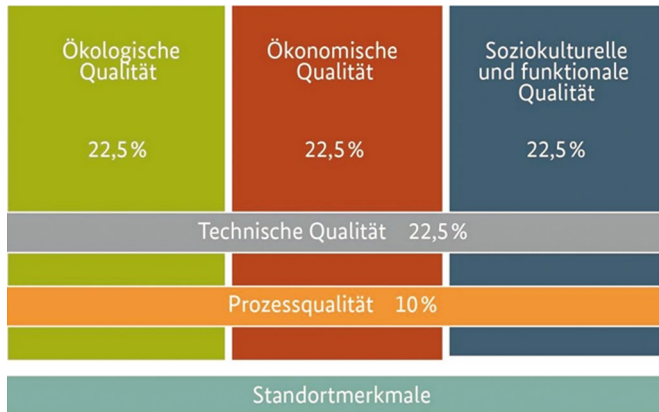


Bild 1 Nachhaltigkeitsdefinition und Grundstruktur BNB-System [1]
Sustainability definition and basic structure of BNB-system [1]

über die Projektierung und den Lebenszyklus von Gebäuden hinweg.

Ausdruck dessen sind

- die Definition der Nachhaltigkeit von Gebäuden über das allgemein anerkannte Drei-Säulen-Modell aus (gleichwertiger) Ökologie, Ökonomie und Soziokultur, ergänzt um sog. Querschnittsqualitäten (technische und Prozessqualität) und Qualitäten des Standorts (Bilder 1, 2),
- die weitere Strukturierung und Konkretisierung über Bewertungskriterien je Säule bzw. Qualität und
- die Quantifizierung und Operationalisierung jedes Kriteriums über Indikatoren inkl. entsprechender Bewertungsmethoden und -Benchmarks.

In der Hauptkriteriengruppe (BNB) bzw. im Themenfeld (DGNB) der *Ökologie* erfolgt eine Bewertung von ökobilanziellen Umweltwirkungen über den Gebäudelebenszyklus (u. a. CO₂-Fußabdruck als Treibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten), der nachhaltigen Ressourcenverwendung/Ressourceneffizienz inkl. Wassereffizienz, der Materialökologie/Baubiologie (im Sinne der Verwendung möglichst umweltschonender und gesundheitsverträglicher Bauprodukte) und der Biodiversität.

Die Hauptkriteriengruppe/das Themenfeld *Ökonomie* adressiert einerseits den Aspekt der gebäudebezogenen Kosten über den gesamten Lebenszyklus, andererseits ergänzend auch die Wertstabilität im Sinne einer möglichst hohen Nutzungsflexibilität und Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes.

Soziokulturell-funktional steht der Mensch/Gebäudenutzer im Fokus, abgebildet z.B. über eine Bewertung der thermischen, akustischen und visuellen Komfortbedingungen oder der Raumluftqualität (als wichtige Grundvoraussetzung der Nutzergesundheits) sowie der barrierefreien Nutzbarkeit eines Gebäudes.

In der ersten Querschnittsqualität der *Technik* werden v. a. bauliche/technische Voraussetzungen für möglichst

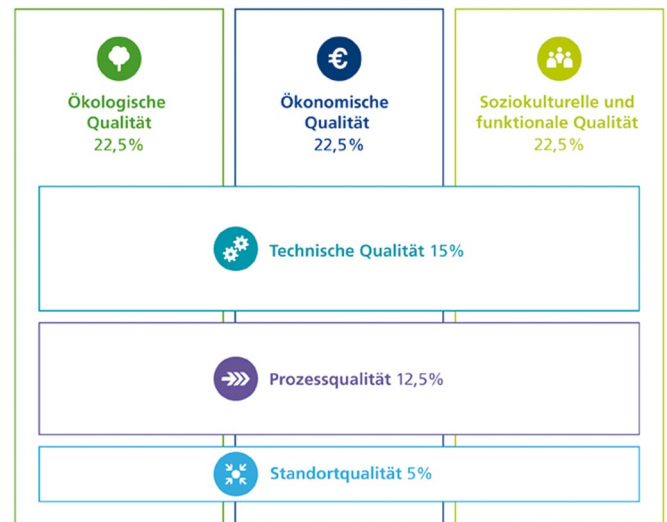


Bild 2 Nachhaltigkeitsdefinition und Grundstruktur DGNB-System [2]
Sustainability definition and basic structure of DGNB-system [2]

reduzierte Umweltwirkungen über den Lebenszyklus (Wärmeschutz) und für möglichst hohe Ressourceneffizienz (Reinigungs-/Instandhaltungsfreundlichkeit, Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit) inkl. Mobilitätsaspekten (Merkmale der Mobilitätsinfrastruktur) thematisiert, während es bei der zweiten Querschnittsqualität der *Prozesse* um prozessuale Voraussetzungen in Planung, Bauausführung und Inbetriebnahme für ein möglichst nachhaltiges Ergebnis eines Projekts geht.

Abschließend werden unter der Standortqualität zum einen nachhaltigkeitsrelevante Merkmale des Standorts in Sachen Attraktivität (z. B. Verkehrsanbindung, Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen etc.) und zum anderen – als entscheidender Aspekt für die Belange dieses Beitrags – Risiken für ein Gebäude inkl. einer Betrachtung von möglichen (konstruktiven/baulichen/technischen) Gegenmaßnahmen und Kompensationen im Sinne einer möglichst hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber möglichen Schadensereignissen (Resilienz) subsumiert.

2.2 Bewertungs- und Optimierungsansätze der sog. Standortkriterien

Unter diesem Gliederungspunkt sollen nun die zuvor benannten Standortkriterien der Systeme des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen hinsichtlich ihrer Bewertungs- und Optimierungsansätze en détail beschrieben und erläutert werden. (Anm.: Die Ausführungen beziehen sich jeweils auf die aktuelle Systemfassung – für BNB: Neubau Büro/Verwaltung 2015; für DGNB: Marktversionen Neubau 2018 bzw. Sanierung 2021.)

