Klimaangepasstes Bauen - Kriteriensteckbrief „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee / feuchte Winter und Hochwasser“

Endbericht

Forschungsprogramm

„Zukunft Bau“

Projektlaufzeit

September 2009 bis Mai 2010

Aktenzeichen

10.08.17.7-09.19

im Auftrag

des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR)

bearbeitet von

Fritz Hatzfeld, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

Susanne Kurz, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

Projektbearbeitung

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62-64
D-52066 Aachen

Dipl.-Ing. Fritz Hatzfeld
M.A. Geogr. Susanne Kurz

Redaktion

M.A. Geogr. Birgitt Charl (Hydrotec)

Aachen, Mai 2010

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-CD außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis VIII

Tabellenverzeichnis IX

Zusammenfassung XI

Synopsis XV

1 Einleitung 1

1.1 Auftragsgegenstand 1

1.2 Problembeschreibung und Zielsetzungen 1

1.3 Vorgehensweise bei der Bearbeitung 4

1.4 Kriterienentwicklung und Bewertung 5

1.5 Kriteriensteckbrief 8

1.6 Forschungsbedarf 8

2 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Wind 9

2.1 Kurzbeschreibung der Prozesse 9

2.1.1 Begriffsdefinitionen 9

2.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten 9

2.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens 11

2.1.4 Schäden infolge der untersuchten Naturgefahren 12

2.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden 13

2.2.1 Gefährdung 13

2.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften 13

2.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus 14

2.2.3.1 Standort 14

2.2.3.2 Planung 15

2.2.3.3 Bauausführung 15

2.2.3.4 Nutzung 15

2.2.3.5 Wartung 15

2.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen 15

2.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland 16
2.4 Schutzziele bezüglich des Risikos 18
2.4.1 Normanforderungen 18
2.4.2 Anwendung der Normen und mögliche Defizite 19
2.4.3 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Wind 20
2.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit 20
2.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition 20
2.5.2 Planung 21
2.5.2.1 Genereller Entwurf 21
2.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion 22
2.5.2.3 Dach 22
2.5.2.4 Wandsysteme und Fassade 24
2.5.2.5 Sonstige bauliche Anlagen 25
2.5.3 Herstellung 25
2.5.4 Nutzungsphase (Alterung, Instandhaltung, Betrieb, Nutzung) 25
2.5.4.1 Alterung 25
2.5.4.2 Instandhaltung 25
2.5.4.3 Betrieb 26
2.5.4.4 Nutzung 28
2.6 Kriterienentwicklung und Bewertung 28

3 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Starkregen 32

3.1 Kurzbeschreibung der Prozesse 32
3.1.1 Begriffsdefinitionen 32
3.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten 32
3.1.3 Starkregentypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens 33
3.1.4 Schäden infolge Starkregen 33
3.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden 34
3.2.1 Gefährdung 34
3.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften 34
3.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus 35
3.2.3.1 Standort 35
3.2.3.2 Planung 36
3.2.3.3 Bauausführung 38
3.2.3.4 Nutzung 38
3.2.3.5 Wartung und Umbau 38
3.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland 38

3.4 Schutzziele bezüglich des Risikos 41
3.4.1 Normanforderungen 41
3.4.1.1 Dachentwässerung 42
3.4.1.2 Fallleitungen, Sammel- und Grundleitungen 43
3.4.1.3 Grundstückentwässerung 43
3.4.2 Anwendung der Normen und mögliche Defizite 44
3.4.3 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Starkregen 44
3.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit 44
3.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition 44
3.5.2 Planung 44
3.5.2.1 Genereller Entwurf 45
3.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion 45
3.5.2.3 Dach und Dachentwässerung 45
3.5.2.4 Wandsysteme und Fassade 46
3.5.2.5 Gebäude- und Grundstücksentwässerung 46
3.5.2.6 Planung besonderer Sicherungsmaßnahmen 48
3.5.3 Herstellung 48
3.5.4 Inbetriebnahme 48
3.5.5 Nutzungsphase 48
3.6 Kriterienentwicklung und Bewertung 49

4 Kriterienentwicklung für die Naturgefahren Hagel 53

4.1 Kurzbeschreibung der Prozesse 53
4.1.1 Begriffsdefinitionen 53
4.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten 53
4.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens 55
4.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren 57
4.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden 59
4.2.1 Gefährdung 59
4.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften 60
4.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus 60
4.2.3.1 Standort 60
4.2.3.2 Planung 61
4.2.3.3 Bauausführung 61
4.2.3.4 Nutzung 61
4.2.3.5 Wartung 62
4.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland 62

4.4 Schutzziele bezüglich des Risikos 65
4.4.1 Normanforderungen 65
4.4.2 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Hagel 66
4.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit 66
4.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition 70
4.5.2 Planung 70
4.5.2.1 Genereller Entwurf 70
4.5.2.2 Dach 71
4.5.2.3 Wandsysteme und Fassade 71
4.5.3 Nutzungsphase 72
4.5.4 Weitere (nicht bauliche) Maßnahmen zur Schadensverhinderung 72
4.6 Kriterienentwicklung und Bewertung 73

5 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Schnee/ feuchte Winter 78

5.1 Kurzbeschreibung der Prozesse 78
5.1.1 Begriffsdefinitionen 78
5.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten 78
5.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens 79
5.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren 79
5.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden 80
5.2.1 Gefährdung 80
5.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften 80
5.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug aus den Lebenszyklus 81
5.2.3.1 Standort 81
5.2.3.2 Planung 82
5.2.3.3 Bauausführung 82
5.2.3.4 Nutzung 83
5.2.3.5 Wartung 83
5.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen 83
5.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland 83
5.4 Schutzziele bezüglich des Risikos 87
5.4.1 Normanforderungen 87
5.4.2 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Schnee 88

5.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit 88
5.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition 88
5.5.2 Planung 89
5.5.2.1 Genereller Entwurf 89
5.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion 89
5.5.2.3 Dach 89
5.5.2.4 Wandsysteme und Fassade 90
5.5.3 Herstellung 90
5.5.4 Nutzungsphase, Wartung und Warnung 91
5.6 Kriterienentwicklung und Bewertung 92

6 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Hochwasser 96

6.1 Kurzbeschreibung der Prozesse 96
6.1.1 Begriffsdefinitionen 96
6.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten 96
6.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens 97
6.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren 100
6.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden 101
6.2.1 Gefährdung 101
6.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften 102
6.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus 102
6.2.3.1 Standort 102
6.2.3.2 Planung 103
6.2.3.3 Bauausführung 103
6.2.3.4 Nutzung 104
6.2.3.5 Wartung 104
6.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen 104
6.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland 105
6.3.1 Flusshochwasser und Gefährdungsermittlung 105
6.3.2 Sturmfluten und Gefährdungsermittlung 106
6.3.3 Sturzfluten und Gefährdungsermittlung 108
6.3.4 Grundwasserhochstand und Gefährdungsermittlung 108
6.4 Schutzziele bezüglich des Risikos 109
6.4.1 Regelungen bzgl. Flusshochwasser und Sturzflut bedingtes Hochwasser 109
6.4.2 Regelungen bzgl. Sturmflut 110
6.4.3 Regelungen bzgl. Sicker- und Grundwassergefährdung 110

6.4.4 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor Naturgefahr Hochwasser ... 112
6.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit ... 112
6.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition ... 112
6.5.2 Planung ... 113
6.5.2.1 Genereller Entwurf ... 113
6.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion ... 117
6.5.2.3 Dach ... 118
6.5.2.4 Wandsysteme und Fassade ... 118
6.5.3 Herstellung ... 118
6.5.4 Einrichtung ... 118
6.5.5 Inbetriebnahme ... 119
6.5.6 Nutzungsphase ... 119
6.6 Kriterienentwicklung und Bewertung ... 120

7 Literatur 125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Einwirkbereiche der betrachteten Naturgefahren auf Gebäude 2
Abbildung 2-1: Druck auf Bauwerksflächen (Quelle: DIN 1055-4, S. 15) 10
Abbildung 2-2: Windzonenkarte nach DIN 1055-4:2005-03, Anhang A und Deutsches Institut für Bautechnik (2008) (Bearbeitung Hydrotec) 17
Abbildung 3-1: Klassifizierte Niederschlagsintensitäten auf Basis von KOSTRA-Daten 40
Abbildung 3-2: Geltungsbereich der Normen (Scheffler 2007, S. 124) 42
Abbildung 4-1: Hagelzonen nach Münchener Rück 2009 64
Abbildung 5-1: Schneelastzonenkarte 84
Abbildung 5-2: REWANUS-Atlas: Extremes Niederschlagsdargebot aus Schnee; Beispiel: Dauer 240 Stunden, Wiederkehrzeit 100 Jahre (REWANUS-Atlas, DWD 2000) 86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Standortbewertung 6

Tabelle 1-2: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes 6

Tabelle 1-3: Beispiel für ein Anforderungsniveau 7

Tabelle 1-4: Zusammenführung der Einzelbewertung zu einer Gesamtbewertung (Beispiel) 7

Tabelle 2-1: Windtypen und Schadenscharakteristiken 11

Tabelle 2-2: Sturmschäden im Zeitraum 1970 bis 1998 (Quelle: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1999) 12

Tabelle 2-3: Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes, Risikofaktoren 13

Tabelle 2-4: Maßgebliche Werte (10-Minuten-Mittelwerte) der Windzonenkarte (DIN 1055-4:2005-03 in Anhang A) 18

Tabelle 2-5: Lagesicherungsmaßnahmen für unterschiedliche Dachsysteme (Gerhardt 2005, S. 31) 23

Tabelle 2-6: Kriterien für Wetterwarnungen des DWD unterhalb der Unwetterwarngrenze (Quelle: DWD o. J., Informationen zu amtlichen Warnungen) 27

Tabelle 2-7: Standortbewertung Wind 28

Tabelle 2-8: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Wind 29

Tabelle 2-9: Anforderungsniveau Wind 31

Tabelle 3-1: Warnkriterien für Unwetterwarnung des DWD (DWD 2009) 32

Tabelle 3-2: Schadenscharakteristika von Starkregen 33

Tabelle 3-3: Schadensanfälligkeit eines Gebäudes bei Starkregen 35

Tabelle 3-4: Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts 44

Tabelle 3-5: Maßnahmen zur Schadensminderung in der Nutzungsphase 49

Tabelle 3-6: Standortbewertung Starkregen 49

Tabelle 3-7: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Starkregen 50

Tabelle 3-8: Anforderungsniveau Starkregen 52

Tabelle 4-1: Hagelklassifizierung nach Durchmesser des Hagelkorns 53

Tabelle 4-2: Physikalische Größen für Hagel, gekürzt nach (VKF/AEAI 2007) 55

Tabelle 4-3: Hagel und Schadenscharakteristiken 56

Tabelle 4-4: Größe des Hagels und typische Schadenwirkungen von Hagelkörnern (Münchener Rück 2007) 58

Tabelle 4-5: Hagelkorndurchmesser, Endgeschwindigkeit und Kinetische Energie (Quelle: VKF/AEAI 2007) 59

Tabelle 4-6: Darstellung von Hagelgefahren- und -risikokarten in Deutschland 63

Tabelle 4-7: Aufstellung der Bauteile mit der jeweiligen Funktion und HW-Klasse (Quelle: Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007, S. 30, 31) ... 68
Tabelle 4-8: Standortbewertung Hagel ... 73
Tabelle 4-9: Zuordnung Hagelzonen zu Hagelwiderstandsklassen (eingefärbt sind die in Deutschland zugewiesenen Hagelzonen) ... 74
Tabelle 4-10: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Hagel ... 75
Tabelle 4-11: Anforderungsniveau Hagel ... 77
Tabelle 5-1: Schneeereignistypen und Charakteristika ... 79
Tabelle 5-2: Risikofaktoren bei einem Gebäude infolge Schneelasten (Schubert 2007) 81
Tabelle 5-3: Maßgebliche Werte der Schneelastzonenkarte (DIN 1055-5: 2005-07) ... 85
Tabelle 5-4: Vergleich der Werte der Schneelastzonen nach DIN mit den REWANUS-Werten ... 87
Tabelle 5-5: Dachhautmaterial und Eignung für Schneeräumung ... 90
Tabelle 5-6: Standortbewertung Schnee ... 92
Tabelle 5-7: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Schnee ... 94
Tabelle 5-8: Anforderungsniveau Schnee ... 95
Tabelle 6-1: Sturmfluttypen für Nordsee und Ostsee, nach Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2007) und DIN 4049-3 (1994) ... 98
Tabelle 6-2: Hochwassertypen und Schadenscharakteristika ... 100
Tabelle 6-3: Überschwemmungsereignisse und -schäden im Zeitraum 1970 bis 1998 (Münchener Rück 1999, S. 7) ... 101
Tabelle 6-4: Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes bzgl. Hochwasser und hohe Grundwasserstände, Risikofaktoren ... 102
Tabelle 6-5: Vorwarnzeiten verschiedener Hochwasser ... 104
Tabelle 6-6: Einschätzungskriterien für die Sturzflutgefährdung ... 108
Tabelle 6-7: Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit in der Entwurfsphase ... 114
Tabelle 6-8: Hochwasserbeständige (Bau-)Materialien (BMVBS 2008, S. 45) ... 116
Tabelle 6-9: Maßnahmen für die Auftriebssicherheit und gegen den Wasser- bzw. Strömungsdruck ... 117
Tabelle 6-10: Einrichtungsplanung ... 118
Tabelle 6-11: Maßnahmen zur Schadensminderung in der Nutzungsphase ... 119
Tabelle 6-12: Standortbewertung Hochwasser ... 120
Tabelle 6-13: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Hochwasser ... 122
Tabelle 6-14: Anforderungsniveau Hochwasser ... 124

Zusammenfassung

Auftragsgegenstand und Ziele der Untersuchung

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), wissenschaftlich begleitet durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), hat in einer zweijährigen kooperativen Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) einen ersten Kriterienkatalog zur ganzheitlichen Betrachtung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Gebäude entwickelt. Mit dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) des BMVBS, steht erstmalig ein – den Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS ergänzendes – ganzheitliches transparentes und objektiv nachvollziehbares Bewertungsverfahren für Büro und Verwaltungsbauten zur Verfügung. Es zeichnet sich durch die umfassende Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden unter Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen Qualität sowie den technischen und prozessualen Aspekten aus. Der Verwendungsbereich des Bewertungssystems beschränkt sich vorerst auf nationale Verwaltungs- und Bürogebäude (Neubau).

Im September 2009 wurde Hydrotec vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung beauftragt, die erforderlichen Arbeiten für den Themenbereich Risikoanalyse und Risikofolgenabschätzung für das Kriterium „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser“ durchzuführen. Zweck des Auftrags war es, einen Beitrag zu dem Bewertungssystem für den o. g. Themenbereich zu liefern und einen Vorschlag für den entsprechenden Kriteriensteckbrief zu erarbeiten.

Die untersuchten Risiken infolge eines Einwirkens der Naturgefahren Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser können zu Personengefährdungen und hohen wirtschaftlichen Schäden führen. In der Regel werden diese Umweltwirkungen auf das Gebäude in den gesetzlichen, normativen und fachlichen Vorschriften angemessen berücksichtigt. Bisher nur unzureichend berücksichtigt sind dagegen Extremereignisse, deren Intensitäten deutlich über die bereits geregelten Einwirkungen hinausgehen. Diese Extremereignisse sind mit größeren Schadensrisiken verbunden, woraus sich höhere Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit von Gebäuden ableiten lassen. Dabei sind die Einwirkungen der jeweiligen Naturgefahr auf ein Gebäude unterschiedlich und entsprechend differenziert zu bewerten.

Vorgehensweise bei der Bearbeitung

In der Untersuchung wurden die Naturgefahren Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser untersucht. Alle Naturgefahren wurden nach einem einheitlichen Untersuchungsschema behandelt und beschrieben.

- Kurzbeschreibung der Prozesse

Zunächst erfolgt eine Definition der wichtigen Begriffe und eine Beschreibung der Hauptarten/Hauptprozesse der jeweiligen Naturgefahr. Hierbei wird u.a. eine Beschreibung und Eingrenzung der potenziell betroffenen Räume sowie der (Jahres-) Zeiten des Auftretens vorgenommen. Ebenfalls erfolgt eine Abschätzung der Schadenssummen in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten.

- Gefährdung und Schadensanfälligkeit von Gebäuden

Die Häufigkeit des Auftretens eines Gefahrenprozesses einer bestimmten Ausprägung wird im Allgemeinen auf fest definierte Zeiträume bezogen (Auftretenshäufigkeit pro Jahr, pro 100 Jahre etc.).

In diesem Abschnitt werden Kriterien zur Beschreibung des Gefahrenprozesses in Bezug auf Gebäude sowie zur Beschreibung der Schadensanfälligkeit ermittelt, erläutert und festgelegt. Bei der Ermittlung der Schadensanfälligkeit wird unterschieden in Schadensanfälligkeit in Bezug auf Bauwerkseigenschaften sowie in Bezug auf den Lebenszyklus des Bauwerks, d. h. die Veränderung der Bauwerkseigenschaften durch Nutzung und Alterung. Hier werden einerseits die in der jeweiligen Fachwissenschaft bzw. in der Umsetzung im Verwaltungsbereich gebräuchlichen Kriterien aufgeführt, andererseits vorhandene Vorschläge anderer befasster Institutionen (z. B. Versicherungen) und aus der Wissenschaft dokumentiert.

- Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

In diesem Abschnitt werden für die betrachteten Naturgefahren die gebräuchlichen Verfahren, Werkzeuge und Hilfsmittel sowie die genutzten Daten- und Informationsquellen der Ermittlung und Darstellung der Intensitäten bzw. Gefahren des jeweiligen Bereichs ermittelt und dargestellt.

Weiterhin erfolgt eine Darstellung der gebräuchlichen Gefahrenkarten und ggf. Hinweise auf existierende Risikokarten. Vorhandene Gefahrenkarten wurden übernommen, aufbereitet und einheitlich dargestellt. Für die Naturgefahr Starkregen wurde eine eigene Karte erstellt. Für Hochwasser ist eine Darstellung der Gefahrenkarten deutschlandweit nicht möglich; hier werden entsprechende Informationsquellen aufgeführt.

- Schutzziele bezüglich des Risikos

Soweit Normen für die Bemessung auf die jeweilige Naturgefahr vorhanden sind, sind die dort festgelegten Normanforderungen in Kurzform beschrieben. Weiterhin wurden für jede Belastungsart die verschiedenen Regelwerke der beteiligten Fachhandwerke zusammengestellt. Bei der Anwendung der Normen und Regeln können Fehler und Defizite auftreten, die beispielsweise in Bauschadensbeschreibungen aufgeführt sind. Soweit möglich, werden hier die wichtigsten bekannten Defizite dokumentiert. Weiterhin sind häufig andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor den jeweiligen Naturgefahren vorhanden, die hier ebenfalls aufgeführt sind.

- Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

Die Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden. In diesem Abschnitt werden die Möglichkeiten beschrieben und bewertet, wobei möglichst ein direkter Bezug zu den potenziell betroffenen Gebäudeelementen hergestellt wird. Diese Bewertung findet Eingang in das Bewertungssystem des Kriteriensteckbriefs. Betrachtet werden die Handlungsfelder „Projektentwicklung, Standort und Exposition“, die „Planung“, die „Herstellung“ und die „Nutzungsphase“ (Instandhaltung, Betrieb, Nutzung).

- Kriterienentwicklung und Bewertung, Kriteriensteckbrief

Die fünf Naturgefahren werden zunächst einzeln betrachtet und gewertet (summarische Bewertung). Anschließend werden diese Bewertungen zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt. Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten wurde ein Kriteriensteckbrief nach dem vorgegebenen Muster des BBSR erstellt. Der Kriteriensteckbrief ist auch ohne den erarbeiteten begleitenden Bericht anwendbar und nutzbar.

Ergebnisse für die betrachteten Naturgefahren

Infolge der hohen Sicherheitsansätze bei der Bemessung der Tragkonstruktion sind in Deutschland Schäden, die zum Einsturz oder zu einer massiven Schädigung der Tragkonstruktion führen, sehr selten. Infolgedessen ist auch die Bauweise der Tragkonstruktion (Beton, Stahl- oder Holzkonstruktionen) bei der Bewertung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes von eher untergeordneter Bedeutung.

Generelles Ziel ist, unter Berücksichtigung der vorhandenen spezifischen Regelungen zu einzelnen Naturgefahren, die Widerstandsfähigkeit der potenziell gefährdeten Gebäudeteile und Bauelemente im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks mit ökonomisch sinnvollen Maßnahmen zu verbessern. Dabei wird auch eine mögliche Zunahme der Einwirkungen infolge Klimaänderungen berücksichtigt. Da die möglichen Änderungen heute nur mit großen Unsicherheiten prognostizierbar sind, liegt der Fokus auf dem Ansatz, Baukonstruktion und Bauelemente so zu gestalten bzw. durch Managementmaßnahmen so zu sichern, dass bei Überlastung möglichst geringe Schäden entstehen. Es wird nicht a priori angestrebt, höhere Belastungsansätze bei der Bemessung zu verwenden.

Eine Schadensminderung oder –vermeidung (Risikominderung) in Bezug auf die auftretenden Belastungen bei einem Naturereignis ist generell möglich durch:

- Standortwahl (lokal, regional) mit einer möglichst geringen Gefährdung
- Bemessung und Ausführung des Bauwerks bzw. der Gewerke im Hinblick auf die potenziell auftretenden hohen Belastungen, Sicherung einer hohen Planungs- und Ausführungsqualität (Widerstandsfähigkeit des Bauwerks bzw. Verringerung der Vulnerabilität)
- Regelmäßige Instandhaltung (Zustandserfassung, Wartung, Sanierung) des Gebäudes (Erhaltung der Widerstandsfähigkeit)
- Schutzmaßnahmen und schadensmindernde Maßnahmen vor, während und nach dem Ereignis (Verbesserung der Widerstandsfähigkeit durch spezifische Schutzmaßnahmen)

Bei den **Naturgefahren Schnee und Wind** ist für die Bemessung ein Schutzgrad entsprechend einem 50-jährlichen Ereignis als Basis für die geltenden normativen und fachlichen Regelungen festgelegt. Bei diesen Naturgefahren liegt der Schwerpunkt der Schadensvermeidung für Extremereignisse, aber auch für Belastungen unterhalb der Bemessungswerte, bei der Sicherung einer hohen Planungs- und Ausführungsqualität sowie der notwendigen Instandhaltung bei der Nutzung. Zusätzlich müssen die Risiken bei einer möglichen Überschreitung der Bemessungswerte reduziert werden. Hierzu wurden Vorschläge für sinnvolle und durchführbare Maßnahmen entwickelt und bewertet.

Bei **Starkregen** wird in den vorhandenen normativen Regelungen und Fachregeln bereits eine mögliche Überschreitung der Bemessungswerte berücksichtigt, sodass zumindest substanzielle Schäden am Gebäude verhindert werden. Bei dieser Naturgefahr geht es vornehmlich um die Sicherung der erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität und der notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen bei der Nutzung.

Unzureichende Regelungen bezüglich der Widerstandsfähigkeit von Bauwerken bestehen bisher bei **Hageleinwirkungen**. Bei dieser Naturgefahr sind Normen und Regelungen zur Reduktion der Risiken in Deutschland i. W. noch nicht vorhanden. Auf der Basis von Regelungen anderer Länder werden Grundlagen zur erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität und zu notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen beschrieben.

Bei den **Hochwassereinwirkungen** werden die Hochwassertypen Flusshochwasser, Überflutungen infolge Starkregen, Sturmflut und Grundhochwasser unterschieden. Bei allen

Hochwassertypen beeinflusst die Standortwahl maßgeblich die Risikoausprägung, d.h. mit geeigneter Standortwahl kann eine Gefährdung (anders als bei den anderen Naturgefahren) vermieden oder erheblich reduziert werden.

Vorhandene Regelungen zu Flusshochwasser und Sturmflut beziehen sich heute fast ausschließlich auf die potenziell gefährdeten Flächen (Bauverbote bzw. Einschränkungen in Überschwemmungsgebieten), nicht aber auf die Eigenschaften der gefährdeten Gebäude selbst. Folglich sind bei dieser Naturgefahr Normen und rechtlich verankerte Regelungen zur Reduktion der Risiken am Bauwerk selbst (noch) nicht vorhanden. Hier wird an die Eigenvorsorge der Eigentümer appelliert. Regelungen zur Erfassung von und Vorsorge vor Überflutungen infolge Starkregen sind z. Z. nur für kanalisierte bebaute Flächen vorhanden, nicht jedoch für Gefährdungen durch sogenannte Hangabflüsse. In dieser Untersuchung werden geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gefährdeter Gebäude für diese Hochwassertypen vorgestellt.

Bei Grundhochwasser bestehen demgegenüber bereits umfassende normative Regelungen, mit denen zumindest substanzielle Schäden am Gebäude verhindert werden. Bei dieser Naturgefahr geht es vornehmlich um die Sicherung der erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität. Planungs- und Ausführungsfehler im Bereich der Gründung können im Nachhinein nur sehr aufwendig beseitigt werden.

Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten wurde der Kriteriensteckbrief nach dem vorgegebenen Muster des BBSR erstellt.

Synopsis

In a two-year cooperation with the German Sustainable Building Council (DGNB) the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS), accompanied on a scientific basis by the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR), has developed an initial catalogue of criteria for an integrated approach to and assessment of sustainability aspects in buildings. In September 2009 Hydrotec was commissioned by the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR) to carry out the work required in the spheres risk analysis and risk assessment for the criterion: “Resistance to natural hazards: wind, torrential rain, hail, snow / wet winters and flooding” and to draw up a proposal for a corresponding criteria profile.

The environmental impacts of the studied natural hazards on buildings are, as a rule, given due consideration in the statutory, normative and technical provisions. However, to date insufficient account has been taken of extreme events, the intensity of which go way beyond the regulated impacts. These extreme events are connected to a much larger risk of damage, from which higher demands as to the resistance of buildings can be derived.

In the study the said natural hazards were treated and described in accordance with a standardised examination process. Following a short description of the processes the criteria for the endangerment to the buildings and their damage susceptibility were registered and characterised. The status of risk identification, assessment and presentation in Germany was also described and evaluated. The existing protection targets with regard to the risk are decisive for prevailing safety standards, which provide the basis of the standards and guidelines, and were summarised and evaluated in the report. Finally, economically viable and realistic measures to improve the resistance were drawn up, which also form the basis for the evaluation of the resistance of a building. Studies were made in the fields “Project development, location and exposure“, “Planning“, “Production“ and “Utilisation phase“ (maintenance, operation, utilisation).

Due to the high security approach in calculations events causing a collapse of a supporting structure or major damage to the same are very rare, i.e. the construction of the supporting structure is, as a rule, of rather subordinate importance in the assessment of the resistance of a building.

The main objective of this project was – taking into consideration the existing specific regulations on the individual natural hazards - to compile or develop practical measures to improve the resistance of potentially endangered buildings or construction elements throughout the entire life cycle of a building. Here the focus is on the approach that the structural lay-out and construction elements are designed in such a way that, in the case of overload (in extreme conditions), as little damage as possible occurs. It is not the a priori objective to use higher load distributions in the calculation.

Damage mitigation or prevention (risk minimisation) with reference to the pressure occurring in natural hazard events is, as a rule, possible and is specifically described for each natural hazard. It can be seen that with the right choice of location, sufficient planning and calculation of the building and construction work, securing the high level of quality and workmanship, regular maintenance (inspection, maintenance, refurbishment) and the proposed protective or loss-minimising measures before, during and after the natural hazard event (in the case of new constructions) a high level of resistance can be achieved.

The criterion report was drawn up on the basis of this preliminary work in accordance with the given BBSR model.

1 Einleitung

1.1 Auftragsgegenstand

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), wissenschaftlich begleitet durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), hat in einer zweijährigen kooperativen Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) einen ersten Kriterienkatalog zur ganzheitlichen Betrachtung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Gebäude entwickelt. Mit dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) des BMVBS, steht erstmalig ein – den Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS ergänzendes – ganzheitliches transparentes und objektiv nachvollziehbares Bewertungsverfahren für Büro und Verwaltungsbauten zur Verfügung. Es zeichnet sich durch die umfassende Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden unter Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen Qualität sowie den technischen und prozessualen Aspekten aus. Der Verwendungsbereich des Bewertungssystems beschränkt sich vorerst auf nationale Verwaltungs- und Bürogebäude (Neubau).

Auf Grundlage einer Ausschreibung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) vom 22.06.2009, eines Angebots vom Juli 2009 und des Auftrags vom 09.09.2009 wurde Hydrotec beauftragt, die erforderlichen Arbeiten für den Themenbereich Risikoanalyse und –folgenabschätzung für das Kriterium „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser“ durchzuführen.

In der vom BBSR zur Verfügung gestellten „Problem- und Aufgabendarstellung“ sind die Problemdarstellung, der Untersuchungsgegenstand und die Leistungsbausteine des Auftrags beschrieben. Zweck des ausgeschriebenen Auftrags ist es, einen Beitrag zu dem Bewertungssystem für den o.g. Themenbereich zu liefern und einen Vorschlag für einen Kriteriensteckbrief zu erarbeiten. Die bisher erarbeiteten Grundlagen und Ergebnisse zu Kriterien und Indikatoren/Messgrößen sind in den in der Ausschreibung genannten Quellen beschrieben.

Als Ergebnis des Vorhabens sollen für den Kriteriensteckbrief „Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser“ Fachinformationen bereitgestellt werden, die in der Problem- und Aufgabenbeschreibung aufgelistet sind. Für das genannte Kriterium soll weiterhin eine Empfehlung zur Gewichtung innerhalb der Kriteriengruppe gegeben werden, die beim „Runden Tisch Nachhaltiges Bauen“ vorgestellt und abgestimmt wird.

Die erforderlichen Leistungen bzw. Arbeitsschritte bestehen im Wesentlichen aus der Zusammenstellung, Bewertung und Erstellung von Karten zu Gefahren sowie in der Erarbeitung und Bereitstellung der beschriebenen Fachinformationen.

1.2 Problembeschreibung und Zielsetzungen

Von Gebäuden gehen im Rahmen ihres Lebenszyklus sowohl lokale als auch globale Wirkungen auf die Umwelt aus. Gleichzeitig sind Gebäude vielfältigen Umwelteinflüssen ausgesetzt. In der Regel werden diese Umweltwirkungen auf das Gebäude in den gesetzlichen Vorschriften angemessen berücksichtigt. Ergänzend hierzu sollen in diesem Kriteriensteckbrief Extremereignisse berücksichtigt werden, deren Intensitäten deutlich über die bereits geregelten Einwirkungen hinausgehen. Die betrachteten Extremereignisse sind mit größeren

Schadensrisiken verbunden, woraus sich höhere Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit von Gebäuden ableiten lassen.

Die untersuchten Risiken infolge eines Einwirkens der Naturgefahren Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser können zu Personengefährdungen und hohen wirtschaftlichen Schäden führen. Dabei sind die Einwirkungen der jeweiligen Naturgefahr auf ein Gebäude unterschiedlich und entsprechend differenziert zu bewerten:

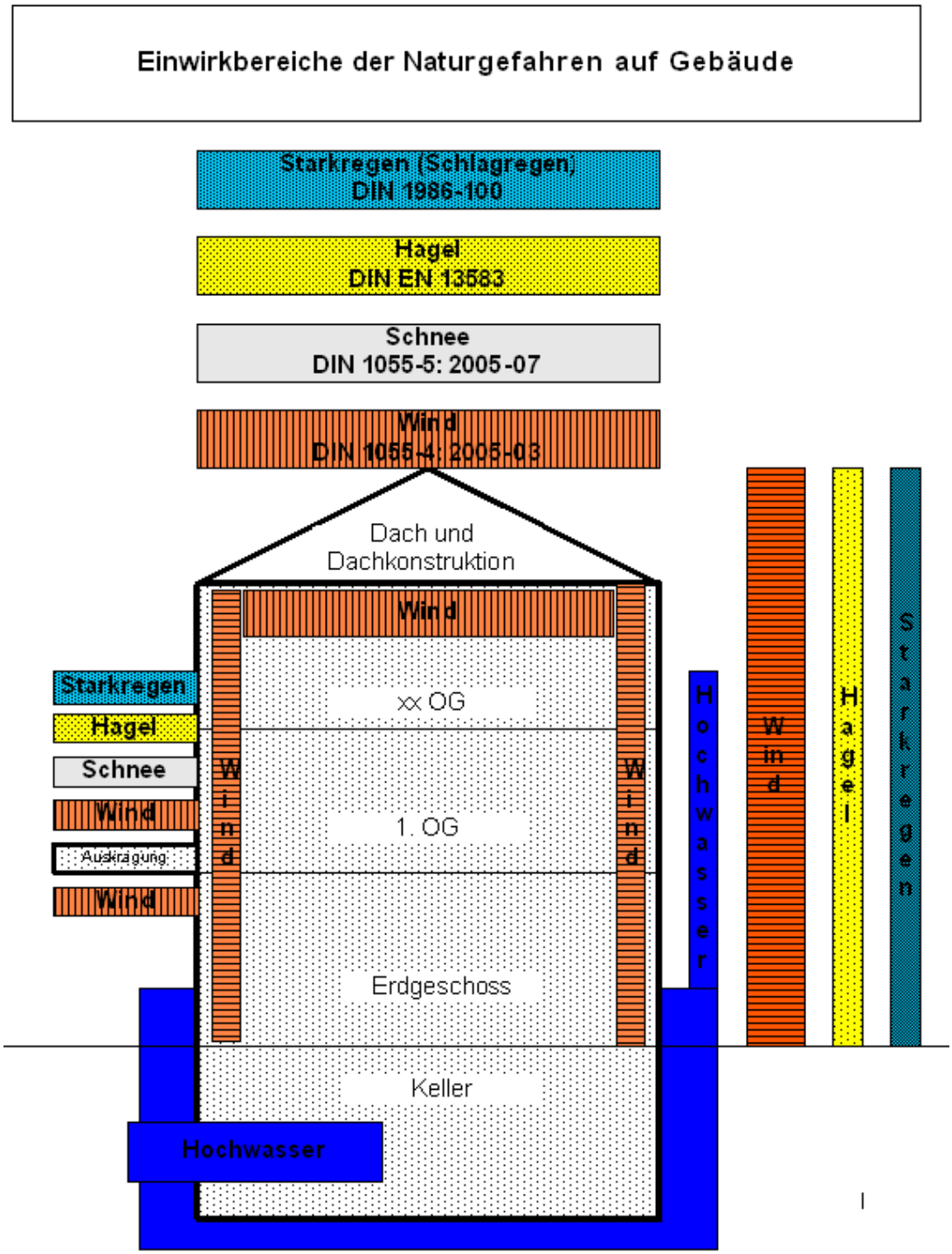


Abbildung 1-1: Einwirkbereiche der betrachteten Naturgefahren auf Gebäude

Die Abbildung verdeutlicht, dass die Einwirkungen der jeweiligen Naturgefahr im Allgemeinen spezifische Bauwerksteile oder Bauelemente betreffen. Infolge der hohen Sicherheitsansätze bei der Bemessung der Tragkonstruktion sind in Deutschland Schäden, die zum Einsturz oder einer massiven Schädigung der Tragkonstruktion führen, sehr selten. Infolgedessen ist auch die Bauweise der Tragkonstruktion (Beton, Stahl- oder Holzkonstruktionen) bei der Bewertung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes von eher untergeordneter Bedeutung.

