



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Der Klimawandel und die damit verbundenen Veränderungen schreiten voran. Dies zeigt sich insbesondere bei extremen Wetterereignissen wie Starkregen oder Hochwasser. Um diesen Veränderungen in Zukunft gewachsen zu sein, haben sich unterschiedliche Einrichtungen im öffentlichen und privaten Bereich bereits vorbildhaft auf den Weg gemacht – häufig im Rahmen von Forschungsprojekten.

Die Broschüre informiert über den derzeitigen Wissensstand insbesondere hinsichtlich zu erwartender Folgen von Wetterextremen für Gebäude und deren Bewohner sowie das direkte Umfeld.

- Klimawandel – Anpassung – Vorsorge
- Gefährdungspotenzial und Bauvorsorge
- Fazit

Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden

Autorin

Bettina Stock

Vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

es ist wissenschaftlich belegt, dass sich das Klima der Erde deutlicher und schneller wandelt als zuvor. Wir werden künftig mit mehr Wetterextremen konfrontiert sein – Starkregen, Hochwasser, Hitze, Sturm und Schnee. Um die Schäden an den Gebäuden möglichst gering zu halten, braucht es gute Vorsorgestrategien. Welche Gebäudeteile sind besonderen Risiken ausgesetzt? Welchen Schutzstandard sehen die bestehenden technischen Regelwerke für Gebäudeteile vor? Konkret: Wie können Eigentümer Bauwerke widerstandsfähiger gegenüber Wetterextremen machen? Das Heft bietet anwendungsorientierte Hinweise für den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken.

Interessierte finden darüber hinaus Verweise auf weitere Forschungsergebnisse und Praxishilfen wie das Online-Werkzeug „ImmoRisk“ – ein Tool, mit dem sich Standortrisiken von Immobilien ermitteln lassen. Auch Bund, Länder und Kommunen stehen vor der Aufgabe, ihre Büro- und Verwaltungsgebäude wirksam vor den Folgen von Wetterextremen zu schützen. Die Kriterien „Widerstand gegen Naturgefahren“ des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen bieten dafür Ansatzpunkte.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern einen informativen Einstieg und hilfreiche Hinweise für einen konstruktiven Umgang mit den erwarteten Veränderungen.

Mit herzlichem Gruß, Ihr

A handwritten signature in blue ink that reads "H. Herrmann". The signature is written in a cursive, flowing style.

Direktor und Professor Harald Herrmann

Klimawandel – Anpassung – Vorsorge

Eine stetige Anpassung von Gebäuden an die Klimagegebenheiten ist seit jeher notwendig.

Klimawandel

Klimawandel findet statt. Als Forum für dieses Thema haben im Jahr 1988 das Umweltschutzprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) das „International Panel on Climate Change (IPCC)“ gegründet. Diese internationale Wissenschaftsgemeinschaft hat die unterschiedlichen Faktoren, Einflüsse und Wirkungen des Klimawandels bewertet und diskutiert und diese in möglichen Modellen beschrieben. Auf Basis dieser wurden globale und regionale Klimamodelle entwickelt. In Deutschland sind das z. B. REMO, CLM, WETTREG und STAR. Alle Modelle basieren auf dem Emissionsszenario A1B mit Szenarienberechnung bis zum Jahr 2100 (STAR bis 2055) (DWD 2). Ein Testmodell finden Sie unter www.klimaatlas.de.

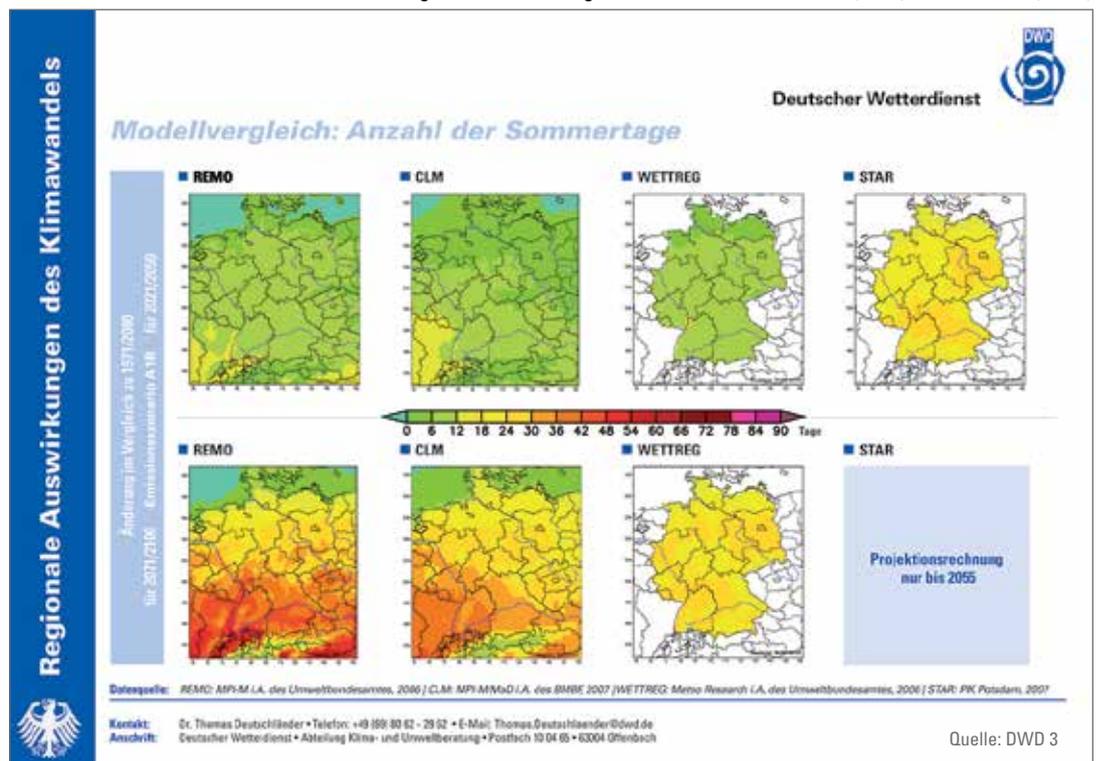
Beispiel: Emissionsszenario A1B

Die A1-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung und rascher Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtige grundlegende Themen sind Annäherung von Regionen, Entwicklung von Handlungskompetenz sowie zunehmende kulturelle und soziale Interaktion bei gleichzeitiger substantieller Verringerung regionaler Unterschiede der Pro-Kopf-Einkommen. Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben.

A1B: Annahme einer ausgewogenen Nutzung aller Energiequellen (wobei ausgewogene Nutzung definiert ist als eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle und durch die Annahme eines ähnlichen Verbesserungspotenzials für alle Energieversorgungs- und Energieverbrauchs-Technologien) (DWD 1)

Abbildung 1

Darstellung der Szenarienberechnung nach den vier deutschen Klimamodellen am Beispiel Lufttemperatur: mittlere Änderung im Sommer im Vergleich zu 1961/1990 für 2021/2050 (oben) bzw. 2071/2100 (unten)



Die durch die Klimamodelle erhaltenen Daten schließlich werden in Wirkmodellen genutzt, um gewisse Prognosen zu Klimaänderungsfolgen zu treffen. Ein Ergebnis dieser Berechnungen ist beispielhaft mit der Änderung der mittleren Lufttemperatur im Sommer in Abbildung 1 dargestellt.

Im Ergebnis sind also auch in Deutschland veränderte Wettererscheinungen zu erwarten, die aber räumlich und zeitlich nicht hinreichend konkret vorhersagbar sind. Dennoch werden wir unser Umfeld anpassen müssen, idealerweise vorsorgend. Die Bundesregierung hat daher 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) auf den Weg gebracht, um einen entsprechenden Prozess anzustoßen, zu fördern und zu begleiten.

Anpassung

Auch Gebäude, deren direktes Umfeld und deren Bewohner und Nutzer sind vom Klimawandel betroffen. Schon immer nutzten Menschen Behausungen zum Schutz ihrer Güter und zum Eigenschutz. Daran hat sich bis heute nichts geändert, auch wenn sich die Ansprüche an Behaglichkeit und Komfort sowie manche Rahmenbedingungen wie z. B. das Klima weiter entwickelt haben und auch in Zukunft weiter entwickeln werden.

Werden heute in Deutschland Baumaßnahmen durchgeführt, gleich ob Neubau oder eine Veränderung im Bestand, sind Gesetze, Verordnungen und Regelwerke zu beachten, welche in der Summe die sogenannten „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ widerspiegeln. Sie wurden im Allgemeinen auf Basis von Erfahrungen entwickelt und werden stetig fortgeschrieben. Da der Klimawandel

jedoch Wetterereignisse mit sich bringt, welche bisher in ihrer Art bzw. Häufigkeit nicht erlebt wurden, können wir nicht mehr nur auf Erfahrungen aufbauen, sondern müssen uns auf Prognosen beziehen.

Das wurde bereits durch die letzten Hochwasserereignisse in Deutschland deutlich: Die Kategorien der Jährlichkeit eines Hochwassers besagen, dass ein Ereignis dieses Ausmaßes, gemessen am Pegelstand, mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Jahresabstand auftritt. So tritt z. B. ein 100-jährliches Hochwasser (HQ 100) laut Statistik im Durchschnitt einmal in 100 Jahren auf. Die Berechnung erfolgt aus den rückliegenden Aufzeichnungen. Da jedoch aufgrund der Klimaprognosen eine Verstärkung und Häufung der Hochwasserereignisse zu erwarten bzw. bereits zu beobachten ist, werden in Zukunft darüber hinaus auch Prognosen auf Basis der Szenarienberechnungen zur Beurteilung herangezogen werden müssen.

Pauschale Aussagen über die Tendenz regionaler Wetterentwicklungen kann man bereits heute treffen. So werden wir es allgemein vermehrt mit lokalen Starkregenereignissen und deren Folgen sowie mit erhöhter Hitzeentwicklung zu tun haben. Gebietsweise werden Windbelastungen zunehmen. Mit unseren bisherigen Erfahrungen insbesondere bei der Hochwasservorsorge können wir uns und unsere Gebäude und Liegenschaften gut auf kommende extreme Wetterereignisse vorbereiten.

Vorsorge

Wir werden in Zukunft also nicht mehr nur auf Erfahrungen aufbauen können, sondern auch vorausdenken

müssen, welche Wetterereignisse mit welchen Folgen auf uns zukommen könnten. Die Gesellschaft, aber auch jeder Einzelne kann bauliche Maßnahmen zum Schutz treffen, Verhaltenspläne entwickeln und den Ernstfall proben. Für das Wetterrisiko Hochwasser ist das gut bewährte Realität. Diese Erkenntnisse können wir auf weitere zu erwartende Risikoereignisse wie beispielsweise gewässerunabhängige Überflutungen durch Starkregen, Sturm- oder Hitzeereignisse übertragen.