Im BNB-System wird die Thematik von Umwelt- und Standortrisiken durch zwei Kriterien adressiert; es sind dies die Kriterien 6.1.1 Risiken am Mikrostandort und 4.1.5 Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren.

CEDIM-Risikokarte „Sturm“

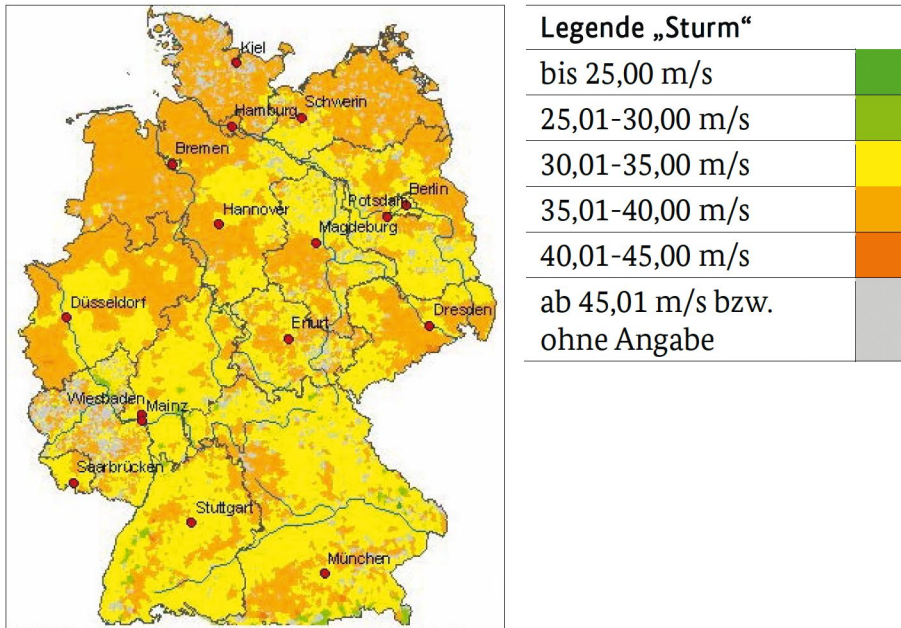


Bild 3 Risikoklassifizierung bez. Sturm gem. BNB 6.1.1 [1]
Risk classification for storm acc. to BNB 6.1.1 [1]

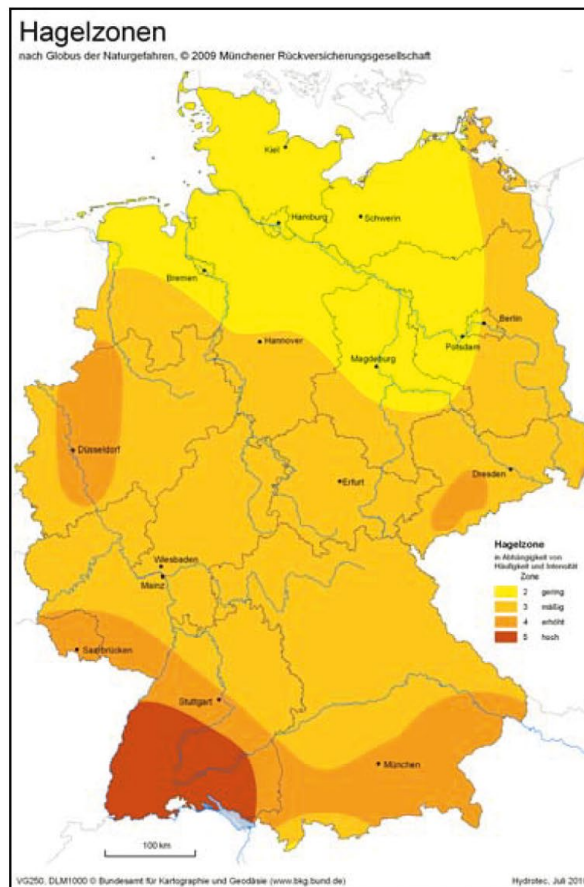
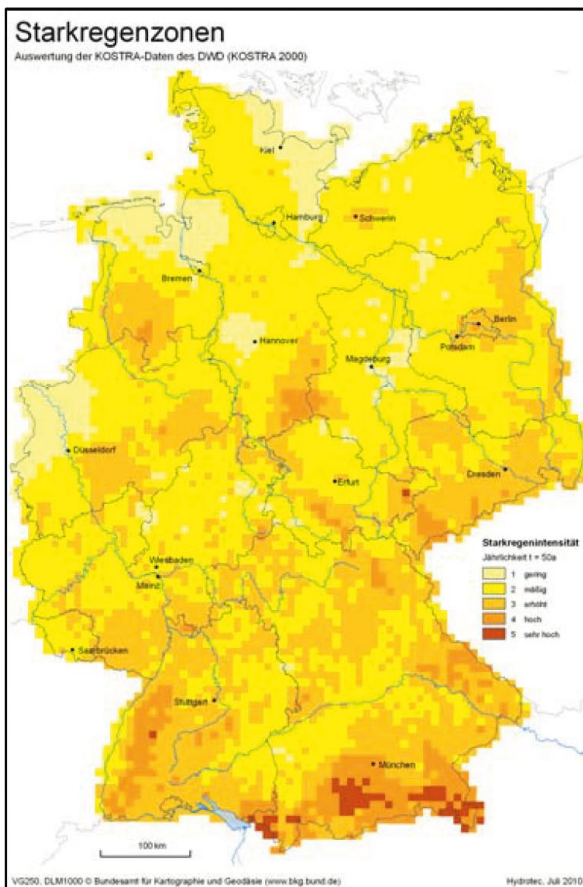


Bild 4 Exemplarische Risikokartierungen gem. BNB 4.1.5 [1]
Exemplary risk mapping acc. to BNB 4.1.5 [1]

Im Kriterium 6.1.1 sind auf Basis von Risikoklassifizierungen des sog. CEDIM Risk Explorers (www.cedim.kit.edu/riskexplorer.php), regionaler Lawinengefahrenkarten und des Zonierungssystems für Überschwemmungen,