Die höchsten Gesamtschäden in Deutschland sind nach Angaben von Versicherungen bisher infolge von Sturm aufgetreten. In der weiteren Rangfolge sind Hochwasserschäden, Hagelschäden und Schäden durch Schneeereignisse einzuordnen. In den Schadensstatistiken sind nur die Gesamtschäden erfasst, sodass der Anteil an Gebäudeschäden derzeit nicht ermittelt werden kann.

Generelles Ziel ist, unter Berücksichtigung der vorhandenen spezifischen Regelungen zu einzelnen Naturgefahren, die Widerstandfähigkeit in allen Zyklen eines Bauwerks mit ökonomisch sinnvollen Maßnahmen zu verbessern. Dabei wird auch eine mögliche Zunahme der Einwirkungen infolge Klimaänderungen berücksichtigt. Da die möglichen Änderungen heute nur mit großen Unsicherheiten prognostizierbar sind, liegt der Focus auf dem Ansatz, Baukonstruktion und Bauelemente so zu gestalten bzw. durch Managementmaßnahmen so zu sichern, dass bei Überlastung möglichst geringe Schäden entstehen. Es wird nicht a priori angestrebt, höhere Belastungsansätze bei der Bemessung zu verwenden.

Eine Schadensminderung oder –vermeidung (Risikominderung) in Bezug auf die auftretenden Belastungen bei einem Naturereignis ist generell möglich durch:

- Standortwahl (lokal, regional) mit einer möglichst geringen Gefährdung
- Bemessung und Ausführung des Bauwerks bzw. der Gewerke im Hinblick auf die potenziell auftretenden hohen Belastungen, Sicherung einer hohen Planungs- und Aufführungsqualität (Widerstandsfähigkeit des Bauwerks bzw. Verringerung der Vulnerabilität)
- Regelmäßige Instandhaltung (Zustandserfassung, Wartung, Sanierung) des Gebäudes (Erhaltung der Widerstandsfähigkeit)
- Schutzmaßnahmen und schadensmindernde Maßnahmen vor, während und nach dem Ereignis (Widerstandsfähigkeit durch spezifische Schutzmaßnahmen)

Bei den Naturgefahren Schnee und Wind ist für die Bemessung ein Schutzgrad entsprechend einem 50-jährlichen Ereignis als Basis für die geltenden normativen Regelungen festgelegt.

Insbesondere bei Schnee und Wind können bei der Überschreitung dieser Bemessungswerte sehr hohe Kumulschäden auftreten, die in der Region zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden führen können. Bei diesen Naturgefahren liegt der Schwerpunkt der Schadensvermeidung einerseits bei der Sicherung einer hohen Planungs- und Ausführungsqualität sowie der notwendigen Instandhaltung bei der Nutzung. Andererseits müssen die Risiken bei einer möglichen Überschreitung der Bemessungswerte reduziert werden.

Bei Starkregen wird in den vorhandenen normativen Regelungen bereits eine mögliche Überschreitung der Bemessungswerte berücksichtigt, sodass zumindest substanzielle Schäden am Gebäude verhindert werden. Bei dieser Naturgefahr geht es vornehmlich um die Sicherung der erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität und der notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen bei der Nutzung.

Unzureichende Regelungen bezüglich der Widerstandfähigkeit von Bauwerken bestehen bisher bei Hageleinwirkungen. Bei dieser Naturgefahr sind Normen und Regelungen zur Re-

duktion der Risiken in Deutschland noch nicht vorhanden. Auf der Basis von Regelungen anderer Länder werden Grundlagen zur erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität und zu notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen beschrieben.

Bei den Hochwassereinwirkungen werden die Hochwassertypen Flusshochwasser, durch Starkregen ausgelöste Überflutungen, Sturmflut und Grundhochwasser unterschieden. Insbesondere bei Hochwasser durch Flusshochwasser und Sturmflut können trotz ggf. vorhandener Schutzmaßnahmen bei fehlender Vorsorge sehr hohe Kumulschäden auftreten. Vorhandene Regelungen zu Flusshochwasser und Sturmflut beziehen sich heute fast ausschließlich auf die gefährdete Fläche (Bauverbote bzw. Einschränkungen), nicht aber auf die Eigenschaften der gefährdeten Gebäude selbst.

Folglich sind bei dieser Naturgefahr Normen und rechtlich verankerte Regelungen zur Reduktion der Risiken am Bauwerk selbst (noch) nicht vorhanden. Hier wird an die Eigenvorsorge der Eigentümer appelliert.

Auf der Basis von Vorschlägen aus der einschlägigen Fachliteratur werden Grundlagen zur erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität und zur notwendigen Instandhaltung beschrieben.

Bei Grundhochwasser bestehen demgegenüber bereits umfassende normative Regelungen, mit denen zumindest substanzielle Schäden am Gebäude verhindert werden. Die lokale Standortwahl spielt bei allen Hochwassertypen eine zentrale Rolle, die überregionalen Unterschiede in der Belastung sind vorhanden, aber für die Bewertung unbedeutend. Bei dieser Naturgefahr geht es vornehmlich um die Sicherung der erforderlichen Planungs- und Ausführungsqualität. Der Aspekt der Wartung ist hier nicht so bedeutsam, weil Planungs- und Ausführungsfehler im Nachhinein nur sehr aufwendig zu beseitigen sind.

1.3 Vorgehensweise bei der Bearbeitung

In der Untersuchung werden die Naturgefahren Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser untersucht. Alle Naturgefahren werden nach einem einheitlichen Untersuchungsschema behandelt und beschrieben.

- Kurzbeschreibung der Prozesse

Zunächst erfolgt eine Definition der wichtigen Begriffe und eine Beschreibung der Hauptarten/Hauptprozesse der jeweiligen Naturgefahr. Hierbei wird u.a. eine Beschreibung und Eingrenzung der potenziell betroffenen Räume sowie der (Jahres-) Zeiten des Auftretens vorgenommen.

- Gefährdung und Schadensanfälligkeit von Gebäuden

Die Häufigkeit des Auftretens eines Gefahrenprozesses einer bestimmten Ausprägung wird im Allgemeinen auf fest definierte Zeiträume bezogen (Auftretenshäufigkeit pro Jahr, pro 100 Jahre etc.).

In diesem Abschnitt werden Kriterien zur Beschreibung des Gefahrenprozesses in Bezug auf Gebäude sowie zur Beschreibung der Schadensanfälligkeit ermittelt, beschrieben und festgelegt. Bei der Ermittlung der Schadensanfälligkeit wird unterschieden in Schadensanfälligkeit in Bezug auf Bauwerkseigenschaften sowie in Bezug auf den Lebenszyklus des Bauwerks, d. h. die Veränderung der Bauwerkseigenschaften durch Nutzung und Alterung. Hier werden einerseits die in der jeweiligen Fachwissenschaft bzw. in der Umsetzung im Verwaltungsbereich gebräuchlichen Kriterien aufgeführt, andererseits vorhandene Vorschläge anderer befasster Institutionen (z. B. Versicherungen) und aus der Wissenschaft dokumentiert.

Falls erforderlich, wurden auch eigene Vorschläge entwickelt.

- Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

In diesem Abschnitt werden für die betrachteten Naturgefahren die gebräuchlichen Verfahren, Werkzeuge und Hilfsmittel sowie die genutzten Daten- und Informationsquellen der Ermittlung und Darstellung der Intensitäten bzw. Gefahren des jeweiligen Bereichs ermittelt und dargestellt.

Weiterhin erfolgt eine Darstellung der gebräuchlichen Gefahrenkarten und ggf. Hinweise auf Risikokarten (die bei Betrachtung der Auswirkungen auf Einzelbauten jedoch keinen nutzbaren Informationsgehalt bieten). Vorhandene Gefahrenkarten wurden übernommen, aufbereitet und möglichst einheitlich dargestellt. Für die Naturgefahr Starkregen wurde eine eigene Karte erstellt. Für Hochwasser ist eine Darstellung der Gefahrenkarten deutschlandweit nicht möglich; hier werden entsprechende Informationsquellen aufgeführt.

- Schutzziele bezüglich des Risikos

Soweit Normen für die Bemessung auf die jeweilige Naturgefahr vorhanden sind, sind die dort festgelegten Normanforderungen in Kurzform beschrieben. Bei der Anwendung der Normen können Fehler und Defizite auftreten, die beispielsweise in Bauschadensbeschreibungen aufgeführt sind. Soweit möglich, werden hier die wichtigsten bekannten Defizite dokumentiert. Weiterhin sind häufig andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor den jeweiligen Naturgefahren vorhanden, die hier ebenfalls aufgeführt sind.

- Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

Die Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden. In diesem Abschnitt werden die Möglichkeiten beschrieben und bewertet, wobei wenn möglich ein direkter Bezug zu den potenziell betroffenen Gebäudeelementen hergestellt wird. Diese Bewertung findet Eingang in das Bewertungssystem des Kriteriensteckbriefs. Betrachtet werden die Handlungsfelder „Projektentwicklung, Standort und Exposition“, die „Planung“, die „Herstellung“ und die „Nutzungsphase“ (Instandhaltung, Betrieb, Nutzung).

1.4 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk auch oberhalb der Bemessungswerte soll durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit und unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale eine möglichst weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Die fünf Naturgefahren werden zunächst einzeln betrachtet und gewertet (summarische Bewertung). Anschließend werden diese Bewertungen zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt.

Im ersten Schritt wird die Exposition des Standorts bestimmt. Die Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes werden nach dem Grad der Exposition (Gefährdung) festgelegt. Ein Gebäude in einer Zone mit hoher Gefährdung muss eine hohe Widerstandsfähigkeit, d. h. hohe Punktzahlen aufweisen, um eine gute Zielerfüllung erreichen zu können. Ein Gebäude in einer Zone mit geringer Gefährdung muss eine geringere Widerstandsfähigkeit, d. h. nur eine geringe Punktzahl aufweisen, um ebenfalls eine gute Zielerfüllung zu erreichen.

Die Einschätzung der Gefährdung des Standorts bzw. der Exposition erfolgt für alle Naturgefahren ähnlich. Die bis zu fünf Belastungs-/Gefährdungsstufen, die in den Gefahrenkarten dargestellt sind, werden einheitlich in drei Klassen zusammengefasst.

Tabelle 1-1: Standortbewertung

Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
Einschätzung gemäß ...	Keine bis geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Farbgebung in den Karten	Zur konkreten Farbzuordnung der Belastung siehe Kartenlegenden Spektrum: von hellgelb für die geringste Belastung bis dunkelorange oder rot für die größte Belastung		
Methode und Kriterien jeweils angepasst an die Naturgefahr	Zugeordnete Belastungswerte oder Gefahrenklassen	Zugeordnete Belastungswerte oder Gefahrenklassen	Zugeordnete Belastungswerte oder Gefahrenklassen

Das Erreichen eines hohen Standards bzw. einer hohen Widerstandsfähigkeit ist bei allen Naturgefahren generell auf verschiedenen, sich teilweise ergänzenden Wegen zu erreichen:

- Standortwahl (lokal, regional): Vermeidung von Gefahrenzonen
- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit durch bauliche und technische Maßnahmen
- Erhaltung der Widerstandsfähigkeit durch Instandhaltung
- Vermeidung von Schäden durch geeignete Schutzmaßnahmen

Die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes durch bauliche und technische Maßnahmen wird auf Basis der Planunterlagen des Gebäudes bewertet. Die Widerstandsfähigkeit durch Instandhaltung muss bereits bei der Planung berücksichtigt und dort festgelegt werden. Dies betrifft beispielsweise die erforderlichen Zuwegungen und Einrichtungen für die Wartung, Zustandserfassung und Sanierung.

Hierbei werden alle maßgeblichen Bauteile bzw. Bauelemente betrachtet und jeweils passende Anforderungen formuliert. Entsprechend dem Erfüllungsgrad der Anforderungen werden die Bauteile als „normal widerstandsfähig“, „mittel widerstandsfähig“ und „hoch widerstandsfähig“ eingeordnet. Für den Erfüllungsgrad der Anforderungen werden jeweils Punkte vergeben und für das zu bewertende Gebäude addiert.

Mit den Schutzmaßnahmen können „Defizite“ bei den baulichen Maßnahmen teilweise ausgeglichen werden. Sie müssen allerdings in der Planungsphase verbindlich festgelegt sein. Zum Teil erfordern diese besonderen Schutzmaßnahmen auch bauliche Maßnahmen.

Tabelle 1-2: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte

Im letzten Schritt werden die erreichten Punkte mit dem festgelegten Anforderungsniveau verglichen. Das Anforderungsniveau ist abhängig von der Gefährdungsausprägung des spe-

zifischen Standorts. Je höher die potenzielle Gefährdung des Grundstücks ist, desto höher sind die Anforderungen, die ein Gebäude erfüllen muss, um eine gute Bewertung zu erreichen. Diese Bewertung wird zunächst für alle Naturgefahren einzeln durchgeführt.

Tabelle 1-3: Beispiel für das Anforderungsniveau

Widerstands-fähigkeit	Grad der Ziel-erreichung	Einschätzung der Gefährdung		
		Keine bis geringe Gefährdung	Mittlere Gefährdung	Große Gefährdung
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenzwert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindest-anforderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

In Abhängigkeit von der Gefährdung wird der Zielwert ab 55, 70 bzw. 80 Punkten erreicht. Das Erreichen des Zielwertes entspricht einer - der Gefährdung angemessen - Erhöhung des Widerstandes des Gebäudes gegen die Naturgefahren. Die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen wird vorausgesetzt.

Die bei der Einzelbetrachtung je Naturgefahr erreichten Punkte werden abschließend gewichtet nach dem geschätzten Anteil der Gebäudeschäden der jeweiligen Naturgefahr an den volkswirtschaftlichen Gesamtschäden aufsummiert. Der Referenzwert liegt bei 50 Punkten, der Zielwert bei 100. Die Einzelergebnisse werden in der folgenden Tabelle zusammengetragen und zu einer „Gesamtnote“ berechnet.

Tabelle 1-4: Zusammenführung der Einzelbewertung zu einer Gesamtbewertung (Beispiel)

	Wichtungs-faktor	Grad der Zielerrei-chung je Naturgefahr laut Bewer-tung (für das Beispiel)	Zielerreichung gewichtet (grünes Beispiel)	Zielwert	Referenzwert	Grenzwert = Mindestan-forderung
Wind	0,30	100	30	30	15	3
Starkregen	0,15	100	15	15	7,5	1,5
Hagel	0,10	50	5	10	5	1
Schnee	0,15	50	7,5	15	7,5	1,5
Hochwasser	0,30	100	30	30	15	3
Summe	100	-	87,5	100	50	10

Die Tabelle zeigt beispielhaft, wie die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes gegen die verschiedenen Naturgefahren insgesamt einzuschätzen ist und in welchen Bereichen Veränderungen in der Gebäudeplanung sinnvoll sind (hier bei Hagel und Schnee), um die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Das bewertete Gebäude weist einen ausreichend hohen Widerstand gegen die verschiedenen Naturgefahren auf: dreimal wird der Zielwert erreicht,

zweimal der Referenzwert, Verbesserungen sind noch im Bereich Hagel- und Schneewiderstand möglich.

1.5 Kriteriensteckbrief

Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten wurde ein Kriteriensteckbrief nach dem vorgegebenen Muster der BBSR erstellt. Der Kriteriensteckbrief ist auch ohne den erarbeiteten begleitenden Bericht anwendbar und nutzbar. Es wird jedoch empfohlen, vor einer Bewertung auch den begleitenden Bericht zu lesen, da diese Texte maßgeblich zu einem Basisverständnis für die jeweiligen Auswirkungen einer Naturgefahr und den Umgang damit beitragen können.

1.6 Forschungsbedarf

Während zu der Beschreibung und Quantifizierung der Einwirkungen der Naturgefahren bereits im Allgemeinen umfangreiche und belastbare Forschungsergebnisse und entsprechende Daten vorliegen, ist zu dem Thema „Verletzlichkeit (Vulnerabilität)“ bzw. Widerstandsfähigkeit von Konstruktionen, Bauelementen und Baumaterialien bei Extrembelastung der potenziell betroffenen Objekte noch erheblicher Forschungsbedarf erkennbar. Zur Zeit können Anhaltswerte zur Widerstandsfähigkeit im Wesentlichen nur indirekt aus Bauschadensberichten abgeleitet werden, wobei hier aber in der Mehrzahl der Fälle Schäden untersucht werden, die im Normalbetrieb, d.h. nicht bei Extrembelastungen, auftreten. Infolgedessen mussten bei der Ableitung von Widerstandskriterien und der Zuordnung zu Widerstandsklassen in dieser Untersuchung häufiger Annahmen getroffen werden, die noch nicht ausreichend durch entsprechende Forschungsergebnisse belegt werden können.

Die systematische Erforschung von unterschiedlichen Konstruktionen, Bauelementen und Baumaterialien auch im Zusammenwirken dieser Elemente und eine Einordnung in unterschiedliche Widerstandklassen ist ein wichtiges und noch wenig bearbeitetes Forschungsfeld.

Gleichzeitiges Zusammenwirken verschiedener Naturgefahren (beispielsweise Sturm, Hagel, Starkregen, Überflutung) wird bei der Einschätzung des Widerstands von Gebäuden erst in Ansätzen berücksichtigt.

2 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Wind

2.1 Kurzbeschreibung der Prozesse

2.1.1 Begriffsdefinitionen

Wind

Wind wird in der Meteorologie als eine gerichtete Luftbewegung in der Atmosphäre bezeichnet. Wind ist ein Vektor, zu dessen vollständiger Beschreibung die Angabe der Windgeschwindigkeit, des Azimutwinkels (horizontal) und eines Neigungswinkel erforderlich ist. Die Vertikalkomponente ist gegenüber der Horizontalkomponente im Allgemeinen sehr klein, sodass als Wind in der Regel nur die Horizontalkomponente bezeichnet wird (nach Möller 1973).

Windrichtung

Die Windrichtung ist die Himmelsrichtung, aus der der Wind weht. Angegeben wird die am häufigsten auftretende Windrichtung pro Zeiteinheit, in der Regel pro Halbstunde zwischen 1 bis 360 Grad.

Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit ist die horizontale Geschwindigkeit der Luft. Sie wird in m/s, km/h oder in Knoten angegeben, wobei 1 m/s gleich 3,6 km/h ist und 1 Knoten 1,1852 km/h entspricht. In Bodennähe wird die Windgeschwindigkeit infolge Bewuchs und Bebauung verzögert; mit zunehmender Höhe über dem Boden nimmt sie annähernd nach einer Potenzfunktion zu (Gerhardt 2005).

Die Auswirkungen des Windes im Binnenland und auf See werden in der sogenannten Beaufortskala in Bft angegeben, die Windstärken zwischen still (0 Bft), starker Wind (6 Bft) Sturm (9 Bft) und Orkan (12 Bft) umfasst.

Böigkeit

Die Windgeschwindigkeit ist in einem bestimmten Zeitabschnitt nicht konstant. Die Windgeschwindigkeitsänderungen werden in der Meteorologie als Böigkeit bezeichnet, in der Strömungsmechanik als Turbulenz (Gerhardt 2005).

2.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten

Die Basis der Untersuchung der Gefahren bzw. Exposition infolge von Wind bilden die Messdaten des Deutschen Wetterdienstes und daraus abgeleitete statistische Daten.

Windgeschwindigkeit

Die Messung der atmosphärischen Windströmung besteht aus der instrumentellen Erfassung der Geschwindigkeit in m/s und der Richtung des Bodenwindes. Die Messung des bodennahen Windes wird in unbebautem Gelände in 10 m Höhe über Grund durchgeführt. Sie erfolgt kontinuierlich mit elektrisch registrierenden Windmessern (Schalenanemometern oder Ultraschall-Anemometern) nach der VDI-Richtlinie 3786, Blatt 2. Die Ergebnisse einer Windmessung stellen die lokalen Windverhältnisse am Messstandort dar.

Windrichtung

Die Messung der Windrichtung erfolgt entweder mit Windfahnen oder mit 2-D-Ultraschall-Anemometern im Allgemeinen zusammen mit der Windgeschwindigkeit.

Geschwindigkeitsdruck

Der Geschwindigkeitsdruck q entspricht der kinetischen Energie der durch Wind oder Böen bewegten Luftmassen und wird in kN/m² angegeben. Er steigt proportional zum Quadrat der Windgeschwindigkeit (DIN 1055-4: 2005-03, Kap. 7.1).

Wind(stau)druck

Der Winddruck ist der (dynamische) Druck, der entsteht, wenn die durch Wind oder Böen bewegten Luftmassen auf einen Gegenstand bzw. ein Gebäude treffen oder innerhalb eines Gebäudes wirken. Er ist abhängig von dem Geschwindigkeitsdruck q und der Form des Bauwerks bzw. der Größe und Lage der Öffnungen in der Außenhaut des Bauwerks.

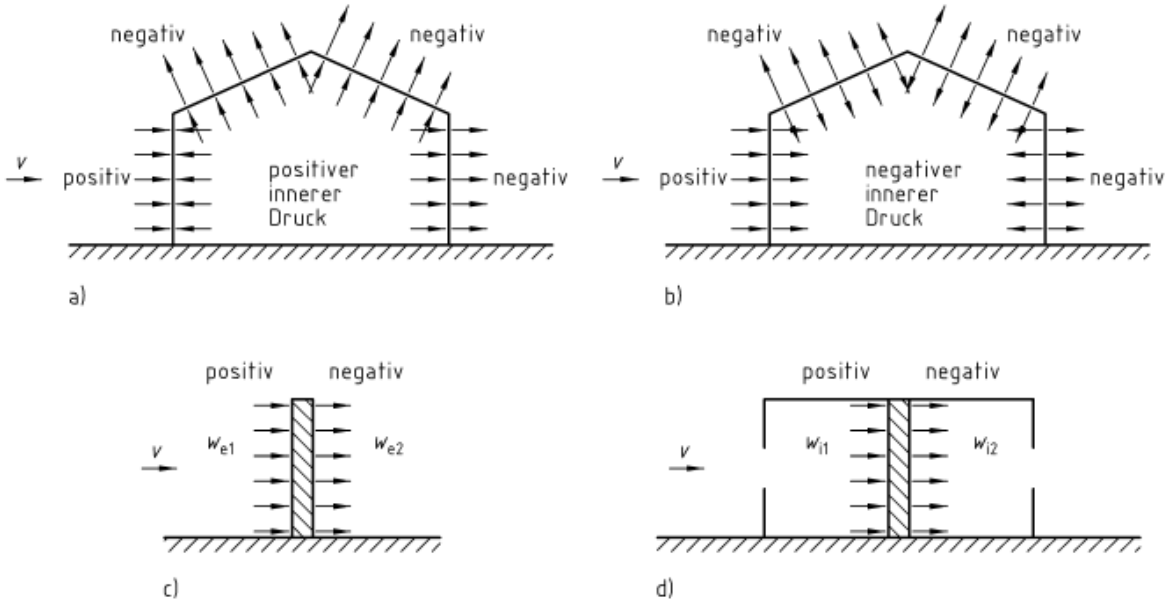


Abbildung 2-1: Druck auf Bauwerksflächen (Quelle: DIN 1055-4, S. 15)

Die Grundlage für die Berechnung des Windstaudrucks bildet die mittlere Windgeschwindigkeit in einem definierten Zeitintervall und die Böengeschwindigkeit, mit der - vereinfacht aus-

gedrückt - die maximalen Geschwindigkeiten in dem jeweiligen Zeitintervall erfasst werden (DIN 1055-4: 2005-03).

Windkraft

Die Gesamtwindkraft sind die Kräfte infolge Windstaudruck bzw. Windsogkraft und Windreibung, die auf ein Bauwerk oder ein Bauteil einwirken.

Sie wird aus dem Geschwindigkeitsdruck q in Abhängigkeit von der Bezugshöhe z_e, der maßgeblichen Bezugsfläche A_{ref} sowie dem aerodynamischen Kraftbeiwert c_f berechnet. Die Berechnungsvorschriften sind detailliert in der DIN 1055-4: 2005-03 vorgegeben.

Windkräfte infolge Reibung können in der Regel vernachlässigt werden. Ausnahmen sind in der DIN festgelegt.

2.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens

Stürme werden häufig nach Windstärke bzw. Typ (stürmischer Wind, Sturm, Orkan, Tornado), Jahreszeit, den begleitenden Wetterumständen (Wintersturm, Gewittersturm, Föhnsturm etc.) oder den mitgeführten Stoffen (Hagelsturm, Schneesturm, Sandsturm und Staubsturm) bezeichnet. In der folgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Windtypen in Deutschland und Angaben zu Schadenscharakteristiken aufgeführt.

Tabelle 2-1: Windtypen und Schadenscharakteristiken

Windtyp	Windgeschwindigkeiten und Dauer (nach Kasperski 2001)	Potenziell betroffene Räume	Auftreten im Jahresverlauf	Häufigkeit von Schäden im Mittel
Sturmtief, Winterstürme	Hohe Stundenmittelwerte, Dauer mehrere Stunden	Klein- bis großflächig	Überwiegend Winterhalbjahr	Jährlich
Gewittersturm	Geringe Stundenmittelwerte, hohe Böengeschwindigkeiten, Dauer wenige Minuten,	Kleinflächig	Sommerhalbjahr	Jährlich
Böenfront	Höhere Stundenmittelwerte, sehr hohe Böengeschwindigkeiten, Dauer Sekunden bis Minuten	Kleinflächig	Überwiegend Winterhalbjahr	Jährlich
Tornado	Hohe Vorwärtsgeschwindigkeit und höhere Rotationsgeschwindigkeiten Dauer wenige Minuten bis Stunden	Kleinflächig	Sommer und Herbst	Jährlich

In Gebirgen entstehen Föhnstürme als Trockenwindereignisse.

2.1.4 Schäden infolge der untersuchten Naturgefahren

Windschäden an Gebäuden treten im moderaten Windklima Westeuropas vornehmlich durch die Windlast selbst auf sowie durch vom Wind transportierte Gegenstände, die die Gebäudehülle, aber auch umliegende Nutzungen (durch zum Beispiel herabstützende Glasfassaden etc.), beschädigen können.

Schäden an Bauelementen durch Winddruck und Sog sind plastische Verformungen und „Knitterfalten“, durch Windsog kommt es zum Abheben der Dacheindeckungen bzw. Lösen der Verbindungen und Befestigungen mit anschließendem Wegtransport der Elemente und ggf. zur Verformung von tragenden Bauteilen.

Schäden werden insbesondere von Versicherungen erfasst und in Berichten veröffentlicht (beispielsweise Deutsche Rückversicherung AG 2005 bis 2009).

Jüngste schadensreiche Sturmereignisse waren beispielsweise das Orkantief Emma, das am 1. März 2008 Deutschland überquerte. Flächendeckend wurde Windstärke 8 Beaufort erreicht und zahlreiche Schäden auch an Gebäuden wurden verzeichnet. Massive Schäden durch Hagelschlag, Starkregen und Sturmböen wurden im selben Jahr in der Woche vom 28. Mai bis 3. Juni 2008 registriert.

Herausragendes Sturmereignis im Jahre 2007 war das Orkantief Kyrill am 18 und 19. Januar. Neben großen Schäden an den Waldbeständen wurden auch zahlreiche Schadensfälle an Gebäuden registriert (Deutsche Rückversicherung AG 2007).

Insgesamt machen Sturmschäden (ohne Sturmflut) nach Daten der Münchener Rückversicherungsgesellschaft (1999) etwa 56 % der Schadensereignisse und 60 % der volkswirtschaftlichen Schäden der untersuchten Naturgefahren im Zeitraum von 1970 bis 1998 aus. Im Mittel berechnet sich hieraus ein Schaden von ca. 401 Mio. € pro Jahr für diesen Zeitraum.

Tabelle 2-2: Sturmschäden im Zeitraum 1970 bis 1998 (Quelle: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 1999)

Schäden	Ereignisse in %	Ereignisse absolut	Schäden (volkswirtschaftlich) in %	Schäden (volkswirtschaftlich) Kosten in Mio. €
Wintersturm	20	96	53	10.270
Unwetter, Gewittersturm	25	120	4	775
Tornado	5	24	1	194
Sonstige Stürme	7	33	2	388

Gesicherte Zahlen zu dem Anteil der Gebäudeschäden an diesen Schadenssummen liegen nicht vor. Im Wesentlichen werden nach Stürmen Schäden an Dachdeckungen bzw. –abdichtungen, seltener an Fassadenbekleidungen und „nur äußerst selten an größeren Bauwerksstrukturen beobachtet“ (Gerhardt 2005, S. 10). Bei dem Orkan Kyrill am 18./19.1. 2007 wurden nach Angaben der Deutschen Rückversicherung (Reiner 2008) 1,7 Mio. Häuser beschädigt.

2.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden

2.2.1 Gefährdung

Die Gefährdung eines Gebäudes wird durch die Intensität des Geschwindigkeitsdrucks des Windes, der von den Eigenschaften der Windströmung an dem jeweiligen Standort abhängig ist, sowie von der Häufigkeit des Auftretens bestimmt. Die Gefährdung durch Wind ist in Deutschland nicht überall gleich, sondern nimmt im Wesentlichen von Süden nach Norden zu und ist an der norddeutschen Küste am größten.

Grundlage für die Berechnung der Geschwindigkeitsdrücke bildet die mittlere Windgeschwindigkeit in einem definierten Zeitintervall und die Böengeschwindigkeit, mit der - vereinfacht ausgedrückt - die maximalen Geschwindigkeiten in dem jeweiligen Zeitintervall erfasst werden. Die Intensität und das Profil des Geschwindigkeitsdrucks werden weiterhin bestimmt von den Umgebungsbedingungen des jeweiligen Standorts (Bodenrauigkeit infolge von Bewuchs und Bebauung). Weiterhin nimmt der Geschwindigkeitsdruck mit der Höhe über Gelände zu.

Geschwindigkeitsdrücke werden in der DIN 1055-4 (2005-03, Kap.10.2) für Gebäudehöhen bis 25 m und die Windzonen 1 bis 4 für eine Wiederkehrzeit von 50 Jahren angegeben.

2.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften

Die Geschwindigkeitsdrücke des Windes erzeugen an einem Gebäude den Windstaudruck bzw. die Windsogkraft, die von der Größe des Geschwindigkeitsdrucks selbst und der Form des Bauwerks bzw. und andern Gebäudeeigenschaften abhängig sind.

Der Winddruck stellt im Vergleich zum Schneedruck und zum Eigengewicht im Allgemeinen eine geringere Belastung dar (Podleschny 2009).

Die Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes zeigt Tabelle 6-4.