Entsprechend den Erkenntnissen aus der Hochwasservorsorge setzt sich Vorsorge aus den folgenden Teilstrategien zusammen:

- Flächenvorsorge (bzw. erweitertes Umfeld des Gebäudes, je nach Risikoereignis)
- Bauvorsorge (Instandsetzung und bauliche Ergänzung eines Gebäudes oder dessen Bauteile)
- Risikovorsorge (Versicherung abschließen bzw. vorhandene überprüfen und ggf. anpassen)
- Verhaltensvorsorge (Vorplanen und Einüben: Wie verhalte ich mich im Risikoereignisfall? z. B. Vorräte anlegen, Öffnungen schließen, Gebäude verlassen)

In den nachfolgenden Kapiteln werden wesentliche klimawandelbedingte risikorelevante Wetterereignisse beschrieben und Hinweise aus Sicht der Bauvorsorge gegeben.

Gefährdungspotenzial und Bauvorsorge

Wetterereignisse wie z. B. Wind oder Niederschlag beanspruchen Gebäude auf unterschiedlichste Art. Um dem Stand zu halten, müssen Planungsvorgaben stetig überprüft und Bauobjekte kontinuierlich Wartungen und Instandhaltungen unterzogen werden. Nachfolgend werden verschiedene Wetterparameter und ihr gebäude-spezifisches Gefährdungspotenzial beschrieben und auf mögliche Vorsorgemaßnahmen eingegangen.

Wind

Klimawandelbedingte Prognose

In Folge des Klimawandels ist basierend auf den eingangs beschriebenen Szenarien bezüglich Windereignissen damit zu rechnen, dass die Stärke der einzelnen Winterstürme zunehmen wird. Lokal treten Tornados auf (jährlich derzeit 20 bis 30 in Deutschland).

Definition

Meteorologen bezeichnen als Wind eine gerichtete Luftbewegung. Sie wird durch Geschwindigkeit, Richtung und die Neigung zur Horizontalen, welche in der Regel

vernachlässigt wird, definiert. Dabei bezeichnet die Richtung des Windes die Herkunft der Bewegung und wird allgemein durch die Himmelsrichtung oder über den Azimut angegeben. Zur Differenzierung verschiedener Windgeschwindigkeiten werden spezifische Bezeichnungen verwendet (vgl. Beaufort-Skala in Tab. 1).

Die Windgeschwindigkeit wird in m/s, km/h oder in Knoten angegeben und im freien Gelände in 10 m Höhe gemessen. Die Auswirkung der Geschwindigkeit wird mit Hilfe der Beaufortskala beschrieben. Anhand der Beschreibungen kann wiederum Rückschluss auf die Geschwindigkeit des Windes gezogen werden.

Allgemeine Gefährdung

Gebäudekonstruktionen sind in Deutschland aufgrund der Massivbauweise weniger durch Wind gefährdet. Ein direktes Gefährdungspotenzial geht von Starkwindereignissen für einzelne Gebäudeteile aus. Besonders betroffen sind Dachbauteile (bei Steil- und Flachdach), Dachaufbauten (Satellitenschüssel, Antennen, Kamin) und teilweise auch Dachstühle. Darüber hinaus sind Fassaden, Fenster, Rollläden und Außenanlagen betroffen. Mit Stürmen gehen in der Regel Starkregen und/oder Hagelereignisse oder auch Schnee einher. Das kann zu Mehrfachbelastungen (Windlast

Tabelle 1

				Beaufort-Skala
Beaufort-grad	Bezeichnung	Mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über freiem Gelände		Beispiele für die Auswirkungen des Windes im Binnenland
		m/s	km/h	
0	Windstille	0,0–0,2	< 1	Rauch steigt senkrecht auf
1	leiser Zug	0,3–1,5	1–5	Windrichtung angezeigt durch den Zug des Rauches
2	leichte Brise	1,6–3,3	6–11	Wind im Gesicht spürbar, Blätter und Windfahnen bewegen sich
3	schwache Brise schwacher Wind	3,4–5,4	12–19	Wind bewegt dünne Zweige und streckt Wimpel
4	mäßige Brise mäßiger Wind	5,5–7,9	20–28	Wind bewegt Zweige und dünnere Äste, hebt Staub und loses Papier
5	frische Brise frischer Wind	8,0–10,7	29–38	kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkronen bilden sich auf Seen
6	starker Wind	10,8–13,8	39–49	starke Äste schwanken, Regenschirme sind nur schwer zu halten, Telegrafeneleitungen pfeifen im Wind
7	steifer Wind	13,9–17,1	50–61	fühlbare Hemmungen beim Gehen gegen den Wind, ganze Bäume bewegen sich
8	stürmischer Wind	17,2–20,7	62–74	Zweige brechen von Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien
9	Sturm	20,8–24,4	75–88	Äste brechen von Bäumen, kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel oder Rauchhauben abgehoben)
10	schwerer Sturm	24,5–28,4	89–102	Wind bricht Bäume, größere Schäden an Häusern
11	orkanartiger Sturm	28,5–32,6	103–117	Wind entwurzelt Bäume, verbreitet Sturmschäden
12	Orkan	ab 32,7	ab 118	schwere Verwüstungen

Quelle: DWD 4

plus Schneelast) oder Folgeschäden führen (Dachschädigung durch Wind und anschließende Überflutung des Dachgeschosses).

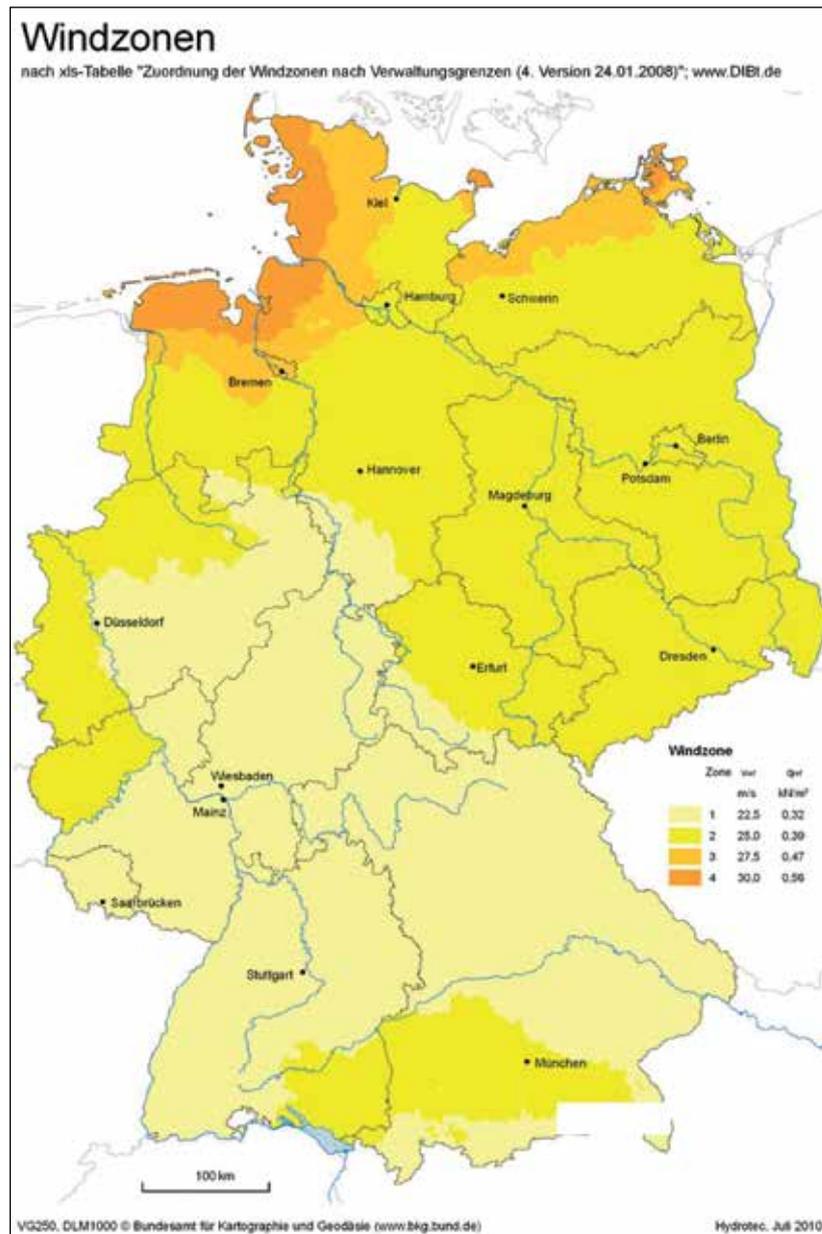
Ein hohes Gefährdungspotenzial besteht jedoch indirekt für Personen durch losgerissene Bauteile und Äste oder umfallende Bäume. Hier kommt die Verkehrssicherungspflicht der Eigentümer von Gebäuden und Außenanlagen zu tragen, um Bewohner und Passanten zu schützen.

Bemessung nach Regelwerk

Durch die Windgeschwindigkeit wird ein Geschwindigkeitsdruck q [kN/m²] erzeugt. Der Wind(stau)druck auf Gebäude und Bauteile ist abhängig von diesem Geschwindigkeitsdruck und der Form des Bauwerkes (Größe, Lage, Öffnungen). Die Gesamtwindkraft ergibt sich aus Winddruck, -sog und -reibung. Diese Einflussgrößen sind entsprechend den Ausführungen der DIN EN 1991-1-4:2010-12 Windlasten, auch Eurocode 1 genannt, zu berücksichtigen und zu berechnen.

Die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten, welche als Bemessungsbasis für Bauwerke und Bauteile herangezogen werden, werden in der Risikokarte für Windgefahren dargestellt. Sie gibt die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Wert) und die zugehörigen Geschwindigkeitsdrücke in kN/m² für eine Wiederkehrzeit von 50 Jahren an. Für Gebäude in einer Höhenlage über 800 m ü. NN ist laut DIN ein erhöhter Winddruck zu berücksichtigen. Bei einer Lage über 1100 m ü. NN sind besondere Überlegungen nötig. Für konkrete Bemessungen sind die relevanten Regelwerke im Detail zu beachten.

Die Bemessungswerte basieren auf Vergangenheitsmessungen und berücksichtigen keine langfristige Prognose in Zeiten des Klimawandels. Zurzeit laufen diverse Untersuchungen und Forschungen, um



Windzonenkarte entsprechend DIN EN 1991 und Deutsches Institut für Bautechnik (2008)



Durch das allseitig tief gezogene Dach bietet diese Scheune in der Lüneburger Heide einen guten Schutz vor „Wind und Wetter“

Prognosen weiter zu konkretisieren. Zur Umrechnung der Referenzgeschwindigkeit von 50-jährlicher auf 100-jährlicher Wiederkehr kann näherungsweise um den Faktor von ca. 1,06 erhöht werden (BBSR 2010). Eine entsprechende „Überdimensionierung“ als Sicherheitsaufschlag für zukünftige Sturmereignisse ist bei Neubauten und Sanierungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Lage des Objektes und der Wirtschaftlichkeit erwägenswert.