Rückstau und Starkregen (Zürs) die Risikoklassen für Erdbeben, Lawinen, Sturm und Hochwasser zu bestimmen (Beispiel aus Bild 3 – Anm.: sog. Man-made Hazards (konkret in/für 6.1.1: Risiken aus Luftverkehr) werden im

Gebäude	Schwingungsanfälligkeit (gemäß DIN 1055-4)	weniger als 20 % des Baukörpers ist schwingungsanfällig (ohne Nachweis sind Wohn-, Büro- und Industriegebäude bis 25 m Höhe nicht schwingungsanfällig)	10						
		Schwingungsanfällige Aufbauten (Masten, Antennen)	nicht vorhanden oder es sind besondere Sicherungsmaßnahmen für den Ereignisfall planerisch vorgesehen	5					
	Winddurchlässigkeit, ungünstige Betriebszustände	höchstens an einer Gebäudeseite: offene Wände, große Tore, normale Sicherungsmaßnahmen keine offenen Wände oder Tore oder besondere Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen, winddichte Zwischendecken vorhanden	5						
	Gebäudehöhe	bis 25 m bzw. an der Küste bis 10 m; größer 25 m mit Bemessung auf nächsthöhere Windzone	5						
	Gebäudesteifigkeit	> 80 % massive Wände und massive Zwischendecken.	5						
	Verglasungsanteil	< 50 %; oder höher mit besonderen Sicherungsmaßnahmen	5						
	A/V-Wert (Gebäudehüllfläche/Volumen)	0,5					10		
	Größe der Dachfläche	< 100 m²; oder bei größeren Dächern Bemessung auf nächsthöhere Lastzone							10
	Zwischendecke vorhanden	nicht vorhanden; oder mit regelmäßiger Zustands- und Verformungsprüfung (planerisch / konzeptionell festgelegt)							10
	Stützweiten	< 10 m oder bei großen Stützweiten Bemessung auf nächsthöhere Lastzone							5
Materialwahl	Dach und Dachfenster, Fenster und Fassade	100 % nachweislich hagelunempfindliche Materialien oder geschützte Elemente, wie Gitter über Dachfenster, zusätzliches doppeltes Verschleißmaterial.					30		
		Nachweis der bis zur Flächenabdichtung wasserundurchlässigen Schichtenfolge		5					
		Verwendung robuster und feuchteresistenter Wärmedämm- und Abdichtungsmaterialien		5					
	Sockel	100 % des Sockels aus spritzwasserresistentem Material oder ausreichende Wasserableitung aus dem Sockelbereich		5					

Bild 5 Auszug Kriterienliste zur Prüfung Widerstandsfähigkeit Wind, Starkregen, Hagel, Schnee gem. BNB 4.1.5 [1]
Excerpt of criteria list for resilience assessment wind, heavy rain, hail, snow [1]

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Widerstandsfähigkeit	Punkte	
			je Qualitätsstufe	Ist
Bemessung und (Trag-) Konstruktion	Verhinderung von Unterspülung / Gewährleistung der Auftriebssicherheit / Bemessung gegen Wasser- bzw. Strömungsdruck	Erosionsgefährdung, Auftriebssicherheit und Sicherheit gegen Wasser- bzw. Strömungsdruck werden berücksichtigt und bei der Bemessung nachgewiesen	12	
Einrichtung/ Inventar	Fest installiertes Inventar / Mobiles Inventar	hochwertiges mobiles Inventar mit wasserempfindlichen Materialien bei leichter Räumung oder nicht hochwertige Einrichtung mit normaler Räumung	3	
		- festes Inventar ist nicht im hochwassergefährdeten Bereich vorhanden - Vorsorgekonzept und leichte, rasche Räumbarkeit für mobiles Inventar - nur hochwasserresistente, unempfindliche Materialien	7	

Bild 6 Auszug Kriterienliste zur Prüfung Widerstandsfähigkeit Hochwasser gem. BNB 4.1.5 [1]
Excerpt of criteria list for resilience assessment flood [1]

Beitrag wegen fehlender Bezüge zur Resilienz Betrachtung außen vor gelassen). In 6.1.1 erfolgt dann eine reine Standortbewertung ohne Blick auf das Gebäude (als eigentliches Bewertungsobjekt einer BNB-Zertifizierung) und dessen mögliche bauliche, (anlagen-)technische und/oder organisatorische Kompensationsmaßnahmen.

Anders ist dies im Kriterium 4.1.5. Zielsetzung des Kriteriums ist die Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Gebäuden gegenüber heutigen und (!) künftigen Naturgefahren am Gebäudestandort, mit dem Schutz eines Gebäudes als unmittelbarer Bewertungsgegenstand (Schutz von Personen, sichere Nutzbarkeit, Begrenzung von Versicherungskosten etc. werden als mittelbare Aspekte „mitgeführt“).

Die Bewertung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes erfolgt unter Berücksichtigung von Art und Ausmaß derzeitiger und künftiger Gefährdungen (konkret: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee, Hochwasser) und der jeweils zugehörigen Widerstandsfähigkeit gegenüber konkreten Gefährdungen im Rahmen einer dreistufigen Schrittfolge.

Erstens ist die Belastungs- und Gefährdungssituation am Standort zu bestimmen, um auf dieser Basis die adäqua-

ten Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit zu kalibrieren. Bei der Gefährdungseinschätzung kommen wiederum entsprechende Risikokartierungen (Beispiel in Bild 4) zum Einsatz und die Ergebnisse sind im 4.1.5-zugehörigen Excel-Tool einzutragen.

Zweitens ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber den fünf o. g. Naturgefahren zu erfassen, indem für jede Naturgefahr bauteilbezogen anhand einer Kriterienliste geprüft und bewertet wird (Bilder 5, 6).