Tabelle 2-3: Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes, Risikofaktoren

Kriterium	Hohe Schadensanfälligkeit, Risikofaktoren
Art des Gebäudes	- Schwingungsanfällige Bauwerke - Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau) - Bauwerke mit ungünstigen Betriebszuständen (nicht verschlossene Gebäudeöffnungen)
Höhe des Gebäudes	- Gebäudehöhen über 25 m
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	- Stark strukturierte Außenwand- und Dachflächen, 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	- Sehr hohe Dachneigung: hohe Sogkräfte im Leebereich - Geringe Dachneigung bzw. Flachdach: bei geringen Dachneigungen Wechsel zwischen Druck und Sog möglich, wechselnde Beanspruchung

Kriterium	Hohe Schadensanfälligkeit, Risikofaktoren
	der Befestigungen, hohe Sogkräfte im Lee von Kanten - Warmdach und Umkehrdach: Mangelnde Befestigung der Dachhaut bzw. der Abdeckbleche im Dachrandbereich - Kaltdächer: Erhöhte Windangriffsgefahr durch Zuluftöffnungen und Dachüberstand. Zu leichte Ausführung der Tragekonstruktion des Daches, unzureichende Verankerung auf der Tragschicht - Durchsturzgefährdete Dacheindeckungen - Schadhafte Entwässerungsanlagen/Dachhaut, Befestigungen bieten Angriffspunkte für Sturm - Fehlende Sicherheitseinrichtungen für Kontrolle und Reparatur der Dächer (Sicherheitshaken)
Deckmaterial	- Großflächige Bauelemente können sich verformen oder brechen, Einsturzgefahr, Lösen (Abreißen, Ausziehen oder Überkröpfen) der Verbindungen bei nicht ausreichender Bemessung (Podleschny 2009) - Großflächige Wellplatten sind bei Windangriff schwingungsanfällig, hohe Belastung auf die Befestigungen - Bei Kupfer-, Zink- und Bleieindeckungen ist wegen des geringen Eigengewichts die Qualität der Verankerung auf der Unterkonstruktion maßgeblicher Risikofaktor - Hartbedachungen (Dachziegel, Schiefer, Dachsteine) sind im Allgemeinen sturmsicherer als Dichtungsbahnen
Fassaden	- Bekleidete Wandsysteme - Großflächige Fassadenverglasungen - Bauelemente und Bauteile, die in die Fassade eingebaut sind

2.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus

2.2.3.1 Standort

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort. Generell ist die Windbelastung in Deutschland großräumlich unterschiedlich (vgl. Kap. 2.3). Aber auch kleinräumlich sind je nach Exposition deutliche Belastungsunterschiede möglich. Besonders sturmgefährdet sind hiernach (VdS 2000):

- Einzeln stehende Gebäude
- Einzelbauten, die aus der geschlossenen Bebauung herausragen
- Einzelbauten mit größerer Ausdehnung bzw. großer Dachfläche, die in gelockerter Bauweise stehen
- Bauwerke in exponierter Lage: Höhenlagen (Anhöhen, Bergkuppen), Hanglagen, Lage an der See oder auf freien Flächen, Lage quer zur Windrichtung, Düsenwirkung von Bebauung
- Gebäude mit unmittelbar angrenzendem Baumbestand

Auch die kleinklimatische Situation kann zu einer erhöhten Gefährdung durch Zusammenwirken von Starkregen, Wind und Hagel führen.

2.2.3.2 Planung

Planungs- und Bauausführungsfehler können auch bei Nichtüberschreiten der Bemessungswerte zu Bauschäden führen. Die unzureichende Bemessung der Befestigungen wird als ein wesentlicher Grund für das Versagen von Bauteilen bei Windangriff angegeben (Podleschny 2009).

Die Höhenlage und Exposition der Gebäude sowie die Höhe des Gebäudes wird bei der Bemessung nach DIN 1055-4: Windlasten berücksichtigt.

In der DIN 1055-4: Windlasten sind keine besonderen Anforderungen bzgl. des Gebäudetyps und der Gebäudegestaltung vorgegeben (vgl. Kap. 3.4.1) und somit bei Planung und Bauausführung zu berücksichtigen. Die Risikofaktoren bezüglich der Konstruktion des Gebäudes, die in Kapitel 3.2.2 aufgeführt sind, finden somit standardmäßig nur teilweise Berücksichtigung bei der Planung.

Besondere Maßnahmen zum Gebäudeschutz, z .B. um Gefährdung von Menschen und Dach- und Außenhaut des Gebäudes bei der Sturmeinwirkung oberhalb der Bemessungswerte zu mindern, sind standardmäßig nicht vorgesehen.

2.2.3.3 Bauausführung

Generell wird eine mangelhafte bzw. nicht fachgemäße Ausführung der Dachhaut und der Wandverkleidungen als die wichtigste Ursache für die festgestellten Bauschäden durch Wind angesehen (Gerhardt 2005).

2.2.3.4 Nutzung

Personenschäden treten bei Sturmereignissen überwiegend durch entwurzelte Bäume und abbrechende Äste sowie Unfälle infolge der begleitenden Wetterumstände (schlechte Sicht, Aquaplaning etc.) auf. Eine Gefahr durch Sturm besteht hauptsächlich für die Nutzer von temporären Bauten (Zelten etc.) sowie für Nutzungen und Personen in Gebäudenähe (herabstürzende Bauteile).

Die Gefahr für die Nutzer kann durch Regelungen zur Warnung, Sicherungsmaßnahmen und Räumung der gefährdeten Gebäudeteile vermindert werden. Normativ sind diese Regelungen nicht vorgesehen. Allerdings besteht für Hauseigentümer eine Verkehrssicherungspflicht.

2.2.3.5 Wartung

Eine unzureichende Wartung der Dachhaut und der Wandverkleidungen kann ebenfalls als eine wichtige Ursache für die festgestellten Bauschäden durch Wind angesehen werden.

Bezüglich der Erfordernis der Wartung gelten - abgesehen vom dem Eigeninteresse des Eigentümers, Schäden zu vermeiden - im Besonderen die Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht. Unterlassene Wartungsarbeiten, die Personen- oder Eigentumsschäden auslösen, können auch strafrechtliche Konsequenzen haben.

2.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen

Neben den Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht können mit wenig aufwendigen und effektiven Maßnahmen Schäden vermieden oder vermindert werden (vgl. Kap. 2.5ff).

2.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

Die Messdaten des Deutschen Wetterdienstes zu Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen und daraus abgeleitete statistische Daten zu Extremwerten werden als Stationsdaten und in Karten deutschlandweit dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Ermittlung der Extremwerte der Windgeschwindigkeiten in Deutschland und die Ableitung der Windzonenkarte findet sich in Kasperski (2001).

Aus den Messdaten von 183 Stationen des DWD mit unterschiedlichen Beobachtungszeiträumen wurde über statistische Verfahren die Windbelastung für alle Messstationen bzw. Stationsgruppen ermittelt, die im Mittel einmal in 50 Jahren auftritt oder überschritten wird. Diese Auswertungen bilden die Grundlage der sog. Windzonenkarten.

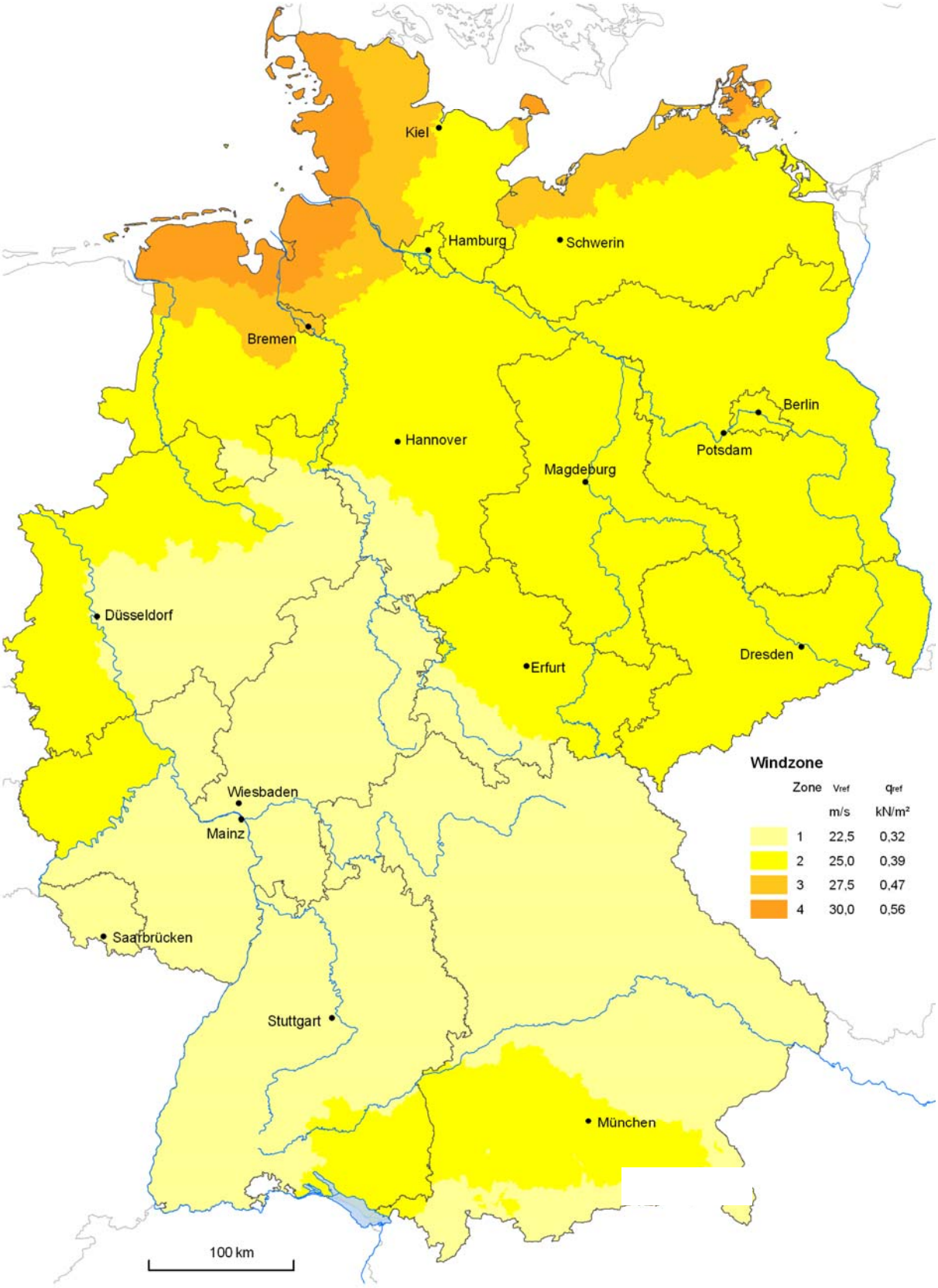
In den Windzonenkarten werden die Windzonen WZ 1 bis WZ 4, für die jeweils die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit v_{ref} in m/s und die zugehörigen Geschwindigkeitsdrücke q_{ref} in kN/m² für eine Wiederkehrzeit von 50 Jahren angegeben werden.

Die Windzonenkarte ist in vereinfachter Abbildung in DIN 1055-4:2005-03 in Anhang A enthalten.

Für die Bemessung von Bauwerken liegen Zuordnungen der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen vor (Deutsches Institut für Bautechnik 2008, Technische Baubestimmungen: http://www.dibt.de/de/aktuelles_technische_baubestimmungen.html).

Windzonen

nach xls-Tabelle "Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen (4. Version 24.01.2008)"; www.DIBt.de



VG250, DLM1000 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de) Hydrotec, Juli 2010

Abbildung 2-2: Windzonenkarte nach DIN 1055-4:2005-03, Anhang A und Deutsches Institut für Bautechnik (2008) (Bearbeitung Hydrotec)

Den Windzonen in der Windzonenkarte sind folgende Werte zugeordnet:

Tabelle 2-4: Maßgebliche Werte (10-Minuten-Mittelwerte) der Windzonenkarte (DIN 1055-4:2005-03 in Anhang A)

Windzone	Gemittelte Windgeschwindigkeiten v_{ref}	Geschwindigkeitsdrücke q_{ref}
WZ 1	22,5 m/s	0,32 kN/m²
WZ 2	25,0 m/s	0,39 kN/m²
WZ 3	27,5 m/s	0,47 kN/m²
WZ 4	30,0 m/s	0,56 kN/m²

Für Bauwerksstandorte oberhalb einer Meereshöhe von 800 mNN muss der Geschwindigkeitsdruck nach Vorgaben der DIN erhöht werden, für Orte oberhalb 1100 mNN sind „besondere Überlegungen erforderlich“ (DIN 1055-4:2005-03, Anhang A).

Windzonenkarten für seltenere Wiederkehrzeiten liegen nach unseren Recherchen nicht vor. Zurzeit werden von der Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, im Auftrag des BMBF Entwurfswerte der Windgeschwindigkeit für seltenere Ereignisse (Wiederkehrzeit 100 Jahre) erarbeitet. Die Auswertungen hierzu sind noch nicht abgeschlossen (schriftliche Auskunft von Herrn Dr. Michael Kasperski).
Zunehmend erfassen auch private Anbieter die Winddaten und erstellen Karten für einzelne Regionen oder bestimmte Ereignisse.

Die gemittelten Windgeschwindigkeiten v_{ref} nehmen von einer Windzone zur nächsten um etwa 10 % zu, die Geschwindigkeitsdrücke q_{ref} um etwa 20 %. Laut Ruck (o. J.) beträgt der Umrechnungsfaktor für die Referenzgeschwindigkeit von 50-jährlich auf 100-jährlich ca. 1,06.

Windschadensrisikokarten für Winterstürme wurden beispielsweise im CEDIM Projekt mithilfe von Modellberechnungen erstellt. Dabei wird durch Überlagerung der Orografie und Windklimatologie die Sturmgefährdung berechnet und diese mit den Nutzungen (charakterisiert nach Strukturen und Verletzlichkeit) überlagert.

2.4 Schutzziele bezüglich des Risikos

2.4.1 Normanforderungen

Die Berücksichtigung der Windlasten ist in DIN 1055-4: 2005-03 geregelt.

Bezüglich der Bemessungsverfahren haben in der neuen DIN wesentliche Änderungen gegenüber den Vorläufern stattgefunden, die im Allgemeinen zu einer ungünstigeren Bemessung führen (vgl. Vogel 2003). Laut Gerhardt (2005) führen die Bemessungswerte der neuen DIN zu einer Verminderung der Bemessungswindlasten im süddeutschen Raum und zu einer Erhöhung für die norddeutsche Küstenregion.

Die neue Norm berücksichtigt (angegebene Kapitel beziehen sich auf die Norm):

- Wiederkehrperiode 50 Jahre (Kap. 4 (2))
- Bauwerke bis 300 m Höhe und einzelne Bauteile und Anbauten (Kap. 1 (2))

- Windlasten werden in Form von Winddrücken und Windlasten unabhängig von der Himmelsrichtung berücksichtigt (Kap. 6.1 (1)). In Ausnahmefällen ist die Berücksichtigung der Windrichtung zulässig.
- Windlasten müssen für jeden belasteten Bereich des Bauwerks ermittelt werden (Kap. 5 (1)).
- Für schwingungsanfällige Bauwerke werden Bemessungsansätze vorgegeben (Kap. 6.1 (4)).
- Für Bauwerke, die nur vorübergehend bestehen, werden Bemessungsansätze vorgegeben (Kap. 7.2).

Die Gesamtwindkraft, die auf ein Gebäude wirkt, wird nach der Gleichung (9.1)

$$F_w = c_f \times q\,(z_e) \times A_{ref}$$

berechnet mit

c_f = aerodynamischer Kraftbeiwert

q = Geschwindigkeitsdruck

z_e = Bezugshöhe

A_{ref} = Bezugsfläche für den Kraftbeiwert

Die aerodynamischen Kraftbeiwerte sind für Gebäude (Kap. 12.1.2) und unterschiedliche Dachformen (Flachdächer Kap.12.1.3, Pultdächer Kap.12.1.4, Sattel- und Trogdächer Kap. 12.1.5, Walmdächer Kap.12.1.6, Sheddächer Kap.12.1.7) in der Norm angegeben.

Weiterhin werden Berechnungsvorschriften und Druckbeiwerte für Innendruck bei geschlossenen Baukörpern (Kap. 12.1.8 und Kap. 12.1.9 in der Norm) sowie für Winddruck für Außenwandbekleidungen angegeben. Der Nachweis des Innendrucks ist im Allgemeinen nur bei Gebäuden mit nicht unterteiltem Grundriss wie beispielsweise bei Hallen sowie Gebäuden mit einem Öffnungsanteil größer 1 % der Außenwände erforderlich (Podleschny 2009).

Die Zahl der vom Statiker zu berücksichtigenden Parameter hat sich damit im Vergleich zu den Vorgängernormen deutlich erhöht.

Neben den Regelungen der DIN 1055-4 sind eine Fülle von DIN-Normen für die einzelnen Baumaterialien, beispielsweise DIN EN 1304 „Dachziegel und Formziegel“ und DIN EN 14437 „Bestimmung des Abhebewiderstandes von Dachdeckungen mit Dachziegeln oder Dachsteinen“, DIN 18807 und DIN EN 14782 für Trapezprofile, Wellprofile und Kassetten und DIN EN 14509 für Sandwichelemente sowie allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen des DIBt zu beachten.

2.4.2 Anwendung der Normen und mögliche Defizite

In der Norm sind die Windbelastungen bis zu einer Jährlichkeit von 50 Jahren berücksichtigt. Ereignisse, die seltener als 50 Jahre auftreten (sog. Überlastfall), werden nicht behandelt.

Aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen sind diese extremen Windlasten, die nur sehr selten vorkommen, in den Normen nicht erfasst. Allerdings bestehen durch die bei der statischen Bemessung vorgesehen Sicherheitszuschläge auch bei Überschreitung der Bemessungslasten gewisse Sicherheiten.

In der DIN werden bezüglich der unterschiedlichen Dachformen explizite Vorgaben zu Lastannahmen getroffen.

In Bezug auf die Materialen der Dachhaut und die tragende Konstruktion bestehen in dieser DIN keine Vorgaben bzw. Einschränkungen.

Laut Gerhardt (Gerhardt 2005) werden lokale Effekte, beispielsweise bei Baukörperdurchdringungen, nicht adäquat erfasst.

Die Regelungen der Norm sind im Vergleich zu Vorgängernormen komplexer geworden. Fehlerhafte Anlage in bzw. fehlerhafte Interpretation der Regelwerte sind zwar bei den festgestellten Schäden als Ursache ermittelt worden, sie sind jedoch nur für einen „vergleichsweise geringen Anteil der Bauschäden verantwortlich“ (Gerhardt 2005, S.122).

2.4.3 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Wind

Neben den Normanforderungen sind die verschiedenen Regelwerke der beteiligten Fachhandwerke insbesondere bei der Ausführung der Bauwerke zu beachten. Im Einzelnen sind dieses

- das Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. ZVDH) für Windzonen 1 bis 4 und Gebäude mit einer maximalen Gebäudehöhe von 25 m über Geländeoberfläche (Rühle 2009),
- die Fachregeln des Industrieverbands für Bausysteme im Metallleichtbau IFBS und
- die Fachregeln des Zentralverbands Sanitär Heizung Klima/Gebäude- und Energietechnik Deutschland ZVSHK,

in denen die allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Ausführung aller Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten sowie der Fassadensysteme zusammengestellt sind. Sie bilden die Grundlage für eine sach- und fachgerechte Ausführung dieser Arbeiten.

2.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

2.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort.

Die Standortprüfung beinhaltet die Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts. Standardmäßig sind die Lastwerte für Wind entsprechend DIN 1055-4: 2005-03 zu ermitteln (vgl. Kap. 3.4.1).

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn die Bemessungswerte der DIN 1055-4: 2005-03 mit standortbezogenen Untersuchungen abgesichert werden. Dieses gilt insbesondere bei besonders sturmgefährdeten Standorten (vgl. Kap. 2.2.3.1).

Konkrete Maßnahmen hierzu sind:

- Einholen ortsbezogener Informationen (Schadensfälle an Gebäuden in der Region in der Vergangenheit, Messwerte, Erfahrungen der Behörden)
- Einholen eines ortsbezogenen Windgutachtens
- bei komplexen Gebäuden: Windkanalversuche und/oder langjährige Messungen am Standort

Die Untersuchungsergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren.

Weiterhin sind bei der Standortprüfung die umliegenden Nutzungen zu erfassen und zu bewerten.

2.5.2 Planung

Standardmäßig sind die Lastwerte entsprechend der DIN 1055-4: 2005-03 für die Planung und Bemessung anzuwenden.

Eine weitergehende Vorsorge im Hinblick auf eine mögliche Zunahme der Windbelastung infolge Klimaänderung oder der ggf. vorhandenen Unsicherheiten der konkreten Belastungssituation am Standort, kann realisiert werden, wenn bei der Planung der Überlastfall - beispielsweise durch Annahme der nächsthöheren Windzone - berücksichtigt wird und die genannten Risikofaktoren bei der Planung berücksichtigt werden.

2.5.2.1 Genereller Entwurf

In der Planungsphase „genereller Entwurf“ wird u. a. die Gebäudeform festgelegt. Hier lassen sich bereits wesentliche Voraussetzungen für eine Reduzierung der Schadensanfälligkeit des Gebäudes schaffen:

- Vermeidung von exponierten Bauteilen und stark strukturierten Außenwand- und Dachflächen, beispielsweise große Auskragungen, große Vordächer, große Dachüberstände bzw. stark überhängende Traufen, Kaminaufbauten, Lichtkuppeln, Dachdurchdringungen angehängte Balkone, Sonnenschutzsysteme
- Vermeidung von oder ausreichende Sicherungsmaßnahmen für schwingungsanfällige Bauwerke wie Antennen, Masten etc.
- Ausreichende Sicherungsmaßnahmen bei Gebäuden mit hoher Winddurchlässigkeit der Gebäudehülle, Berücksichtigung von ungünstigen Betriebszuständen (offene Gebäudetore)
- Sicherungsmaßnahmen für Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau)
- Planung einer gut kontrollierbaren, begehbaren Dachkonstruktion
- Planung einer gut kontrollierbaren Fassadenkonstruktion
- Vermeidung oder ausreichende Sicherungsmaßnahmen für Baukonstruktionen mit geringem Eigengewicht

Offene Gebäude oder Gebäude, die regelmäßig geöffnet werden, müssen so konstruiert werden, dass sich der innere Winddruck nicht auf die Dachabdichtung auswirken kann. Bei Dächern mit winddichter Innenschale, z. B. Dächern mit der tragenden Schale aus Ortbeton, ist dieses der Fall.

Bei anderen Dachaufbauten kann die Lagesicherheit durch ausreichendes Eigengewicht, Auflasten, Verklebung mit dem Untergrund oder mechanische Befestigung erreicht werden. Auch durch Brüstungen, ausreichend hohe Attika oder Windleitelemente, insbesondere im Eckbereich, kann die Lagesicherheit der Dachabdichtung verbessert werden.

2.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion

Die Bemessung der Tragkonstruktion erfolgt im Allgemeinen auf Grundlage der DIN-Vorgaben. Voraussetzung einer sicheren Bemessung ist die sorgfältige und fehlerfreie Ermittlung der einwirkenden Kräfte. Insbesondere sind bei der Kraftermittlung zu beachten

- ausreichende Beachtung des Innendrucks
- ausreichende Beachtung der Kräfte auf auskragende Bauteile

Bei der Planung sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, ergänzend eine Bemessung nach der nächsthöheren Windzone vorzunehmen und den Zusatzaufwand hierfür abzuschätzen. Damit kann das Risiko bei Überschreitung der Bemessungswerte reduziert werden. Die gemittelten Windgeschwindigkeiten v_{ref} nehmen von einer Windzone zur nächsten um etwa 10 % zu, die Geschwindigkeitsdrücke q_{ref} etwa um 20 %. Laut Ruck (o. J.) beträgt der Umrechnungsfaktor für die Referenzgeschwindigkeit von 50-jährlich auf 100-jährlich ca. 1,06, das bedeutet, dass eine Erhöhung der Referenzgeschwindigkeiten um diese 6 % bereits eine Bemessung für eine 100-jährliche Wiederkehrperiode für die jeweilige Windzone bedeutet.

2.5.2.3 Dach

Zur Planung des Daches bzgl. der Funktions- und Lagesicherheit gegenüber abhebenden Windlasten muss in der Regel das gesamte Dachsystem betrachtet werden.

Dachsysteme werden generell in

- geneigte Dachformen (beispielsweise Pultdächer, Sattel- und Trogdächer, Walmdächer, Sheddächer) und
- Flachdächer (Warmdach (einschaliges Dach), Kaltdach (zweischaliges Dach), Gründach, mit und ohne Kiesauflage)

unterschieden, die sich jeweils den o.g. unterschiedlichen Typen zuordnen lassen. Dachsysteme bestehen aus den Schichten, die je nach Dachtyp unterschiedlich angeordnet sind:

- Deckunterlage, beispielsweise Profilbleche, Leichtbeton, Beton, Holzschalung, Lattung. An der Deckunterlage wird die Dachabdichtung oder die Dachabdeckung befestigt. Sie kann gleichzeitig die tragende Decke sein.
- Dampfsperre, z. B. PE-Folien oder Bitumenbahnen (falls erforderlich)
- Wärmedämmung, z. B. Mineralwolle
- Dachabdichtung oder Dachdeckung. Dachabdichtungen bestehen aus fugenlosen, wasser- und luftundurchlässigen Schichten aus bituminösen Materialien oder Kunststoffmaterialien. Bei Dachabdeckungen wird die wasserführende Schicht durch schuppenförmig angeordnete Bauteile, beispielsweise Dachziegel, gebildet.

Die Lagesicherheit gegen abhebend wirkende Windsoglasten lässt sich nach Gerhardt (2005) erreichen durch:

- ausreichendes Eigengewicht oder Auflast
- Verklebung
- mechanische Befestigung
- Sonderlösungen

Geeignete und weniger geeignete Lagesicherungsmaßnahmen für unterschiedliche Dachsysteme zeigt Tabelle 2-5 (nach Gerhardt 2005).

Tabelle 2-5: Lagesicherungsmaßnahmen für unterschiedliche Dachsysteme (Gerhardt 2005, S. 31)

Lagesicherung durch	Dachabdichtung bzw. –deckung aus			
	Bitumen	Kunststoff	Metall	Ton oder Beton
Verklebung	+	0	-	-
Mechanische Befestigung	0	+	+	-
Auflast	0	0	-	-
Eigengewicht	-	-	-	+

Eignung: + = sehr gut geeignet 0 = gut geeignet - = ungeeignet

Dachformen

Eine Dachneigung von ca. 30 Grad ist gebäudeaerodynamisch am günstigsten (VdS 2000).

Steildächer können mit lose gelegten Dachziegeln oder Dachsteinen oder mit Schiefer- oder Faserzementplatten gedeckt werden. Diese Beläge sind gegen Windsog zu sichern. Bemessungsregeln enthalten die Fachregeln des Dachdeckerhandwerks.

Bei Flachdächern treten hohe Windsogkräfte vor allem in Rand- und Eckbereichen auf. Diese sind deswegen zusätzlich zu sichern. Hohe Aufkantungen vermindern die Windsogkräfte, keine oder geringe Attikahöhen sind weniger günstig. Kaltdächer bergen wegen der Hinterlüftung der Außenschale erhöhte Windangriffsmöglichkeiten. Die Außenschale ist dementsprechend gegen Abheben zu sichern.

Sheddächer können als weitgehend unkritisch angesehen werden (VdS 2000).

Dachdeckung

Kleinformatige Deckwerkstoffe (Dachziegel, Dachsteine, Schiefer, Faserzementplatten) können bei Windangriff angehoben werden. Dachziegel bzw. Dachsteine weisen durch Eigengewicht des Deckwerkstoffs und mögliche Entlastung durch Druckausgleich zwischen Ober- und Unterseite eine gewisse Sicherheit gegen Sogbelastungen auf.

Der Nachweis der Windlasten auf Dachdeckungen mit Dachziegeln und –steinen kann nach dem Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks bemessen werden, das zwischenzeitlich an die Regelungen der DIN 1055-4: Windlasten angepasst wurde. In der Regel sind insbesondere die sturmgefährdeten Rand- und Eckbereiche der Dächer, also Firste, Grate und Ortgänge zu sichern (vgl. VdS 2000).

Schiefer- und Faserzementplatten werden gemäß den handwerklichen Regeln mit Nägeln oder Klammern befestigt und weisen damit auch eine weitgehende Windsogsicherheit auf.

Dachdeckungen aus großformatigen Faserzementplatten und Bitumenwellplatten werden auf der Unterkonstruktion, entsprechend den handwerklichen Regeln und/oder statischen Nachweisen mechanisch befestigt. Die dynamischen Belastungen infolge Windangriff können die Verbindungselemente lösen, sodass die Plattenfestigkeit im Befestigungsbereich überschritten werden kann und Rissbildung und als Folge Plattenbrüche auftreten können.

Bei Dächern mit Metalleindeckungen aus Kupfer-, Zink- und Bleieindeckungen sind insbesondere die Dicke und Scharenbreite der Metallbahnen, ihre Verankerung sowie die Bemessung ihrer Tragkonstruktion maßgebend für die Sturmsicherheit der Dacheindeckung. Neben einer ausreichenden Bemessung nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (vgl. z. B. Podleschny 2009) und einer Herstellung entsprechend den handwerklichen Regeln ist eine regelmäßige Kontrolle und Wartung erforderlich.

Dachkonstruktionen aus Trapezprofilblechen, Wellprofilen, Kassettenprofilen oder Sandwichelementen aus Stahl oder Aluminium können ausgeführt werden als

- Einschaliges ungedämmtes Trapezprofildach
- Zweischaliges wärmegedämmtes nichtbelüftetes Trapezprofildach
- Zweischaliges wärmegedämmtes nichtbelüftetes Dach mit Falz bzw. Klemmprofilen
- Dach-Sandwichelemente

Die Dachkonstruktionen müssen den Erfordernissen statischer Berechnung und den Fachregeln des Metallleichtbaus entsprechend auf der Unterkonstruktion, z. B. durch Verschraubung, befestigt werden, um bei Sturm das Abheben zu verhindern. Die Verbindungselemente werden entsprechend allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bemessen. Bei diesen Dachformen ist, soweit zutreffend, die Wärmedämmung mit Kaltklebeverfahren aufzubringen, damit eine sichere und dauerhafte Verbindung bei allen Temperaturverhältnissen zu gewährleistet ist.

Dachabdichtungen aus Dachbahnen oder Folien (Bitumen, Polymerbitumen, Kunststoff- oder Kautschukbahnen) inklusive der erforderlichen Abschlüsse, Anschlüsse, Durchdringungen und Fugen dürfen nicht vom Wind unterströmt werden, da sie der dann möglichen Einwirkung aus Winddruck und -sog nicht standhalten und im Extremfall abgehoben werden können. Die Unterströmung kann durch eine ausreichende Befestigung oder Verbindung der Dachabdichtung mit dem Untergrund, insbesondere im Rand- und Eckbereich der Dächer, verhindert werden. Im Flächenbereich selbst sind dann kaum Schäden durch Sogwirkung zu erwarten, wenn keine Vorschädigungen der Dachhaut vorliegen.

Bei den Nachweisen müssen sowohl die Art des Befestigungselementes als auch die Art der Dachbahnen und ihres Einbaus berücksichtigt werden.

2.5.2.4 Wandsysteme und Fassade

Wandsysteme üblicher Bauwerke lassen sich in Normalfassaden und Fassaden mit äußerer Bekleidung unterscheiden.

Normalfassaden können aus Mauerwerk, Beton oder Leichtbeton oder aus Stahlskelettkonstruktionen mit eingehängten Elementen bestehen. Diese Bauteile sind den äußeren Windlasten ausgesetzt. Sie sind in der Regel luftdicht ausgeführt und dementsprechend sind dort keine Sogkräfte anzusetzen.

Beispiele für **bekleidete Wandsysteme** sind hinterlüftete Außenwandbekleidungen oder Bekleidungen aus Naturstein. Sonderformen stellen sogenannte Doppelfassaden dar, bei denen die äußere Hülle für die Aufnahme der Umweltbedingungen (Witterung, Wind, Wärme) und die innere Hülle für die Abgrenzung der Nutzungsbereiche, in der Regel auch der Wärmedämmfunktion, konzipiert ist. Die äußere Hülle bekleideter Wandsysteme bzw. von Dop-

pelfassaden sind vergleichbar mit winddurchlässigen Dachsystemen und ebenso zu bemessen (Gerhardt 2005, S. 33).

Die Ermittlung des Innendrucks ist in der DIN angegeben (DIN 1055-4: 2005-03 Kap. 12.1.10). Der resultierende Winddruck wird mit einem Beiwert ermittelt.

Insbesondere bei großflächigen Fassadenverglasungen kann es zu ausgedehnten und kostspieligen Schäden kommen, die zudem durch den Aufprall von sturmbedingten Trümmern oder Hagelkörnern vergrößert werden können. Maßnahmen zur Schadenverhütung sind z. B.:

- Unterteilung großflächiger Glaselemente und flexibles Aufhängen kleinerer Elemente
- regelmäßige Wartung der Befestigungselemente
- Kontrolle auf Alterungs- bzw. Korrosionsschäden
- Umgehende Instandsetzung bei eingetretenen Schäden

2.5.2.5 Sonstige bauliche Anlagen

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen sollen nach Möglichkeit außerhalb der besonders sturmgefährdeten Rand- und Eckbereiche der Dächer eingebaut werden. Eine regelmäßige Prüfung, Wartung und ggf. Instandsetzung ist erforderlich.