Technisches Regelwerk

Die Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen ist abrufbar beim Deutschen Institut für Bautechnik DIBt (<https://www.dibt.de/de/Service/Dokumente-Listen-TBB.html>).

Tragwerk

- Eurocode 1 (EC1): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1–4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 (nationalen Anhang) + AC:2010 (Aktualisierung) (DIN 1055-4:2005-03 Windlasten wurde von EC 1 nach Übergangsfristen abgelöst. Eventuelle länderspezifische Regelungen sind zu beachten.)

Fenster

- Eurocode 1
- DIN EN 12210:2013-04 Fenster und Türen – Widerstandsfähigkeit bei Windlast – Klassifizierung
- Ift-Richtlinie FE-05/2 Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren

Dächer und Fassaden

- Eurocode 1
- DIN 18531:2010-05 Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer; insbesondere Teil 3 Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen
- Richtlinien des Zentralverbandes des Deutschen Dachdecker-

Gebäudespezifische Gefährdung

Tabelle 2

Schadensanfälligkeit eines Gebäudes infolge Wind	
Kriterium	Risikofaktoren
Art des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Schwingungsanfällige Bauwerke ■ Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau) ■ Bauwerke mit ungünstigen Betriebszuständen (nicht verschlossene Gebäudeöffnungen)
Höhe des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gebäudehöhen über 25 m
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stark strukturierte Außenwand- und Dachflächen wie beispielsweise große Auskragungen, Vordächer, große Dachüberstände, Sonnenschutzsysteme, Antennen, Kaminaufbauten, Masten, Lichtkuppeln, Dachdurchdringungen, Solarmodule ■ Hohe Winddurchlässigkeit der Gebäudehülle ■ Außen liegende Bauteile und -konstruktionen mit geringem Eigengewicht
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sehr hohe Dachneigung: hohe Sogkräfte im Leebereich ■ Geringe Dachneigung bzw. Flachdach: bei geringen Dachneigungen Wechsel zwischen Druck und Sog möglich, wechselnde Beanspruchung der Befestigungen, hohe Sogkräfte im Lee von Kanten ■ Warmdach und Umkehrdach: Mangelnde Befestigung der Dachhaut bzw. der Abdeckbleche im Dachrandbereich ■ Kaltdächer: Erhöhte Windangriffsfahr durch Zuluftöffnungen und Dachüberstand, zu leichte Ausführung der Tragekonstruktion des Daches, unzureichende Verankerung auf der Trag-schicht ■ Durchsturzgefährdete Dacheindeckungen ■ Schadhafte Entwässerungsanlagen/Dachhaut, Befestigungen bieten Angriffspunkte für Sturm ■ Fehlende Sicherheitseinrichtungen für Kontrolle und Reparatur der Dächer (Sicherheitshaken)
Deckmaterial	<ul style="list-style-type: none"> ■ Großflächige Bauelemente können sich verformen oder brechen, Einsturzgefahr, Lösen (Abreißen, Ausziehen oder Überkröpfen) der Verbindungen bei nicht ausreichender Bemessung ■ Großflächige Wellplatten sind bei Windangriff schwingungs-anfällig, hohe Belastung der Befestigungen ■ Bei Kupfer-, Zink- und Bleieindeckungen ist wegen des geringen Eigengewichts die Qualität der Verankerung auf der Unterkon-struktion maßgeblicher Risikofaktor ■ Hartbedachungen (Dachziegel, Schiefer, Dachsteine) sind im Allgemeinen sturmsicherer als Dichtungsbahnen
Fassaden	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bekleidete Wandsysteme ■ Großflächige Fassadenverglasungen ■ Elemente und Bauteile, die in die Fassade eingebaut sind

Quelle: BBSR 2010

- handwerks ZVDH
- Fachregeln des Zentralver-bandes Sanitär Heizung Klima ZVSHK
- FLL-Dachbegrünungsrichtlinie 2008
- Weitere Normen für spezifische Bauteile (z. B. Ziegel, Sandwich-elemente...)

Vorsorge

Bei zu erwartenden Starkwinden sind grundsätzlich Fenster, Türen und Tore zu schließen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Windkräfte von innen heraus auf die Konstruktion wirken und z. B. bei Hallen das Dach anheben. Eine Sicherung von Bauteilen gegen diesen Belastungsfall ist im Regelwerk nicht vorgesehen. Hilfsweise kann über Windsensoren ein Alarm oder eine automatische Schließung ausgelöst werden.

In der Bau- und Betriebsphase sind Gebäude besonders anfällig, wenn z. B. Öffnungen noch unverschlossen oder Eindeckungen noch nicht vollständig sind. Daher sind Bauwerke in diesem Zustand über die Regelwerke hinaus besonders zu betrachten und bei Bedarf zusätzliche Sicherungsvorkehrungen zu treffen.

Als wichtigste Schadensursache im Bestand wurden im Rückblick nicht fachgerechte Ausführungen an der Dachhaut und der Außenfassade ausgemacht. Das erklärt auch, dass in Regionen, in welchen bereits heute mit einer hohen Windlast gerechnet

wird, aufgrund der Sensibilisierung durch Starkwindereignisse und entsprechender Vorsorge Gebäude zunächst weniger schadensanfällig sind als in Gegenden mit bisher geringen Windbelastungen und entsprechend wenig Schadenerfahrung. Es empfiehlt sich kontinuierlich eine Wartung und Instandsetzung von Bauten als Vorsorgemaßnahme durchzuführen und eventuell ältere Bauten auf eine aktuelle regelkonforme Bauausführung überprüfen zu lassen und gegebenenfalls nachzurüsten.

Bei Neubauten sollte aus diesen Erfahrungen heraus verstärkt auf eine Ausführung geachtet werden, welche mindestens dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Auch Bäume im Gebäudeumfeld sollten regelmäßig auf Standsicherheit überprüft werden.

Bauteilsicherungen und Reparaturen während eines Sturms verbieten sich aufgrund des Gefahrenpotenzials von selbst. Auch nach dem Sturmereignis können noch lose Teile und Äste herabstürzen. Bei Aufräumarbeiten ist daher besondere Aufmerksam-

keit geboten; sie sollten im Zweifel Fachleuten überlassen werden. Die Wiederherstellung eines Gebäudes nach einem Schadensereignis bietet die Möglichkeit, mit geringem Mehraufwand Konstruktionen widerstandsfähiger zu gestalten, indem z. B. Verankerungen verstärkt oder die Auflast einer Flachdachabdichtung optimiert werden.

Ausblick

Die derzeit geltenden Regelwerke bieten einen hohen Grundschutz, welcher durch Sicherheitsspannen auch über die in Ansatz gesetzten Windkräfte hinausgeht. Dennoch werden zunehmende Windkräfte auch grundsätzlich eine zunehmende Gefährdung bedeuten. Konkret geht diese Gefahr von Böen und Windhosen oder Tornados aus, die nicht mit der üblichen Bauteilbemessung berücksichtigt werden können. Ihr Auftreten wird zunehmen, ist aber räumlich und zeitlich nicht vorhersehbar. Eine Absicherung des möglichen wirtschaftlichen Schadens sollte über eine Risikoversicherung erfolgen.



Nach außen öffnende Fenster werden bei Windaufkommen idealerweise zugedrückt

Wasser

Wasser kann durch direkte Niederschlagseinwirkung, aber auch nach Ansammlung durch Überflutungen und vom Untergrund her (Grundwasser) gefährlich werden. Ein Sonderfall ist die indirekte Überflutung von tief liegenden Bereichen durch Rückstau mangels Abfluss, auch aus Entwässerungssystemen. Entsprechend sind die möglichen Auswirkungen von Wasser auf Bauwerke unterschiedlich zu betrachten.

Klimawandelbedingte Prognose

Man geht davon aus, dass es in allen Teilen Deutschlands verstärkte Winterniederschläge geben wird und die Sommer trockener werden. Jedoch ist auch mit einer Zunahme von extremen Starkregenereignissen zu rechnen. So können auch im Sommer nach langen Trockenperioden große Regenmengen in kürzester Zeit nieder gehen. Da ausgetrockneter Boden nur bedingt Wasser aufnehmen kann, ist die Abflussrate zusätzlich erhöht.

Auf Basis der zugrunde gelegten Klimaszenarien ergeben sich zum Teil unterschiedliche regionale Prognosen. Ungünstige andauernde Wetterlagen können flächenhaft für reichen Regennachschub sorgen und zu extremem Hochwasser führen (Beispiel Elbhochwasser 2013). Werden bestimmte hohe Regenmengen in bestimmten Zeiten erwartet, gibt z. B. der Deutsche Wetterdienst (DWD) eine Wetterwarnung heraus.

Definition

Niederschlag in flüssiger Form wird als Regen bezeichnet. Da der meteorologische Winter am 1. Dezember beginnt und am 28. (29.) Februar endet, bezieht sich der „Winterniederschlag“ auf die in dieser Zeit erfasste Niederschlagsmenge.



Große Dachüberstände bieten traditionell Schutz vor Regen für das Gebäude

Der Begriff „Überflutung“ wird unterschieden nach:

- Überflutung mit Gewässerbezug – Flusshochwasser
- Überflutung ohne Gewässerbezug – zeitweise anstauendes Wasser, Wasser nach Starkregen
- Grundhochwasser (oft nach Hochwasser)
- Sturmflut (nur in Küstengebieten und an Flussmündungen)

Allgemeine Gefährdung

Wassereinwirkung bedeutet für Gebäude und deren Inventar aber auch für Bewohner und Nutzer ein deutliches Risiko. Wasser dringt selbst durch kleinsten Ritzen, legt lange Wege zurück, bewegt sich unter Wind oder Rückstau gegen die Schwerkraft und verursacht unter Umständen große Folgeschäden. Durch sein Eigengewicht kann es plötzlich Barrieren brechen und Außenbereiche sowie Innenräume fluten oder Dächer zum Einsturz bringen. Durch Zunahme der Stark- oder Dauerregenereignisse sind solche Schäden vermehrt zu erwarten.