Drittens erfolgt eine abschließende Gesamtbewertung der Widerstandsfähigkeit, indem die erreichten Punkte gem. Bilder 5, 6 je nach Höhe des Gefährdungspotenzials unterschiedlich hoch für die Aggregation der Gesamtbewertung gewichtet werden bzw. je nach Gefährdungslage unterschiedliche Punkteniveaus etwa für die optimale Zielerreichungsstufe (100 Punkte) erforderlich sind (Tab. 1).

Im DGNB-System erfolgt die Bewertung von Umwelt- und Standortrisiken gebündelt im Kriterium SITE1.1 Mikrostandort. Als grundsätzlich (bewertungs-)relevant werden dort die Umwelt- und Standortrisiken gem. Auflistung in Tab. 2 definiert und vorgegeben. (Anm.: Individuelle andere Standortmerkmale wie Luftqualität, Au-

Tab. 1 Aggregationsmethodik Gesamtbewertung BNB-Kriterium 4.1.5 Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren [1]
Aggregation methodology BNB criterion 4.1.5 resilience against natural risks [1]

Zielerreichung (Punkte)	Einschätzung der Gefährdung		
	Geringe Gefährdung	Mittlere Gefährdung	Große Gefährdung
Windzone 1	Windzone 2	Windzonen 3, 4	
Starkregengefahrenklassen 1, 2	Starkregengefahrenklassen 3, 4	Starkregengefahrenklasse 5	
Hagelzone 2	Hagelzone 3	Hagelzonen 4, 5	
Schneelastzonen 1, 1a	Schneelastzonen 2, 2a	Schneelastzone 3	
keine bis geringe Hochwasser- gefährdung	mittlere Hochwassergefährdung	große Hochwassergefährdung	
Erreichte Punktzahl Widerstandsfähigkeit (normiert)			
100	65	75	85
75	50	60	70
50	35	45	55
25	20	30	40
10	10	20	30

Zwischenstufen können interpoliert werden.

Tab. 2 Umwelt- und Standortrisiken gem. DGNB-Kriterium SITE1.1
Natural and location risks acc. to DGNB criterion SITE1.1

Erdbeben	Vulkanausbruch
Lawinen	Sturm
Hochwasser	Starkregen
Hagel	Erdrutsch/Bodensenkung
Sturmflut/Tsunami	Besondere Klimaextreme
Waldbrände	

ßenlärm oder Radon werden hier wegen fehlender Bezüge zur Resilienz Betrachtung außen vor gelassen.)

Die Bewertungssystematik des Kriteriums gestaltet sich je Umwelt- und Standortrisiko so, dass in einem ersten Schritt eine Risikoklassifizierung gem. anerkannter Risikoklassifizierungssysteme (z. B. Gefahrenkartierungen oder Zonierungssysteme) vorgenommen werden muss,

um die am Standort eines Gebäudes jeweils bestehende Gefährdungsstufe zu ermitteln (Beispiel aus Bild 7 – Anm.: eine faktische und quantifizierte Bewertung erfolgt je Gebäude bzw. Gebäudestandort lediglich für die drei relevantesten Umwelt- und Standortrisiken, wobei die Relevanzauswahl prinzipiell (auch) nach Eintrittswahrscheinlichkeiten von Schadensereignissen erfolgen soll).

In einem zweiten Schritt ist zusätzlich zu bewerten, welche Kompensationsmaßnahmen je Umwelt-/Standortrisiko im/am Gebäude geplant bzw. realisiert sind, um dadurch auf mögliche Schadensszenarien am Standort baulich, (anlagen-)technisch und/oder organisatorisch/prozessual zu reagieren und insbesondere das Schadensausmaß im Schadensfalleintritt zu minimieren.

Für den Risikofaktor Hochwasser als gewähltes Beispiel in Bild 7 können dies u. a. ein nutzungsspezifisches Hochwasserschutzkonzept oder die Durchführung einer Risikoanalyse nebst Umsetzung daraus resultierender Schutzmaßnahmen sein (Bild 8).

NR	INDIKATOR	HÖCHSTE UND ZWEIT-HÖCHSTE RELEVANZ	
		X 1,0	DRITT-HÖCHSTE RELEVANZ X 0,5
5	Hochwasser		max. 20
5.1	Gefährdungsstufe Hochwasser		max. 20
	■ Sehr hoch (Gefahr für Hochwasser alle 10 bis 50 Jahre)	0	0
	■ Mittel (Gefahr für Hochwasser alle 50 bis 100 Jahre)	5	2,5
	■ Gering (Gefahr für Hochwasser seltener als alle 100 Jahre)	10	5
	■ Keine Hochwassergefährdung	20	10

Bild 7 Risikoklassifizierung bez. Hochwasser gem. DGNB SITE1.1 [2]
Risk classification for flood acc. to DGNB SITE1.1 [2]

NR	INDIKATOR	HÖCHSTE UND ZWEIT- HÖCHSTE RELEVANZ	
		X 1,0	DRITT- HÖCHSTE RELEVANZ X 0,5
5.2	Kompensationsmaßnahmen Hochwasser (mit direkter Auswirkung auf das Gebäude)		max. 10
5.2.1	Hochwasserschutzkonzept nach Nutzungsanforderungen	+5	+2,5
5.2.2	(Temporäre) bauliche Maßnahmen zum Hochwasserschutz (z. B. Damm)	+3	+1,5
5.2.3	Sicherheitsabstand des Erdgeschosses (> 15 cm) über dem Pegelstand eines Hochwassers, das statistisch gesehen alle 50 Jahre auftritt	+3	+1,5
5.2.4	Vergrößerung der Retentionsräume innerhalb des Projektgebietes	+3	+1,5
5.2.5	Eine Risikoanalyse ist für das Gebäude durchgeführt.	+5	+2,5
5.2.6	Die in einer Risikoanalyse vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen sind umgesetzt.	+5	+2,5

Bild 8 Kompensationsmaßnahmen bez. Hochwasser gem. DGNB SITE1.1 [2]
Compensation measures for flood acc. to DGNB SITE1.1 [2]

Aus der Addition der Bepunktung für die drei höchst priorisierten Umwelt-/Standortrisiken und für etwaige Kompensationsmaßnahmen entsteht die Gesamtbewertung eines Objekts für das Kriterium SITE1.1 Mikrostandort.