Hohe Masten und Schornsteine sind in der Regel schwingungsanfällig und müssen deshalb sicher verankert werden, z. B. durch Abspannung. Da den Abspannungen bezüglich der Standsicherheit eine besondere Bedeutung zukommt, sind diese wirksam gegen Korrosion zu schützen und eine regelmäßige Überprüfung der Abspannungen vorzunehmen.

2.5.3 Herstellung

Bei der Herstellung der Dachkonstruktion und der Dachhaut sowie der Fassaden sind die Richtlinien und Regelwerke der beteiligten Fachhandwerke bei der Ausführung der Gewerke zu beachten und die ordnungsgemäße Ausführung zu kontrollieren.

2.5.4 Nutzungsphase (Alterung, Instandhaltung, Betrieb, Nutzung)

2.5.4.1 Alterung

Unter dem Aspekt der Alterung ist bei der Naturgefahr Wind insbesondere die Alterung der Dachhaut und der Fassadenverkleidungen durch Wettereinfluss zu betrachten. Andere Bauelemente unterliegen ebenfalls der Alterung, die hierdurch auftretenden Veränderungen sind aber für die Einwirkungen von Sturm weniger relevant. Es sind keine über die standardmäßige Wartung hinausgehende Maßnahmen erforderlich. Es wird empfohlen, eine regelmäßige jährliche Kontrolle der Dachdeckung und der Fassaden durchzuführen (Podleschny 2009). Dazu werden Musterverträge von verschiedenen Institutionen angeboten (beispielsweise: www.ifbs.de).

2.5.4.2 Instandhaltung

Nach außergewöhnlichen Sturmereignissen sollten Kontrollen der Dachhaut und der Tragwerke durchgeführt und dokumentiert werden. Hierzu sind Fachfirmen (für die Dachhaut)

bzw. fachkundige Personen zu beauftragen. Regelungen dazu finden sich beispielsweise in den „Hinweisen“ der Bauministerkonferenz MBO (2006).

Eine Checkliste für eine Eigenkontrolle des Daches ist in der GDV Broschüre (GDV o. J) enthalten.

- fehlende oder beschädigte Dachziegel oder -platten und Verankerungen
- beschädigte oder abgerissene Teile und Risse in der Dachhaut
- unregelmäßige Kiesschüttung bei Flachdächern
- schadhafter Dachüberstand, Schädlings- oder Fäulnisbefall im Holz
- abgerissene, lose oder verbogene Dachrinnen und Regenfallrohre oder lose Schneefanggitter
- Risse an Schornsteinköpfen, -abdeckungen und -einfassungen
- schadhafte Befestigung der Antennenanlagen oder aus der Verankerung gerissene Blitzableiter
- instabile Befestigungen von Solarmodulen
- regelmäßige Überprüfung des Baumbestands in Gebäudenähe

Bei festgestellten Schäden sollte eine Ausbesserung von Schäden, ggf. auch ein Nachziehen der Befestigungselemente (Wartungsvertrag mit Fachfirmen) vorgenommen werden. Ggf. kann bei häufigen Schäden auch eine Verstärkung des Daches oder der Fassade vorgenommen werden (vgl. Vereinigte Kantonale Feuerversicherung o. J.).

2.5.4.3 Betrieb

Starkwindereignisse treten während der Betriebsphase des Gebäudes auf. Die Risikominderung besteht aus den Komponenten Warnung, Beobachtung und Ermittlung der tatsächlichen Belastung und Maßnahmen zur Minderung der Belastung.

Warnung und Beobachtung

Eine Aufgabe des Deutschen Wetterdienstes ist es, die Öffentlichkeit vor wetterbedingten Gefahren zu warnen, u. a. auch vor Sturmereignissen. Die Schwellenwerte, die eine erste Warnung auslösen, sind in der Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2-6: Kriterien für Wetterwarnungen des DWD unterhalb der Unwetterwarngrenze (Quelle: DWD o. J., Informationen zu amtlichen Warnungen)

Meteorologische Erscheinung	Schwellenwert	Bezeichnung
Windböen in ca. 10 m Höhe über offenem, freien Gelände Böenwarnung in exponierten Gipfellagen nach Einzelfallentscheidung	50 km/h 14 m/s 28 kn 7 Bft	Windböen
	65 bis 85 km/h 18 bis 24 m/s 34 bis 47 kn 8 Bft bis 9 Bft	Sturmböen
	90 bis 100 km/h 25 bis 28 m/s 48 bis 55 kn 10 Bft	Schwere Sturmböen

Die Vorhersagen des DWD erfolgen auf Basis aktuell gemessener Werte und durch den Einsatz entsprechender Vorhersagemodelle. Die o. g. Warngrenzen liegen bei Windböen deutlich unter, bei Sturmböen und schweren Sturmböen in der Größenordnung der gemittelten Windgeschwindigkeiten v_{ref} , die für die Bemessung laut DIN angesetzt werden.

Auch von anderen Institutionen werden Sturmwarnungen verbreitet (beispielsweise Unwetterfrühwarnsystem „WIND“ der Versicherungskammer Bayern).

Für das jeweilige Gebäude muss in diesem Fall sichergestellt sein, dass eine Auswertung dieser Warnungen regelmäßig durchgeführt wird.

Neue Entwicklungen betreffen die Entwicklung von Systemen, bei denen einerseits Sensoren betrieben werden, mit denen Vorhersagemodelle für Extremwettersituationen verbessert werden können, und die weiterhin in der Lage sind, eine gezielte und schnelle Weiterleitung der Warnungen an Personen und Gebäudesysteme vorzunehmen (Raab 2008).

Sicherung

Bei Erreichen oder Überschreiten der rechnerisch angesetzten Windlast können Schäden an den Gebäuden eintreten.

Durch Sicherungsmaßnahmen können die Schäden erheblich gemindert werden. Zu nennen sind hier:

- Entfernung oder Befestigung loser Gegenstände am und um das Gebäude herum (Sonnenschutz, Markisen, Gerüste etc.)
- Verschließen von Öffnungen (Fenster, Türen, Rolltore etc.)
- Sperrung von potenziell gefährdeten Zuwegungen und außen liegenden Räumen (Herunterfallende Bauteile, umstürzende Bäume)
- Überprüfung und ggf. Sicherung von Verankerungen (Kamine, Reklametafeln, Masten, Bäume)

2.5.4.4 Nutzung

Bei extremen Sturmereignissen kann die Zuwegung zum Gebäude mit Gefahren verbunden sein. Hierzu sind entsprechende Maßnahmen und Ressourcen zur Freihaltung der erforderlichen Wege einzuplanen und vorzuhalten.

Für eine eventuelle Sperrung der Zuwege sollte ein Konzept erstellt werden, in dem Vorgehensweise, Personal und Material aufgeführt sind.

2.6 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk auch oberhalb der Bemessungswerte soll durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit und unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale eine weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Beim Anforderungsniveau wird die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks entsprechend der Exposition des Standorts definiert und festgelegt.

Tabelle 2-7: Standortbewertung Wind

Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
Einschätzung gemäß Windzonenkarte	Geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Farbgebung in der Karte	hellgelb	gelb	orange (hell und dunkel)
Windzone	WZ 1	WZ 2	WZ 3 / WZ 4
Sockelbeträge der Windlast v_{ref} in m/s	22,5	25	27,5 / 30
Sockelbeträge der Windlast q_{ref} in kN/m²	0,32	0,39	0,47 / 0,56

Die folgende Tabelle dient zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes.

Tabelle 2-8: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Wind

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	Gebäudeart, Schwingungsanfälligkeit	mehr als 30 % des Baukörpers ist schwingungsanfällig	5	schwingungsanfällige Baukörper vorhanden (10 - 30 % der Baumasse)	7,5	weniger als 10 % des Baukörpers sind schwingungsanfällig (ohne Nachweis sind Wohn-, Büro- und Industriegebäude bis 25 m Höhe nicht schwingungsanfällig)	10
	Winddurchlässigkeit, ungünstige Betriebszustände	an mindestens 2 Gebäudeseiten: offene Wände, große Tore, normale Sicherungsmaßnahmen	5	an einer Gebäudeseite: offene Wände, große Tore, normale Sicherungsmaßnahmen	7,5	keine offenen Wände oder Tore oder besondere Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen, winddichte Zwischendecken vorhanden	10
	Gebäudehöhe	größer 25 m bzw. an der Küste größer als 10 m	0	-	0	bis 25 m bzw. an der Küste bis 10 m; größer 25 m mit Bemessung auf nächsthöhere Windzone	5
	Baukörperverhältnis Länge bzw. Breite zu Höhe	größer 5	0	4 bis 5	2,5	1 bis 4	5
	Gebäudesteifigkeit	weniger als 50 % massive Wände und massive Zwischendecken	0	50 bis 80 % massive Wände und massive Zwischendecken	2,5	mehr als 80 bis 100 % massive Wände und massive Zwischendecken	5
	Schwingungsanfällige Aufbauten (Masten, Antennen)	mehr als 5 vorhanden, normale Sicherungsmaßnahmen	0	1 bis 5 vorhanden, normale Sicherungsmaßnahmen	2,5	nicht vorhanden oder besondere Sicherungsmaßnahmen für Ereignisfall planerisch vorgesehen	5
	Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau)	normale Sicherungsmaßnahmen während der Bauzeit	0	Sicherungsmaßnahmen während der Bauzeit für besonders gefährdete Bauteile	2,5	besondere Sicherungsmaßnahmen während der Bauzeit	5
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage, Deckmaterial	Bemessung der Dachkonstruktion	Bemessung nach Norm	5	Bemessung nach Norm, aber Berücksichtigung der örtlichen Besonderheiten bzgl. Exposition	7,5	Bemessung auf nächsthöhere Windzone bzw. selteneres Ereignis als 50-jährlich bei geringem Eigengewicht der Konstruktion	10
	Dachform	strukturiert: mehr als 8 Kehlnähte	0	4 - 8 Kehlnähte	2,5	Flachdach oder 4 Kehlnähte und 1 First	5
	Dachneigung	geringe Dachneigung (weniger 5 Grad), Flachdach; hohe Dachneigung > 40 Grad	0	geringe Dachneigung (5 bis 20 Grad), Flachdach; hohe Dachneigung	2,5	Dachneigung nahe der optimalen Neigung von 30 Grad (zwischen 20 bis 40 Grad)	5
	Lagesicherung des Deckungsmaterials	Bemessung der Befestigung nach Norm bzw. Fachregeln	5	Bemessung der Befestigung besonders exponierter Bauteile auf nächsthöhere Windzone bzw. auf selteneres Ereignis als 50-jährlich	7,5	Bemessung der Befestigung auf nächsthöhere Windzone bzw. auf selteneres Ereignis als 50-jährlich	10
	große Dachüberstände bzw. stark überhängende Traufen	umlaufend vorhanden, Bemessung nach Norm bzw. Fachregeln	0	vereinzelt vorhanden; Bemessung nach Norm bzw. Fachregeln	2,5	nicht vorhanden oder besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen	5

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
	Anteil an Glasflächen, nicht begehbaren Oberlichtern, Kuppeln, durchsturzgefährdete Dachflächen	> 50 % der Dachfläche, keine besonderen Maßnahmen	0	50 - 30 % der Dachfläche, keine besonderen Maßnahmen	2,5	weniger als 30 %, bei hohem Anteil besondere Sicherungsmaßnahmen vorgesehen	5
	Dachaufbauten, Dachdurchdringungen	hoher Anteil (mehr als 1/10 m2), keine besonderen Maßnahmen	0	mittlerer Anteil (1/10 m2), keine besonderen Maßnahmen	2,5	geringer Anteil (weniger als 1/10 m2), bei hohem Anteil ausreichende Abstände vorgesehen	5
	Gestaltung des Traufbereichs (Attika, Abrundung, Abschrägung)	nicht vorgesehen	0	vorgesehen an Hauptangriffsfläche	2,5	planerisch an allen Seiten vorgesehen	5
	Zugang und Begehbarkeit bei flach geneigten Dächern, Sicherheitseinrichtungen für Kontrolle und Reparatur bei geneigten Dächern	schwieriger Zugang (nur von außen mit Leitern), Begehbarkeit nicht oder nur von kleineren Dachabschnitten möglich (weniger als 50 %)	0	leichter Zugang, Begehbarkeit von 50 bis 80 % des Dachs möglich	2,5	leichter Zugang, Begehbarkeit der Dachfläche zu über 80 % gegeben	5
Fassaden	Fassadensystem (normal, bekleidet)	überwiegend bekleidete Fassaden, d.h. zwischen über 80 % bis 100 %	2,5	bekleidete Fassaden zu 50 - 80 %	5	nur Normalfassaden oder Bemessung bekleideter Fassaden nach nächsthöherer Windzone oder unter 50 % bekleidete Fassaden	7,5
	Verglasungsanteil	hoch mit über 80 %	0	mittel mit 50 - 80 %	2,5	gering (unter 50 %) oder mittel bis hoch mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen	5
	Form (Strukturierung)	große Vordächer, große Auskragungen, Balkone, Gesamtfläche der Auskragungen ist größer als die Dachfläche	0	geringer Anteil von Vordächern, große Auskragungen, Balkone, Gesamtfläche der Auskragungen umfasst 50 bis 100 % der Dachfläche	2,5	wenig strukturiert, Gesamtfläche der Auskragungen umfasst weniger als 50 % der Dachfläche	5
	Leichte Fassadenelemente	großflächige außenliegende Sonnenschutzsysteme, d.h. 80 bis 100 %	0	außenliegende Sonnenschutzsysteme im geringen Umfang zu 50 bis 80 %	2,5	nicht oder wenig vorhanden (unter 50 %) oder besondere Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen	5
	Kontrollierbarkeit der Befestigung bei bekleideten Fassaden	unter 50 % kontrollierbar	0	zu 50 bis 80 % kontrollierbar	2,5	über 80 % gut kontrollierbar	5
Warneinrichtungen	Auswertung von Warnungen	nicht planmäßig vorgesehen	0	nicht planmäßig vorgesehen	0	vorgesehen und planerisch festgelegt	5
	Vorkehrungen gegen Schädigung durch angrenzende Nutzungen (Bäume etc.)	nicht planmäßig vorgesehen	0	besondere Sicherungsmaßnahmen im Ereignisfall planerisch vorgesehen	0	besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen	5
	Vorkehrungen gegen Schädigung Dritter	nicht planmäßig vorgesehen	0	besondere Sicherungsmaßnahmen im Ereignisfall planerisch vorgesehen (z. B. mobile Absperrungen)	2,5	besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen	5
Herstellung	Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Herstellung	übliche Qualitätssicherung	0	erhöhte Anforderungen an die Qualitätssicherung der besonders gefährdeten Bauteile	2,5	besondere Qualitätssicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen	5
Summe			22,5		77,5		147,5

Bei Wind kann die Widerstandsfähigkeit im Wesentlichen durch eine Erhöhung der Bemessungswerte und gutes Gebäudedesign verbessert werden. In geringem Umfang können auch bauliche und organisatorische Vorkehrungen getroffen werden, um Schäden bei Sturmbelastungen oberhalb der Bemessungswerte zu begrenzen.

Die Zuordnung der mithilfe der Kriterientabelle erreichten Punktzahl in Abhängigkeit von der Belastung gibt die folgende Tabelle wieder.

Tabelle 2-9: Anforderungsniveau Wind

	Punkte	Einschätzung der Gefährdung		
		Geringe Gefährdung Windzone 1	Mittlere Gefährdung Windzone 2	Große Gefährdung Windzone 3 und 4
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenzwert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindestanforderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

Zwischenwerte werden linear interpoliert.

3 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Starkregen

3.1 Kurzbeschreibung der Prozesse

3.1.1 Begriffsdefinitionen

Als Starkregen werden kurze Niederschlagsereignisse mit hohen Intensitäten bezeichnet. Diese Starkniederschläge gehen in der Regel auf konvektive Wetterlagen im Allgemeinen im Sommerhalbjahr zurück. Starkniederschlagsereignisse werden häufig von Gewitter und Hagel begleitet.

Eine Einordnung der Niederschlagsmengen und -intensitäten von Starkregen wird je nach Anwendungszweck vorgenommen. Der Deutsche Wetterdienst benutzt für die Unwetterwarnung die Festlegungen der Tabelle 3-1. Es gibt eine Vielzahl weiterer Definitionen von Starkregen, die hier nicht dokumentiert werden (vgl. BMBF, Teil D 2008).

Tabelle 3-1: Warnkriterien für Unwetterwarnung des DWD (DWD 2009)

Starkregen	Heftiger Starkregen	> 25 mm/h
		> 35 mm/6 h
Dauerregen	Ergiebiger Dauerregen	> 40 mm/12 h
		> 50 mm/24 h
		> 60 mm/4 8h
	Extrem ergiebiger Dauerregen	> 70 mm/12 h
		> 80 mm/24 h
		> 90 mm/48 h

Starkregen in Verbindung mit Windböen wird als Schlagregen bezeichnet.

3.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten

Bei der Niederschlagsmessung wird die Niederschlagssumme pro Zeiteinheit (z. B. mm/h) gemessen. Üblich ist auch die Angabe in Volumen pro Zeiteinheit und Fläche (z. B. l/m²/h); dabei entspricht 1 mm/h dem Wert 1 l/h/m².

Bei der Niederschlagserfassung und -messung wird unterschieden in:

- Niederschlagsmessung mit Bodenmessstationen (Niederschlagsschreiber, Niederschlagsmesser)
- Niederschlagsmessung mit Wetterradar
- Niederschlagserfassung mit Satelliten und anderen speziellen Verfahren

Es gibt ein dichtes Netz von Niederschlagsmessstationen in Deutschland. Der DWD betreibt etwa 2.300 Stationen, wobei ein Großteil davon lediglich Tagesniederschläge misst. Hinzu kommt eine Vielzahl von Stationen anderer öffentlicher und privater Institutionen, die jedoch nicht immer die erforderlichen qualitativen Anforderungen des Niederschlag-Regelwerks erfüllen.

Die Niederschlagsmessung mit Bodenmessstationen liefert trotz gewisser Ungenauigkeiten die genaueste Erfassung der Niederschlagshöhe am Messort. Bei Verwendung von Niederschlagsschreiberdaten weist dieses Verfahren zudem die beste zeitliche Auflösung auf. Ihr Nachteil ist die geringe räumliche, bei integrierenden Regenmessern (Hellmann) auch die zeitliche Repräsentativität. Dies trifft auch für spezielle Messverfahren wie Distrometer oder Lysimeter zu.

Wetterradarstationen werden vom DWD und anderen öffentlichen und privaten Betreibern unterhalten. Das Radarmessnetz des DWD deckt Deutschland vollständig ab. Das Wetterradar ermöglicht eine gute Wiedergabe der räumlichen Niederschlagsverteilung. Quantitative Niederschlagsdaten können zurzeit innerhalb von etwa 100 km um eine Messstation bestimmt werden. Die zeitliche Auflösung beträgt praktisch derzeit 5 bis 15 Minuten. Die quantitative Genauigkeit der direkten Punktmessungen wird jedoch nicht erreicht. Eine Verbesserung der Genauigkeit kann durch Verschneidung mit den Daten der Bodenstationen („Aneichung“) erreicht werden.

Satelliten haben bisher noch die gröbste räumliche und zeitliche Auflösung. Etwa alle 15 Minuten liefern sie großräumige Übersichten mit Pixelgrößen von mehreren Quadratkilometern (Meteosat MSG). Dennoch können sie Gebiete erhöhter Konvektion gut ausweisen. Eine Ableitung von Niederschlagsmengen ist zurzeit jedoch noch schwierig und ungenau.

3.1.3 Starkregentypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens

Starkregen können überall in Deutschland auftreten. Es gibt unterschiedliche Entstehungsursachen, sodass sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Starkniederschlägen gleicher Intensität regional unterscheidet.

Tabelle 3-2: Schadenscharakteristika von Starkregen

Starkniederschläge	Potenziell betroffene Räume	Auftreten im Jahresverlauf	Häufigkeit von Schäden im Mittel
Konvektive Ereignisse	eher kleinräumig von 0,1 bis 50 km², selten auch größere Gebiete, häufig mehrere nicht zusammenhängende Gebiete an einem Tag betroffen	April bis Oktober	jährlich

Nahezu jedes Jahr kommt es in Deutschland zu Starkregen mit Wiederkehrzeiten größer 100 Jahre, die im Allgemeinen aber nur kleinräumlich auftreten.

3.1.4 Schäden infolge Starkregen

Starkniederschläge können einerseits Schäden an den Gebäuden hervorrufen, beispielsweise durch die Aufprallenergie der Niederschlagstropfen, durch Eindringen unter Dachdeckungen (bei Wind), durch Benetzung von Flächen, die nicht vor Niederschlagsvernässung geschützt sind (z. B. infolge von Winddruck oder Durchfeuchtung des Sockelbereichs) oder bei Überlastung oder Schäden an den Ableitungsflächen und -systemen (z. B. Dachschäden bei einem Sturm oder Umbau).

Andererseits können Starkniederschläge aber auch zu Oberflächenabfluss und daraus resultierender Überflutung (Überstau der Kanalisation, Sturzfluten) oder Durchfeuchtung führen. Im städtischen Raum treten Gefährdungen und Schäden überwiegend durch diese Überflutungen auf. Dieser Ereignistyp wird beim Thema Hochwasser Kap. 6 bearbeitet.

Häufige Schäden und Schadensursachen infolge Starkregen sind:

- Schäden an der Dachhaut infolge Ausführungsmängeln, mangelhaftem Schutz bei Umbaumaßnahmen oder infolge Alterung bzw. unzureichender Wartung
- Schäden durch Schlagregen ggf. in Verbindung mit Wind und Hagel, Durchfeuchtungsschäden in Dachgeschossräumen, insbesondere bei Unterschreitung der sogenannten Regeldachneigung
- Schäden an den Ableitungssystemen an und im Gebäude infolge verstopfter (Laub, Hagel, Schnee) oder beschädigter Einläufe, Regenrinnen und Fallrohre, Durchfeuchtungsschäden außen durch ungeordnete Ableitung, innen durch verstopfte oder defekte Rohre, ggf. hohe statische Lasten bei Flachdächern infolge Überstau
- Schäden an Grundleitungen, fehlende oder defekte Rückstauklappen, Durchfeuchtung, Grundwasserschäden, Kellerüberflutung durch Rückstau aus der Kanalisation
- Eindringendes Wasser durch offene Fenster und Türen, Fugen, Durchfeuchtung des Sockelbereichs durch Spritzwasser und kurzfristiges Stauwasser

Nach Zimmermann liegt die Ursache von untersuchten Wasserschäden ausschließlich „in der Nichtbeachtung technischer Regeln“ (Zimmermann et al. 2008).

Scheffler (Scheffler 2007, S. 17) konstatiert „enorme Instandhaltungsrückstände“ bei den Grundstücksentwässerungsanlagen im privaten Sektor mit geschätzten Schadensraten zwischen 40 % und 90 %, die zu einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit der Anlagen und zu Durchfeuchtungsschäden an Gebäuden führen können.

Gebäudeschäden infolge Starkregen (mit Ausnahmen der Überflutungsschäden) werden von den Versicherungsunternehmen nicht separat erfasst. Somit können keine belastbaren Angaben zu Schadenshöhen gemacht werden.

3.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden

3.2.1 Gefährdung

Die Gefährdung eines Gebäudes durch Starkregen wird durch die Intensität des Niederschlags (Niederschlagsmenge pro Zeiteinheit) sowie von der Häufigkeit des Auftretens an dem jeweiligen Standort bestimmt. Weiterhin ist das gleichzeitige Auftreten von Hagel und Sturm bedeutsam für die Gefährdungsausprägung. Die Gefährdung durch Starkregen ist in Deutschland nicht überall gleich. Aus der Karte in Kapitel 3.3 kann die Niederschlagsgefährdung für eine Wiederkehrzeit von 50 Jahren entnommen werden.

3.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften

Starkregen können zu Schäden an Bauwerken führen. Bestimme Bauwerkseigenschaften führen zu einer geringeren oder höheren Schadensanfälligkeit bzw. Verletzlichkeit. Die Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes sind in Tabelle 3-3 zusammengestellt.

Tabelle 3-3: Schadensanfälligkeit eines Gebäudes bei Starkregen

Kriterium	Potenziell hohe Schadensanfälligkeit bzw. Risikofaktoren
Art des Gebäudes	- Bauwerke mit vorübergehenden Zuständen (im Bau bzw. Umbau) - Bauwerke mit Unterkellerung, Tiefgaragen
Höhe des Gebäudes	- Große Gebäudehöhen (Windgeschwindigkeit nimmt der mit Gebäudehöhe zu)
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	- 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	- 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 Grundstücks-entwässerung	- Zu gering dimensionierte, verstopfungsempfindliche oder schadhafte Ableitungssysteme an und im Gebäude (Einläufe, Regenrinnen, Fallrohre, Grundleitungen, Schächte, Drainagen) - fehlende oder defekte Rückstauklappen

3.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus

3.2.3.1 Standort

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort (vgl. Ernst 2007, S. 63). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens konvektiver Starkregen einer bestimmten Intensität ist nicht überall gleich groß, die Verteilung in Deutschland ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Die Starkregenzonenkarte weist in Bezug auf die Zonenverteilung eine relativ gute Übereinstimmung mit der Hagelzonenkarte und nur geringe Übereinstimmung mit der Windzonenkarte auf. Wenn man allerdings die Karte der Böengeschwindigkeiten heranzieht (Heneka; Ruck 2007), ergibt sich eine bessere Übereinstimmung. Das bedeutet, dass Gebiete mit Starkregen im Allgemeinen auch häufiger von Hagelereignissen und Böen betroffen sind.

Auch die kleinklimatische Situation kann zu einer erhöhten Gefährdung durch Zusammenwirken von Starkregen, Wind und Hagel führen (Kuppenlagen, Düsenwirkung von Bebauung).

Weiterhin können Starkregen zu Überflutungen des Geländes infolge Oberflächenabfluss, Überflutung oder Rückstau aus der Kanalisation führen. Eine detaillierte Bewertung dieser Auswirkungen erfolgt im Kapitel „Hochwasser“.

3.2.3.2 Planung

Schadensbilder an Dacheindeckungen sind meist auf Planungs-, Herstellungs-, oder Ausführungsfehler als auch auf Nichtbeachtung material- oder systemspezifischer Eigenschaften zurückzuführen (vgl. Zimmermann et al. 2008; Kindereit 2007). Die Schadensanfälligkeit wird im Wesentlichen bestimmt durch die Wahl und konstruktive Ausbildung

- der Dachform und des Dachaufbaus,
- des Materials der Dachdeckung sowie
- die Dimensionierung und Ausführung der Anlagen zur Regenwassersammlung und -ableitung.

Die schadensfreie Gebäudeentwässerung ist eine komplexe planerische Aufgabe, weil mehrere Gewerke betroffen sind und Schäden infolge Planungsfehlern im gesamte Gebäude auftreten können (vgl. Zimmermann et al. 2008, S. 27ff).

Dachform und Dachaufbau

Die Wahl der Dachform bestimmt maßgeblich die Dachneigung und die Anzahl der Kehlfugen. Je geringer die Dachneigung, umso langsamer läuft das Niederschlagswasser ab und die Regensicherheit nimmt ab. Bei einer ausreichend geneigten Dachdeckung führt auch eine Überschreitung des Bemessungsregens zu keinen Schäden am Dach selbst, auch wenn die Ableitungssysteme versagen sollten. Allerdings können auch regelgerecht eingebaute schuppenförmige Ziegeldeckungen bei besonderen Witterungsverhältnissen den Eintrieb von Schlagregen und Schnee nicht vollständig verhindern. Die Entscheidung, ob eine zweite wasserableitende Ebene vorgesehen wird, ist eine wichtige planerische Aufgabe.

Bei flach geneigten Dächern bzw. Flachdächern ist das Funktionieren der Ableitungssysteme dagegen außerordentlich wichtig, weil sich das Wasser auf dem Dach aufstauen kann und eine zusätzliche Auflast erzeugt (100 mm Niederschlag bedeuten ca. 1 kN/m² zusätzliche Belastung; zum Vergleich: Schneebelastung Zone 1 Sockelbetrag beträgt 0,65 kN/m²). Bei den Dacheindeckungen von flach geneigten Dächern bzw. Flachdächern liegen die Fehlerursachen meistens in der nicht fachgerechten Herstellung des Unterdachs bzw. der Unterdeckung bzw. der Unterspannung, mit der die Regensicherheit oder Wasserdichtigkeit gewährleistet wird.

Bei zu flach geneigten Dächern können extreme Wetterlagen zu Feuchteeinträgen durch das Fugensystem unter die Dachdeckung führen.

Material der Dachdeckung

Dachdeckungen unterliegen sowohl der natürlichen Alterung als auch mechanischen Beanspruchungen, Temperaturänderungen und Witterungseinflüssen.

Auf geneigten Dächern werden in der Regel Dachdeckungen aus schuppen- oder tafelförmigen, ebenen oder profilierten, klein- oder großformatigen Materialien (mit Fugen) verlegt. Verbreitete Dachdeckungsmaterialien sind Dachziegel, Betonsteine, Schiefer, Faserzement, Holz, Metall, Bitumen und - selten - weiche Deckungen. Zunehmend werden auch begrünte Dächer erstellt oder Dächer mit Solar-Dachdeckungen versehen.

Die Dachdeckungsart wird abhängig von der Dachneigung festgelegt, wobei die Mindestdachneigungen in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks festgelegt sind. Neben anderen Anforderungen ist die Regensicherheit eine wichtige Eigenschaft. Je mehr Fugen bei der Verlegung der Dachdeckung entstehen, umso schneller sollte das Wasser abfließen können, d. h. umso steiler sollte die Dachfläche sein. Zusätzlichen Schutz gegen das Eindringen von Schlagregen und Schnee bieten Unterspannbahnen oder -platten, Vordeckungen oder Unterdächer.

Alle gebräuchlichen Deckungsmaterialien sind bei richtigem Einbau regensicher. Auch Starkregen führt nicht zu Schäden an den Oberflächen, sofern diese nicht vorgeschädigt sind. Fugenlose Dachdeckungen weisen größere Sicherheiten auch beim Zusammenwirken mit Wind auf. Bei Gründächern kann sich bei extremen Niederschlägen die bewachsene Oberfläche verändern.

Dachentwässerung und Fallleitungen

Unter Dachentwässerung werden alle Maßnahmen und Anlagen zusammengefasst, die für die sichere Niederschlagswasserableitung von Dächern erforderlich sind.

Nach der Dachform wird in Steildachentwässerung und Flachdachentwässerung unterschieden. Bei der Steildachentwässerung erfolgt die Ableitung des Niederschlagswassers in der Regel über Dachrinnen und außen liegende Regenfallrohre, an die die Dachrinnen angeschlossen sind.

Bei der Flachdachentwässerung werden folgende unterschiedliche Entwässerungsarten realisiert:

- Bei der außen liegenden Flachdachentwässerung wird das Regenwasser in Entwässerungsrinnen oder Dachrinnen gesammelt, zu den angeschlossenen Regenfallrohren geleitet und dort abgeleitet.
- Bei der innen liegenden Flachdachentwässerung wird das Regenwasser über in die Dachhaut eingebaute Dachabläufe zu den Regelfallrohren geleitet.

Ausführungsvarianten, Gestaltungs- und Auslegungshinweise sind in den Flachdachrichtlinien (Flachdachrichtlinien 2001, Ergänzung 2003), der DIN 18195 „Bauwerksabdichtungen“ und DIN 18531 „Dachabdichtungen“ beschrieben und festgelegt.

Bei begeh- und befahrbaren Flachdächern, zu denen auch Terrassen, Balkone und Loggien zählen, werden zusätzliche Anforderungen bezüglich der mechanischen Belastbarkeit und des Einbaus des Belags sowie der Dacheinläufe gestellt.

Die Bemessung der Dachentwässerung erfolgt nach den Regelungen der DIN EN 12056-3 und in Deutschland parallel nach DIN 1986-100 (vgl. Kap. 3.4.1).

Überschreitung der Bemessungsbelastungen

Generell werden Entwässerungsanlagen für Gebäude für festgelegte Wiederkehrzeiten bemessen d.h. ein Versagen bei Überlastung ist vorgesehen. In der neuen DIN ist der Versagensfall (bei seltenen Ereignissen) besser geregelt, es darf in keinem Fall die Tragfähigkeit des Gebäudes gefährdet werden.

3.2.3.3 Bauausführung

In den Bauschadensberichten sind häufige Fehler bei der handwerklichen Erstellung dokumentiert (vgl. Zimmermann et al. 2008; Kindereit 2007).

Bei der Dachdeckung mit kleinformatigem Deckungsmaterial werden häufiger zu breite Fugen erstellt. Bei Dachdeckungen aus großformatigem Deckungsmaterial können bei der Befestigung handwerkliche Fehler auftreten.

Bei Dachabdichtungen aus Dachbahnen oder Folien (Bitumen, Polymerbitumen, Kunststoff- oder Kautschukbahnen) liegen die Fehler im Allgemeinen bei einer unzureichenden Verklebung der Bahnen und der Überlappungsbereiche, die sich ggf. erst während der Nutzungsphase zeigen.