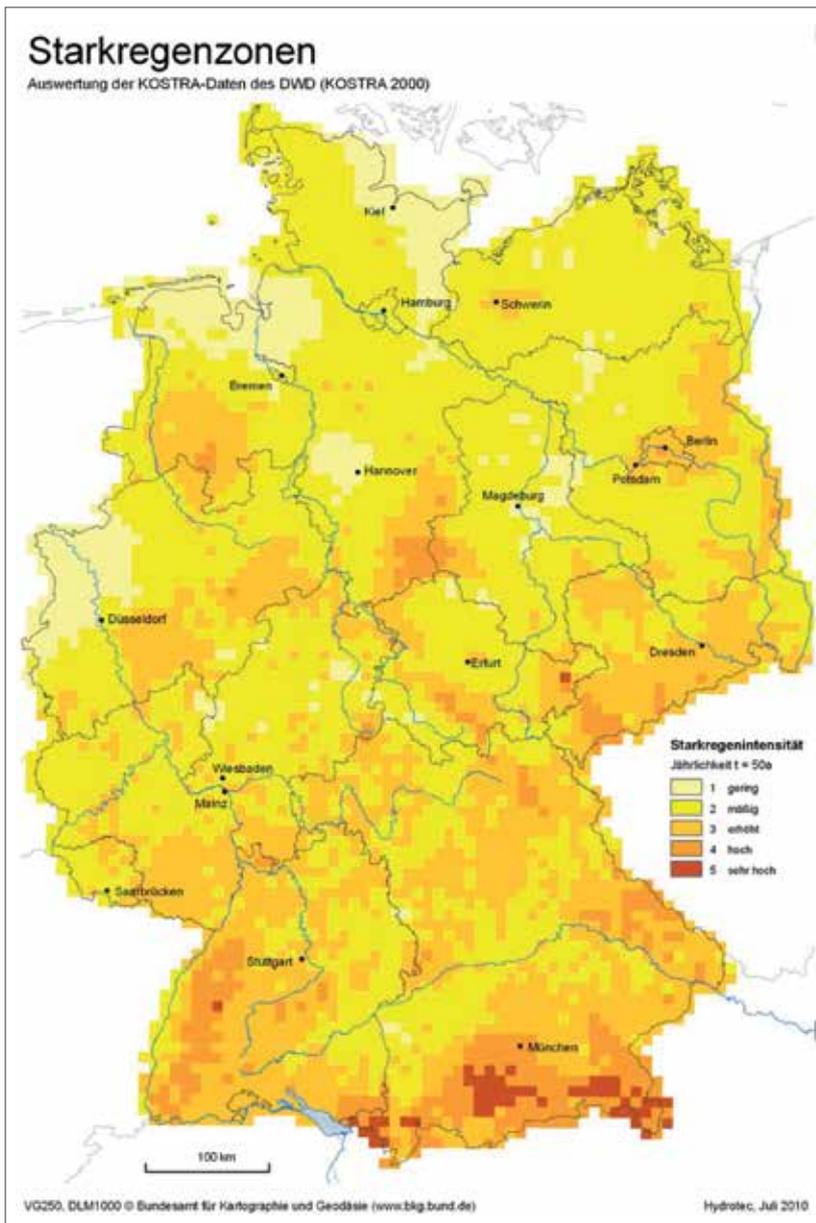
Tabelle 3

Warnkriterien für Unwetterwarnung des DWD bei Regen		
Starkregen	Heftiger Starkregen	> 25 mm/h
		> 35 mm/6 h
Dauerregen	Ergiebiger Dauerregen	> 40 mm/12 h
		> 50 mm/24 h
		> 60 mm/48 h
Extrem ergiebiger Dauerregen		> 70 mm/12 h
		> 80 mm/24 h
		> 90 mm/48 h

Quelle: BBSR 2010

Die Gefährdung geht vorrangig von großen Wassermassen in Form von **Überflutung** aus. Der Umgang mit Flusshochwasser und Sturmfluten ist erprobt und in vielen Hochwasser-richtlinien und -leitfäden dokumentiert und wird daher mit Verweis auf diese hier nicht vertieft. Gleichwohl haben die Extremhochwasser in den letzten Jahren durch ihre Dimensionen neue Handlungserfordernisse aufgezeigt.

Mit Zunahme der Starkregenereignisse ist vermehrt mit **Überflutungen ohne Gewässerbezug** zu rechnen. Diese können durch ihr plötzliches und unerwartetes Auftreten beson-



Klassifizierte Niederschlagsintensitäten auf Basis von Daten des sog. KOSTRA-Atlas (Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen) des DWD

ders folgenreich sein. In ebenerdig liegende und unterirdische Räume kann mangels ausreichendem Abfluss oder durch Rückstau Wasser eindringen. Kellerräume, Tiefgaragen oder Autos können dadurch zu tödlichen Fallen werden. Zusatz- und Folgeschäden entstehen bei Überflutung durch Schadstoffeintrag (Fäkalien, Heizöl) mit dem Wasser oder durch zurückschlagendes Abwasser.

Unterspülungen und schwankende Grundwasserstände können den Untergrund aufweichen und die Standfestigkeit des Gebäudes gefährden, aber auch Muren und (Schlamm-)

lawinen auslösen. Grundwasser kann durch nicht ausreichend abgedichtete Kellerböden und Kellerwände in das Innere des Gebäudes eindringen. Leichte Bauten können aufschwimmen.

Ein besonderes Augenmerk gilt den **Abwasser- und Regenwasserableitungssystemen**. Sie sind insbesondere für den Überlastungs- und Rückstaufall so auszulegen, dass das Wasser über sie nicht in das Innere des Gebäude oder hinter Absperrungen gelangen kann. Gerade hier sind große Defizite festzustellen.

Nicht zuletzt können **direkte Regenwirkungen** insbesondere bei mangelhaften Ausführungen und Wartungen Baumaterialien, Baukonstruktionen und Innenräume schädigen. Folgeschäden durch Schimmelbelastung wird durch zurückbleibende Feuchte begünstigt.

Bemessung nach Regelwerk

Die diversen Bauteile sind gegen unterschiedliche Wassereinwirkung unterschiedlich auszubilden und zu schützen. So sind Detailausführung an Dach und Außenwand bzw. Fassade bezüglich Regeneinwirkung in Abhängigkeit der Konstruktion (z. B. Flachdach oder Steildach) ausgelegt. Unterirdische oder erdnahe Bauteile sind, je nach örtlichen Gegebenheiten, gegen Spritzwasser, Bodenfeuchte, nichtdrückendes oder drückendes Wasser zu sichern und abzudichten. Gebäudekörper sind statisch entsprechend dem Untergrund, Grundwassereinfluss und eventuellen Überflutungen auszulegen. Einzelbauteile wie z. B. Fenster und Türen oder Tore haben spezifischen Richtlinien bezüglich (Schlag-)Regendichtigkeit zu entsprechen.

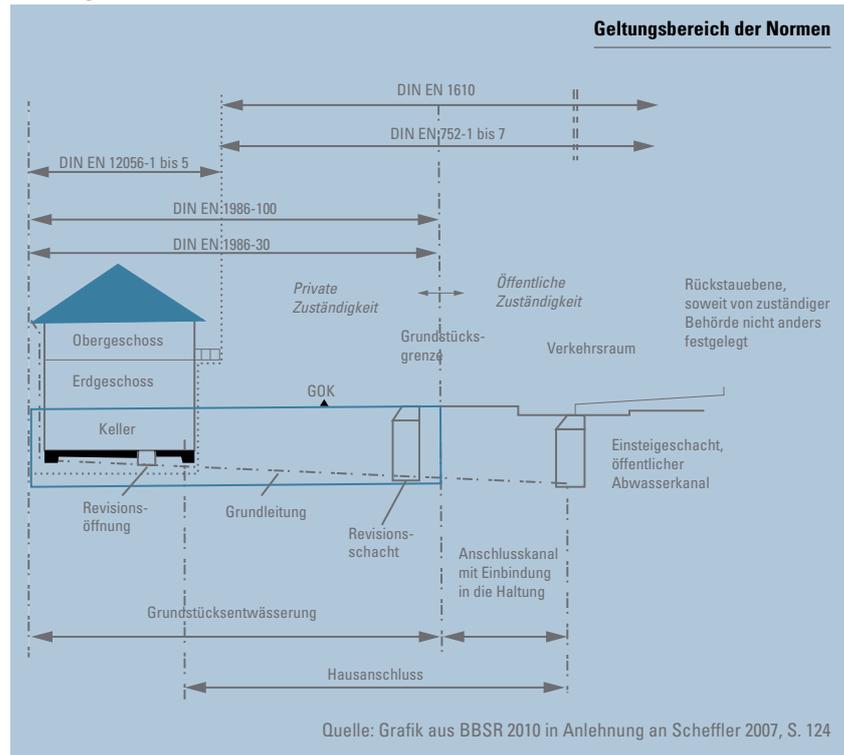
Besondere Betrachtung fordert die sichere **Ableitung anfallender Regen- und Abwasser** und deren Wegführung von Gebäuden inklusive der Entwässerung der Außenanlagen. Hier gelten – je nach Betrachtungsbereich – unterschiedliche Regelwerke (vgl. Abb. 2). Bemessungsgrundlage für die Dimensionierung der Leitungen sind zu erwartende Regenmengen bezogen auf Zeitintervalle.

Dachentwässerungsanlagen werden nach DIN 1986-100 bemessen. Bemessungsgrundlage ist eine 5-Minuten-Regenspende eines 2-jährlichen Ereignisses unter Zuschlag von bestimmten Sicherheitsfaktoren. Der **regelmäßige Überlastfall** ist hierbei also einkalkuliert. Statisch ist ein 100-jährliches 5-Minuten-Regenereignis zu berücksichtigen.

Die **Grundleitungen** müssen zunächst einen 5-minütigen Berechnungsregen mit 2-jährlicher Wiederkehr aufnehmen können. Bei einer abflusswirksamen Fläche über 800 m² gelten weitere Regelungen (bei Bedarf Regenrückhalt auf dem Grundstück). Bei einer Regenspende eines 30-Minuten-Niederschlags mit 30-jährlicher Wiederkehrzeit ist ein Rückhalt auf dem Grundstück bei Norm-Auslegung nicht mehr gegeben (Katastrophenfall). Für diesen Fall ist das Eindringen des Wassers in das Gebäude zu verhindern. Hier können Hilfsmaßnahmen des Hochwasserschutzes gute Dienste leisten.

Schließlich geben in unterschiedlich konkreter Weise bauordnungs- und nachbarschaftsrechtliche Regelungen der Länder vor, dass keine Gefahr oder Belästigung vom eigenen Grundstück auf Nachbargrundstücke übergehen darf.