3 Nachhaltigkeitsziel „Anpassung an den Klimawandel“ gem. EU-Taxonomie

3.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Die Europäische Union (EU) strebt einen grundlegenden Wandel der Lebens- und v. a. Wirtschaftsweise hin zu ökologisch-sozialer Nachhaltigkeit an, um die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (sog. United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDG)) und die des Pariser Klimaschutzabkommens umzusetzen. Eine wesentliche Basis zur Umsetzung und Umsetzungskontrolle dieser Ziele soll eine transparente Berichterstattung der Nachhaltigkeitsperformance wirtschaftlichen Wachstums bzw. entsprechender Investitionen bilden.

In diesem Sinne ist die sog. EU-Taxonomie ein Bestandteil des im März 2018 vorgestellten „Aktionsplans zur Finanzierung von nachhaltigem Wachstum“, wobei die Taxonomie-Verordnung (EU2020/852) [3] die EU-weiten Kriterien für konforme Investments festlegt. Deren Kriterienkatalog fordert für nachhaltige Aktivitäten auf einer zunächst abstrakten Ebene

- einen substanziellen Beitrag zu (mind.) einem der sechs Umweltziele gem. Tab. 3,
- keine signifikante Schadenswirkung auf die jeweils (bis zu) fünf anderen Umweltziele (sog. DNSH-Ansatz (Do No Significant Harm)) und
- die Einhaltung von Mindeststandards wie OECD-Leitlinien und UN-Leitprinzipien.

Die technischen Bewertungskriterien für div. Sektoren (Forstwirtschaft, Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren, Energie, Wasser-/Abwasserwirtschaft, Ver-

Tab. 3 Umweltziele gem. EU-Taxonomie/Taxonomie-Verordnung [3]
Environmental goals acc. to EU taxonomy [3]

Klimaschutz	Anpassung an den Klimawandel
Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen	Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung	Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme

kehr, Information/Kommunikation, Baugewerbe, Immobilien) inkl. der Bau- und Immobilienwirtschaft als Gebäudesektor wurden – auf konkretisierter Ebene eines Klassifizierungssystems – im Juni 2021 in delegierten Rechtsakten in einem ersten Zwischenschritt zumindest für die beiden ersten Umweltziele Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel veröffentlicht [4, 5].

3.2 Anforderungen und Bewertungsansätze für „Anpassung an den Klimawandel“

Schnittmengen zu den Belangen dieses Beitrags bestehen im Wesentlichen für die Anforderungen hinsichtlich Anpassung an den Klimawandel – unabhängig davon, ob im Kontext eines substanziellen Beitrags zum entsprechenden Umweltziel oder der Vermeidung einer signifikanten Schadenswirkung. In beiden Fällen geht es bei einer Überprüfung der Taxonomie-Konformität darum, ob physische Klimarisiken im Zuge einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsbewertung gem. einer definierten Schrittfolge wie folgt ermittelt werden:

- Bewertung der Tätigkeit (z.B. Erwerb von und Eigentum an Gebäuden) zur Feststellung, welche physischen Klimarisiken (aus einer Liste potenziell möglicher Klimagefahren) die Leistung der Wirtschaftstätigkeit während ihrer Lebensdauer beeinträchtigen können

Tab. 4 Klassifikation von Klimagefahren gem. [4, 5]
Classification of climate risks acc. [4, 5]

	Temperatur	Wind	Wasser	Feststoffe
chronisch	Temperaturänderung (Luft, Süßwasser, Meerwasser)	Änderung der Windverhältnisse	Änderung der Niederschlagsmuster und -arten (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Küstenerosion
	Hitzestress		Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	Bodendegradierung
	Temperaturvariabilität		Versauerung der Ozeane	Bodenerosion
	Abtauen von Permafrost		Salzwasserintrusion	Solifluktion
			Anstieg des Meeresspiegels	
		Wasserknappheit		
akut	Hitzewelle	Zyklon, Hurrikan, Taifun	Dürre	Lawine
	Kältewelle/Frost	Sturm (einschließlich Schnee-, Staub- und Sandstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Erdrutsch
	Wald- und Flächenbrände	Tornado	Hochwasser (Küsten-Flusshochwasser, pluviales Hochwasser, Grundhochwasser)	Bodenabsenkung
			Überlaufen von Gletscherseen	

- Durchführung einer Klimarisiko- und Vulnerabilitätsbewertung für das/die als relevant identifizierte(n) physische(n) Klimarisiko/-risiken
- Bewertung von Anpassungslösungen zur Reduzierung des/der ermittelten physischen Klimarisiko/-risiken und der Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen, soweit diese konform mit übergeordneten politischen Strategien sind

Als potenziell mögliche Klimagefahren erfolgt eine Unterscheidung zwischen chronischen Stressfaktoren einerseits und akuten andererseits, die jeweils den Risikoclustern Temperatur, Wind, Wasser und Feststoffe subsumiert werden (Tab. 4). Zu untersuchen sind Risiken gem. der Klimaszenarien RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8 des IPCC-Klimareports, die verschiedene Varianten der Erderwärmung in Abhängigkeit von Schadstoffemissionen bis zum Jahr 2100 darstellen. Wie in Tab. 4 gezeigt, umfasst die Matrix der Risiken insgesamt 28 Klimagefahren. Die für Deutschland relevanten Naturgefahren werden wie in Abschn. 2.2 dargestellt mit den Nachhaltigkeitsbewertungssystemen DGNB und BNB bereits identifiziert und auch Kompensationsmaßnahmen im Sinne der Schadensvermeidung bewertet.

Insofern spielt die Resilienz eines Gebäudes, dabei insbesondere dessen Bau- und Konstruktionsweise, auch im Kontext der EU-Taxonomie eine entscheidende Rolle für

die ganzheitliche Nachhaltigkeitsperformance (und formell: die Taxonomie-Konformität) einer Immobilie.