Besondere Anforderungen an die handwerkliche Bearbeitungsqualität erfordert die Herstellung der Abschlüsse, Anschlüsse, Fugen und Durchdringungen.

Dieses gilt auch für die handwerkliche Ausführung der Sammlungs- und Ableitungssysteme. Die nicht fachgemäße Ausführung kann zu Pfützenbildung auf dem Dach, zu mangelhafter Ableitung des Niederschlagswassers infolge Unterdimensionierung und Feuchtigkeitsschäden im und am Gebäude infolge von Undichtigkeiten führen.

3.2.3.4 Nutzung

Bei Undichtigkeitsschäden, eindringendem Wasser durch offene Fenster und Türen oder Überflutungsschäden wird die Schadenshöhe maßgeblich von dem Innenausbau der betroffenen Räume sowie der vorhandenen Nutzung bestimmt. Hochwertige Dachgeschossnutzungen erfordern wasserdichte (und nicht nur regensichere) Dachaufbauten. Hochwertige Kellernutzungen, insbesondere Wohnräume, Büroräume, Räume mit Rechneranlagen u.ä. führen zu höherem Risiko und machen besondere Maßnahmen gegen Überflutung erforderlich. Von Ölheizanlagen, Laboreinrichtungen oder beispielsweise Lagerräumen mit wassergefährdenden Stoffen gehen bei Überflutung nicht nur Schäden für das Gebäude aus, sondern sie stellen auch eine potenzielle Umweltgefährdung dar (vgl. Kap. Hochwasser).

3.2.3.5 Wartung und Umbau

Im Bestand treten häufiger Starkregenschäden in Gebäuden bei Reparatur- oder Umbauarbeiten an Dächern auf, weil die dann nicht regensicheren Dächer nicht ausreichend abgesichert werden (Rizkallah; Pfeiffer 2007). Unsachgemäße Nutzung von Dächern (Begehung von nicht begehbaren Dächern, Schäden durch Alterung (Versprödung der Dachhaut), nicht rechtzeitig entdeckte und beseitigte Fehler und Verstopfungen können zu Folgeschäden führen.

3.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

Intensitätskarten bzw. Gefahrenkarten für Starkniederschläge in Deutschland wurden im Rahmen des KOSTRA-Vorhabens des DWD erstellt (DWD 1997, DWD 2005). Sie basieren auf der extremwertstatistischen Auswertung von Niederschlagsdaten. Sie werden in bestimmten Abständen aktualisiert.

Die Karten stellen für die Niederschlagsdauern von 15 Minuten bis 72 Stunden und Wiederkehrzeiten von einem Jahr bis 100 Jahren für die Zeitspanne Gesamtjahr (22 Karten) und

Sommer (12 Karten) sowie Winter (18 Karten) die Niederschlagsintensitäten in 10 bis 11 Klassen und Rastergrößen von 8,45 x 8,45 km für Deutschland dar.

Die KOSTRA-Daten bilden auch die Grundlage für die Bemessungsverfahren der DIN-Normen für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung.

Um eine Vergleichbarkeit mit den Gefahrenkarten der anderen Naturgefahren herzustellen und einen einfachen Überblick über die Gefahrenausprägung zu ermöglichen, wurde in diesem Vorhaben eine Gefahrenkarte auf Basis der KOSTRA-Daten für die Wiederkehrzeit 50 Jahre erstellt.

Dazu wurden die KOSTRA- Daten für die Niederschlagsdauern 15 Minuten bis 2 Stunden für die Wiederkehrzeit 50 Jahre ausgewertet. Die Intensitäten jeder Niederschlagsdauer wurden zunächst in 5 Klassen unterteilt. Im Anschluss wurde jedem Raster die Gefahrenklasse der Niederschlagsdauer zugeteilt, die die höchste Gefahrenstufe aufweist. Im Ergebnis stellt die Karte also für die Wiederkehrzeit 50 Jahre die Gefahreneinstufung für die Niederschlagsdauern 15 Minuten bis 2 Stunden, die die konvektiven Ereignisse charakterisieren, dar.

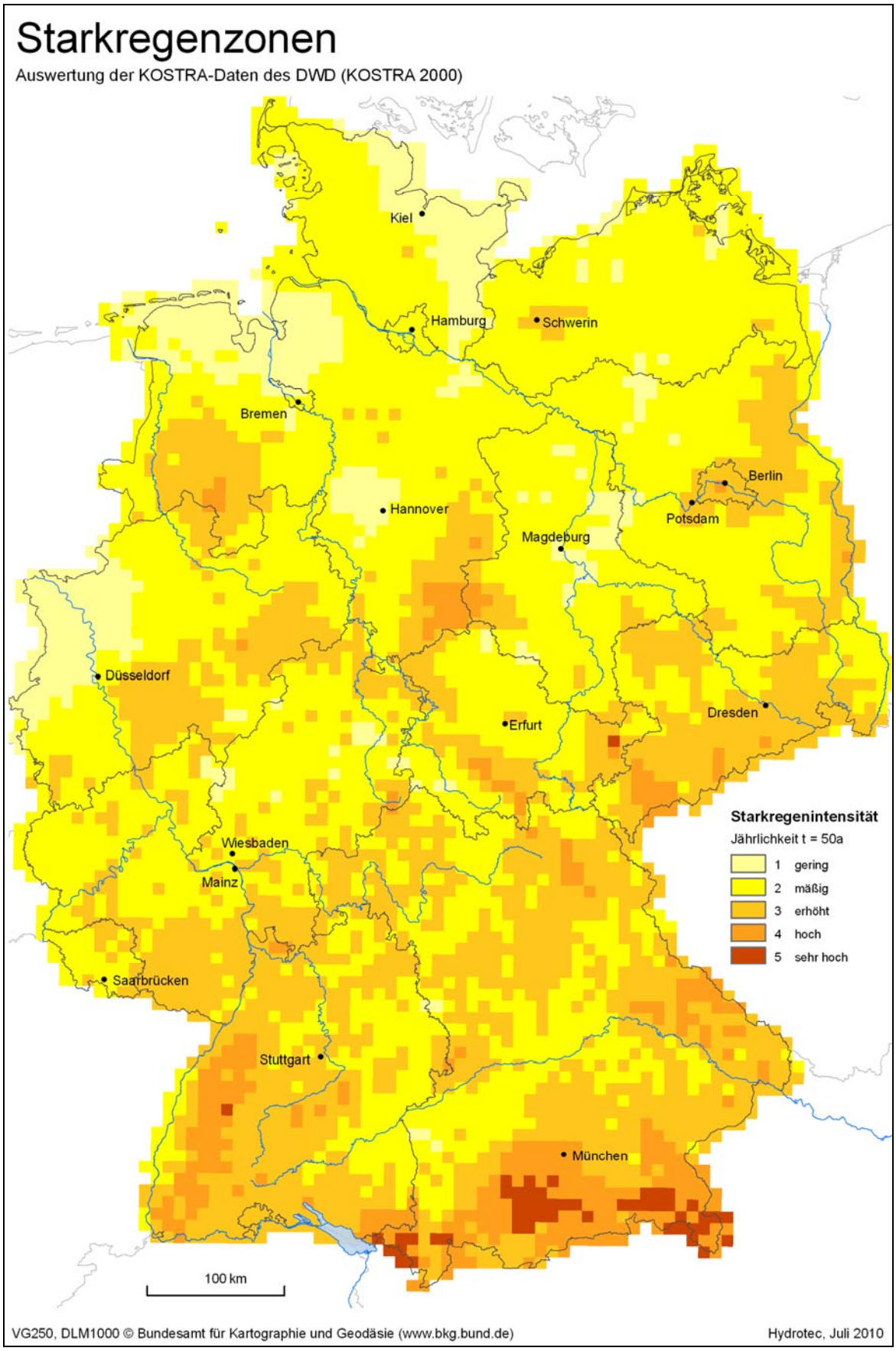


Abbildung 3-1: Klassifizierte Niederschlagsintensitäten auf Basis von KOSTRA-Daten

Für die konkrete Planung und Bemessung der Entwässerungsanlagen sind die jeweils gemäß DIN zutreffenden Werte des KOSTRA Atlasses heranzuziehen (vgl. Kap. 3.4.1).

3.4 Schutzziele bezüglich des Risikos

3.4.1 Normanforderungen

Die Normanforderungen beziehen sich zum einen auf die Gestaltung, den Aufbau und die Abdichtung der Dächer selbst, zum anderen auf die Planung und Bemessung von Entwässerungsanlagen der Dachflächen und des Gebäudes.

Die Anforderungen an Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten sind in den „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten“ – DIN 18338 – zusammengefasst. Diese DIN gilt für Dachdeckungen und Dachabdichtungen einschließlich der erforderlichen Dichtungs-, Dämm- und Schutzschichten mit einigen Ausnahmen (Klempnerarbeiten ATV 18339, Zimmer- und Holzbauarbeiten ATV DIN 18334, Abdichtungsarbeiten ATV DIN 18336, Metallbauarbeiten ATV DIN 18360).

Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Normen für die gebräuchlichsten genormten Stoffe und Bauteile, die hier nicht im Einzelnen aufgeführt sind.

Für Dächer mit Dachdeckungen gelten zudem die Regelungen der DIN 18195 „Bauwerksabdichtungen“.

Die genannten Normen sind in den Fachregeln des Dachdeckerhandwerks konkretisiert und für die Praxisanwendung aufbereitet.

Bauwerke mit großen Flachdächern bzw. Dächer mit geringen Dachneigungen werden nach der Flachdachrichtlinie geplant, die ebenfalls als Fachregel des Dachdeckerhandwerks herausgegeben wurde.

In der neuen DIN 18531, Ausgabe:2010-05, „Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer“ sind die Anforderungen für die Planung und Ausführung von Abdichtungen für nicht genutzte Dächer aus bahnenförmigen Stoffen zusammengefasst.

Die DIN EN 12056 behandelt die Planung und Bemessung von Entwässerungsanlagen innerhalb der Gebäude (Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Teil 2: Schmutzwasseranlagen; Teil 3: Dachentwässerung; Teil 4: Abwasserhebeanlagen) einschließlich der Anlagenteile am Gebäude, sofern diese der Entwässerung des Gebäudes dienen. Ergänzend zur DIN EN 12056 geben die DIN 1986-3 Regeln für Betrieb und Wartung der Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke sowie die DIN 1986-100 zusätzliche Bestimmungen für Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke vor.

Die DIN EN 752 regelt die Anforderungen an Entwässerungsanlagen und die Bemessung, den Betrieb und den Unterhalt von Entwässerungsanlagen außerhalb von Gebäuden (z. B. Hof- und Verkehrsflächen auf dem Grundstück, Ortsentwässerung). Die Abbildung 3-2 liefert eine Übersicht über die neuen Regelungen in der Gebäude- und Grundstücksentwässerung. Entwässerungsleitungen, die unter einem Gebäude liegen, aber zur Entwässerungsanlage eines anderen, daneben liegenden Gebäudes gehören, fallen unter den Anwendungsbereich der DIN EN 752.

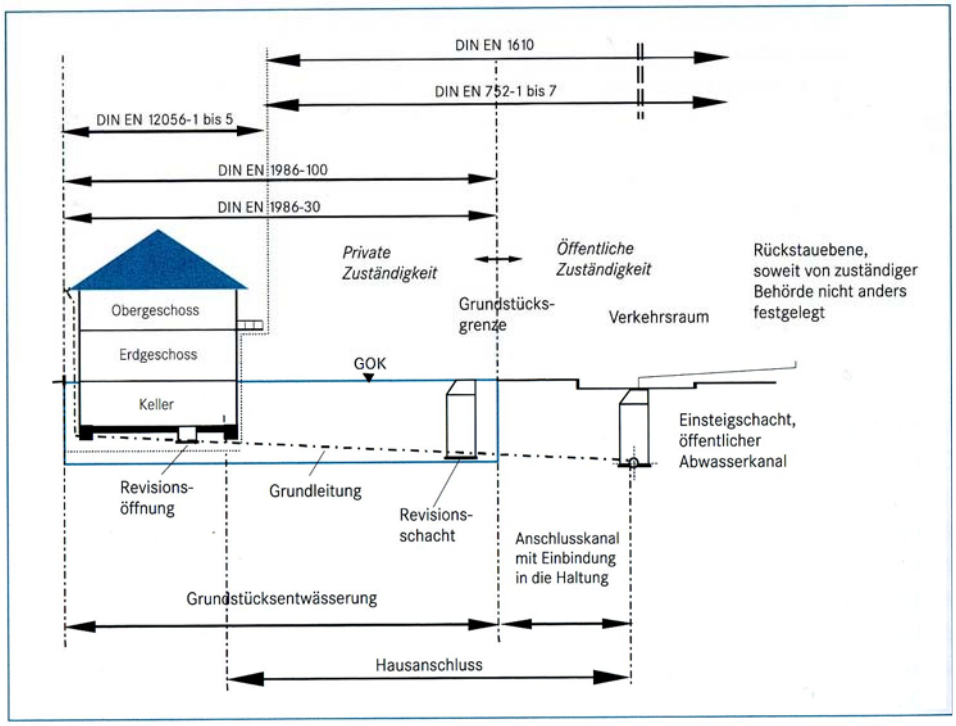


Abbildung 3-2: Geltungsbereich der Normen (Scheffler 2007, S. 124)

Technische Hinweise zu den Anlagen der Gebäude und Grundstücksentwässerung befinden sich in DIN 1986-4 (Werkstoffe) und DIN 1986-30 (Instandhaltung).

3.4.1.1 Dachentwässerung

In DIN 12056-3 sind die Grundsätze für Planung und Bemessung von Dachentwässerungsanlagen festgelegt. Der Schwerpunkt der Regelungen der DIN liegt im Bereich der Planung und Bemessung von vorgehängten und innenliegenden Rinnen. Für die praxisorientierte Anwendung werden im Allgemeinen die ZVSHK Fachinformationen „Bemessung von vorgehängten und innenliegenden Rinnen“ (ZVSHK 2002) verwendet. Die DIN enthält nur wenige Regelungen für nach innen abgeführte Freispiegelentwässerungen und für Dachentwässerungen mit Druckströmungen.

Für die Freispiegelentwässerung, die bei der Entwässerung von Flachdächern bzw. flach geneigten Dächern zur Anwendung kommt, sind in DIN 1986-100 die erforderlichen Ergänzungen vorgenommen (vgl. Kommentar DIN EN 12056-3, S. 1-1). Regelungen zur Dachentwässerung mit Druckströmungen sind in der VDI Richtlinie „Dachentwässerung mit Druckströmungen“ (VDI 2000) zusammengefasst.

Die Dachentwässerungsanlagen werden nach DIN 1986-100 mit einer Berechnungsregenspende bemessen, die einer für die jeweilige Region zutreffenden 5-Minuten-Regenspende entspricht, die einmal in zwei Jahren überschritten wird. Je nach Nutzung des Gebäudes und Art des Entwässerungssystems wird der berechnete Regenwasserabfluss mit Sicherheitsfaktoren erhöht (DIN EN 12056-3, Kap. 4.2).

Grundlage der Berechnungsregenspenden bilden die Werte des KOSTRA Atlasses (DWD 1997), die in der DIN für ca. 90 Orte in Deutschland angegeben werden. Die in der DIN aufgeführten Regenspenden bewegen sich in der Spanne von 230 l/s/ha (Kiel) und 416 l/s/ha (Bad Tölz). Der Berechnungsregen muss zu jedem Zeitpunkt von einem Dach abgeführt werden können.

Nach DIN 1986-100 darf kein Regenereignis der Dauer 5 Minuten bis zur Wiederkehrzeit 100 Jahre die statische Sicherheitsreserve der Tragwerkskonstruktion des Daches beanspruchen. Diese Regenspenden bewegen sich in der Spanne von 438 l/s/ha (Rostock) und 880 l/s/ha (Rosenheim). 880 l/s/ha entsprechen einem Niederschlag von 26,4 mm in 5 Minuten.

Weiterhin gilt, dass jede Dachfläche mit einer in das Gebäude abgeführten oder am Gebäude verlaufenden Entwässerung mindestens einen Ablauf und einen Notüberlauf erhalten muss. Beim Versagen der Dachentwässerung muss die Differenz zwischen Jahrhundertregen (Wiederkehrzeit 100 Jahre) und Berechnungsregen (Wiederkehrzeit 2 Jahre) über Notüberläufe frei über die Fassade abgeführt werden können. Beim Überschreiten der Berechnungsregenspende kann es zu einer Überflutung der Dachfläche kommen. Damit diese Anforderung in jedem Fall sichergestellt ist, bedarf es bei größeren Grundstücken in der Regel Entspannungspunkten im Grundleitungssystem der Grundstücksentwässerung. An diesen Punkten muss der Wasseraustritt auf schadlos überflutbaren Flächen ermöglicht werden. Auf Notüberläufe kann dann verzichtet werden, wenn dies planerisch und statisch berücksichtigt ist.

3.4.1.2 Fallleitungen, Sammel- und Grundleitungen

Vorgehängte Dachrinnen werden mit einer 5 Minuten Regenspende bemessen, die nur alle 2 Jahre überschritten wird. Bei Niederschlagsereignissen, bei denen diese Bemessungswerte überschritten werden, dürfen die Rinnen überlaufen. Hierbei erfolgt der Notüberlauf über die Rinnenlängsseite. Dabei darf das überlaufende Rinnenregenwasser keine Schäden an oder in den Gebäuden anrichten. Einzelheiten zum Bemessungsverfahren sind der DIN EN 12056-3 zu entnehmen.

3.4.1.3 Grundstückentwässerung

Für die Grundstücksentwässerung gelten die Regelungen der DIN EN 752, in der auch die Ortsentwässerung behandelt wird sowie ergänzend die DIN 1986-100, deren Regelungsbereich an der Grundstücksgrenze endet. Die Bemessung der Grundleitungen hängt von der Grundstücksgröße ab. Im Normalfall müssen die Grundleitungen Regenspenden eines 5-Minuten-Berechnungsregens aufnehmen, der nur alle 2 Jahre überschritten wird. Bei Grundstücken mit einer abflusswirksamen Fläche größer 800 m² muss ggf. eine Regenrückhaltung auf dem Grundstück vorgesehen werden, wenn die Ortskanalisation nicht für die Aufnahme der Abflüsse aus der Grundstücksentwässerung dimensioniert ist (Heinrichs et al. 2005, Seite 4-3 bis 4-5).

Die Sicherheit gegen Überflutung bzw. eine kontrollierte schadlose Überflutung des Grundstücks muss rechnerisch nachgewiesen werden. Die geforderte Rückhaltung kann durch kurzzeitiges Einstauen von Hof- und Verkehrsflächen auf dem Grundstück realisiert werden.

Bei Grundstücken mit stärkerem Gefälle müssen bauliche Maßnahmen wie Rohrspeicher, Gräben, Becken und Mulden die Funktion der Rückhaltung übernehmen (Heinrichs et al. 2005, Seite 4-4).

Oberhalb einer Regenspende eines 30-Minuten-Niederschlags mit der Wiederkehrzeit von 30 Jahren reicht das Rückhaltevermögen der Grundstücke nicht aus, der „Katastrophenfall“ tritt ein. In solchen Fällen muss sichergestellt werden, dass das Wasser nicht in Gebäude eintreten kann.

3.4.2 Anwendung der Normen und mögliche Defizite

Da die Entwässerungsanlagen für Niederschlag für festgelegte Wiederkehrzeiten (s. o.) bemessen werden, ist ein Versagen bei Überlastung planmäßig vorgesehen. In den o. g. DIN-Normen sind für diesen Überlastungsfall jedoch klare Regelungen enthalten, sodass in keinem Fall die Tragfähigkeit des Gebäudes gefährdet ist und die Schäden minimiert werden.

3.4.3 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Starkregen

Generell enthalten die Landesbauordnungen und die Nachbarrechtsgesetze der Länder Regelungen zu baulichen Anlagen, mit denen sichergestellt werden soll, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden sowie durch Wasser, Feuchtigkeit und andere Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen auch auf angrenzenden Grundstücken nicht hervorgerufen werden. Hieraus lässt sich eine Pflicht für den Gebäudeeigentümer ableiten, dass die Bauteile und Anlagen eines Gebäudes zumindest soweit instandzuhalten sind, dass keine Gefahren und Belästigungen für Nutzer und Anlieger entstehen können.

3.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

3.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition

Die Standortprüfung beinhaltet die Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts.

Tabelle 3-4: Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts

Kriterium	Methode	Bewertung
Beurteilung der Starkregengefährdung	Auswertung der Starkregenkarte	Zonen 5 und 4 große Gefährdung Zonen 3 und 2 mittlere Gefährdung Zone 1 geringe Gefährdung
Gewitterhäufigkeit	Nachfrage beim Wetterdienst	In Gebieten mit häufigen Gewittern sollte die nächsthöhere Gefährdungszone gewählt werden

Die Starkregenkarte (Kap. 3.3) gibt nur einen groben Anhaltswert zur Gefährdung, genaue Werte zur Niederschlagsbelastung können dem KOSTRA-Atlas entnommen werden.

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn die Bemessungswerte der DIN mit standortbezogenen Untersuchungen abgesichert werden. Hier können von den örtlichen Behörden (Untere Wasserbehörde, Umweltbehörden) im Allgemeinen Angaben zu besonderen klimatischen Verhältnissen des Standorts gewonnen werden.

3.5.2 Planung

Standardmäßig sind die Lastwerte entsprechend der maßgeblichen DIN-Normen (vgl. Kap. 3.4.1) für die Planung und Bemessung anzuwenden. Bei der Planung der Gebäudeentwässerung ist im Unterschied zu Schnee- und Windbelastungen der Überlastfall in der DIN bereits berücksichtigt. Besonders bei Bauwerken mit vorübergehenden Zuständen (beispielsweise Dachausbau bzw. Umbau) sind Sicherungsmaßnahmen gegen Feuchteschäden vorzusehen.

3.5.2.1 Genereller Entwurf

In der Planungsphase „genereller Entwurf“ werden u.a. die Gebäudeform und die Einbindung in die Grundstücksfläche festgelegt. Hier lassen sich bereits wesentliche Voraussetzungen für eine Reduzierung der Schadensanfälligkeit des Gebäudes schaffen:

- Die Einlaufhöhen bzw. Rampen in das Gebäude sollen mindestens 10 cm über der Geländeoberfläche liegen, in Muldenlagen sollen sie oberhalb des Muldenüberlaufs angeordnet werden, ggf. sind Schutzbarrieren vorzusehen
- Außensockel soll aus spitzwasserresistentem Material bestehen und eine ausreichende Wasserableitung aus dem Sockelbereich gewährleistet werden, besondere Sorgfalt ist bei der Anordnung und Herstellung von Fugen erforderlich
- Zugänge bzw. Zufahrten zu Kellern, Tiefgeschossen und Tiefgarageneinfahrten sowie äußere Treppenabgänge werden ggf. überdacht bzw. mit leistungsfähigen Entwässerungssystemen oder Hebeanlagen ausgestattet
- Lüftungsschächte müssen ausreichend hoch über die Entwässerungsebene geführt werden
- Lichtschächte werden mit ausreichenden Einlaufhöhen versehen oder wasserundurchlässig gebaut (Glasbausteine bzw. verschließbare Öffnungen)

Die Maßnahmen zur Verhinderung von Überflutungsschäden infolge Starkregen sind im Abschnitt „Hochwasser“ aufgeführt.

Eine detaillierte Beschreibung derartiger Maßnahmen befindet sich beispielsweise in VKF/AEAI 2007.

3.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion

Die Bemessung der Tragkonstruktion erfolgt im Allgemeinen auf Grundlage der DIN Vorgaben.

3.5.2.3 Dach und Dachentwässerung

Dachneigung, Deckungsmaterial und Dachaufbau bestimmen im Wesentlichen die Regensicherheit einer Dachkonstruktion. Bei der Planung soll ein gut einsehbare und kontrollierbaren Dach- und Fassadenkonstruktion angestrebt werden, um den Unterhaltungs- und Wartungsbedarf einfach ermitteln zu können. Bei stark strukturierten Dachflächen bestehen erhöhte Anforderungen bezüglich der Planung der Verschneidung der Dachflächen und den Anforderungen an Passgenauigkeit bei der Herstellung.

Vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks ist für jeden Dachbaustoff eine Regeldachneigung festgelegt worden, bis zu der die Regensicherheit des jeweiligen Deckmaterials gewährleistet ist. Die Wahl einer Dachneigung größer als die Regeldachneigung erhöht die Regensicherheit insgesamt und somit auch bei Extremereignissen. Weiterhin erhöht eine zweite wasserableitende Ebene insbesondere bei schwach geneigten Dächern die Sicherheit gegen Versagen.

Bauwerke mit großen Flachdächern bzw. Dächer mit geringen Dachneigungen sind nach der Flachdachrichtlinie zu planen.

Dachaufbauten und Dachdurchdringungen (beispielsweise Rohrdurchgänge, Lüfterschächte, Bewegungsfugen) stellen Schwachstellen beim Dachaufbau bezüglich der Regensicherheit dar. Sie müssen ausreichende Abstände untereinander aufweisen, damit handwerklich zu-

friedenstellende Anschlüsse hergestellt werden können. Lichtbänder und aufgehende Bauteile, beispielsweise Dachaufbauten, sollen so angeordnet werden, dass sie eine ordnungsgemäße Dachentwässerung nicht behindern und die Anschlüsse fachgerecht erstellt werden können.

Dachflächenfenster, Lichtkuppeln und -bänder müssen mit einer ausreichenden Überstauhöhe versehen werden und nach Möglichkeit mit selbst schließenden Mechaniken ausgestattet werden.

Da Dachentwässerungsanlagen regelmäßig gereinigt und kontrolliert werden müssen, muss die Begehbarkeit des Deckmaterials gewährleistet sein bzw. einsprechende Sicherungseinrichtungen vorgesehen werden.

3.5.2.4 Wandsysteme und Fassade

Wandsysteme üblicher Bauwerke lassen sich in Normalfassaden und Fassaden mit äußerer Bekleidung unterscheiden.

Generell günstig sind Fassadenkonzepte, die eine schnelle Entwässerung und gute Trocknung der Fassade gewährleisten. Damit sinkt das Risiko von direkten oder indirekten Wasserschäden (Pilze, Farbveränderungen, Frostsprengung u. a.).

Normalfassaden aus Mauerwerk, Beton oder Leichtbeton oder aus Stahlskelettkonstruktionen mit eingehängten Elementen weisen auch gegenüber Schlagregen eine ausreichende Regensicherheit auf. Waagerechte Elemente, die den Wasserabfluss behindern, sind zu vermeiden oder entsprechend zu schützen. Regenempfindliche Fassaden (Lehm etc.) bedürfen besonderer Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise großen Traufenbreiten. Bei Fassaden mit eingebauten Bauteilen (beispielsweise große Fensterflächen) muss die schadlose Entwässerung dieser Flächen bei der Planung berücksichtigt werden, da anderenfalls Schäden oder Verschmutzungen der Fassaden durch konzentriert abfließendes Wasser eintreten können.

Auch bei Fassaden mit äußerer Bekleidung weisen die Fassadenelemente im Allgemeinen gegenüber Schlagregen eine ausreichende Regensicherheit auf.

Auf Balkonen und Terrassen, die nicht durch Dächer geschützt sind, können sich infolge Starkregen oder Schlagregen Pfützen und Wasserflächen bilden, wenn die Entwässerungssysteme nicht ausreichend dimensioniert sind. Je nach Nutzung der angrenzenden Räume sollten ausreichend hohe Einlaufschwellen gewählt oder die Entwässerungseinrichtungen besonders leistungsfähig ausgebildet werden. Abläufe müssen dauerhaft und sicher auffindbar sein. Nur bei aufgestelzten Belägen ist eine Entwässerung über die Fugen sicher realisierbar (Oswald 2007, S. 60). Entwässerungsanlagen wie Gitterrostrinnen sollen auf ganzer Länge entlang gefährdeter Zugänge geführt werden und mitsamt den Abläufen gewartet werden können.

Exponierte Fensterflächen und Türen, Sonnenschutzsysteme und Markisen sind vorzugsweise mit selbst schließenden Mechaniken auszustatten, da nicht gewährleistet werden kann, dass bei einem Niederschlagsereignis rechtzeitig und dauerhaft Schutzmaßnahmen durch die Nutzer ergriffen werden können.

3.5.2.5 Gebäude- und Grundstücksentwässerung

Die Gebäude- und Grundstücksentwässerungsplanung ist eine komplexe planerische Aufgabe. In einfachen Fällen kann die Planung vom Dachdecker und den Entwässerungs- bzw. Sanitärtechnikbetrieben anhand der von den Fachverbänden herausgegebenen Materialien

durchgeführt werden. Bei großen Gebäuden - insbesondere mit Flachdächern und innenliegender Entwässerung - sollten für diese Gewerke eigene Fachplanungen erstellt werden.

Bei der Planung sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, ergänzend zu den in der DIN vorgesehenen Ansätzen eine Bemessung des Überlastfalls mit einer größeren Wiederkehrzeit (200-jährlich statt 100-jährlich) laut KOSTRA vorzunehmen und den Aufwand der hierzu erforderlichen Zusatzmaßnahmen abzuschätzen.

Allgemeine Anforderungen an die Entwässerungsplanung sind im Kommentar zur DIN EN 12056-1 beschrieben. Hier werden einige wesentliche Grundsätze mit Bezug zur Starkregengefahr zusammengefasst wiedergegeben:

- Die Gebäudeentwässerung soll wo immer möglich durch Schwerkraft erfolgen. Ausnahmen sind in der DIN beschrieben (Kommentar DIN EN 12056-1, 4-1).
- Schmutz- und Regenwasser sind getrennt zu erfassen und abzuleiten, auch wenn das kommunale Kanalnetz als Mischsystem betrieben wird. Ausnahmen sind in der DIN beschrieben (Kommentar DIN EN 12056-1, 5-2)
- Wo möglich, soll eine Regenwasserbewirtschaftung (Dachbegrünung, Entsiegelung von Flächen, Regenwasserrückhaltung und -nutzung, Regenwasserversickerung auf dem Grundstück) angestrebt werden (Kommentar DIN EN 12056-1, 5-2). Die Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung werden im Allgemeinen auf höhere Sicherheiten bemessen als die üblichen Entwässerungsanlagen und erhöhen damit die Sicherheit des Entwässerungssystems.
- Die (restriktiven) Bedingungen zur Drainagewasserableitung sind zu beachten (Kommentar DIN EN 12056-1, 5-3)

Die Anlagen der Dachentwässerung müssen ausreichend dimensioniert und verstopfungsunempfindlich gestaltet werden. In den o. g. DIN-Normen sind die Ausführungsanforderungen festgelegt und im Kommentar zur DIN EN 12056-1 zusammengefasst beschrieben.

- Verwendung genormter, geprüfter und - soweit erforderlich - güteüberwachter Produkte und ordnungsgemäße Installation (Kommentar DIN EN 12056-1, 7-1).
- Gewährleistung einer ausreichenden Sicherheit der Entwässerungsanlagen (Kommentar DIN EN 12056-1, 5-4).
- Leitungsführung auch unter Abschätzung des Risikos bei eventuellem Versagen (Kommentar DIN EN 12056-1, 5.4.3).

Die Ableitungssysteme an und im Gebäude (Einläufe, Regenrinnen, Fallrohre, Grundleitungen, Schächte, Drainagen) sollen somit möglichst kontrollierbar und damit wartungsfreundlich angeordnet werden. Dachentwässerungsanlagen und Gebäudeentwässerungsanlagen müssen für Inspektion, Prüfung und Instandhaltung jederzeit zugänglich sein und mit entsprechenden Reinigungsöffnungen und Schächten versehen sein. Näheres regeln DIN EN 752-3 und DIN 1986-100.

Bei der Gestaltung der Überläufe muss der Ablauf des Wassers aus dem Überlauf beachtet und die Flächen, wo dieses Wasser aufprallen kann, entsprechend gestaltet werden (Neigung vom Gebäude weg, Spritzwasserschutz, Lichtschächte beachten).

Infolge von Starkregen (oder auch anderer Ursachen) kann es zu Stau in der Kanalisation und infolgedessen zu Rückstau in die Anschlusskanäle der angeschlossenen Bauwerke kommen. Die Rückstauebene ist im Allgemeinen die Straßenoberfläche. Die jeweils örtlich festgelegte Rückstauebene sollte aber bei den zuständigen Behörden abgefragt werden. Alle Rohrleitungen unterhalb dieser Rückstauebene sind wasserdicht herzustellen. Alle Ablauf-

stellen (Sanitäranlagen, Bodenabläufe etc.) unterhalb dieser Höhe sind gegen Rückstau zu sichern.

Schutz gegen Rückstau kann zum einen durch Abwasserhebeanlagen (vgl. DIN EN 12056-4) oder durch Rückstauverschlüsse (DIN 1986-100) erreicht werden. Bei Hebeanlagen ist das Versagensrisiko im Falle von Rückstau geringer als bei Rückstauverschlüssen.

3.5.2.6 Planung besonderer Sicherungsmaßnahmen

Die möglichen Objektschutzmaßnahmen und Schutzeinrichtungen gegenüber Überflutung durch Starkregen sind im Kapitel Hochwasser beschrieben.