Abbildung 2



Technisches Regelwerk

Erdberührte Bauteile

- DIN 18195 Bauwerksabdichtung (bodenfeuchte, drückendes und nichtdrückendes Wasser)

Dachabdichtung und Dachdeckung

- DIN 18195 Bauwerksabdichtung (genutzte Flachdächer)
- DIN 18531 nicht genutzte Flachdächer und Dachabdichtungen
- ZVDH Flachdachrichtlinie
- ZVDH Dachdeckerrichtlinie
- FLL Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie

Außenwand- und Fassadenflächen

- DIN 4108-3 Wärmeschutz- und Energieeinsparung in Gebäuden
- Gebäudeentwässerungssysteme
- DIN 1986-100 Entwässerungsanlagen
- DIN EN 12056-1–4 Schwerkraftentwässerungsanlagen
- Regelwerke des ZVDH und ZVSHK
- VDI 2000 Dachentwässerung mit Druckströmungen

Gebäudespezifische Gefährdung

Tabelle 4

Schadensanfälligkeit eines Gebäudes infolge Starkregen

Kriterium	Risikofaktoren
Art des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau) ■ Bauwerke mit Unterkellerung, Tiefgaragen
Höhe des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Große Gebäudehöhen (Windgeschwindigkeit nimmt mit der Gebäudehöhe zu)
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nicht selbst schließende Dachflächenfenster, sonstige exponierte Fensterflächen und Türen, Sonnenschutzsysteme, Markisen ■ Geringe Sockelhöhen, Sockel aus durchfeuchtungsempfindlichen Materialien, mangelnde Wasserableitung aus dem Sockelbereich, Fugen ■ Nicht überdachte Kellerzugänge und Garageneinfahrten, Einfahrten mit niedrigen Einlaufhöhen ■ Balkone, Terrassen ■ Regenempfindliche Fassaden (Lehm etc.)
Dachform, Dachneigung, Deckmaterial, Deckunterlage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Flachdächer bzw. Dächer mit geringen Dachneigungen ■ Stark gegliederte Dachflächen ■ Ungünstige Anordnung von Lichtbändern und aufgehenden Bauteilen, beispielsweise Dachaufbauten ■ Ungünstige Anordnung und Ausführung von Dachdurchdringungen (beispielsweise Rohrdurchgänge, Lüfterschächte) und Bewegungsfugen ■ Große Sparrenlängen ■ Nicht regelgerecht verlegte Dachziegel (klaffende Fugen) ■ Fehlerhafte Verschneidung von Dachflächen
Dachentwässerung, Gebäude- und Grundstücksentwässerung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zu gering dimensionierte, verstopfungsempfindliche oder schadhafte Ableitungssysteme an und im Gebäude (Einläufe, Regenrinnen, Fallrohre, Grundleitungen, Schächte, Drainagen) ■ innenliegende Entwässerung ■ fehlende oder defekte Rückstauklappen
Technische Gebäudeausstattung TGA	<ul style="list-style-type: none"> ■ Haustechnik im Keller oder anderen überschwemmungsgefährdeten Bereichen

Quelle: BBSR 2010

Tabelle 5

Überflutung: Schadensanfälligkeit eines Gebäudes infolge Hochwasser und hoher Grundwasserstände

Kriterium	Risikofaktoren
Art des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Höhen der Einlaufschwellen am Gebäude über Geländehöhe Keller oder Untergeschoss unter Geländeoberkante vorhanden Geringe Höhe des Parterregeschosses über Geländehöhe Geringe Auftriebssicherheit des Gebäudes Unzureichende Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit, nicht drückendes und drückendes Wasser
Nutzungen	<ul style="list-style-type: none"> Hochwertige Nutzungen in überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen wie Büroräume, Rechenzentren, Versorgungseinrichtungen, Wohnräume Fest eingebaute Einrichtungen in überflutungsgefährdeten Gebäudeanteilen, die nicht oder nur schwer entfernt werden können Lagerung wassergefährdender Stoffe in gefährdeten Gebäudeteilen
Baumaterialien, -teile	<ul style="list-style-type: none"> Ungeeignete Bau- und Ausbaumaterialien in gefährdeten Gebäudeteilen ungesicherte Öltanks
Versorgungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> Ver- und Entsorgungseinrichtungen sind nicht hochwassersicher (Wasser, Abwasser, Strom, Kommunikation etc.)
Vorwarnung und Schutzeinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> Keine oder geringe Vorwarnzeiten Möglichkeiten zum Verschluss von Einlauföffnungen etc. sind nicht vorhanden

Quelle: BBSR 2010



Dieses Wasserbassin bietet nicht nur sommerliche Abkühlung, sondern dient auch zur Abpufferung übermäßigen Regenanfalls (Regenrückhaltebecken) und damit Schutz vor Überflutung

Vorsorge

Hauptursache von Wasserschäden sind nach einer Untersuchung nicht-beachtete technische Regeln (BBSR 2010, S. 34). Diese Erkenntnis sollte Anlass zu besonders sorgfältiger Planung, Bestandsprüfung und Instandsetzung sein. In der Bauphase sind besondere Vorkehrungen nötig, wenn Entwässerungssysteme noch nicht funktionsfähig und Abdeckungen und Abdichtungen noch nicht abge-

schlossen sind. Bei Neuplanungen sind dringend die Regelwerke zu beachten. Der Überlastfall ist grundsätzlich einzukalkulieren und entsprechend ein funktionierendes Notsystem (z. B. Überlauf der Regenrinne oder Rückstau auf dem Flachdach, insbesondere bei innenliegender Entwässerung; Absperrvorrichtung gegen Rückschlag in der Grundleitung) vorzuhalten. In der Nutzungsphase sind Öffnungen bei Regen zu

schließen. Automatismen (Regensensor) können hier unterstützen. Entwässerungssysteme, Bauteile und Abdichtungen sind stets zu warten und instand zu halten. Dazu gehören neben Dach, Fassade und unterirdischen Bauteilen auch Schließvorrichtungen und Dichtungen an Fenstern und Türen sowie Übergänge und Anschlüsse jeglicher Art. Gleiches gilt für Vorkehrungen, die nur im Notfall/Katastrophenfall greifen sollen. Auch Wasserwege entgegen der Schwerkraft (bei Winddruck oder Rückstau) sind einzukalkulieren. Bei Unwetterwarnung sollten vorbeugend Keller- und Tiefgaragenöffnungen gegen direkten Wasserzulauf geschützt und Abwasserleitungen gegen Rückschlag gesichert werden. Das kann gegebenenfalls auch durch vorübergehende Hilfskonstruktionen geschehen (Sandsäcke). Konkrete Hinweise erhalten Interessierte durch Informationsbroschüren (über das Internet) und von den lokalen Organisationen Betroffener.

Ausblick

Auf die Einhaltung der Normen bei der Bauausführung (auch beim Bestand zu prüfen) und auf eine kontinuierliche Instandsetzung im Bestand ist besonders zu achten. Entsprechend den Prognosen hinsichtlich verstärkter Starkregenereignisse können vorsorgend die zu Grunde gelegten Regenbemessungsdaten erhöht werden (z. B. auf 200-jährige statt 100-jährige Auslegung). Es ist zu bedenken, dass bei (Dach-) Entwässerungssystemen nach DIN der Überlastfall nach derzeitigem Stand statistisch alle zwei Jahre zu erwarten ist. Da die Norm auf Vergangenheitswerten basiert, sind zukünftig noch häufiger Überlastfälle zu erwarten. Dies macht deutlich, dass für diesen Fall ebenfalls stets ein sicherer Wasserabfluss zu gewährleisten ist. Durch vermehrten Starkregen ist häufiger mit Überflutung ohne Gewässerbezug zu rechnen. Hier können auch bisher unauffällig Bereiche betroffen werden.

Hagel

Klimawandelbedingte Prognose

Hagel wird häufiger als Begleiterscheinung bei sommerlichem Starkgewitter entstehen. Detaillierte Beobachtungen und statistische Auswertungen sind in Deutschland noch in den Anfängen. Prognosen sind mit großen Unsicherheiten verbunden. Es ist allerdings auch bei Hagel von einem grundsätzlichen Anstieg der Gefährdung zu rechnen. So wurde in der Schweiz, aber auch in Deutschland bereits eine Zunahme von Hagelschäden registriert (Auswertung von Versicherer) (Weller et al. 2012). Eine konkrete regionale Risikobewertung ist aufgrund der Vielfalt der zu berücksichtigen Parameter problematisch. Allgemein nimmt die Hagelgefährdung in Deutschland von Nordost nach Südwest zu.

Definition

Hagel ist ein fester Niederschlag in Form von Eiskugeln oder Eisklumpen mit Durchmessern ab 0,5 cm. Differenzierte Definitionen liefern DIN 4049-3 und der Deutsche Wetterdienst. Die durchschnittliche Hagelkorngröße liegt bei 1 bis 3 cm Durchmesser. Bei einer Größe von unter 0,5 cm spricht man von Graupel (DWD 4).

Allgemeine Gefährdung

Die Schadenswirkung von Hagel wird bestimmt von der Größe und Dichte der Einzelkörner, der Anzahl der Hagelkörner und der Aufprallgeschwindigkeit (möglicherweise verstärkt durch Starkwind) und damit der Gesamtzerstörungskraft der Hagelkörner, aber auch von der Widerstandsfähigkeit des Baustoffes bzw. Bauproduktes. Besonders anfällig sind somit leichte Dach- und Fassadenelemente, Außendämmung oder Beschattungs- bzw. Verdunkelungselemente. Die Schäden können

Tabelle 5

Größe des Hagels und typische Schadenwirkungen von Hagelkörnern	
Durchmesser in cm	Schadenwirkung
0,5 – 2,0	Kaum Schäden, leichte Schäden an Pflanzen
2,0 – 3,0	Erste Schäden an Gewächshäusern und Autos, Obst und Gemüse werden stark geschädigt
3,0 – 4,0	Große Lackschäden an Autos, Glashäuser werden zerstört, Leichtdächer werden durchlöchert, Äste brechen, Vögel werden erschlagen
4,0 – 6,0	Fenster und Glasüberdachungen gehen zu Bruch, stark verbeulte Autos, Schäden an Flugzeugen
6,0 – 8,0	Dachpfannen brechen, signifikante Gebäudeschäden (Fassaden, Metallverkleidungen, Fensterrahmen), schwere Verletzungen möglich
8,0 – 11,0	Erhebliche Schäden an Flugzeugen, große Gefahr für Mensch und Tier, Gehwegplatten zerstört, schwere Waldschäden
> 11,0	Große Lebensgefahr für Mensch und Tier, Schäden an Gebäudesubstanz

Quelle: BBSR 2010

rein optisch (Dellen) oder auch zerstörerisch (Glasbruch) sein. Letzteres ist mit der Gefahr von Folgeschäden im Gebäudeinneren verbunden.

Bemessung nach Regelwerk

In Deutschland gibt es produktspezifische Normen (z. B. Lichtkuppeln, Solaranlagen), welche Nachweisverfahren für definierte Widerstandsfähigkeit beinhalten, zum Teil jedoch optional sind. (z. B. Beschuss mit einer Eiskugel mit einem Durchmesser von 2,5 cm). Eine einheitliche Hagelrisikokarte für Deutschland als verbindliche Grundlage zur Bemessung von Bauteilen existiert bisher nicht. Auf Basis von Schadenereignissen hat z. B. die Münchner Rück eine Hagelzonenkarte erstellt. Aufgrund größerer Gefährdung in der Schweiz liegen dort detailliertere Untersuchungen, Kategorisierungen und Vorschriften vor, welche in Deutschland als Orientierung dienen können (z. B. www.hagelregister.ch sowie www.hagelregister.at).