4 Einordnung der Klimaresilienz marktrelevanter Bauweisen

4.1 Filterung nicht klimainduzierter und konstruktionsunspezifischer Risiken

Für eine Einordnung der Resilienz marktrelevanter Bauweisen gegenüber klimainduzierten Umwelt- und Standortrisiken und potenziellen Schadensereignissen sind frei-

Tab. 5 Auflistung klimainduzierter und konstruktionspezifischer Umwelt- und Standortrisiken
List of climate-related and construction-specific risks

Risiko	klima-induziert	konstruktions-spezifisch
Wind/Sturm	x	x
Hochwasser/Starkregen/Überflutungen	x	x
(Wald-)Brand	x	x
Hitzewelle/Hitzestress/Temperaturveränderungen	x	x

lich nicht alle vom Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen resp. der EU-Taxonomie adressierten Risiken überhaupt betrachtungsrelevant. Zum einen, weil nicht alle in den Abschn. 2 f. entsprechend skizzierten Risiken mit dem Klima „korreliert“ sind. Und zum anderen, weil einzelne dieser Risiken als konstruktionsunspezifisch (jedenfalls bezogen auf Wandbaustoffe/-konstruktionen) tituliert werden können, d.h., die Konstruktionsweise hier grundsätzlich keinen Einfluss für eine hohe oder niedrige Resilienz eines Gebäudes hat.

In diesem Sinne lässt sich die Auflistung an Umwelt- und Standortrisiken gem. Tab. 5 als klimainduziert *und* konstruktionspezifisch benennen und verbleibt entsprechend für die weitere Betrachtung des Abschn. 4.2.

4.2 Betrachtung klimainduzierter, konstruktionspezifischer Risiken

Die Resilienz gegenüber den identifizierten klimainduzierten und konstruktionspezifischen Risiken ist bei den derzeit marktüblichen Wandbaustoffen Mauerwerk (Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Leichtbeton), (Stahl-)Beton und Holz unterschiedlich ausgeprägt.

4.2.1 Wind/Sturm

Bei der Bemessung werden Windeinwirkungen – mit Ausnahme von besonders windempfindlichen Bauwerken wie z.B. Hochhäusern – üblicherweise unter Ansatz einer statischen Ersatzlast berücksichtigt. Der Bemessungswert basiert auf dem 98%-Quantil der mittleren Windgeschwindigkeiten, wobei der Einfluss von u. a. Topografie, Turbulenz und Böigkeit des Windes über Erhöhungsfaktoren abgebildet wird. Gemäß [6] lässt sich anhand der Messdaten keine Zunahme der *mittleren* Windgeschwindigkeiten oder der Anzahl der Sturmereignisse in Deutschland erkennen. Dennoch ist [6] zufolge auch aufgrund der gestiegenen mittleren Luftfeuchtigkeit lokal mit intensiveren unwetterartigen Sturmereignissen zu rechnen.

Konstruktionsseitig wirken sich Windbeanspruchungen infolge (Gewitter-)Sturm primär auf die dem Wind direkt ausgesetzten (An-)Bauteile aus, da lokal erhebliche Winddruck- oder -sogkräfte, die im Wesentlichen aus den kurzzeitig wirkenden Windböen resultieren, auftreten können. Dementsprechend sind neben der Fassadenkonstruktion vorwiegend die Dachkonstruktion und evtl. vorhandene Dachaufbauten als kritische Gebäudekomponenten einzuschätzen. Die Gesamtstabilität des Gebäudes ist bei ausreichender Massenträgheit des Gebäudes dagegen i. Allg. nicht gefährdet. Der Widerstand der Wandkonstruktion gegenüber Sturmbeanspruchung ergibt sich somit maßgeblich aus dem im Rahmen der Bemessung erbrachten Nachweis unter Windbeanspruchung. Allerdings ist insbesondere bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden eine ordnungsgemäße Ausführung für die Sicherheit der Vorhangkonstruktion entscheidend. Lediglich bei Holz-

ständerbauweise ist nach [6] darüber hinaus die Art der Fassadengestaltung entscheidend, ob die Wand eine Resilienz gegenüber Sturmereignissen aufweist.

4.2.2 Hochwasser/Starkregen/Überflutungen

Hochwasser und Überflutungen infolge Starkregen und/oder über die Ufer getretener Fließgewässer führen zu einer erheblichen Beanspruchung der Wandkonstruktion. Neben dem Eindringen von Wasser ins Gebäude sowie in die Konstruktion, was i. d. R. mit Schäden bzw. einer Zerstörung der Einrichtung verbunden ist, jedoch nicht zwangsweise zu einer Gefährdung der Standsicherheit führt [7], ist insbesondere infolge der aus dem anstehenden Hochwasser resultierenden Auftriebskräfte die Gefahr des Aufschwimmens des Gebäudes gegeben. Hiergegen hilft ein möglichst großes Gebäudeeigengewicht, das den Auftriebskräften entgegenwirkt. Dementsprechend sind in Massivbauweise errichtete Gebäude hinsichtlich ihrer Resilienz gegenüber Hochwasser deutlich vorteilhafter einzuschätzen als andere leichtere Bauweisen. Darüber hinaus stellt der horizontale Wasserdruck auf die Außenwände des Gebäudes eine in der üblichen Bemessung i. d. R. nicht betrachtete Beanspruchungssituation dar. Je nach Art des Hochwassers – stehend bzw. langsam steigend, z. B. im Flachland am Unterlauf größerer Flüsse, oder niederschlagsinduziert (sturzflutartig), z. B. in Tälern mit oftmals kleineren Bächen – können neben dem horizontalen Wasserdruck auch signifikante stoßartige Beanspruchungen z. B. durch Treibgut auftreten [6]. In [8] empfiehlt das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) daher die Verwendung von Kalksandsteinen, Vollziegel und Beton, während Holzkonstruktionen als ungeeignet eingeschätzt werden. Porenbeton sowie Hochlochziegel werden als mäßig geeignet bewertet. In [7] sind diese Empfehlungen nicht mehr explizit enthalten. Stattdessen führt das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) aus, welche feuchtigkeitsrelevanten Eigenschaften und welches Verhalten die einzelnen Wandbaustoffe bei Hochwasserbeanspruchung aufweisen. Ähnliche Erläuterungen finden sich auch in [6, 9, 10]. Übereinstimmend wird dabei deutlich, dass gipsgebundene Baustoffe, Dämmstoffe und Holz (vorwiegend Holzwerkstoffe wie Span-, OSB-, Furnierschichtholz- oder Sperrholzplatten) durch den Feuchtigkeitseintrag i. d. R. irreversibel geschädigt werden und somit nur bedingt als resilient bezeichnet werden können. Zwar nehmen auch Mauerwerkswände abhängig vom Baustoff mehr oder weniger Feuchtigkeit auf, die jedoch nicht zu einer Beeinträchtigung der Tragfähigkeit führt und durch schnelle und gründliche Trocknungsmaßnahmen wieder dem Baustoff entzogen werden kann.