3.5.3 Herstellung

Bei der Herstellung des Dachs und der Dachentwässerung, der Wand- und Fassadensysteme sowie der Gebäudeentwässerungsanlagen sind die Richtlinien und Regelwerke der beteiligten Fachhandwerke bei der Ausführung der Gewerke zu beachten, die ordnungsgemäße Ausführung zu kontrollieren und zu dokumentieren.

3.5.4 Inbetriebnahme

Im Rahmen der Inbetriebnahme sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

3.5.5 Nutzungsphase

- Alterung

Unter diesem Aspekt ist insbesondere die Alterung der Dachhaut durch den Wettereinfluss zu betrachten. Es sind keine über die standardmäßige Wartung hinausgehende Maßnahmen erforderlich.

- Wartung und Instandhaltung

Nach außergewöhnlichen Niederschlags- und Sturmereignissen sollten Kontrollen der Dachhaut und der Tragwerke durchgeführt und dokumentiert werden. Hierzu sind Fachfirmen (Dachhaut) bzw. fachkundige Personen zu beauftragen. Bei festgestellten Schäden sollte eine Ausbesserung von Schäden (Wartungsvertrag mit Fachfirmen) vorgenommen werden.

- Sicherung

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit bzw. der Schadensminimierung während der Nutzungsphase können unterschieden werden in Maßnahmen vor dem Starkregen, während des Starkregens und nach dem Starkregen. Die möglichen Maßnahmen sind in der Tabelle 3-5 zusammengestellt.

Tabelle 3-5: Maßnahmen zur Schadensminderung in der Nutzungsphase

Handlungsbereich	Maßnahmen
Maßnahmen vor dem Starkregen	- das Aufstellen einer Anleitung mit Zuständigkeiten und erforderlichen Maßnahmen bei Starkregen - die Beachtung von Starkregenwarnungen - Schließen von Fenstern und Türen im Ereignisfall
Maßnahmen im Starkregenfall	- Kontrolle der Regenwassereinläufe und der ordnungsgemäßen Funktion der Gebäudeentwässerung
Maßnahmen nach dem Starkregen	- Ggf. Gebäudetrocknung - Kontrolle von Dach und Entwässerungssystemen auf Schäden und Verstopfungen

3.6 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk soll unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale (Gefährdung) und durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit eine weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Das Anforderungsniveau an die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks wird somit entsprechend der Exposition des Standorts definiert und festgelegt.

Die Einstufung der Exposition erfolgt über die Belastungseinschätzung, die in Kapitel 3.3 beschrieben ist.

Tabelle 3-6: Standortbewertung Starkregen

Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
Ersteinschätzung gemäß Gefahrenkarte auf Basis der KOSTRA-Daten	Geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Farbgebung in der Karte	gelb (hell und dunkel)	orange (hell und dunkel)	rot
Gefahrenklasse	Gefahrenklassen 1 und 2	Gefahrenklassen 3 und 4	Gefahrenklasse 5

Die ermittelte Belastung gibt das Ziel für die zu erreichende Widerstandsfähigkeit des Gebäudes vor. Die Einstufung „geringe Belastung“ erfordert lediglich die normale Widerstandsfähigkeit des Gebäudes. Wird eine „mittlere Belastung“ ermittelt, ist die mittlere Widerstandsfähigkeit anzustreben. Ergibt die Analyse des Standortes eine „große Belastung“, ist die hohe Widerstandsfähigkeit das Ziel.

Die folgende Tabelle dient zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass das Themenfeld Hochwasser durch Starkregen im Kapitel Hochwasser behandelt ist.

Tabelle 3-7: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Starkregen

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Genereller Entwurf	Einlaufhöhen in das Gebäude (Einfahrten, Öffnungen)	Einfahrten und Gebäudeöffnungen ebenerdig oder unter Geländeoberkante	0	bis zu 10 cm an Einfahrten und Gebäudeöffnungen	5	Einlaufhöhen von mehr als 10 cm an Einfahrten und Gebäudeöffnungen, in Muldenlagen Einlaufhöhen auf der Höhe des Muldenablaufs bzw. Schutzbarrieren vorgesehen	10
	Sockel	Sockel an weniger als 2 Seiten (< 50 %) aus spritzwasserempfindlichem Material; keine besonderen Maßnahmen zur Wasserableitung aus dem Sockelbereich vorgesehen, viele Fugen	0	Sockel an mindestens zwei Seiten aus spritzwasserresistentem Material	2,5	mehr als 50 % des Sockels aus spritzwasserresistentem Material; ausreichende Wasserableitung aus dem Sockelbereich vorgesehen, wenige Fugen	5
	Keller, Tiefgeschosse, Tiefgaragen, Treppenabgänge	unter 50 % der Zugänge, Zufahrten, äußere Treppenabgänge etc. werden überdacht bzw. mit leistungsfähigen Entwässerungssystemen ausgestattet	0	50 bis 80 % der Zugänge, Zufahrten, äußere Treppenabgänge werden überdacht bzw. mit leistungsfähigen Entwässerungssystemen ausgestattet	2,5	über 80 % aller Zugänge, Zufahrten, äußere Treppenabgänge werden überdacht bzw. mit leistungsfähigen Entwässerungssystemen oder Hebeanlagen ausgestattet	5
	Lüftungsschächte (in Geländehöhe)	Lüftungsschächte enden unterhalb der Entwässerungsebene	0	Lüftungsschächte sind bis zu 10 cm über die Entwässerungsebene geführt	2,5	Lüftungsschächte sind ausreichend hoch (mehr als 10 cm) über die Entwässerungsebene geführt	5
	Lichtschächte (in Geländehöhe)	Lichtschächte sind ebenerdig angeordnet und wasserdurchlässig	0	Lichtschächte werden mit Einlaufhöhen (bis 10 cm) versehen oder teilweise wasserundurchlässig gebaut (Glasbausteine bzw. verschließbare Öffnungen)	2,5	Lichtschächte werden mit ausreichenden Einlaufhöhen (mehr als 10 cm) versehen oder wasserundurchlässig gebaut (Glasbausteine bzw. verschließbare Öffnungen)	5
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage, Deckmaterial	Dachform	mehr als 4 Kehlnähte	0	teilweise einsehbar, 4 bis 8 Kehlnähte	2,5	gut einsehbar, 4 Kehlnähte, 1 Frist	5
	Dachneigung	Dachneigung geringer als Regeldachneigung, Flachdachgefälle < 1%	0	Dachneigung ist wie Regeldachneigung, Flachdächer Gefälle < 1 und > 2 %	2,5	Dachneigung ist größer als Regeldachneigung bei geneigten Dächern. Bei Flachdächern und gering geneigten Dächern Gefälle > 2%	5
	Dachaufbauten, Dachdurchdringungen	hoher Anteil (d.h. mehr als 1/10m²) an Dachaufbauten und Dachdurchdringungen, keine besonderen Maßnahmen vorgesehen	0	mittlerer Anteil (d.h. 1/10m²) an Dachaufbauten und Dachdurchdringungen, keine besonderen Maßnahmen vorgesehen	2,5	geringer Anteil (d.h. weniger als 1/10m²) oder bei hohem Anteil ausreichende Abstände zwischen den Aufbauten vorgesehen	5
	Dachflächenfenster, Lichtkuppeln und -bänder	keine besonderen Vorkehrungen	0	Überstauhöhen bis Bemessungsfall sind vorgesehen, Ausstattung mit selbst schließenden Mechaniken	2,5	Überstauhöhen mit Sicherheitszuschlag zum Bemessungsfall sind vorgesehen, Ausstattung mit selbst schließenden Mechaniken	5
	Zugang und Begehbarkeit bei flach geneigten Dächern, Sicherheitseinrichtungen für Kontrolle und Reparatur bei geneigten Dächern	schwieriger (aufwendiger) Zugang, Begehbarkeit nicht oder nur von kleineren Dachabschnitten möglich (unter 50 %)	2,5	Zugang möglich, Begehbarkeit von Dachabschnitten möglich (50 bis 80 %)	5	leichter Zugang, Begehbarkeit (fast) auf der gesamten Dachfläche (mehr als 80 %)	10

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Fassaden	Fassadensystem	mehr als 2 waagerechte Elemente je Stockwerk, schlecht entwässerbare und belüftete Elemente	0	gut entwässerbare und belüftete Elemente, 1 bis 2 waagerechte Elemente pro Stockwerk	2,5	gut entwässerbare und belüftete Elemente, weniger als 1 waagerechtes Element pro Stockwerk	5
	Materialwahl	weniger als 50 % des Materials regenempfindlich	0	50 bis 80 % des Materials regenunempfindlich	2,5	mehr als 80 % des Materials regenunempfindlich	5
	Balkone	Gesamtfläche nicht überdachter Balkone und begehbarer Dachterrassen (Gesamtfläche ist größer 50 % der Dachfläche)	0	mittlere Anzahl nicht überdachter Balkone/Dachterrassen (Gesamtfläche ist 50 bis 20 % der Dachfläche) bzw. leistungsfähige Entwässerung und ausreichende Einlaufhöhen	2,5	kein oder geringer Anteil nicht überdachter Balkone/Dachterrassen (Gesamtfläche ist 0 bis 20 % der Dachfläche) bzw. leistungsfähige, wartungsfreundliche Entwässerung und ausreichende Einlaufhöhen	5
	Exponierte Fensterflächen und Türen, Sonnenschutzsysteme und Markisen	Sonnenschutzsysteme und exponierte Fensterflächen und Türen	0	vorzugsweise mit selbst schließenden Mechaniken	2,5	nicht vorhanden oder besondere Sicherungsmaßnahmen planerisch vorgesehen (selbst schließende Mechaniken)	5
Gebäude- und Grundstücks-entwässerung	Entwässerungsplanung	Planung durch Handwerksbetriebe	2,5	Planung durch Handwerksbetriebe; bei innenliegender Entwässerung durch Fachplaner	5	Entwässerungsplanung durch Fachplaner	10
	Bemessung für Überlastfall	Niederschlagsbelastung für Bemessung wie Norm vorgesehen	20	-	-	Niederschlagsbelastung für Bemessung des Überlastfalls höher als Norm vorgesehen	30
	Gebäudeentwässerungssystem	überwiegend durch Pumpen	0	überwiegend Schwerkraftsystem	2,5	Schwerkraftsystem	5
	Regenwasserbewirtschaftung	Regenwasserbewirtschaftung nicht oder gering (0 bis 20 % der Dachfläche) vorgesehen	0	Regenwasserbewirtschaftung teilweise (20 bis 60 % der Dachfläche) vorgesehen	2,5	Regenwasserbewirtschaftung (Dachbegrünung, Regenwasserrückhaltung, Regenwasserversickerung) für gesamtes Regenwasser vorgesehen (mehr als 60 % der Dachfläche)	5
	Kontrolle und Wartung, Versagensprüfung der Leitungen	einfache Durchführung ist planerisch vorgesehen, aber nicht jederzeit möglich, Einläufe verstopfungsempfindlich	5	-	-	einfache Durchführung ist planerisch vorgesehen und jederzeit möglich, Einläufe verstopfungsunempfindlich	10
	Rückstausicherung	nicht vorgesehen	0	vorgesehen (Rückstauverschlüsse)	5	vorgesehen (Heberanlagen) bzw. alle Anlagen über Rückstauebene	10
Herstellung	Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Herstellung	übliche Qualitätssicherung ohne konkrete Festlegung	2,5	-	-	besondere Qualitätssicherungsmaßnahmen planerisch festgelegt	5
Maßnahmen zur Schadensminderung	Zuständigkeitsregelungen, Auswertung von Warnungen, Maßnahmendurchführung	nicht planmäßig vorgesehen	0	vorgesehen	2,5	vorgesehen und planerisch festgelegt	5
Summe			32,5		57,5		160

Die Zuordnung der mithilfe der Kriterientabelle erreichten Punktzahl in Abhängigkeit von der Starkregenbelastungseinschätzung gibt die folgende Tabelle wieder.

Tabelle 3-8: Anforderungsniveau Starkregen

	Punkte	Einschätzung der Gefährdung		
		Geringe Gefährdung Gefahrenklasse 1 und 2	Mittlere Gefährdung Gefahrenklasse 3 und 4	Große Gefährdung Gefahrenklasse 5
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenz-wert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindestan-forderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

Zwischenwerte werden linear interpoliert.

4 Kriterienentwicklung für die Naturgefahren Hagel

4.1 Kurzbeschreibung der Prozesse

4.1.1 Begriffsdefinitionen

Nach DIN 4049-3 ist Hagel: „Fester fallender und fester gefallener Niederschlag in Form kugelschalig aufgebauter durchscheinender Eiskörner (Hagelkörner) mit Durchmessern ab 5 mm."

Die durchschnittliche Hagelkorngröße liegt bei 1 bis 3 cm Durchmesser. Als Ereignis mit dem größten, bisher dokumentierten Hagelkorn gilt ein Hagelereignis in Nordamerika (am 22. Juni 2003 in Aurora, Nebraska USA) mit einem Hagelkorndurchmesser von 17,8 cm, einem Umfang von 47,6 cm und einem Gewicht von knapp 758 g (Münchener Rück 2007).

Nach WMO (World Meteorological Organization) und DWD (Deutscher Wetterdienst) ergibt sich die Definition für Hagel ausschließlich aus der Größe, dem maximalen Durchmesser des Hagelkorns, wobei sich durch die unterschiedlichen Formen und die ungleiche Eisdichte das Volumen und die Masse unterscheiden können. Alle festen eisförmigen Niederschläge unter einer Größe von 0,5 cm werden als Graupel bezeichnet.

Tabelle 4-1: Hagelklassifizierung nach Durchmesser des Hagelkorns (Kaschuba 2008)

Hagelkategorie	Durchmesser	Vergleichs-beschreibung	Maximales Gewicht
Kleiner Hagel	von 0,5 cm bis 1,0 cm	Linse, Erbse	0,5 g
Kleiner bis mittelgroβer Hagel	von 1,0 cm bis 2,0 cm	1 Cent bis 20 Cent	3,8 g
Mittelgroβer Hagel	von 2,0 cm bis 3,5 cm	1 Euro, Walnuss, Taubenei	20,6 g
Groβer Hagel	von 3,5 cm bis 5,0 cm	Tischtennisball, Hühnerei	60,1 g
Starkhagel	von 5,0 cm bis 7,0 cm	Billardkugel, Tennisball	164,9 g
Extremhagel (auch „Sehr großer Hagel")	von 7,0 cm bis 10,0 cm	Baseball, Apfel, Gänseei	480,6 g
Riesenhagel	von über 10,0 cm	Grapefruit, Mango, Handball, Volleyball	3845,2 g

4.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten

Die Erfassung der Messgrößen zum Hagel erfolgt seitens des DWD sowie durch andere öffentliche und private Institutionen.

Die Erfassung des Auftretens von Hagel erfolgt im DWD ausschließlich durch Augenbeobachtungen an den hauptamtlichen Wetterwarten und Flugwetterwarten sowie durch ehren-

amtliche Beobachter an den nebenamtlichen Stationen. Gemeldet wird das Auftreten von Hagel in der letzten Stunde sowie einmal täglich zusammenfassend das Auftreten von Hagel in den letzten 24 Stunden. Diese Meldungen werden in einer Klimadatenbank archiviert und stehen für weitere Auswertungen zur Verfügung.

An den 17 Flugwetterwarten und den drei Wetterwarten an Regionalflughäfen erfolgen zusätzlich Hagelmeldungen in METAR und als SPECI (Sonderwettermeldungen für den Flugbetrieb), in denen der Hagel nur qualitativ in drei Klassen beschrieben wird („grain light, moderate, severe).

Keine dieser verbreiteten Meldungen enthält irgendwelche quantitative Größen zum Beispiel über die Größenverteilung der Hagelsteine oder Momente wie mittlere Größe, Impuls, Anzahl o.ä., die man zur Beschreibung der Wirkung des Hagels auf die Erdoberfläche oder auf einen Flugkörper verwenden könnte. Auch sind darin keine Angaben zur Fallgeschwindigkeit der Hagelkörner enthalten.

Darüber hinaus wird an den Wetterwarten die Hagelgröße ab Durchmesser von 5 mm dokumentiert. Diese Information bezieht sich aber nur auf einzelne Hagelsteine, die der Beobachter bzw. die Beobachterin auswählt. Diese schriftlich vorliegende Information wird jedoch nicht weiter systematisch ausgewertet. Ähnlich wird an den nebenamtlichen Stationen vorgegangen. Hier treten zusätzlich Probleme auf, dass die Ereignisse nur bei Anwesenheit der Beobachter erfasst werden und häufig Klassifizierungsfehler (Unterscheidung Hagel von Graupel) auftreten. (Auskunft des DWD)

Ein Methode zur Erfassung von Hagelereignissen und den zugehörigen Hagelkorngrößen sind Wetter-Radarmessungen mit Messintervallen von 5 bis 15 Minuten. „Aufgrund der Messmethode und der Anordnung kann auf die Größe und Intensität der konvektiven Umlagerung geschlossen werden, zudem auf das bodennahe Niederschlagsgeschehen.“ Hinzu gezogen werden teilweise Blitzortungsdaten, denn Blitzentladungen sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit Begleiter des Hagels, und Windfeldinformationen. Aufgrund der bei diesen Ereignissen oft auftretenden starken, böigen Winde fällt der Hagel häufig nicht vertikal zu Boden. Es wird nur dann von Hagel ausgegangen, wenn das bodennahe Radar hohe Signale zeigt, auch wenn in höheren Niveaus sehr starke Signale ausgegeben wurden. (Meteoarchiv 2009).

Aus dem Radarsignal, das aus einer Höhe von einem bis vier Kilometern empfangen wird, kann nicht zwangsläufig auf Hagel am Boden geschlossen werden. Denn nicht alle Hagelkörner, die sich in der Wolke gebildet haben, erreichen auch als Hagel den Boden, da ein Aufschmelzen beim Absinken der Körner ist in einer Gewitterzelle möglich ist. Somit ist auch bei der Radarmessung keine eindeutige Hagelbestimmung möglich. Die Radare geben somit eine prognostische Erfassung von möglichen Hagelereignissen und den zu erwartenden Zugbahnen.

Ein Verhältnis von Hagelerfassung durch die Radare zu Hagelfall auf dem Boden ist nicht bekannt.

Die wichtigsten physikalischen Größen im Zusammenhang mit Hagel und dem Schadensausmaß wurden von der Vereinigung der kantonalen Feuerversicherungen zusammengestellt:

Tabelle 4-2: Physikalische Größen für Hagel, gekürzt nach (VKF/AEAI 2007)

Formelzeichen	Einheit	Parameter
k	mm	Durchmesser Hagelkorn
γ	°	Einfallwinkel vertikal
φ	°	Einfallwinkel horizontal
α	°	Dachneigung
ρh	kg/m3	Dichte von Hageleis
vf	m/s	Vertikale Fallgeschwindigkeit Hagelkorn (ohne Windeinfluss)
vh	m/s	Horizontale Geschwindigkeit Hagelkorn infolge Windeinfluss
vw	m/s	Windgeschwindigkeit (Böen)
vfw	m/s	Fallgeschwindigkeit Hagelkorn mit Windeinfluss
vAS	m/s	Angenäherte kleinste Schädigungsgeschwindigkeit (Labor)
T	h	Hageldauer
a	m	Akkumulationshöhe
qa	N/m2	Auflast der Hagelablagerung
M	kg	Masse einer Einzellast
Ek	J	Kinetische Energie eines Hagelkorns
ET	J/m2	Totale kinetische Hagelenergie pro Teilfläche und Ereignis
WAS	J	Angenäherte kleinste Schädigungsarbeit (Labor)

4.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens

Hagel ist eine Begleiterscheinung von Gewittern.

Gewitter lassen sich drei Kategorien zuordnen: Einzellengewitter, Multizellengewitter und Superzellengewitter. Nur bei letzteren kommt es zur Ausbildung von Hagel. Die Superzelle bringt neben intensiven Niederschlägen in etwa 30 % der Ereignisse extreme Wettererscheinungen wie Hagel, Fallböen und Tornados. (Münchener Rück 2007)

Untersuchungen für Hagelereignisse in der Schweiz gehen von konkreten Hagelereignissen bei 10 % der Gewitter aus: „*Nur bei sehr starkem Aufwind von den Luftmassen können Hagelkörner in der Schwebe gehalten werden oder sogar aufgetrieben werden, daher entstehen nur bei etwa 10 Prozent aller Gewitter auch Hagel.*“ (PLANAT o. J.)

Die räumliche Ausdehnung eines Hagelzuges umfasste bei einem Ereignis in Bayern 1993 13.000 m^2. Diese Fläche war dreimal so groß wie die Fläche des Münchener Hagelereignisses. Schwere Hagelzüge können im Kerngebiet über 10 Kilometer Breite und mehrere hundert Kilometer Länge aufweisen (Münchener Rück 1999).

Hagel kann grundsätzlich überall auftreten, die verfügbaren Hagelkarten zeigen jedoch, dass es Regionen gibt, die deutlich häufiger von Hagelereignissen betroffen sind als andere Regionen. In Deutschland sind dies die Bereiche der Mittelgebirge und des Alpenvorlandes. Hier kommen orographische Einflüsse zum Tragen. „Bestimmte Geländeformen lenken die Windströmung so ab, dass sich atmosphärische Störungen verstärken.“ (KIT 2009) So tritt Hagel besonders häufig an der Wind zugewandten Seite von Bergrücken auf (z. B. im Voralpenraum) (PLANAT o. J.).

„Vor Anhöhen, besonders vor Waldrändern, kann sich der Hagel stauen. Dort kommt es dann zu besonders hohem Schaden. Umgekehrt vermögen Bodenerhebungen, Waldfronten oder sogar Gebäude an der wetterabgewandten Seite Schaden mindernd zu wirken.“ (Lindloff 2003, S. 19/20)

An den deutschen Küsten treten im Unterschied zu den anderen Regionen Deutschlands vergleichsweise wenige Hagelereignisse auf.

Gesicherte Erkenntnisse dazu, ob Hagel durch die Klimaveränderung häufiger und/oder mit steigender Intensität auftritt, gibt es derzeit nicht, wenngleich vielfach von der Zunahme und steigenden Gefahr durch Hagel(stürme) berichtet wird (vgl. Lateltin; Jordi 2008). Die neusten Klimaberichte machen keine Angaben über die aktuelle und die zukünftige Entwicklung des Auftretens von Hagelereignissen (vgl. hierzu Kapitel 4.1.2 zu den Problemen der Erfassung von Hagel). Fest steht jedoch, dass die Großwetterlagen, die in der Schweiz extreme Hagelereignisse verursachen, zugenommen haben (Schiesser 2008).

Untersuchungen für Baden-Württemberg haben ergeben, dass das Gewitterpotential dort zugenommen hat. Lag die Zahl der Tage mit Hagelschäden in Baden-Württemberg 1986 noch bei 5 Tagen, stieg sie bis 2004 auf 34 Tage an (KIT 2009).

Die Wiederkehrperiode des Münchener Hagelereignisses von 1984 gibt die Münchener Rück (1999) bezogen auf die betroffene Hagelfläche mit 10 bis 20 Jahren an. Laut Einschätzung der Schweizer Rück treten Hagelereignisse mit der meteorologischen Intensität des Münchener Ereignisses über Mitteleuropa „alle paar Jahre“ auf (Schweizer Rück 2005).

In Deutschland wird derzeit von etwa 80 bis 100 Hageltagen pro Jahr ausgegangen (Lindloff 2003).

Die Auflistung der Schadenereignisse infolge Sturm in Verbindung mit Hagel der Münchener Rück (1999) zeigt, dass Hagel zu jeder Jahreszeit auftreten kann. Der deutliche Schwerpunkt liegt zwischen Mai und August mit einem absoluten Maximum im Juli. Die neueren Daten der Münchener Rück bis einschließlich 2008 weisen zwei größere Hagelereignisse aus, die ebenfalls in den Sommermonaten liegen (August 2001 und Juli 2004) (Münchener Rück 2009).

Nach Lindloff (2003) und Deppen (2006) erfolgen die meisten Hagelfälle nachmittags. Etwa 70 % aller Hagelereignisse treten nach Einschätzung dieser Autoren zwischen 14 und 19 Uhr auf, ein zweites – aber deutlich geringeres - Maximum liegt in der Nacht.

Allgemein treten in den Regionen mit den häufigsten Gewittern auch die stärksten Ereignisse auf (Puskeiler 2009).

Tabelle 4-3: Hagel und Schadenscharakteristiken

Hageldauer	Potenziell betroffene Räume	Auftreten im Jahresverlauf	Häufigkeit von Schäden im Mittel
wenige Minuten bis etwa 30 Minuten	Überall möglich, Gefährdungszunahme allgemein von Nordost nach Südwest, kleinräumig bis zu Gebieten von 10 Kilometer Breite und mehreren hundert Kilometern Länge	Überwiegend Sommerhalbjahr (Mai bis August)	jährlich

Im Rahmen des Projektes HARIS-CC (Hail Risk and Climate Change) des Karlsruher Institutes für Technologie wird das Themenfeld Hagel für Baden-Württemberg detailliert untersucht, sodass für dieses Bundesland im Vergleich zu den übrigen Ländern eine deutlich bessere

Datenlage vorhanden ist. Da diese Datenbasis in absehbarer Zeit aber nicht für ganz Deutschland zur Verfügung stehen wird, wird dieser Ansatz in diesem Vorhaben nicht weiter verfolgt.

4.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren

Gebäudeschäden durch Hagelkörner können die Gebäudeaußenhülle, also die Dach- und Fassadenelemente betreffen. Insbesondere Materialien wie einige Kunststoffe, Bleche, dünnere Ziegel und Bauelemente wie Außendämmungen, Beschattungselemente, Dachfenster und Solaranlagen sind schadensanfällig.

Zum Schadensbild des Hagels zählen ästhetische Schäden wie Dellen auf den Dach- und Fassadenelementen, Beschädigung von Anstrichen oder Absplitterungen auf Tonziegeln, aber auch funktionelle Schäden wie Beschädigungen die die Wasserdichtheit, die Lichtdurchlässigkeit, die Lichtabschirmung oder die Mechanik betreffen.

Neben den Schäden, die durch die Hagelkörner selbst ausgelöst werden, kann es bei den Gebäuden auch zu verschiedenen Folgeschäden kommen:

- Durch die von Hagelkörnern zerstörten Dächer oder Fenster kann der in die Gebäude eintretende möglicherweise begleitende Starkregen zu weiteren großen Folgeschäden führen.
- In manchen Fällen führen Hagelkörner zur Verstopfung von Ableitungssystemen (durch die Hagelkörner selbst oder durch Blätter und Zweige, die vom Hagel abgerissen wurden), als Folge davon kann es zu Oberflächenabfluss und daraus resultierender Überflutung kommen. Im Extremfall kann der Hagel so dicht fallen, dass der Boden mit einer dicken, geschlossenen Eisschicht bedeckt ist.“ (Lindloff 2003, S. 20)
- Bei auf Dächern akkumuliertem Hagel besteht die Gefahr des Abrutschens ähnlich wie bei Schnee.
- Weiterhin kann der Dachabfluss insbesondere bei flach geneigten Dächern behindert werden und infolgedessen kann es zum Einstau des Daches kommen.

Wichtig für das Ausmaß des Schadens ist neben der Größe, das Volumen (absolutes Gewicht und Dichte) und die Form des Hagelkorns. Je größer, schwerer, härter und unrunder die Form des Hagels ist, desto mehr Schaden kann angerichtet werden. Hinzu kommen die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung, die Aufprallenergie und Aufprallwinkel bestimmen.

Der Einfallwinkel bestimmt die Intensität der Einwirkung. Bei senkrechtem Aufprall ist die Belastung am größten. Während eines Ereignisses können sich die Einfallrichtung und der Einfallwinkel verändern (VKF/AEAI 2007).

Wird Hagel von Sturmböen begleitet, können sich die vertikale und insbesondere auch die horizontale Geschwindigkeit der Körner erhöhen. Die Folge: Die Schäden an senkrechten Flächen (Wände, Fenster) nehmen deutlich zu.

Die Münchener Rück (1999) gibt die Anzahl der Hagelereignisse an allen Wetter- und Naturkatastrophen in Deutschland mit 8 % an. Betrachtet man den volkswirtschaftlichen Schaden, liegt der prozentuale Anteil bei ca. 15 % der Gesamtschäden. Bei den versicherten Schäden beträgt der Anteil der Hagelschäden ca. 20 %, in Süddeutschland erreicht er bis zu 25 % aller versicherten Schäden. Nur die Schadenssummen infolge der Winter- und Herbststürme, die weitaus größere Flächen betreffen, liegen noch höher (Kunz u. a. o. J.; Münchener Rück 1999).

„Hagelschäden verursachen in Baden-Württemberg inzwischen 38 Prozent der Gebäudeschäden, die von Versicherungen getragen werden müssen - die Hauptursache vor Überflutungen und Feuer. Das kostet die Branche immerhin 45 Millionen Euro“ (FR-online 2009).

Für die Schweiz gibt es Untersuchungen zur Betroffenheit der verschiedenen Gebäudezwecke. Bürogebäude betreffen demnach 3 % der gemeldeten Schäden, finanziell machen diese 3 % jedoch 12 % aus (Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007).

Das größte Hagelschadenereignis weltweit war das Münchener Hagelunwetter von 1984. Der Hagelstrich erstreckte sich über 150 km Länge und 20 km Breite. Innerhalb von 20 Minuten wurden etwa 300 Personen verletzt, 230.000 Autos demoliert (240.000 laut Münchener Rück1999) und 70.000 Gebäude beschädigt. Die Hagelkörner hatten eine Größe bis über 9 cm Durchmesser und die Aufprallgeschwindigkeit betrug 150 km/h. Der volkswirtschaftliche Gesamtschaden betrug umgerechnet 1,5 Mrd. Euro (Schweizerische Rück 2005; Münchener Rück 1999).

Die folgende Tabelle verdeutlicht, dass die Schädigung von Gebäuden ab einem Hagelkorndurchmesser von etwa 4 cm beginnt und Schädigungen an Autos und in der Landwirtschaft bereits ab ca. 2 cm auftreten können.

Tabelle 4-4: Größe des Hagels und typische Schadenwirkungen von Hagelkörnern (Münchener Rück 2007)

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

Versicherte Objekte sind gegenüber Sturm- und Unwetterereignissen in den vergangenen Jahren in den Ländern Mitteleuropas, in denen detaillierte Schadeninformationen von Großereignissen vorliegen, tendenziell anfälliger geworden (Verhältnis von Schaden zu Versicherungssumme). Dafür gibt es unter anderem folgende Gründe:

- Bauliche Veränderungen (Anbauten, Detailausführung und Wartungszustand von Dächern und Fenstern)
- Anwendung neuer – teils experimenteller - Baumaterialien, bei denen in vielen Fällen von geringem Hagelwiderstand auszugehen ist, zum Beispiel bei Medienfassaden und nanotechnischen Beschichtungen, aber auch bei Metall-, Glas- und Kunststofffassaden, Wärmedämmung
- Art, Alter, Höhe und Zustand des Baumbestands in der Umgebung von Gebäuden

- Ausweitung des Deckungsumfangs (z. B. Einschluss von Schäden an Zäunen und Gartenanlagen, Aufräumungskosten)
- Regulierungspraxis der Versicherer in einem veränderten Wettbewerbsumfeld

Der allgemein dokumentierte Anstieg der Hagelschadenfälle basiert einerseits auf der Zunahme der Hagelstürme großer Intensität, andererseits auf den Einsatz hagelempfindlicherer Materialien in der Baupraxis (Lateltin; Jordi 2008).

4.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden

4.2.1 Gefährdung

Die Gefährdung eines Gebäudes wird aus meteorologischer Sicht durch die Intensität des Hagelgewitters und die Auftretenshäufigkeit bestimmt. Zur Bestimmung der Intensität gibt es verschiedene Ansätze. Zu den Charakteristika zur Bestimmung der Intensität zählen z. B. :

- die Anzahl der Hagelkörner pro Quadratmeter
- die Größe und Dichte der Hagelkörner,
- die lokalen Windgeschwindigkeiten und
- die Geschwindigkeit der Hagelkörner beim Aufprall (Deppen 2006)

Der Hagelkorngröße kommt dabei die größte Bedeutung zu. Hagelkörner von der Größe einer Walnuss würden bei geringer Windgeschwindigkeit vermutlich keine Schäden an Gebäuden hervorrufen. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit werden aber Fensterscheiben zerschlagen, es wird von der 5-fachen Schadenshöhe bei Ereignissen mit Wind ausgegangen (Deppen 2006).

Die Intensität kann auch mithilfe der kinetischen Hagelenergie bestimmt werden, die sich aus der Anzahl der Hagelkörner pro Quadratmeter, ihren Durchmesser und ihre Fallgeschwindigkeit errechnen lässt.

Die folgende Tabelle zeigt, dass die kinetische Energie gegenüber der Endgeschwindigkeit deutlich stärker ansteigt.