Technisches Regelwerk

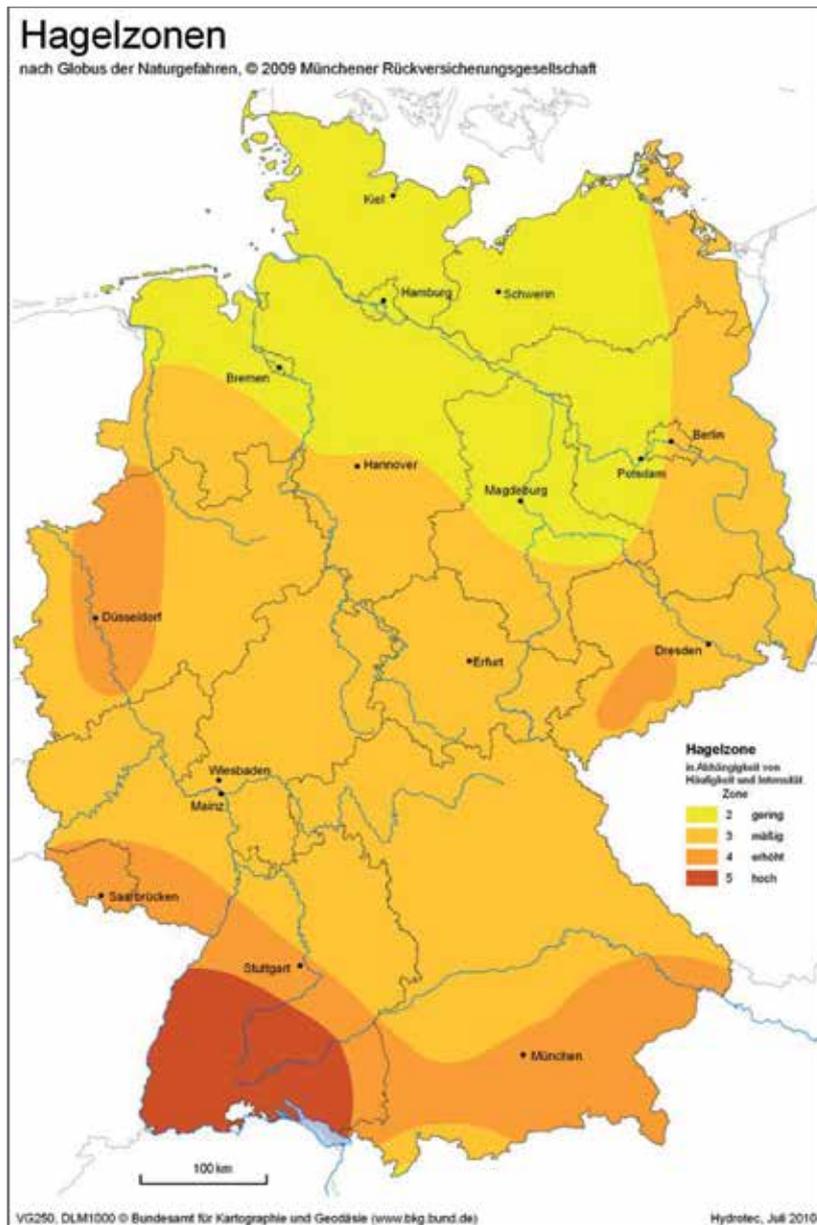
- Thermische Solaranlagen: DIN EN 12975

- PV Module: DIN EN 61215 und DIN EN 61646
- Lichtkuppeln aus Kunststoff: DIN EN 1873
- Dachabdichtungsbahnen: DIN EN 13583
- Wärmedämmverbundsystem- (WDVS) Fassade: Europäische Zulassungsrichtlinie (European Technical Approval Guideline – ETAG) ETAG 004

Gebäudespezifische Gefährdung

Aufgrund der massiven Bauweise in Deutschland sind kaum substanzielle Schäden durch Hagelereignisse zu erwarten. Vorrangig Büro- und Verwaltungsgebäude werden durch innovative Baustoffe und Bauweisen in den letzten Jahren immer schadensanfälliger, z. B.

- Anstriche (Abplatzungen), evtl. Vollwärmeschutz
- Kunststoffe (Rollos, Lichtkuppeln)
- Verblechung (Dellen)
- (große) Glasflächen (Solaranlagen, Dachliegefenster, Glasfassaden)
- Ziegel
- Medienfassaden
- Sonnenschutzsysteme
- Membrane oder nanotechnische Beschichtungen



Hagelzonen auf Basis von Untersuchungen der Münchner Rückversicherungsgesellschaft

So ergab eine Schweizer Auswertung von 2007, dass Raffstores und Rollos einen Kostenanteil der Versicherungsleistung bei Hagel von 85 % einnehmen (BBSR 2010, S. 60).

Exponiert stehende, nicht wind- und wettergeschützte Gebäude sind stärker gefährdet. Eine besondere Gefahr liegt in der Mehrfachbelastung und Schadenaufsummierung. So geht Hagel in der Regel mit Sturmböen und Starkregen einher. Nach Schädigung der Dachhaut oder der Fenster kann Wasser in das Gebäude eindringen, Windböen können den Effekt verstärken. Der Gesamtschaden erhöht sich dann schnell um ein Vielfaches.

Regenablaufsysteme flacher Dachflächen können durch Hagelkörner verstopfen. Durch Rückstau können Folgeschäden entstehen, wenn das Wasser den Weg in Konstruktion oder Innenräume findet. In Kombination mit Starkregen kann es zu statischen Überlastungen von Dachflächen und deren Einsturz kommen.

Vorsorge

Gerade in der Betriebsphase ist Aufmerksamkeit geboten, da offene Fenster und ausgefahrene Markisen das Schadenspotenzial deutlich erhöhen. Andererseits können herun-

tergelassene Rollos zwar geschädigt werden, dadurch aber Schlimmeres wie Glasbruch und Folgeschäden verhindern. In Bau befindliche Gebäude sind immer besonders gefährdet, wenn Öffnungen noch nicht geschlossen oder Bauteile und Konstruktionen noch nicht endgültig gesichert und belastbar sind. In dieser Phase sind Wettervorhersagen und Wetterwarnungen besonders zu beachten. Bei Neubauten sollte die mögliche potenzielle Gefährdung unter Berücksichtigung der zunehmenden Hagelgefahr eingeplant und Baukörper und Bauteile in ihrer Widerstandsfähigkeit darauf abgestimmt werden. Dies gilt besonders für Dachfenster und -luken, wo eine Zerstörung hohe Folgeschäden durch Wassereindringen erwarten lässt. Im Bestand sind mangelhaft oder unangepasst ausgeführte Dachabdichtungen oder mangels Wartung vorgeschädigte Bereiche, insbesondere Anschlüsse, zusätzlich schadensanfällig. Auch hier hilft eine regelmäßige Inspektion und Instandsetzung.

Ausblick

Eine lokale Gefährdungsbeurteilung bezüglich Hagel ist nach heutigem Stand nur allgemein möglich. Zukünftig wird man eher mit einer Häufung von außergewöhnlichen Hagelereignissen rechnen müssen. Vorbeugend wird empfohlen, das grundsätzliche persönliche Risiko bei Neubauten und im Bestand z. B. anhand der Hagelzonenkarte zu prüfen und ggf. die Widerstandsfähigkeit von Bauteilen bzw. Schutzmaßnahmen vorausschauend, im Zweifel auch überdimensioniert anzupassen. Im Einzelnen kann eine höhere Widerstandsklasse bei Dachflächenfenstern oder -luken oder bei Dachabdichtungen gewählt werden. Das Risiko für Extremereignisse sollte über eine Versicherung aufgefangen werden.

Schnee

Klimawandelbedingte Prognose

Grundsätzlich werden wärmere Winter erwartet. Aufgrund der erwarteten höheren Winterniederschläge muss aber bei Frosttagen auch mit erhöhten Schnee- und Eislasten gerechnet werden.

Definition

Schnee ist fester Niederschlag aus meist verzweigten kleinen Eiskristallen (DWD 4). Seine spezifischen Eigenschaften sind abhängig von den Bedingungen und Umständen seiner Entstehung.

Allgemeine Gefährdung

Im Wesentlichen ist eine statische Überlastung eines Gebäudetragerwerkes zu vermeiden, da das Totalversagen mit Folge des Einsturzes die größte Gefahr darstellt und meist auch einen Kompletterlust von Gebäude und Inhalt bedeuten. Darüber hinaus können Schnee- und Eisstau an Abläufen und Regenrinnen zu Rückstau von Schmelzwasser und nachfolgendem Regen führen. Lasten können sich erhöhen und (Schmelz-) Wasser kann – bei Rückstau auch entgegen der Schwerkraft – in das Gebäude eindringen. Hier greifen die Hinweise im Kapitel Regen. Bei erneuter Kälte drohen zusätzliche Schäden durch Frostsprengung.

Der Deutsche Wetterdienst hat im Jahr 2000 extreme Niederschlagsdargebote aus Schneeschmelze und Regen untersucht. Dem Ergebnis zufolge können bereits heute regional die in den Regelwerken genannten Bemessungs-Gesamtschneelasten deutlich überschritten werden (BBSR 2010). Ungünstige Wetterkonstellationen können daher durchaus zu Überlastfällen führen. Eine Verstärkung des Effektes durch Mehrregen

im Winter ist entsprechend den Prognosen zukünftig zu erwarten.

Bemessung nach Regelwerk

In Deutschland sind prognostizierte Schneelastfälle in die Statik eines Gebäudes einzurechnen. Als Grundlage dient eine Karte mit Darstellung der regionalen Verteilung von zu erwartenden Basis-Schneelasten in kN/m². Berücksichtigt werden Ereignisse mit einer Wiedereintrittswahrscheinlichkeit von 50 Jahren. Für die Berechnung werden die Höhe des Gebäudes und die Windexposition (Schneeverlagerung und Anhäufung) aber auch Gebäudeform (Dachneigung und -versprung) und Besonderheiten (Schneefanggitter) berücksichtigt. Bei korrekter Planung, Ausführung und Wartung hält das Tragwerk dann deutlich höheren Lasten stand (Erfahrung aus Winter 2006) (Weller et al. 2012).