4.2.3 (Wald-/Flächen-)Brand

Mit der klimainduzierten steigenden Dauer und Intensität der Hitzeperioden und der damit verbundenen Trockenheit steigt auch die Gefahr ausgedehnter Wald-

und Flächenbrände. Zwar treten in Mitteleuropa u. a. aufgrund der vorherrschenden Vegetation (häufig Laubmischwälder) bisher kaum Waldbrände mit Feuerwalzen in der Größenordnung der Brände z. B. in Südeuropa, Australien oder Nordamerika auf, dennoch sind auch in Deutschland bereits heute einige Gebiete insb. im Osten Deutschlands der höchsten Waldbrandrisikokategorie zugeordnet [11]. Entsprechend können auch die hier vorkommenden (Wald-)Brände abhängig von Lage, Art (Boden-, Wipfelfeuer oder Vollbrand), Ausbreitungsrichtung und -geschwindigkeit auf bebaute Gebiete zulaufen und eine Gefahr für Gebäude darstellen.

Für das einzelne Bauteil ist es zunächst unerheblich, aus welcher Ursache die auf es einwirkende Brandbeanspruchung resultiert, auch wenn sich i. Allg. der realistische Temperaturverlauf über die Zeit eines Außenbrands von dem eines im Gebäude entstehenden Brandereignisses hinsichtlich Maximaltemperatur/Intensität und Dauer des Brands unterscheidet. Dies gilt jedoch ganz grundsätzlich ohne einen besonderen Bezug zum Klimawandel.

Die normative Bemessung, bei der (sofern notwendig) nachgewiesen wird, dass die (Trag-)Funktion der Bauteile über eine definierte Zeit (z. B. 90 min) trotz Brandbeanspruchung erhalten bleibt, unterstellt dabei einen funktionierenden abwehrenden Brandschutz unter der Annahme, dass diese Feuerwiderstandszeit ausreichend ist, um der Feuerwehr die Rettung von Menschen/Tieren aus dem Gefahrenbereich zu ermöglichen sowie wirksame Löscharbeiten einzuleiten. Der wesentliche Unterschied zum normativ verankerten Brandereignis liegt bei Wald-/Flächenbränden in der ausgedehnten Großschadenslage, die dazu führen kann, dass die Feuerwehr nicht überall rechtzeitig eingreifen und den Vollbrand eines Gebäudes verhindern kann. Entsprechend steht dem Brandereignis mehr „Raum“ zur Entfaltung zur Verfügung als bei einem planmäßigen Eingreifen der Feuerwehr und brennt im Worst Case so lange weiter, bis keine Brandlast mehr vorhanden ist.

Mit Blick auf die Gebäudekonstruktion ist somit zu konstatieren, dass brennbare Baustoffe wie Holz signifikante Nachteile aufweisen, da diese im Verlauf des (ungestörten) Brands ebenfalls abbrennen (können). Nicht brennbare Baustoffe wie Mauerwerk und Beton werden durch die hohen Temperaturen zwar ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen (z. B. in Form von Abplatzungen, Rissen etc.), können allerdings nach dem Brandereignis noch eine beachtliche Resttragfähigkeit aufweisen, die ausrei-

chen kann, um das verbliebene Gebäudeeigengewicht zu tragen. Das liegt auch darin begründet, dass die normativen Feuerwiderstandsdauern experimentell auf Basis der Einheitstemperaturzeitkurve, welche eine stetige Temperaturzunahme unterstellt, ermittelt werden, während die Brandtemperatur in der Realität mit zunehmender Branddauer aufgrund der weniger werdenden Brandlast absinkt, sodass die rechnerischen Werte die tatsächlichen Widerstandsdauern unterschätzen.

4.2.4 Hitzewelle/Hitzestress/Temperaturveränderungen

Bereits jetzt werden Gebäude im Rahmen des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes hinsichtlich einer für den Nutzer angenehmen Innentemperatur trotz hoher Außentemperaturen im Sommer ausgelegt. Aus diesem Grund sollten grundsätzlich alle Konstruktionen in der Lage sein, den hitzebedingten Einwirkungen zu widerstehen. Bei gleicher energetischer Auslegung der Gebäude zeigen sich jedoch durchaus Unterschiede bez. der erreichten Maximaltemperatur im Innenraum sowie der ertragbaren Dauer der Hitzeeinwirkung. Wie Studien zum thermischen Komfort von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Konstruktionsart zeigen [12, 13], führen bereits die heute vorherrschenden Außentemperaturen und Einwirkungsdauern bei nach EnEV 2016 ausgelegten Gebäuden zu Überhitzungen (Innenraumtemperaturen > 26 °C). Dabei sind nicht nur die Wahrscheinlichkeit für Überhitzungen, sondern auch die erreichten Spitzenwerte der Innentemperatur bei Gebäuden aus Holz höher als bei Gebäuden aus massiven Konstruktionen (Stahlbeton oder Mauerwerk). Analoge Erkenntnisse liefern auch thermische Simulationen in [6]. Der Grund für das bessere Abschneiden der massiven Baustoffe ist deren größere thermische Speicherfähigkeit, welche zu einem trägeren Temperaturverhalten und damit zu stabileren Raumtemperaturen führt, d. h., Veränderungen der Raumtemperatur erfolgen langsamer. Insbesondere mit Blick auf die klimainduzierten höheren max. Außentemperaturen in Verbindung mit länger andauernden Hitzeperioden stellt diese höhere thermische Speichermasse massiv errichteter Gebäude einen klaren Vorteil dar.