Tabelle 4-5: Hagelkorndurchmesser, Endgeschwindigkeit und Kinetische Energie (Quelle: VKF/AEAI 2007)

Durchmesser Hagelkorn in mm	Endgeschwindigkeit v in km/h	Kinetische Energie E in Joule
30	86,0	3,5
40	99,0	11,1
50	110,9	27,0
60	121,3	56,0

Einen gewissen – in der Literatur unterschiedlich stark bewerteten Einfluss auf die Hagelgefährdung hat die Windexponiertheit des Gebäudes. Während eines Hagelereignisses können sich die Einfallrichtung und der Einfallwinkel ändern. Im Extremfall ist eine allseitige Einwirkung auf Fassade und Dach möglich (VKF/AEAI 2007). Ein freistehendes Gebäude auf einer Anhöhe ist insgesamt schadensanfälliger als ein Gebäude im dicht bebauten Bereich.

Eine eindeutige „Wetterseite“ im Sinne einer gehäuft vorkommenden Windrichtung bei Hagelereignissen ist nach Auskunft des DWD derzeit nicht bekannt.

4.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften

Neben den meteorologisch bedingten Faktoren sind folgende Kriterien für die Ausmaße des Schadens an Gebäuden maßgeblich (Deppen 2006):

- Aufprallort am Gebäude
- Konstruktion des Gebäudeteils
- Material der Aufprallstelle
- Dicke des Materials an der Aufprallstelle

Aufgrund der in Mitteleuropa bisher vorherrschenden Massivbauweise sind strukturelle Schäden an Gebäuden auch bei hohen Windgeschwindigkeiten die Ausnahme. Gleiches gilt für die Auswirkungen von Blitz- und Hagelschlägen. Überwiegend dominieren Schäden an den Gebäudehüllen, also Dächern, Fenstern und peripheren Installationen.

Wie die Schweizer Kantonale Gebäudeversicherung mitteilt, werden vor allem bei Büro- und Verwaltungsgebäuden hagelempfindlichere Materialien eingesetzt als noch vor 50 Jahren, insbesondere durch die Sonnenschutzsysteme zur Beschattung der weitaus großflächigeren Glasflächen (Egli; Stucki 2008).

Die Schadensanfälligkeit ist abhängig von der Materialwahl am Gebäude. In der Schweiz wurde eine Online-Plattform „Schweizer Hagelschutz-Register“ entwickelt, in der eine Klassifizierung von Bauprodukten der Gebäudehülle in Bezug auf ihren Hagelwiderstand vorgenommen wird.

Als risikoreiche, also hagelschadenanfällige Gebäudematerialien und Gebäudeteile gelten allgemein:

- Sonnenschutzelemente, wie Raffstores, Rollläden etc.
- Medienfassaden, Membrane und nanotechnische Beschichtungen
- Metall- und teilweise Kunststoffelemente

Bürogebäude betreffen 3 % der gemeldeten Schäden, betrachtet man den finanziellen Gesamtschaden, so liegt ihr Anteil jedoch bereits bei 12 %. Eine andere Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass in 78 % der Schadenfälle Raffstores und Rollläden durch Hagel beschädigt wurden. Der finanzielle Anteil beträgt hier sogar 85 %. (Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007, S. 189).

4.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus

4.2.3.1 Standort

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort.

Informationen zur lokalen Hagelgefährdung können der im Kapitel 4.3 vorgestellten Hagelzonenkarte entnommen werden. Die Karte zeigt, dass die Hagelgefährdung in Deutschland allgemein von Nordost nach Südwest zunimmt. Weitere, individuelle Auskünfte können bei

der jeweiligen Stadt, den regionalen Wetterdiensten und den Gebäudeversicherern erfragt werden, denn die Hagelzonenkarte kann nur Hinweise auf eine grobe Einschätzung der Gefährdung geben. Für Südwestdeutschland liegen beispielsweise detailliertere Daten des KIT vor, die zeigen, dass in Südwestdeutschland die Intensität und Häufigkeit der Hagelereignisse stark gegliedert, das heißt stark unterschiedlich ist, im Gegensatz zur Zonenbildung wie sie auf der Hagelzonenkarte der Münchener Rück dargestellt ist.

In kleinklimatischer Hinsicht gelten die folgenden Gebäudestandorte besonders hagelgefährdet:

- Nicht wind- und wettergeschützte Lagen, dazu zählen allgemein
  - Einzeln stehende Gebäude
  - Einzelbauten, die aus der geschlossenen Bebauung herausragen
  - Einzelbauten mit größere Ausdehnung bzw. großer Dachfläche, die in gelockerter Bauweise stehen
  - Bauwerke in exponierter Lage: Höhenlagen (Anhöhen, Bergkuppen), Hanglagen, Lage an der See oder auf freien Flächen, Lage quer zur Windrichtung, Düsenwirkung von Bebauung sowie
- Gebäude mit unmittelbar angrenzendem Baumbestand, wegen der Gefahr, dass hagelgeschädigte Bäume umkippen und das Gebäude beschädigen.

Die kleinklimatische Situation kann durch das Zusammenwirken von Starkregen, Wind und Hagel zu einer erhöhten Gefährdung führen.

4.2.3.2 Planung

Planungs- und Bauausführungsfehler bei der Anwendung der üblichen – zumeist nicht hagelspezifischen – Vorschriften können im Hagelfall zu Gebäudeschäden führen.

4.2.3.3 Bauausführung

Während der Bauphase kann durch noch unverschlossene Gebäudeöffnungen Hagel ins Gebäudeinnere eindringen und dort Schäden durch Vernässung und durch den Hagelkornaufprall verursachen.

Eine mangelhafte bzw. nicht fachgemäße Ausführung der Dachhaut und der Wandverkleidungen kann im Hagelfall Schäden bedingen bzw. diese verstärken.

4.2.3.4 Nutzung

In der Nutzungsphase ist die Höhe eines möglichen Schadens in der Regel am größten, da neben dem Gebäude selbst auch die Einrichtungen zum Schadenspotenzial beitragen können.

Durch die Nutzung selbst kann die Vulnerabilität des Gebäudes erhöht bzw. die Widerstandfähigkeit herabgesetzt werden. Geöffnete Fenster, heruntergelassenen Raffstore und Ähnliches erhöhen die Verletzbarkeit während der Nutzungsphase.

Für die Nutzer kann sich eine Gefährdung sowohl im als auch außerhalb des Gebäudes ergeben, wenn beispielsweise Fenster zu Bruch gehen oder das Dach beschädigt wird.

Als Vorkehrungen bei Hagelereignissen sind vergleichbare Maßnahmen wie bei Starkregen und Sturm sinnvoll (siehe dort), beides Wettererscheinungen, die Hagelereignisse häufig begleiten.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe hat eine Selbstschutz-Information zu Unwetter mit Zusatzhinweisen zu Hagel- und Wirbelstürmen herausgegeben. Darin wird empfohlen, zusätzlich zu den Türen und Fenstern auch Rollläden oder Fensterläden zu schließen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2007). Beim Verlassen des Hauses sollten zudem die Stores hochgezogen und Markisen eingefahren werden (VKF/AEAI 2007).

Bei allen Sicherungsaktionen im möglichen Schadensfall (wie Freilegen verstopfter Entwässerungsanlagen oder behelfsmäßige Abdichtung beschädigter Fenster und Dächer) sollte die mögliche Gefahr für das eigene Leben unbedingt beachtet werden!

Die Gefahr für die Nutzer kann durch Regelungen zu Warnung, Sicherungsmaßnahmen und Räumung der gefährdeten Gebäudeteile vermindert werden (vgl. Kap.4.5.4). Normativ sind diese nicht vorgesehen. Die allgemeine Verkehrssicherungspflicht (s. Kap. 4.2.3.5) ist zu beachten.

4.2.3.5 Wartung

Eine unzureichende Wartung der Dachhaut und der Wandverkleidungen kann im Ereignisfall bei Vorschädigung eine wichtige Ursache für Gebäudeschäden durch Hagel darstellen. Umgekehrt bietet ein gut unterhaltenes Gebäude möglichen Beschädigungen durch Hagel weniger Angriffsflächen.

Bezüglich der Erfordernis der Wartung gelten - abgesehen vom dem Eigeninteresse des Eigentümers, Schäden zu vermeiden - im Besonderen die Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht. Unterlassene Wartungsarbeiten, die Personen- oder Eigentumsschäden auslösen, können sogar strafrechtliche Konsequenzen haben.

4.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

Hagel ist ein schwer zu erfassendes Wetterphänomen. Die Darstellung der Gefahr in aktuellen, ganz Deutschland erfassenden Karten erfolgt daher erst seit wenigen Jahren, maßgeblich ermöglicht durch die zunehmende Erfassung der Wetterdaten durch Radare.

Es gibt vier verschiedene Quellen für die Darstellung von Hagelgefahren bzw. Risikokarten. Allen gemeinsam ist als Datengrundlage die Verschneidung der meteorologischen Daten mit Versicherungsschadensdaten. Diese Einbindung der versicherungseigenen Daten führt dazu, dass die Versicherungsgesellschaften die Verfügbarkeit und Nutzung dieser Karten bzw. der den Karten zugrunde liegenden Daten beschränken und diese somit für dieses Vorhaben nicht frei verfügbar sind.

Tabelle 4-6: Darstellung von Hagelgefahren- und -risikokarten in Deutschland

Herausgeber	Kartentitel	Anzahl der Einstufungen	Veröffent-lichungsjahr
Münchener Rückversi-cherungs-Gesellschaft	Häufigkeit und Intensität von Ha-gelschlägen	6	2009
Schweizerische Rück-versicherungs-Gesellschaft (Schweizer Rück)	Generalisierte Hagelgefährdung	5	2005
Risk Management Solutions Inc. (RMS)	Hagelrisiko in Europa	10	2007
Bayer Crop-science	Hagelschlagrisiko in Deutschland nach Schadensätzen Risikostatistik Hagel 1980 - 1998	10	ca. 1999

Die vier Karten unterscheiden sich in ihren Aussagen im Detail, die Tendenz der Gefahrenzunahme von Nord nach Süd wird jedoch in allen Darstellungen deutlich.

Die Karte der Bayer Crop-science war wegen der im Vergleich mit den anderen Karten nicht mehr aktuellen Datengrundlage für die weitere Verarbeitung im Vorhaben nicht geeignet.

Zu den Herausgebern der anderen drei Karten wurde Kontakt aufgenommen und es wurden Hintergrundinformationen und Verfügbarkeit der Karten erfragt.

Es zeigte sich, dass die zugrunde liegenden Versicherungsdaten der RMS die der Schweizer Rück sind. Somit stehen de facto nur noch 2 Datenbasen zur Verfügung, die der 2 großen Rückversicherungsgesellschaften.

In diesem Vorhaben wird im Weiteren die im Vergleich aktuellere Karte der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft verwendet (Münchener Rück 2009).

Die Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft veröffentlichte 2009 auf einer frei verkäuflichen interaktiven DVD eine Hagelkartendarstellung für die ganze Welt. In Abhängigkeit von Häufigkeit und Intensität wird die Hagelgefährdung in insgesamt 6 Zonen unterteilt, wobei Zone 1 einer geringen, Zone 6 einer hohen Gefährdung entspricht. Die konkreten wertmäßigen Abstufungen der Zonierung sind nicht bekannt. Gemäß Glossar werden als Hagel alle schalig aufgebauten Eiskörper von mindestens 5 mm Durchmesser erfasst.

Es handelt sich folglich lediglich um eine qualitative Aussage zur weltweiten Hagelgefährdung, eine exakte Quantifizierung und Benennung von Wiederkehrperioden und Hagelkorngrößen ist damit nicht verfügbar. Die Daten sind nicht Verwaltungseinheiten zugeordnet.

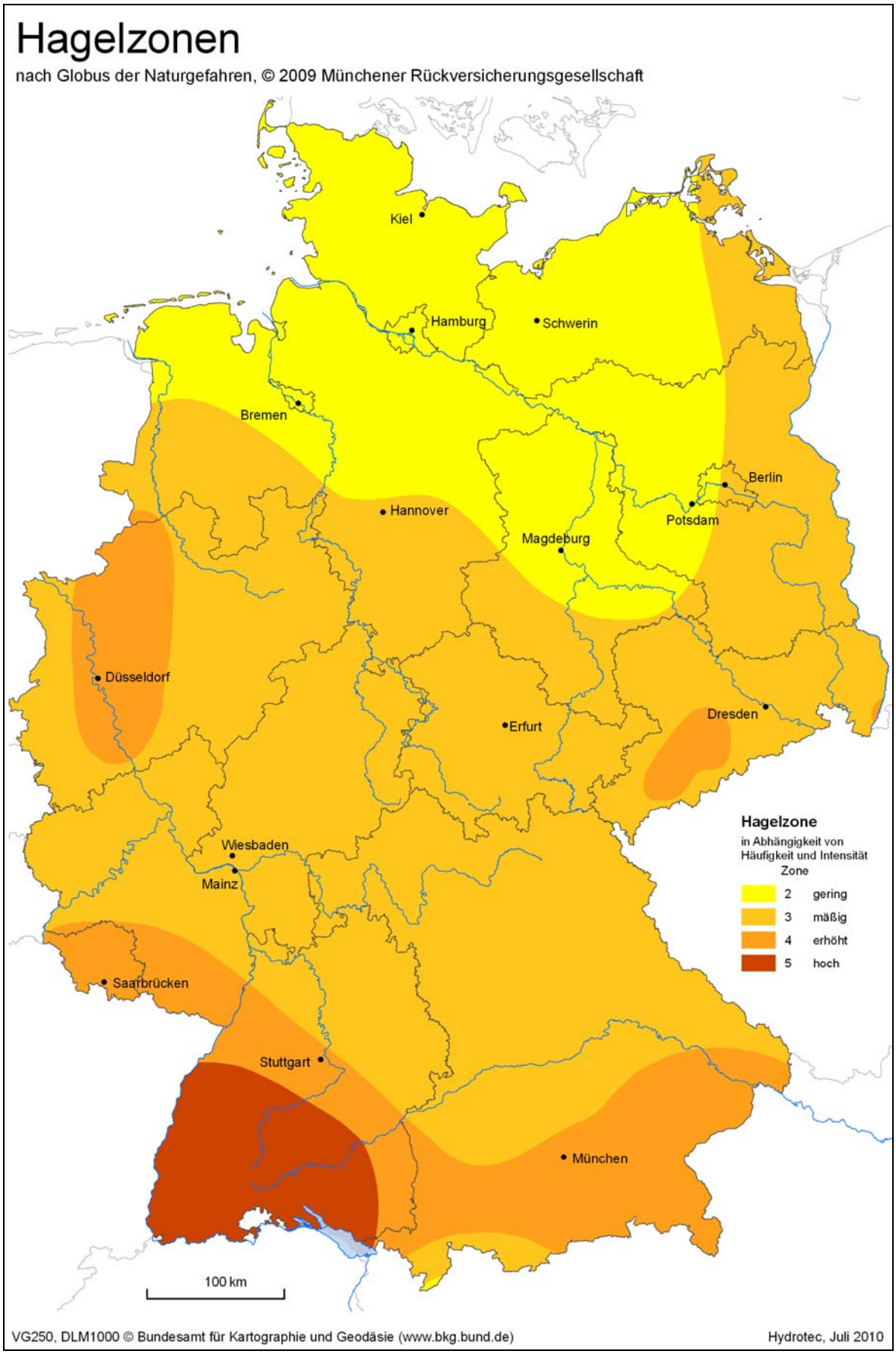


Abbildung 4-1: Hagelzonen nach Münchener Rück 2009

In Deutschland sind nur die Zonen 2 bis 5 vertreten. Die auf Deutschland gezoomte Karte zeigt, dass die Hagelgefährdung in Deutschland tendenziell von Nord nach Süd zunimmt mit einer zu beobachtenden Verstärkung zum Westen hin. Im Norden wird die Gefährdung Zone 2 zugeordnet, es folgt ein breites Band von Zone 3 und geht im Süden in Zone 4 über. Abweichend von diesen Zonierungsbändern gibt es innerhalb Zone 3 zwei Zellen der Zone 4:

- im Westen zwischen Bad Bentheim im Norden (nordöstlich von Enschede), Hagen im Osten, Bonn im Süden und Krefeld im Westen mit einer Erstreckung von etwa 185 km in Nord-Süd-Richtung und 80 km in West-Ost-Richtung und
- eine deutlich kleinere Zelle im Osten um die Stadt Chemnitz herum mit einer maximalen West-Ost-Erstreckung von ca. 80 km und einer maximalen Nord-Süd-Ausdehnung von 80 km.

Die höchste Gefährdungszone 5 betrifft den südwestlichsten Bereich Deutschlands. Dieses Gebiet ist etwa 120 km mal 120 km groß, und geht dann in die Nachbarländer über. Diese Fläche kann wie folgt abgegrenzt werden: im Norden liegt die Grenze südlich von Baden-Baden, im Osten inkl. Tübingen sowie Lindau und im Süden und Westen entspricht sie der jeweiligen schweizerischen und französischen Grenze.

Eine Nachfrage bei der Münchener Rück ergab die folgenden Konkretisierungen:

Die Hagelkarte basiert auf einem globalen Ansatz. Dabei sind neben meteorologischen Kenngrößen, wie Temperatur und Niederschlag, auch aus Satellitendaten abgeleitete Parameter, wie die Höhe der Landoberfläche mit in die Berechnung eingegangen. Regionale Anpassungen wurden durch die langjährige Erfahrung der Münchener Rückversicherung vorgenommen. Da die Hagelkarte vor allem von sekundären Parametern abgeleitet wurde, wird mit der Klassifizierung lediglich eine qualitative Aussage getroffen. Die Daten werden nur über die DVD herausgegeben.

4.4 Schutzziele bezüglich des Risikos

4.4.1 Normanforderungen

In Deutschland gibt es die DIN EN 13583, die sich mit der Bestimmung des Hagelwiderstandes von Abdichtungsbahnen (Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen) für Dachabdichtungen befasst, Stand November 2001. Diese DIN beschreibt das Prüfverfahren zur Bestimmung des Widerstandes der Dachabdichtungsbahnen durch eine Perforationsprüfung mithilfe von simuliertem Hagelschlag. Der Widerstand gegen Hagelschlag wird als Schädigungsgeschwindigkeit v_s in m/s angegeben, bei der bei mindestens 5 Proben eine Perforierung der Abdichtungsbahn erfolgt.

Für Solarkollektoren sind die Mindestanforderungen zum Hagelwiderstand in der DIN EN 12975-2 von Juni 2006: „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren – Teil 2: Prüfverfahren“ festgeschrieben. Die Prüfverfahren im Hagel-Normenbereich nach DIN EN 12975-2 gehen von Hagelgrößen nach DIN aus: Entweder Hagelklasse 2.5 (d. h. Durchmesser 2,5 cm, Aufprallgeschwindigkeit 23,0 m/s) oder Hagelklasse 3.5 (d. h. Durchmesser 3,5 cm, Aufprallgeschwindigkeit 27,2 m/s). Handelsgängige Photovoltaik-Anlagen erfüllen die DIN-Klasse 2,5. m. (Ob sie auch die Schweizer Hagelwiderstandsnorm 3 erfüllt ist unklar, da eine solche Prüfung bis heute nicht möglich ist.) (Vgl. Kapitel 4.5)

Für den Umgang mit der Gefährdung durch Hagel sind nach vorliegenden Informationen in Deutschland keine weiteren rechtlich-normativen Regelungen bekannt. Eine Nachfrage bei

der Dachdeckerinnung Aachen bestätigte, dass es für Hagelereignisse für Dachdecker in Deutschland keine speziellen zu berücksichtigenden Fachregeln gibt.

Einige Regelungen, die in diesem Vorhaben zu den anderen Naturgefahren aufgeführt werden, sind auch im Bereich Hagel von Belang. Zum einen, weil diese Gefahren als mögliche Begleiterscheinungen des Wetterphänomens Hagel auftreten, zum anderen, weil durch den Hagel vergleichbare Belastungen auftreten können, wie beispielsweise bei Schnee (Hagelauflast auf dem Gebäude) und bei Hochwasser (Verstopfung von Entwässerungsanlagen durch Hagel).

4.4.2 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Hagel

Neben den genannten Normanforderungen sind die verschiedenen Regelwerke der beteiligten Fachhandwerke, die in den Kapiteln zu Schnee und Starkregen aufgeführt werden, zu beachten.

4.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

Das Schadensminderungspotenzial durch Objektschutz bei bestehenden Gebäuden liegt nach Egli (2008) bei Hagel zwischen 25 und 100 %. Wenn folglich bei Neubauten, die Hagelwiderstandsfähigkeit durch die Wahl des Baumaterials angemessen berücksichtigt wird, kann die Gebäudeverletzlichkeit gegenüber der Naturgefahr Hagel deutlich reduziert werden.

Es gibt drei Arten möglicher Schutzmaßnahmen bei Gebäuden:

- die Verstärkung des Dach- und Fassadenmaterials,
- die Abschirmung durch Schutzgitter, Dachüberstände etc. und
- organisatorische Maßnahmen, wie das Einziehen von Rollläden und dergleichen.

Die Schweizer Baunorm SIA 261/1 befasst sich mit der Einwirkung von Hagel auf Bauwerke und berücksichtigt die mechanische und thermische Belastung. In den letzten Jahren wurde der Hagelwiderstand von Bauelementen der Gebäudehülle systematisch bestimmt und in einem allgemein zugänglichen Hagelregister abgelegt. Die SIA-Normen sind zurzeit noch Empfehlungen. Die Festlegung der regionalen Hagelwiderstände als verbindliches Schutzziel für die Gebäudehüllen durch die kantonalen Baubehörden steht „unmittelbar“ bevor (Stand 4-08) (Lateltin; Jordi 2008). Die Schadenfreiheit der Gebäudehülle gegen ein 50jährliches Hagelereignis wird angestrebt (PLANAT 2009).

Im Elementarschutzregister Hagel werden 5 Hagelwiderstandsklassen definiert, in Abhängigkeit von der Korngröße. Die Klasseneinteilung der Materialien erfolgt in Bezug auf die Schadenfreiheit. Welche Funktion ein Bauteil hat (Wasserdichtheit, Aussehen etc.) und ab wann ein Bauteil als beschädigt gilt, wird in den Prüfbedingungen aufgezeigt.

In der Planung ist es folglich wünschenswert, die Hagelgefährdung durch die Auswahl entsprechend klassifizierter Materialien und konstruktiver Lösungen zu berücksichtigen, mit denen die Schlag- bzw. Bruchfestigkeit der Gebäudeaußenhülle erhöht werden kann.

Bei der Ermittlung des Hagelwiderstands der verschiedenen Materialien ist zusätzlich zu berücksichtigen, das neben der mechanischen Belastung durch Größe und Geschwindigkeit des Hagelkorns auch eine thermische Veränderung am Material eintritt, da durch die zunehmende Abkühlung die Elastizität des Materials sinkt.

Als nicht hagelfeste Materialien (und damit teilweise nicht versicherbar) gelten (u.a. Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007):

- dünne Raffstore, Lamellenstore, textile Sonnenstore und Rollladen,
- gewisse (dünne) Kunststoffe und (spröde) Kunststofffolien,
- Lichtkuppeln mit wenig widerstandsfähigem Glas oder Kunststoff,
- Medienfassaden, nanotechnische Beschichtungen und teilweise Membranfassaden,
- Bitumenschindeln,
- gewisse Nacktdächer (Flachdachaufbauten im Kompaktdachsystem ohne Nutz- und Schutzschicht) und
- abgespannte, ungeschützte Flachdächer.

Eine Zusammenstellung der Widerstandsfähigkeit der typischen Bauteile der Gebäudehüllen gegen Hagelschlag (HW) dokumentiert die folgende Tabelle aus dem Schweizer Elementarschutzregister Hagel. Es gibt insgesamt fünf Hagelwiderstandsklassen, 1 entspricht einem sehr geringen und 5 einem sehr hohen Hagelwiderstand. „Die Klassifizierung wurde aufgrund der kinetischen Energie eines Hagelkorns einer bestimmten Größe beim Auftreffen auf die Gebäudehülle vorgenommen: in die schwächste Klasse HW 1 werden beispielsweise Bauteile eingeordnet, die beim Aufprall eines Kornes mit 10 mm Durchmesser noch schadenfrei bleiben, bei einem 20 mm Korn aber beschädigt werden. [...] Die Hagelwiderstandsklasse definiert also die Energie, bei der das Bauteil noch schadenfrei bleibt.“ (Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007, S. 26)

Tabelle 4-7: Aufstellung der Bauteile mit der jeweiligen Funktion und HW-Klasse (Quelle: Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen 2007, S. 30, 31)

Bauteil-kategorie	Produkt		Dicke [mm]	Einsatz	Funktion	HW
Ziegel	Biberschwanz (Ton)	ohne Falz		Dach	Wasserdichtheit	4
					Aussehen	4
	Flachziegel (Ton)	mit Falz		Dach	Wasserdichtheit	4
					Aussehen	4
Rollladen	Hohlprofil (Metall)		0.45	Fassade	Aussehen	1
	Hohlprofil (Metall)	geschäumt	0.25	Fassade	Aussehen	1
	Hohlprofil (Metall)	Ganzmetall	0.9	Fassade	Aussehen	2
Raffstoren	Blech gefaltet (Metall)		0.45	Fassade	Aussehen	1
	Blech gebogen (Metall)		0.6	Fassade	Aussehen	1
Verglasung	Floatglas		4.0	Dach	Wasserdichtheit	5
	Drahtglas		7.0	Dach	Wasserdichtheit	3
	Einscheibensicherheitsglas (ESG)		6.0	Dach	Wasserdichtheit	5
	Verbundssicherheitsglas (VSG)		8.0	Dach	Wasserdichtheit	5
	Isolierglas		24.0	Fassade	Wasserdichtheit	5
Bleche	Abdeck	Kupfer	0.6	Dach	Aussehen	1
				Fassade	Aussehen	2
		Chromstahl verzinnt	0.5	Dach	Aussehen	2
				Fassade	Aussehen	2
		Kupfer-Titan-Zink	0.7	Dach	Aussehen	2
				Fassade	Aussehen	2
	Welle	Stahl verzinkt	0.7	Fassade	Aussehen	2
	Trapez	Aluminium	0.7	Fassade	Aussehen	1
Faser-zement-platten	Gewellt	unbeschichtet	5.5	Dach	Wasserdichtheit	4
					Aussehen	4
	Flach	lasierende Beschichtung	6.0	Fassade	Wasserdichtheit	5
					Aussehen	5
Putz auf Ausserwärme-dämmung	Kunststoffputz auf EPS			Fassade	Wasserdichtheit	3
					Aussehen	3
	Silikatputz auf Mineralwolle			Fassade	Wasserdichtheit	3
					Aussehen	3
	Kunststoffputz auf Mineralwolle			Fassade	Wasserdichtheit	4
					Aussehen	4
Holzbretter	Lärche	unbeschichtet gehobelt	25.0	Fassade	Aussehen	2
		unbeschichtet sägerau	25.0	Fassade	Aussehen	2
		beschichtet gehobelt	25.0	Fassade	Aussehen	1
		beschichtet sägerau	25.0	Fassade	Aussehen	2
	Fichte	unbeschichtet gehobelt	25.0	Fassade	Aussehen	2
		unbeschichtet sägerau	25.0	Fassade	Aussehen	2
		beschichtet gehobelt	25.0	Fassade	Aussehen	2
		beschichtet sägerau	25.0	Fassade	Aussehen	2

Bauteil-kategorie	Produkt		Dicke [mm]	Einsatz	Funktion	HW
Dichtungsbahnen	Polyvinylchlorid, weichgemacht (PVC – P)	starr	1.5	Dach	Wasserdichtheit	5
		flexibel	1.5	Dach	Wasserdichtheit	5
	Thermoplastische Polyolefine (TPO)	starr	1.6	Dach	Wasserdichtheit	5
		flexibel	1.6	Dach	Wasserdichtheit	5
	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)	starr	1.5	Dach	Wasserdichtheit	5
		flexibel	1.5	Dach	Wasserdichtheit	4
	Polymerbitumen-bahn SBS beschiefert	starr	5.2	Dach	Wasserdichtheit	5
		flexibel	5.2	Dach	Wasserdichtheit	4
	Polymerbitumen-bahn SBS besandet	starr	3.7	Dach	Wasserdichtheit	5
		flexibel	3.7	Dach	Wasserdichtheit	4
Kunststoffplatten	Polymethylmethacrylat (PMMA)	normal, Platte	4	Dach	Wasserdichtheit	4*
					Lichtdurchlässigkeit	4*
		schlagzäh, Platte	4	Dach	Wasserdichtheit	5*
					Lichtdurchlässigkeit	4*
		schlagzäh, SDP 16		Dach	Wasserdichtheit	4*
					Lichtdurchlässigkeit	4*
		schlagzäh, S4P 32		Dach	Wasserdichtheit	4*
					Lichtdurchlässigkeit	3*
		schlagzäh WP 76/18	4	Dach	Wasserdichtheit	4*
				Fassade	Wasserdichtheit	3*
	Polycarbonat (PC)	Platte	4	Dach	Wasserdichtheit	5*
		S3P 16		Dach	Wasserdichtheit	5*
	Glasfaser verstärkter Kunststoff (GFK-UP)	Trapez	1.4	Dach	Wasserdichtheit	2*
					Aussehen	1*
				Fassade	Wasserdichtheit	3*
					Aussehen	1*
		Welle	1.4	Dach	Wasserdichtheit	3*
					Aussehen	1*
				Fassade	Wasserdichtheit	3*
					Aussehen	2*
		Strukturplatte	2.0	Dach	Aussehen	2*
		Flachplatte	5.0	Fassade	Wasserdichtheit	5*
					Aussehen	3*
Licht-Kuppel	Polymethylmethacrylat (PMMA), Aussen- und Innenschale		3.0/2.0	Dach	Wasserdichtheit	2*
	Polycarbonat (PC) Aussen-, PMMA Innen-schale		3.0/2.0	Dach	Wasserdichtheit	5*
					Aussehen	3*

* Diese Klassierung trifft nur für neue Materialien zu. Bei diesen Baustoffen vermindert sich der Hagelwiderstand massgeblich innerhalb weniger Jahre infolge natürlicher Bewitterung.

Die o. g. Einordnung in Widerstandsklassen entspricht Richtwerten für die Bauteilkategorie, die Werte variieren je nach Ausführung, Qualität und Hersteller.

Dieses Register wird noch weiter ausgebaut, zukünftig soll es auch Angaben zu Farben, Lasuren und Beschichtungen sowie Angaben zum Alterungsverhalten der Bauteile enthalten.

Eine Besonderheit bei unbehandeltem Holz ist, dass es nur die Hagelwiderstandsklasse 2 erreicht, der Schaden ist allerdings rein ästhetischer Natur und reguliert bzw. „heilt“ mit der Zeit von selbst.

In der Schweiz wurde eine Hagelschlagbeständigkeit von mehr als 17 m/s als Mindestanforderung für Neumaterial für Abdichtungen definiert (EN 13583/SIA 280). Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Alterungsverhalten ein wichtiger Einflussparameter ist und berücksichtigt werden muss. Aus diesen neueren Erkenntnissen resultiert die Forderung nach einem Hagelwiderstand mit einer Schädigungsgeschwindigkeit von mehr als 25 m/s. Dieser Wert entspricht der Hagelwiderstandsklasse (HW) 3. Im Gegensatz zu Dachbahnen gibt es derzeit noch keine verbindlichen Regelungen für andere Bauteile wie Lichtkuppeln, Oberlichter, Kollektoren, Antennen u.ä. Für diese wird in der Fachliteratur ebenfalls ein Widerstand von > 25 m/s gefordert. (RKW et al. 2007)

4.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition

Die (freiwillige) Standortprüfung beinhaltet die Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts anhand einer Hagelgefahrenkarte. In der Ausschreibung zum Gebäudeentwurf sollte die Einschätzung des Standortes in Bezug auf die Hagelgefährdung eingefordert werden. Auf eine der Gefährdung entsprechende hagelangepasste Konstruktion bzw. die Verwendung von Baustoffen und Bauteilen mit entsprechendem Hagelwiderstand muss in der Ausschreibung eindeutig hingewiesen werden. Ebenso sollte die einfache Austauschbarkeit der einzelnen Gebäudeteile bzw. -elemente im Schadensfall - je nach Gefährdung – berücksichtigt werden.

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn die Angaben der überregionalen Hagelgefahrenkarten mit standortbezogenen Untersuchungen abgesichert werden. Hierzu gehört neben der Ermittlung der Hagelgefährdung des künftigen Gebäudes auch die Erfassung der Windexposition des Standorts (im Sinne der Geländerauigkeit) – wenngleich letzteres aus der Sicht des Hagelwiderstandes wegen der turbulenten Windverhältnisse während eines Gewitters nur mit Einschränkungen aussagekräftig ist.

Konkrete Maßnahmen hierzu sind:

- Einholen ortsbezogener Informationen (Schadensfälle in der Vergangenheit, Messwerte, Erfahrungen der Behörden und Versicherer)
- Einholen eines ortsbezogenen Klimagutachtens

Die Untersuchungsergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren.

4.5.2 Planung

In der Planung kann auf die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes gegenüber Hagel positiv Einfluss genommen werden.