Technisches Regelwerk

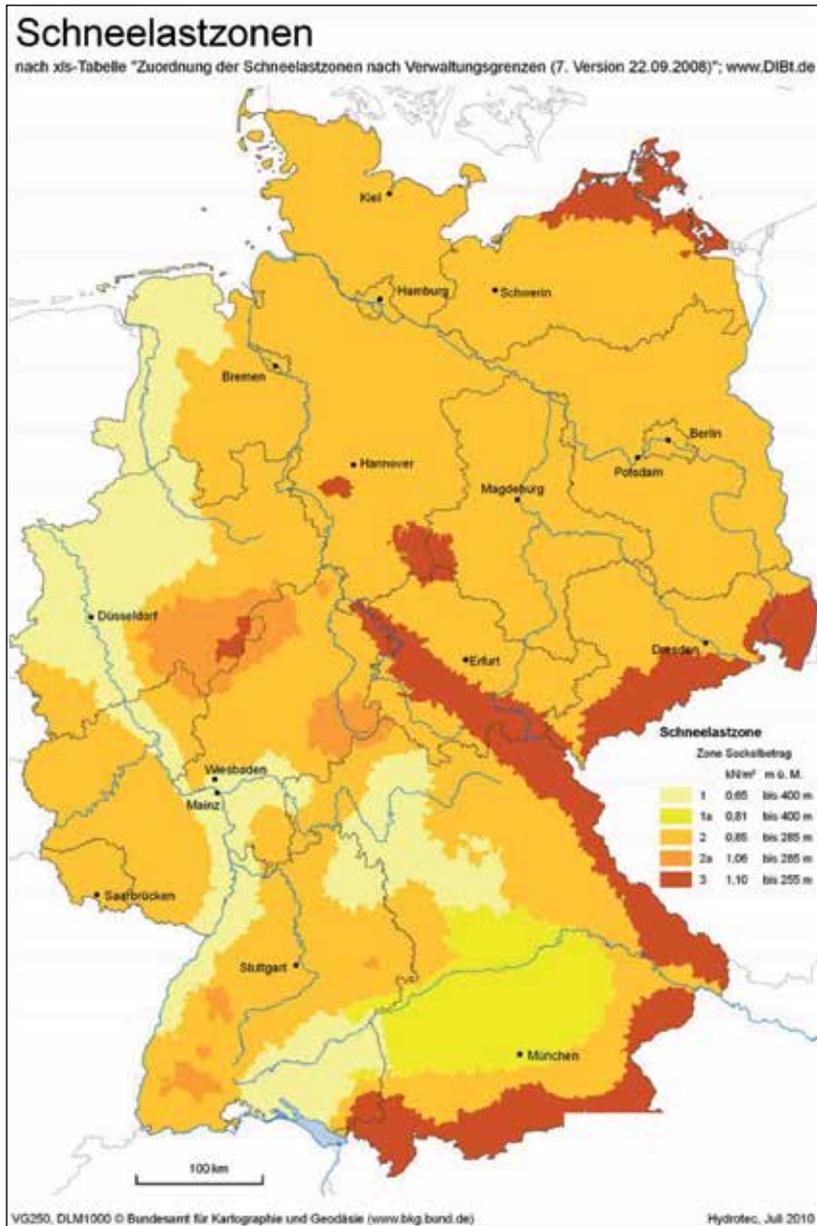
- EN 1991-1-3:210-12 bzw. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1–3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten (Vorgängernorm DIN 1055: 2005–07 wurde zurückgezogen. Eventuelle länderspezifische Übergangsregelungen beachten)
- DIN 18531:2010-05 Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer; insbesondere Teil 3 Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen
- Richtlinien des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks ZVDH
- Fachregeln des Zentralverbandes Sanitär Heizung Klima ZVSHK
- ZVDH: Flachdachrichtlinie
- DIN EN 12056-3:2000 Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden – Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung

Gebäudespezifische Gefährdung

Tabelle 6

Schadensanfälligkeit eines Gebäudes infolge Schneelasten	
Kriterium	Risikofaktoren
Art des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gebäude mit Publikumsverkehr (Versammlungsstätten, Schwimmbäder, Turnhallen etc.)
Höhe des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Große Gebäudehöhen, da Windexposition mit der Höhe zunimmt und damit Gefahr von Schneeverlagerungen
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Große, wenig geneigte Dachflächen ohne Zwischendecken ■ Gebäude mit großen Stützweiten ■ Tragkonstruktionen (Dach) aus Holz
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage, Deckmaterial	<ul style="list-style-type: none"> ■ Flachdächer und gering geneigte Dächer ■ Hoher Anteil an (flach geneigten) Glasflächen und nicht begehbaren Oberlichtern ■ Dachhaut und Dachaufbauten nicht oder nur für Wartungsarbeiten begehbar ■ Flachdächer: Versagen der Dachentwässerung bei Schnee/Frost ■ Hoher Anteil an Sprüngen in der Dachfläche ■ Stark überhängende Traufen, große Auskragungen ■ Schneefanggitter
Fassaden	<ul style="list-style-type: none"> ■ Exponierte Bauteile: große Vordächer, angehängte Balkone, Kuppeln

Quelle: Schubert 2007 in BBSR 2010



Zuordnung der Schneelastzonen nach Verwaltungszonen

- DIN 1986-30:2012-02: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung
- DIN 1986-100:2008-05: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke: Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
- DIN 18195 Teile 1–10 (unterschiedliche Einführungsdaten) Bauwerksabdichtung

Vorsorge

Bei Neubauten sollte entsprechend der spezifischen Risikofaktoren (Tab. 6) und bei hohen zu erwartenden Grenzbelastungen ein höherer statischer Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden. Für Bestandsbauten ist demzufolge eventuell eine Nachrüstung zu prüfen. Im Betrieb ist eine augenscheinliche Abschätzung der Schneelast aufgrund der stark variablen Schneeeigendichte nicht mög-

lich. Hier ist das Wasseräquivalent (im Schnee vorhandenes Wasser) zur Gewichtsbeurteilung heranzuziehen. Wird der Überlastfall konkret erwarteten (die Grenzbelastung des Tragwerkes im Vorfeld erkunden), kann durch Räumung des Schnees, Hilfsabstützung des Tragwerkes und/oder Räumung des Gebäudes vorgesorgt werden. Schneeverdeckte Dachöffnungen stellen dabei eine Durchbruchgefahr für Räumungskräfte dar. Bei schneebedingtem Rückstau kann Tau- und Regenwasser ungewohnte Wege nehmen. Folgefrost kann zu Sprengungen führen. Bei Wartungen und Instandsetzungen von Gebäuden sind diese Sonderfälle mit zu berücksichtigen.

Ausblick

Grundsätzlich sind bereits eingetretene und zu erwartende Veränderungen im Schneeaufkommen weiter zu konkretisieren und Normen entsprechend anzupassen. Entsprechend der oben genannten Untersuchung sind regional Schneelasten über die Normangaben hinaus bereits heute möglich. In Zukunft wird eher mit einer Verstärkung des Effektes gerechnet. Es ist daher notwendig, auf Basis von Prognosen ein tatsächliches Gefährdungspotenzial für zukünftige Zeitabschnitte zu prüfen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten (Normenüberarbeitung, Nachdimensionierung, Notfallplan).

Hitze

Klimawandelbedingte Prognose

Der Klimawandel wird insbesondere mit erhöhten Temperaturen einhergehen. So ist zunehmend mit heißen Sommertagen und tropischen Nächten zu rechnen. Bis 2100 soll sich deren Anzahl regional, vorrangig im süddeutschen Raum, mehr als verdreifachen (BMVBS/BBR 2008). Die Effekte werden in Innenstädten durch die verdichtete Bauweise so verstärkt, dass dort lokal mit um 10 Kelvin höheren Temperaturen als im Umland gerechnet werden muss.



Innerstädtisches Grün bietet bei Hitze Schatten und Abkühlung auch für die angrenzende Umgebung.

Definitionen

Ein heißer Tag ist ein Tag, an dem die Lufttemperatur 30 °C erreicht oder überschreitet. Die mittlere jährliche Zahl der heißen Tage ist der Durchschnittswert der Zahl der heißen Tage eines Jahres während eines 30-jährigen Zeitraums (DWD 4). In tropischen Nächten sinkt die Temperatur nicht unter 20 °C.

Allgemeine Gefährdung

Bauteile selbst können durch thermische Längenänderungen und dadurch hervorgerufene Spannungen oder Materialerweichung belastet sein. Klimaänderungsbedingte Auswirkungen sind noch systematisch zu untersuchen. Bezogen auf Mensch und Tier muss Hitze jedoch als die größte wetterbedingte Gefahr für Gesundheit und Leben in Deutschland gesehen werden. In markanten Hitzesommern wie beispielsweise 2003 stieg die Zahl der Toten dramatisch an. Betroffen waren besonders alte und kranke Personen mit einem Schwerpunkt in Ballungsräumen.

Aber auch die Arbeitsleistung sinkt mit Temperaturen ab 25 °C zunehmend (Weller et al. 2012). Da Gebäu-

de die wesentliche Schutzfunktion gegen Hitze übernehmen, steht die Gefährdungsuntersuchung bezüglich des Menschen vor dem des Gebäudes im Fokus.

Bemessung nach Regelwerk

Zur Abschätzung der sommerlichen Wärmebelastungen in Wohnungen können Berechnungen nach DIN oder eine sogenannte Gebäudesimulation durchgeführt werden. Thermische Ausdehnungskoeffizienten werden materialspezifisch in Regelwerken betrachtet.

Technisches Regelwerk

- DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz Kap. 8: Mindestanforderung an den sommerlichen Wärmeschutz
- DIN V 18599:2011-12 Energetische Bewertung von Gebäuden in Verbindung mit DIN V 18599-1 Berichtigung 1:2013-05

- Thermische Gebäudesimulation entsprechend Verweis der Energieeinsparungsverordnung 2013/14 und DIN 4108-2:2013-02

Gebäudespezifische Gefährdung

Baulich haben sich obere Stockwerke und Dachgeschosse sowie schlecht gedämmte Gebäude älterer Bauweise (meist vor 1975) wegen einer möglichen Überhitzung für die Bewohner als kritisch erwiesen.

In Bauteilen aus Materialien unterschiedlicher Thermodynamik und bei beweglichen Teilen kann es bei sommerlicher Wärmeausdehnung zu Spannungen und Folgeschäden kommen. Berichtet wird z. B. von Glasbruch und Funktionsstörungen bei Türen und Fenstern. Hier ist eine systematisierte Betrachtung anzustellen.

Vorsorge

Bei Neubauten ist verstärkt auf einen sommerlichen Wärmeschutz und Lüftungsmöglichkeiten zu ach-



ten. Vorbilder findet man z. B. bei mediterraner Bauweise. Aber auch risikobehafteter Bestand (innerstädtisch, obere Etage) ist vorbeugend entsprechend instand zu setzen. Sommerlicher Wärmeschutz und Beschattungselemente sind dabei erste Wahl. Auf elektrisch betriebene Kühlgeräte sollte aus Klimaschutzgründen verzichtet werden. Als Option ist insbesondere bei gefährdeten Menschen auch das zeitweise Verlassen der Wohnung in Betracht zu ziehen und entsprechend vorzubereiten.