In Tab. 6 ist die Resilienz der einzelnen Konstruktionen gegenüber den vier klimainduzierten Risiken zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass Mauerwerk und Beton insgesamt deutlich besser für das klimaresiliente Bauen der Zukunft geeignet sind.

Tab. 6 Resilienz von Mauerwerk, Beton und Holz gegenüber den Umwelt-/Standortrisiken
Resilience of masonry, concrete and timber to natural/locational risks

Konstruktion	Wind/Sturm	Hochwasser/Starkregen/ Überflutungen	(Wald-)Brand	Hitzewelle/Hitzestress/ Temperaturveränderungen
Mauerwerk	+	+ / 0	+	+
(Stahl-)Beton	+	+	+	+
Holz	+	-	-	0

+ gut geeignet 0 mäßig geeignet - schlecht geeignet

5 Zusammenfassung und Fazit

Die Nachhaltigkeitsbewertungssysteme der DGNB und des BNB berücksichtigen bereits heute in ihrem Bewertungskanon die Resilienz von Gebäuden gegenüber unvorhergesehenen Risiken, bspw. infolge Klimaveränderungen. Dazu sind in den Systemen verschiedene Bewertungs- und Optimierungsansätze enthalten, welche auf der Grundlage der Gefährdungssituation am Gebäudestandort eine Einschätzung der Soll- und der Istwiderstandsfähigkeit ermöglichen bzw. die Widerstandsfähigkeit in der Bewertung abbilden. Neben den nationalen Bewertungssystemen sind auch in der europäischen Taxo-

nomie-Verordnung Bewertungsansätze für die Anpassung an den Klimawandel angegeben. Die Auswertung der dort aufgeführten Klimagefahren hinsichtlich eines ursächlichen Klimawandelbezugs sowie hinsichtlich des Einflusses der Konstruktion auf die einzelnen Risiken reduziert die zu betrachtenden Umwelt- bzw. Standortfaktoren auf Wind/Sturm, Hochwasser/Starkregen/Überflutungen, (Wald-)Brand und Hitzewelle/Hitzestress/Temperaturveränderungen. Wie die qualitative Analyse der Widerstandsfähigkeit der gängigen Wandbaustoffe im Wohnungsbau gegenüber diesen vier Risikogruppen ergibt, weisen massive Wandbaustoffe wie Mauerwerk eine deutlich bessere Resilienz auf als andere Bauweisen.

Literatur

- [1] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) [Hrsg.] (2015) *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), Systemvariante BNB 2015 für Büro- und Verwaltungsneubauten* [online]. Berlin: BMI. www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/buerogebaeude/steckbriefe-bnb-bn-2015
- [2] DGNB [Hrsg.] (2018) *DGNB-Nutzungsprofil Neubau Büro und Verwaltung, Version 2018 (NBV18)*. 8. Aufl. Stuttgart.
- [3] *Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088*.
- [4] Europäische Kommission *Anhang der Delegierten Verordnung (EU) 2020/852 [...], C(2021) 2800 final, Annex 1*.
- [5] Europäische Kommission *Anhang der Delegierten Verordnung (EU)/der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 [...], C(2021) 2800 final, Annex 2*.
- [6] Fahrion, M.-S. et al. (2019) *KLIBAU – Weiterentwicklung und Konkretisierung des Klimaangepassten Bauens. Endbericht* [online]. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2018/klibau/endbericht.html
- [7] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) [Hrsg.] (2018) *Hochwasserschutzfibel – Objektschutz und bauliche Vorsorge* [online]. Berlin: BMI. www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/hochwasserschutzfibel.html
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) [Hrsg.] (2013) *Hochwasserschutzfibel*. Berlin.
- [9] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. [Hrsg.] (2021) *VdS 6002: Baukonstruktive Überflutungsvorsorge – Leitfaden mit Hinweisen für die Wahl geeigneter Bauarten und deren bauliche Umsetzung*. Köln: VdS Schadenverhütung GmbH.
- [10] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.] (2019) *Leitfaden Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge* [online]. Bonn: BBSR. www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/leitfaden-starkregen-04-2019-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- [11] Hischberger, P. (2009) *Wälder in Flammen*. 3. Aufl. Frankfurt am Main: WWF Deutschland.
- [12] Alware GmbH Ingenieurbüro für Bauphysik und Gebäudesimulation (2015) *Beratung zur Verbesserung des thermischen Komforts und zur Energieeinsparung eines Einfamilien-Typenhaus nach EnEV 2016 in verschiedenen Bauweisen*. Braunschweig.
- [13] Alware GmbH Ingenieurbüro für Bauphysik und Gebäudesimulation (2015) *Beratung zur Verbesserung des thermischen Komforts und zur Energieeinsparung eines Mehrfamilien-Typenhaus nach EnEV 2016 in verschiedenen Bauweisen*. Braunschweig.

Autorin und Autoren

Dr.-Ing. Sebastian Pohl
s.pohl@LCEE.de
LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH
Birkenweg 24
64295 Darmstadt

Dipl.-Ing. Martina Clanget-Hulin M. Sc.
m.clanget-hulin@LCEE.de
LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH
Birkenweg 24
64295 Darmstadt

Benjamin Purkert M. Sc. (Korrespondenzautor)
purkert@dgfm.de
Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau (DGfM) e.V.
Kochstraße 6–7
10969 Berlin

Zitieren Sie diesen Beitrag

Pohl, S.; Clanget-Hulin, M.; Purkert, B. (2022) *Klimaresilienz in der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauweisen*. Mauerwerk 26, H. 1, S. 11–20. <https://doi.org/10.1002/dama.202100012>