Darüber hinaus haben auch städtebauliche Anpassungen wie Grün-

Die in der mediterranen Bauwelt beliebten Arkaden bieten in der sommerlichen Hitze willkommenen Schatten – wie hier in Hamburg

anpflanzungen, Wasser und städtische Verschattungselemente positive Auswirkungen auf das Innenklima angrenzender Gebäude.

Ausblick

Da die Klimadaten der DIN V 18599 sich auf die Referenzperiode 1961 bis 1990 beziehen, ist den veränderten Klimabedingungen der Zukunft noch nicht Rechnung getragen. Eine Fortschreibung mit Blick auf langfristige Klimaänderungen (Bezug zur Lebenszeit eines Gebäudes) ist erstrebenswert. Mögliche materialspezifische Probleme aufgrund zunehmender klimabedingter Hitzebelastung sind bekannt, jedoch noch nicht systematisch betrachtet worden.

Exkurs: Das Gebäude in seinem Umfeld

Ein Gebäude muss immer auch in seinem baulichen Kontext gesehen werden. Beispielhafte Dokumentationen zum Thema Klimawandel in Stadt und Region finden Sie im BBSR-Informationsportal www.klimastadtraum.de:

- Klimawandel in Stadt und Region
- Methodenhandbuch regionale Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung

- Stadtklimatote – Aktionsset zur Entwicklung einer kommunalen Anpassungsstrategie
- Hitze in der Stadt – Strategien für eine klimaangepasste Stadtentwicklung

Weiterführende Informationen zu Klimawandel und Anpassung finden Sie auf folgenden Internetseiten:

- Deutscher Wetterdienst (DWD) www.dwd.de
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) www.bmub.bund.de
- Umweltbundesamt (UBA) www.umweltbundesamt.de

Fazit

Grundsätzlich betrachtet sind Gebäude in Deutschland hinreichend gegen Wetterereignisse ausgestattet. Dies gilt auch, wenn man die prognostizierte mittelfristige Entwicklung, die durch den Klimawandel bedingt ist, berücksichtigt. Grund dafür sind die solide Bauweise und im globalen Vergleich die doch relativ gemäßigten Wetterextremereignisse. Gleichwohl sind konkret Defizite an Bauobjekten erkennbar bzw. der Bedarf an Fortschreibung der Regelwerke und an weiteren Forschungen zu nennen.

Mit heutigem Stand ist ein Großteil der wetterbedingten Schadenssummen an und in Bauobjekten in folgenden Mängeln begründet:

- ungenügende Beachtung der technischen Regelwerke
- fehlende Anpassung an deren aktuellen Stand der Technik
- mangelhafte Bauausführung
- fehlende Wartung und Instandsetzung

An dieser Stelle greift lediglich eine Bewusstseins-schärfung bei Eigentümern/Bauherren, Planern und Ausführenden, welche durch Informationsschriften und -dienste von Behörden oder Verbänden angestoßen werden könnte.

Im Bereich der technischen Regelwerke wäre eine Hilfestellung zur Beurteilung von Hagelereignissen, daraus entstehenden Risiken und möglichen Schutzmaßnahmen wünschenswert. Eine Fortschreibung der Regelwerke zur Bestimmung der Schneelast wäre aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes (vgl. Kapitel „Schnee“) zu prüfen.

Darüber hinaus ist mittel- und langfristige (in den nächsten 50 bis 100 Jahren) durch den Klimawandel eine deutliche Verschärfung der Wetter-

ereignisse zu erwarten. Erste Auswirkungen sind bereits spürbar. So hat manche Dauer und Heftigkeit jüngerer Sturm- oder Regenereignisse und deren Folgen viele überrascht. Eine Überprüfung des Baubestandes auf Basis des aktuellen Standes der Regelwerke und eine entsprechende Instandsetzung kann vor den Auswirkungen noch weitgehend schützen.

Für die weitere Zukunft müssen Forscher konkretere Aussagen über zu erwartende Wetterveränderungen machen. Auf deren Basis ist zu prüfen, wann und wie Regelwerke fortgeschrieben werden müssen. Widerstandsbewertungen von Gebäuden und Bauteilen sind dann auf zukünftig erwartete Werte auszurichten statt wie bisher auf vergangene. Dadurch wird die tatsächlich erwartete Lebensdauer eines Gebäudes bzw. ein einzukalkulierender Instandsetzungsrhythmus in die Beurteilungen einfließen müssen. Insgesamt wird die Unwägbarkeit umso größer, je weiter wir in die Zukunft planen wollen.

Ergänzend sollte an mögliche Auswirkungen durch wärmeres und feuchteres Klima, welche bis heute noch nicht relevant sind, gedacht werden. So können verstärkt Schimmel, Moose und Algen, aber auch neue Schädlinge bzw. vermehrtes Auftreten von bekannten Schädlingen in und an Gebäuden auftreten. Bauphysikalische Grundsätze sind, insbesondere zur Vermeidung von Tauwasserbildung, ebenfalls mit Blick auf zukünftige Entwicklungen zu beachten. Veränderte Luftqualitäten (Anreicherung an Staub und Allergenen mit steigender Temperatur) (Grothmann et al. 2009) könnten für Innenräume durch technische Anlagen weiter optimiert werden.

Geht man aus der reinen Gebäudebetrachtung heraus, so können besonders für den Bereich Überschwemmung und Hitze umfassende Vorsorgemaßnahmen im lokalen

Umfeld oder gar auf regionaler Ebene getroffen werden mit deutlichen Auswirkungen zum Schutz von Einzelbauten und deren Bewohner. Während die Vorsorge gegen Überflutung etabliert und bewährt ist, ist man auf einem guten Weg durch städteplanerische und -bauliche Maßnahmen ein gutes Stadtklima anzustreben. Einige Dokumentationsbeispiele zum Thema „Stadt und Region im Klimawandel“ finden Sie in nebenstehendem Exkurs. Ein Bedarf an Erkenntnissen und Lösungen und damit an weiteren Forschungen und beispielhaften Umsetzungen besteht aber auch hier weiterhin.

Nicht zuletzt entspricht diese Fragestellung auch denen der Nachhaltigkeitsbewertung. Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) ermöglicht anhand einer erläuterten themenbezogenen Abfrage (Steckbrief 4.1.7) auch die Bewertung von „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren“. Berücksichtigt werden die Gefahren Wind, Starkregen, Hagel und Schnee sowie Hochwasser (im Internet unter: www.nachhaltigesbauen.de).

Eine rein gebäudebezogene Risikoanalyse bietet das webbasierte Werkzeug „ImmoRisk“ (im Internet unter: www.klimastadtraum.de, Forschungsfeld: „ImmoRisk“).

Darüber hinaus bietet das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) im Rahmen seiner Risikomanagementvorsorge weiterführende Informationen zu diesem Themenfeld. Auch dieses Amt begleitet Forschungsvorhaben, deren Ergebnisse auf den Webseiten des BBK unter www.bkk.bund.de zu finden sind.

Quellen

DWD – Deutscher Wetterdienst (DWD 1):
Klimaszenarien – Einblicke in unser
zukünftiges Klima. Zugriff: <http://www.dwd.de>
> Klima und Umwelt > Klima in der Zukunft
> Klimawandel > Klimaszenarien (Zukunft)
(abgerufen: 10.12.2014)

DWD – Deutscher Wetterdienst (DWD 2):
Klimaszenarien-Rechnungen für
Deutschland. Zugriff: <http://www.dwd.de>
> Klima und Umwelt > Klima in der Zukunft >
Klimawandel > Klimaszenarien (Zukunft) >
Deutschland (abgerufen: 10.12.2014)

DWD – Deutscher Wetterdienst (DWD 3):
Klimawandel – Downloadbereich Bilder.
Zugriff: <http://www.dwd.de> > Klima und
Umwelt > Klima in der Zukunft > Klimawandel
> Downloads > Bilder > Klimaszenarien
(abgerufen: 10.12.2014)

DWD – Deutscher Wetterdienst (DWD 4):
Wetterlexikon. Zugriff: <http://www.dwd.de> >
Wetterlexikon (abgerufen: 10.12.2014)

BMVBS/BBR – Bundesministerium für
Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
(Hrsg.), 2008: Folgen des Klimawandels:
Gebäude und Baupraxis in Deutschland.
BBR-Online-Publikation 10/08, Bonn, April
2008. Zugriff: [urn:nbn:de:0093-ON1008R229](http://nbn:de:0093-ON1008R229)

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung, 2010: Klimaangepasstes
Bauen – Kriteriensteckbrief „Widerstands-
fähigkeit gegen Naturgefahren: Wind,
Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter
und Hochwasser“. Endbericht. Zugriff:
[http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/
Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBau
qualitaet/2010/KriterienHagel/01_start.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2010/KriterienHagel/01_start.html)

Weller, B.; Naumann, T.; Jakubetz, S. (Hrsg.),
2012: Gebäude unter den Einwirkungen des
Klimawandels. REGKLAM Publikationsreihe,
Heft 3. Berlin 2012.

Weller, B.; Naumann, T.; Jakubetz, S. (Hrsg.),
2013: Gebäudeertüchtigung im Detail für den
Klimawandel. REGKLAM Publikationsreihe,
Heft 4. Berlin 2013.

Grothmann, T.; Krömker, D.; Homburg, A.;
Siebenhüner, B. (Hrsg.), 2009: KyotoPlus-
Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung
von Klimaschutz und Anpassung an den
Klimawandel – Erfolgsfaktoren, Instrumente,
Strategie. Hier: Kapitel 11 – Klimafolgen
und Anpassungsmaßnahmen im Bauen
und Wohnen, S. 235. Download unter [http://
www.erklm.uni-oldenburg.de/download/
KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_
April2009_090419.pdf](http://www.erklm.uni-oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf)

Herausgeber

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

Ansprechpartnerin

Silvia Haupt
silvia.haupt@bbr.bund.de

Redaktion

Katrina Gutberlet

Bildnachweis

Bettina Stock, BBSR

Satz und Gestaltung

Marion Kickart

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

Bestellungen

silvia.haupt@bbr.bund.de
Stichwort: BBSR-Analysen KOMPAKT 02/2015

Die BBSR-Analysen KOMPAKT erscheinen in unregelmäßiger
Folge. Interessenten erhalten sie kostenlos.

ISSN 2193-5017 (Printversion)
ISBN 978-3-87994-737-9

Bonn, März 2015

Newsletter „BBSR-Forschung-Online“

Der kostenlose Newsletter informiert monatlich über neue
Veröffentlichungen, Internetbeiträge und Veranstaltungstermine
des BBSR.

www.bbsr.bund.de > newsletter