4.5.2.1 Genereller Entwurf

Bauvorsorge kann in der Phase des Entwurfs realisiert werden durch

- die Favorisierung eines Entwurfes mit einem möglichst geringen Anteil an frei zugänglicher Außenfläche im Verhältnis zum Raumvolumen,
- die Berücksichtigung der Reparaturfähigkeit der Gebäudeelemente,

- die Beachtung ausreichend erhöhter Gebäudeöffnungen gegenüber dem Umgebungsgelände,
- die Einsehbarkeit der Dachfläche und die Zugänglichkeit des Daches und der Entwässerungseinrichtungen
- Dachneigungen größer 5 % (bezogen auf den Aspekt der Entwässerung) und
- Vordächer, Dachüberstände und/oder Vergleichbares.

Nach VKF/AEAI (2007) sollte die Gebäudeausrichtung auf die Haupteinwirkung durch Hagel mit Sturm und Regen Rücksicht nehmen. Dies ist nach unseren Recherchen allerdings nur begrenzt erfolgversprechend, da während eines Hagelereignisses oftmals chaotische Windverhältnisse mit Windböen aus unterschiedlichen Richtungen herrschen, die den Hagel nicht nur von der „Wetterseite“ her an das Gebäude leiten. Nach VKF/AEAI (2007) sollen bei Neubauten in windgeschützten Lagen oder mit verhältnismäßig großen Dachüberständen ausschließlich hagelwiderstandsfähige **Dach**materialien verwendet werden, für andere Neubauten ausschließlich hagelwiderstandsfähige **Dach- und Fassaden**materialien.

4.5.2.2 Dach

Das Dach gilt als hagelempfindlichster Bereich des Gebäudes. Hier sollte vor allem entsprechend der Einstufung der Hagelgefahr laut Karte oder gemäß der nächsthöheren Einstufung durch die Verwendung resistenterer, in der Dicke verstärkter Materialien, die Verwendung von Hagelschutzgittern bzw. –netzen oder den Einsatz von Verschleißmaterialien Vorsorge für Dachhaut und Dachfenster getragen werden.

Weitere Faktoren, die die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes erhöhen – neben denen, die bereits den Entwurf betreffenden – sind:

- Gegen das Versagen und Verstopfen der Dachentwässerungsanlagen sollen Vorkehrungen getroffen werden.
  Für die Dach-, Balkon- und Platzentwässerungen sollten Entwässerungsabläufe mit großem Durchmesser und erhöhten Siebaufsätzen genutzt werden. Auch bei kleinen Dachflächen sind zwei Regenwassereinläufe einzubauen. Konstruktive Maßnahmen sollen der Verstopfungsgefahr der Entwässerungsöffnungen entgegen wirken.
- Für Solarkollektoren sind die Mindestanforderungen bezüglich des Hagelwiderstandes in EN 12975-2 festgehalten.
- Bei Flachdächern sollen die Dichtungsfalze über der obersten möglichen Staukote angebracht sein.
- Die Möglichkeit des Abrutschens von Hagelablagerungen vom Dach hin zu Flächen mit Personenverkehr sollte vermieden werden.

4.5.2.3 Wandsysteme und Fassade

Die Verwendung hagelresistenter Materialien der nächsthöheren Widerstandsklasse als laut Kartenzuordnung nötig wäre, erhöht die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes.

Weitere Maßnahmen zum hagelgerechten Bauen, die nicht bereits im Kapitel „Entwurf“ angesprochen wurden, sind:

- Vertikal gerichtete Holz-, Kunststoffplatten- und Blechverkleidungen sind unempfindlicher als horizontale. Bei horizontalen Holzverkleidungen gilt die Stülpschalung als unempfindlicher.

- Vordächer und Dachüberstände können die Fassade und Fenster vor direktem Hagelschlag (d. h. bei Hagel ohne Sturm) schützen. Insbesondere Blechfassaden können so zusätzlich geschützt werden.
- Die Anordnung von Storen und Rollläden hinter Glas stellt einen permanenten Objektschutz dar.
- Die geplante Kopplung von Außenstorenautomationen mit Hagelwarneinrichtungen ist zu empfehlen.
- Vordächer aus Glas sind bei Rahmenlagerung aus Verbundsicherheitsglas (VSG) und bei punktueller Lagerung aus Teilvorgespanntem Glas (TVG) zu errichten.
- Die Verwendung von Einscheibensicherheitsglas (ESG) für die äußere Fensterscheibe bietet eine hohe Sicherheit gegen Glasbruch infolge Hagelschlags.
- Der Hagelwiderstand des Putzes ist insbesondere bei Verwendung einer Außenisolation vom Hersteller nachzuweisen.
- Sowohl bei Bürogebäuden als auch – längerfristig – bei Wohngebäuden scheint sich durch die Entwicklung von Hightech-Gläsern mit integrierter Sonnenschutzfunktion eine Alternative zu Raffstoren zu entwickeln, welche die Verletzbarkeit der Gebäude reduzieren könnte.
- Bei der Planung des Fassadenaufbaus sollte auch die Reparaturfähigkeit bzw. Ersetzbarkeit der einzelnen Elemente bedacht werden (große Elemente, die nur während des Baus bzw. nur mit hohem Aufwand von außen eingesetzt werden können, sind weniger geeignet).

4.5.3 Nutzungsphase

Eine mindestens halbjährliche Prüfung bzw. die gezielte Prüfung nach Unwetterereignissen auf mögliche Beschädigungen bzw. Beeinträchtigungen in der Funktionsfähigkeit von Fenster, Dach und Fassade ist im Rahmen der Instandhaltung erforderlich, aber keine über die standardmäßige Wartung hinausgehenden Maßnahmen.

Einige Materialien, wie z. B. Dachhautabspannungen und Kunststoffelemente werden rein altersbedingt durch den Wettereinfluss mit der Zeit spröde, die Reißfestigkeit etc. nimmt ab und die Hagelempfindlichkeit nimmt damit zu. Hierauf ist ein besonderes Augenmerk zu richten. In gewissem Maße trägt die Einstufung dieser Materialien in die Hagelwiderstandsklassen diesem Aspekt aber bereits Rechnung.

Diese kritische Prüfung kann vom Besitzer oder von Fachfirmen (Dachhaut) bzw. Fachkundigen Personen durchgeführt werden (Wartungsvertrag Fachfirmen). Bei festgestellten Schäden sollte eine Ausbesserung der Schäden durch Fachfirmen vorgenommen werden. Die Wartung sollte dokumentiert werden.

4.5.4 Weitere (nicht bauliche) Maßnahmen zur Schadensverhinderung

Weitere Maßnahmen, die nicht die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes beeinflussen, also nicht die bautechnische Seite betreffen, aber Einfluss auf den möglichen Schaden nehmen, sind im Rahmen anderer Kriteriensteckbriefe, die den Betrieb bzw. die Bewirtschaftung des Gebäudes zum Inhalt haben, in Form von geeigneten Konzepten zu verankern. Hierzu zählen:

- die allgemeine regelmäßige Wartung des Gebäudes mit Kontrolle von Dach und Fassade bzw. die gezielte Kontrolle nach extremen Wetterereignissen (nicht nur Hagelereignissen),

- das Ergreifen von ggf. verbindlich vorgesehenen Hochwasserschutzmaßnahmen zum Verschließen von tiefliegenden Gebäudeöffnungen im möglichen hagelbedingten Überschwemmungsfall,
- die Auswertung von Warnungen und das Ergreifen temporärer Schutzmaßnahmen bei Verwendung von hagelempfindlichen Elementen (Hagelschutznetze, zusätzliches Verschleißmaterial),
  (Zu beachten ist hierbei, dass die Vorwarnzeit bei Gewittern vergleichsweise kurz ist. Zwischen dem Beginn der Gewitterentstehung und dem Eintritt des Hagelereignisses können weniger als 60 Minuten liegen.)
- die Kontrolle der möglichen Hagelakkumulationen auf dem Dach und die Veranlassung des Räumens, wenn die Akkumulation den Bemessungswert (für Schneelasten) zu überschreiten droht und
- die Vorkehrungen, die vor Schäden durch Abrutschen von Hagelablagerungen vom Gebäudedach schützen (z. B. die Sperrung abrutschungsgefährdeter Bereiche).

4.6 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk soll durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit und unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale eine weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Beim Anforderungsniveau wird die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks entsprechend der Exposition des Standorts definiert und festgelegt.

Die Einstufung der Exposition erfolgt entsprechend den Hagelzonen 2 bis 5 der Hagelkarte der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (2009).

Tabelle 4-8: Standortbewertung Hagel

Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
Einstufung nach Hagelzone gemäß Hagelkarte der Münchener Rück	Geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Farbgebung in der Karte	gelb	hellorange	dunkelorange und rot
Hagelzone	HZ 2	HZ 3	HZ 4 und HZ 5

Den Hagelzonen müssen für die Bewertung der Hagelwiderstandsfähigkeit Zielwerte zugeordnet werden. Eine solche Zuweisung liegt nicht vor. Deutschlandweit liegen keine Informationen zur Hagelintensität nach Hagelkorndurchmesser für verschiedene Wiederkehrperioden - vergleichbar mit den Schweizer Hagelkarten - vor.

In der Schweiz wird der 50-jährliche Hagel als Schutzziel angestrebt. Dies entspricht im ungünstigsten Fall einer Hagelkorngröße von 3 Zentimetern im Durchmesser bzw. der Hagelwiderstandsklasse 3. (Auf den Karten mit unterschiedlichen Wiederkehrperioden (bis 300-jährlich) wird maximal ein Hagelkorndurchmesser von 4 cm benannt.)

Die Hagelwiderstandsklasse 3 bedeutet, dass ein Bauteil beim Anprall eines Kornes mit einem Durchmesser von 40 mm beschädigt wird, bei 3-cm-Körnern jedoch noch schadenfrei bleibt. Der HW 3 entspricht in Worten einem „mittleren“ Widerstand.

Ausgehend davon, dass die Karte der Hagelzonen der Münchener Rück (2009) die Zonen grenzüberschreitend darstellt und in der Schweiz dieselben Zonen ausgewiesen werden, wie für Deutschland ist von ähnlichen Hagelkorngrößen und Wiederkehrperioden auszugehen. Diese Annahme bestätigt die Aussage, dass der Durchschnittshagel in Deutschland im Größenbereich von 1 bis 3 cm liegt (TSL 2005). (Der DWD gibt Unwetterwarnungen ab Hagelkorngrößen von 1,5 cm aus. Weitere Größenunterscheidungen werden nicht getroffen.)

Für Photovoltaik-Anlagen legt die DIN EN 12975-2 vergleichbare Werte mit Hageldurchmessern von 2,5 bzw. 3,5 cm fest. Handelsübliche Photovoltaik-Anlagen erfüllen die DIN-Klasse 2,5. Ob sie damit die Hagelwiderstandsnorm 3 der Schweiz erfüllen ist unklar (Gerber 2009), der Wert liegt aber in einer vergleichbaren Größenordnung. Vor diesem Hintergrund erscheint die hier angestrebte Hagelwiderstandsklasse 3 als Schutzziel für Hagelzone 5 vertretbar.

Tabelle 4-9: Zuordnung Hagelzonen zu Hagelwiderstandsklassen
(eingefärbt sind die in Deutschland zugewiesenen Hagelzonen)

Hagelzone (nach Münchener Rück 2009)	Vorgeschlagene Hagelwiderstandsklasse
1	-
2	HW 2
3	HW 2
4	HW 3
5	HW 3
6	-

Ein Neubau in Freiburg im Breisgau entspricht Hagelzone 5. Dort sollte folglich der Einbau von Dach- und Fassadenmaterialien vorgesehen werden, die mindestens Hagelwiderstandsklasse 3 zugeordnet werden. Zusätzlich sollte eine möglichst hohe Widerstandsfähigkeit durch weitere Maßnahmen erreicht werden, wie zum Beispiel die gesicherte Ableitung der Gebäudeentwässerung und die Lage der Gebäudeöffnungen mehr als 10 cm über Umgebungsgelände. Im Sinne eines möglichst weitreichenden Schutzes, der einen Sicherheitszuschlag im Hinblick auf den vermuteten Klimawandel einbezieht, ist die Verwendung von Materialien der Widerstandsklasse größer 3 denkbar, zumal wenn diese Maßnahme kostenneutral wäre.

Ein neues Bürogebäude an der westlichen Ostseeküste hingegen liegt in der nur gering gefährdeten Hagelzone 2. Materialien der Widerstandsklasse 2 für Dach und Fassade sowie eine gering gepunktete Maßnahme, wie die unkomplizierte Reparaturfähigkeit des Gebäudes, wären bereits ausreichend, um den Referenzwert zu erreichen.

Unabhängig von der Bauweise sind für den besten Hagelschutz vorrangig die folgenden Aspekte zu beachten:

- der Hagelwiderstand der verwendeten Materialien für Dach, Fenster und Fassaden,
- die Lage der Gebäudeöffnungen bezogen auf die umgebende Geländehöhe,
- die gesicherte Regenentwässerung und
- die Kontroll- und Wartungsfreundlichkeit des Daches.

Die folgende Tabelle zeigt die Bewertung der verschiedenen Gebäudegegebenheiten im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit gegen Hagel.

Tabelle 4-10: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Hagel

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Gebäude	Art der Bauweise A/V-Verhältnis (Relation von Gebäudehüllfläche zu umschlossenem Volumen)	bezogen auf das Raumvolumen verhältnismäßig große Außenflächen (stark gegliederte bzw. verschachtelte Form) A/V-Wert: > 0,7	0	bezogen auf das Raumvolumen im Vergleich zu kompakten Bauweise nur wenig vergrößerte Außenflächen A/V-Wert zwischen 0,7 und 0,5	5	kompakte Bauweise, gemeinsame Hauswand mit Grundstücksnachbar A/V-Wert < 0,5	10
	Reparaturfähigkeit der Gebäudeelemente	Ersetzbarkeit einzelner Elemente nicht gewährleistet (z. B. großdimensionierte Scheiben, die nur mit hohem Aufwand nach Gebäudefertigstellung ausgetauscht werden können)	0	Ersetzbarkeit einzelner Elemente mit größerem Aufwand gewährleistet	2,5	Ersetzbarkeit einzelner Elemente problemlos gewährleistet	5
	Einlaufhöhen in das Gebäude (Einfahrten und Öffnungen)	Öffnungen unterhalb Umgebungsgelände bzw. ebenerdig	0	Öffnungen unterhalb Umgebungsgelände aber hochwassersicherbar bzw. leicht erhöht bis 10 cm	2,5	Öffnungen deutlich oberhalb Umgebungsgelände, wenn nicht, dann aber mit verbindlich in der Planung geregelten Hochwasserschutzmaßnahmen Schwellenhöhe von mehr als 10 cm	5
Dach	Materialwahl für Dach und Dachfenster	weit überwiegender Flächenanteil hagelempfindlicher Materialien, d.h. < 75% hagelunempfindliche Materialien	0	zwischen 90 und unter 75 % hagelunempfindliche Materialien bzw. entsprechend geschützte Elemente	25	mehr als 90 % hagelunempfindliche Materialien oder geschützte Materialien (wie Gitter über Dachfenster oder Einsatz von zusätzlichem (doppeltem) Verschleißmaterial))	40
	Dachneigung	Flachdach oder Dachneigung < 5% , Dichtungsfalze unter oberster möglicher Staukote, keine Entwässerungsschutzvorrichtungen	0	Flachdach oder Dachneigung < 5% , Dichtungsfalze unter oberster möglicher Staukote aber Entwässerungsschutzvorrichtungen (bzw. umgekehrt), bzw. verschiedene Dachneigungen	2,5	Flachdach mit Entwässerungsschutzeinrichtungen, Kontrollmöglichkeit und Dichtungsfalze über oberster möglicher Staukote oder Dachneigung 5 % oder mehr und keine Entwässerung bei 2 Steildachflächen in einer Kehle	5
	Einsehbarkeit der Dachfläche bzw. Zugänglichkeit für Wartung und Reparatur	weniger als 50 % einsehbar, Zugang nur mithilfe von Spezialgerät (Feuerwehr)	0	50 - 80 % einsehbar, Zugang möglich	5	mehr als 80 % einsehbar, leichter Zugang	10
	Zugänglichkeit der Entwässerungseinrichtungen und Vorkehrungen gegen Versagen	Zugang schwierig (Entwässerungseinrichtung für weniger als 50 % der Entwässerungsflächen zugänglich) und nicht jederzeit möglich	0	die Entwässerungseinrichtungen für 50 - 80 % der Entwässerungsflächen sind zugänglich	5	jederzeit und vollständig zugänglich (Entwässerungseinrichtungen für mehr als 80 % der Entwässerungsflächen sind zugänglich), Vorrichtungen gegen Verstopfen (Schutzgitter, große Durchmesser, erhöhte Siebaufsätze) oder 2. Entwässerungssystem	10
Fassaden	Größe der Vordächer, Dachüberstände, angehängten Balkone, Auskragungen u. ä.	weniger als 50 % der Gebäudeseiten sind durch Überstände geschützt	0	insgesamt ca. 50 - 80 % der Gebäudeseiten durch Überstände geschützt	5	80 bis 100 % der Gebäudeseiten durch Überstände geschützt, Dachüberstand von mind. 50 cm auf der "Wetterseite"	10
	Fassadenelementausrichtung von Brettern und Platten etc.	horizontal ausgerichtete Elemente vorhanden	0	-	0	vertikal bzw. keine Materialien mit Ausrichtung vorhanden	5
	Materialwahl für Fenster und Fassade	großer Flächenanteil hagelempfindlicher Materialien, d. h. weniger als 20 % hagelunempfindliche Materialien, keine	0	zwischen 50 und 80 % hagelunempfindliche Materialien (insbes. Fenster hagelwiderstandsfähig) bzw.	17,5	mehr als 80 % hagelunempfindliche Materialien (oder windgeschützte Lage)	25

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
		windgeschützte Lage		windreduzierte Lage			
Warnung und Vorsorge	Auswertung von Warnungen und Ergreifen temporärer Schutzmaßnahmen bei Verwendung von hagelempfindlichen Elementen	in der Planung nicht vorgesehen bei gleichzeitiger Verwendung hagelempfindlicher Materialien	0	in der Planung vorgesehen bei Verwendung hagelempfindlicher Materialien	2,5	in der Planung verbindlich festgelegt oder Verwendung hagelresistenter Materialien	5
	Abrutschen von Hagelablagerungen vom Dach hin zu Flächen mit Personenverkehr	Dachneigung > 15 % und keine Schutzvorkehrungen	0	-	0	Dachneigung von 15 % oder weniger bzw. Flachdächer oder Rutschungsrichtung hin zu Flächen ohne Personengefährdung (Beete u.ä.) oder in der Planung verbindlich vorgesehene Schutzvorkehrungen	5
Summe			0		72,5		135

Die Zuordnung der erreichten Punkte aus der Kriterientabelle zum Zielwert in Abhängigkeit von der Hagelzone gibt Tabelle 4-11 wieder.

Tabelle 4-11: Anforderungsniveau Hagel

	Punkte	Einschätzung der Gefährdung		
		Geringe Gefährdung Hagelzone 2	Mittlere Gefährdung Hagelzone 3	Große Gefährdung Hagelzone 4 und 5
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenzwert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindestanforderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

Zwischenwerte werden linear interpoliert.

5 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Schnee/feuchte Winter

5.1 Kurzbeschreibung der Prozesse

5.1.1 Begriffsdefinitionen

Schnee ist laut DIN 4049-3 (1.1.1.8):

a) „Fester fallender Niederschlag in Form einzelner oder zusammenhängender Eiskristalle"

b) „Fester, auf der Erdoberfläche abgelagerter Niederschlag aus zusammenhängenden Eiskristallen, deren Gefüge im Porenraum Luft, Wasserdampf und gelegentlich flüssiges Wasser enthält".

Die Kristallform hängt hauptsächlich von der Temperatur sowie von dem Grad der Übersättigung des Wasserdampfes bei der Bildung ab. Bei Temperaturen um 0°C fällt Schnee meist in Form großer, lockerer Schneeflocken aus zusammengeketteten Kristallen (mehrere cm Größe möglich), bei tieferen Temperaturen in Form von Schneesternchen, Eisplättchen oder Eisnadeln (DWD Wetterlexikon 2009).

Als Schneedecke wird laut DIN 4049-3 (1.2.1) Schnee mit einem Schneebedeckungsgrad von mindestens 50 % (der Bezugsfläche) definiert.

Die Schneedeckenhöhe oder Schneehöhe entspricht der „lotrechten Höhe des Schnees" DIN 4049-3 (1.2.8). Die Schneedichte DIN 4049-3 (1.2.15) kennzeichnet die „Lagerungsdichte des Schnees" in kg/m^3.

Als das (absolute) Wasseräquivalent der Schneedecke wird laut DIN 4049-3 (1.2.19) das in einer Schneedecke enthaltene Wasser, ausgedrückt als Wasserhöhe über einer horizontalen Fläche in mm, bezeichnet. Die Maßeinheit ist wie bei der Niederschlagshöhe "mm" (1 mm entspricht 1 Liter Schmelzwasser pro Quadratmeter).

Der Zustand des Schnees wird weiterhin nach Alter (Neuschnee, Altschnee etc.), dem Feuchtigkeitsgehalt (Pulverschnee, Nassschnee etc.) und der Dichte unterschieden.

Die Schneelast ist das Gewicht des Schnees auf einer Bezugsfläche in kN/m^2. In der DIN 1055-5: 2005-07 wird in Schneelast auf dem Boden (Kap. 4.1) und Schneelast auf Dächern (Kap. 4.2) unterschieden.

5.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten

Die Erfassung der Messgrößen zum Schnee erfolgt durch den Deutschen Wetterdienst, die Messdienste der Länder und anderer öffentlicher und privater Institutionen.

Im Messnetz des Deutschen Wetterdienstes und z. T. der Bundesländer wird die Höhe der Gesamtschneedecke in cm, der Schneebedeckungsgrad in % und an deutlich weniger Stationen der Wassergehalt der Schneedecke (sog. Wasseräquivalent) in mm durch manuelle Beobachtermessungen mit Schneepegeln oder Schneesonden erfasst.

Dabei wird die Schneedecke über einer definierte Fläche ausgestochen und das anfallende Schmelzwasser in mm gemessen bzw. das Gewicht der ausgestochenen Schneedecke festgestellt und in mm Schmelzwasser umgerechnet (DWD Wetterlexikon 2009).

Zunehmend werden kontinuierliche automatische Schneemessungen auf Basis von Ultraschallsensoren zur Schneehöhenermittlung und Schneekissen (mit Flüssigkeit gefüllte Kunststoffkissen) zur Ermittlung der Schneelast verwendet.

Weitere Messungen der Schneemenge werden vom Deutschen Wetterdienst mithilfe von beheizbaren Regenmessern durchgeführt.

Diese Messdaten bilden die Basis der statistischen Auswertungen, mit denen die Extremwerte der Schneelast bestimmt werden (Gränzer; Riemann 1980), (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2001 ff).

Ein einfaches Verfahren zur Abschätzung einer aktuellen Schneelast anhand eigener Beobachtungen hat das Bayerische Landesamt für Umwelt (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2006) veröffentlicht.

5.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens

Schneeereignisse treten in Deutschland im Allgemeinen im hydrologischen Winterhalbjahr auf. In Verbindung mit Sturm wird auch von Schneestürmen gesprochen. Als Schneeregen wird gleichzeitiges Fallen von Schnee und Regen bezeichnet.

Als Eisregen wird einerseits ein aus Eiskörnern bestehender fallender Niederschlag, andererseits unterkühlter Regen bezeichnet, der beim Auftreffen auf feste Gegenstände sofort zu Eis gefriert und die Gegenstände mit einem Eispanzer überzieht.

Tabelle 5-1: Schneeereignistypen und Charakteristika

Schneeereignistyp	Dauer des Ereignisses	Potenziell betroffene Räume	Auftreten im Jahresverlauf	Häufigkeit von Gebäudeschäden im Mittel
Schneefall	Dauer der Schneedecke: Tage bis Wochen	Überall in Deutschland	Winterhalbjahr	In höheren Lagen jährlich möglich, in tieferen Lagen selten
Gefrierender Nebel oder Regen	Dauer der Vereisung: Tage	Überall in Deutschland	Winterhalbjahr	In höheren Lagen jährlich möglich, in tieferen Lagen selten

Schneeereignisse können in höheren Lagen jährlich mehrmals auftreten, in tieferen Lagen kann es auch schneefreie Jahre geben.

5.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren

Personenschäden treten bei Schneeereignissen im besiedelten Raum überwiegend bei Unfällen infolge Glätte und der begleitenden Wetterumstände (Sicht etc.) auf. Eine Gefahr durch Schnee für Personen und Nutzungen in Gebäudenähe besteht durch Schneelawinen von Dächern, abbrechende Äste infolge Schneelast etc. Personenschäden durch Versagen der Dachkonstruktion infolge Schneelast sind in Deutschland sehr selten. Berichtet wird auch von Personenschäden, die beim unsachgemäßen Räumen von Dächern, Sonnenkollektoren etc. auftraten.

Schäden an Gebäuden treten vornehmlich durch die Schneelast auf sowie durch Schneelawinen bzw. Schneebretter, die die Gebäudehülle (oder umliegende Nutzungen) beschädigen können.

Jüngste schadensreiche Schneeereignisse sind im Januar 2006 in den südlichen Bundesländern aufgetreten. In Bayern wird von 16 eingestürzten Hallen und Gebäuden berichtet (Strasser 2007). Die Schäden dieses Ereignisses werden auf 840 Mio. € in Deutschland und den anderen betroffenen Ländern beziffert (Maier 2009). Für Bayern wurde der Schaden von der Landesregierung auf 70 Mio. Euro beziffert.

Bei diesem Ereignis hat die tatsächlich aufgetretene Schneelast in einigen Gebieten (nach Kaspar 2007) die jeweils angegebene Lastannahme der zu dem Zeitpunkt gültigen Normen deutlich überschritten. Hierzu gibt es aber widersprüchliche Angaben (vgl. Strasser 2007). Die Schneelast hat sich wegen fehlender Tauperioden gebietsweise über zwei Monate aufgebaut. Aus diesem Grund mussten die Dächer zur Vermeidung eines Versagens von der Schneelast geräumt werden.

1986 ist ebenfalls ein Ereignis im Süden Deutschlands mit Schäden an Gebäuden aufgetreten, die Schadenssumme wurde auf 4,6 Mio. € geschätzt.

Insgesamt machen Winterschäden und Frost nach Daten der Münchener Rück etwa 4 % der Schadensereignisse und 3 % der volkswirtschaftlichen Schäden der untersuchten Naturgefahren im Zeitraum von 1970 bis 1998 aus. Im Mittel berechnet sich hieraus ein Schaden von ca. 20 Mio. € pro Jahr für diesen Zeitraum. In diesen Schäden sind jedoch nicht nur die Gebäudeschäden, sondern auch Schnee- und Frostschäden bei der Infrastruktur, beim Verkehr und sonstigen Nutzungen enthalten (Münchener Rück 1999).

5.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden

5.2.1 Gefährdung

Die Gefährdung eines Gebäudes wird durch die Schneelast an dem jeweiligen Standort auf Dach- und sonstige Gebäudeflächen, bei denen Schneeab- oder -anlagerungen möglich sind, verursacht. Den Schneehöhen bei einem Ereignis an einem bestimmten Ort lassen sich bestimmte, statistisch ermittelte Wiederkehrzeiten zuordnen. Die Gefährdung durch Schneedruck ist in Deutschland regional unterschiedlich.

Der charakteristische Wert der Schneelast s_k auf dem Boden hängt von der geografischen Lage des Bauortes und von seiner Höhe über NN ab. In Deutschland steigt die Schneelast etwa parabelförmig mit der Höhenlage an.

Der Rechenwert der Schneelast s der DIN 1055-5 wird auf der Grundlage des charakteristischen Wertes der Schneelast s_k am Boden ermittelt.

5.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften

Die Schneelast erzeugt an einem Gebäude einen Druck, der von der Größe der Schneelast selbst und der Art, der Größe und den Eigenschaften des Daches und ggf. anderen Gebäudeeigenschaften abhängig ist.

Die Schneelast kann durch die Dachform, durch Umlagerung (Abrutschen, Verlagerung und Anwehungen durch Wind) oder durch Anhäufung (Dachtraufen, Schneefanggitter) ungleichmäßig auf das Dach bzw. die Tragkonstruktion wirken.

Aus diesem Grund sind für die Bemessung der Dachkonstruktion nicht nur die Schneelasten aus der Schneedeckenhöhe am Boden zu berücksichtigen, sondern auch die o.g. Einflüsse, die jeweils gebäudespezifisch zu beachten sind.

Die Risikofaktoren bei einem Gebäude infolge Schneelasten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 5-2: Risikofaktoren bei einem Gebäude infolge Schneelasten (Schubert 2007)

Kriterium	Höhere Schadensanfälligkeit, Risikofaktoren
Art des Gebäudes	- Gebäude mit Publikumsverkehr (Versammlungsstätten, Schwimmbäder, Turnhallen etc.)
Höhe des Gebäudes	- Große Gebäudehöhen, da Windexposition mit der Höhe zunimmt und damit Gefahr von Schneeverlagerungen
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	- Große, wenig geneigte Dachflächen ohne Zwischendecken - Gebäude mit großen Stützweiten - Tragkonstruktionen (Dach) aus Holz
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage, Deckmaterial	- 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	- Exponierte Bauteile: große Vordächer, angehängte Balkone, Kuppeln

5.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug aus den Lebenszyklus

5.2.3.1 Standort

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort. Die unterschiedliche Exposition wird durch die Nutzung der Werte der Schneelastzonenkarte bei der Bemessung berücksichtigt.

Die Werte der Schneelastzonenkarte beruhen nach Auskunft des DWD (Herr Wichura 2009) auf der Auswertung der Messdaten relativ weniger Stationen. Schneehöhen auf dem Boden und auf dem Dach können sich zudem deutlich unterscheiden (unterschiedliche Temperaturen des Bodens und der Dachhaut). Die kleinklimatische Situation (Süd- oder Nordausrichtung des Geländes, höheres Temperaturniveau bei dichter Bebauung) ist in den Schneelastzonenkarten nicht berücksichtigt.

Besonders schneegefährdet sind:

- Einzeln stehende Gebäude
- Einzelbauten mit größerer Ausdehnung bzw. großer Dachfläche, die in gelockerter Bauweise stehen
- Bauwerke in exponierter Lage: Höhenlagen (Anhöhen, Bergkuppen), Hanglagen, Lage an der See oder auf freien Flächen, Lage quer zur Windrichtung,
- Gebäude mit unmittelbar angrenzendem Baumbestand (abbrechende Äste)

Durch wechselnde Tau- und Frostperioden kann es unter einer Schneedecke zu Eisbildung kommen, die die Schneedeckenlast erheblich erhöhen kann. Weiterhin kann die Schneelast durch auf den Schnee fallenden Niederschlag wesentlich zunehmen.

5.2.3.2 Planung

In der Norm DIN 1055, Teil 5 „Schnee und Eislasten“ sind die Belastungsfälle bis zu einer Jährlichkeit von 50 Jahren berücksichtigt. Ereignisse, die seltener als 50 Jahre auftreten, werden nicht behandelt. Aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen sind diese extremen Schneelasten, die nur sehr selten vorkommen, in den Normen nicht erfasst. Allerdings bestehen durch die bei der statischen Bemessung vorgesehen Sicherheitszuschläge auch bei Überschreitung der Bemessungslasten gewisse Sicherheiten.

Die Höhenlage der Gebäude wird bei der Bemessung berücksichtigt. Die Exposition im Hinblick auf Wind wird durch Annahmen zur Umlagerung und Anhäufung von Schnee in der DIN ebenfalls mit Standardansätzen geregelt.

In der DIN sind keine besonderen Anforderungen bzgl. des Gebäudetyps und der Gebäudegestaltung vorgegeben und somit bei der Planung und Bauausführung zu berücksichtigen. Die Risikofaktoren bzgl. der Konstruktion des Gebäudes, die in Kap. 5.2.2 aufgeführt sind, finden somit standardmäßig keine Berücksichtigung bei der Planung.

Bezüglich der Dachform, der Materialen der Dachhaut und der tragenden Konstruktion bestehen in der DIN keine Vorgaben bzw. Einschränkungen. Insbesondere sind für die Gebäude mit höherer Verletzlichkeit keine besonderen Anforderungen festgelegt.

Die Möglichkeit des Räumens von Dächern wird in der gültigen Norm nur im Anhang B für Sheddächer angesprochen. Für andere Dachformen werden hierzu keine Hinweise gegeben.

Weiterhin wird im Anhang B der Norm auf die Möglichkeit des Versagens der Entwässerungssysteme hingewiesen, dazu werden aber keine Vorgaben für die Planung gemacht.

Die Regelungen der Norm sind im Vergleich zu Vorgängernormen zwar etwas komplexer geworden, die Berechnungsverfahren sind aber weiterhin sehr einfach und gut kontrollierbar. Von daher wird die Berechnung falscher Lastannahmen als unwahrscheinlich eingeschätzt.

5.2.3.3 Bauausführung

Generell können Planungs- und Bauausführungsfehler auch bei Nichtüberschreiten der Bemessungswerte zu Bauschäden führen (Handke 2007). Durch mangelhafte Bauausführung der Dachhaut oder Schäden an der Dachhaut, beispielsweise durch Schneeräumung, kann beispielsweise Feuchtigkeit in die Tragkonstruktion eindringen.

Weitere Fehlermöglichkeiten sind:

- Deckung nicht richtig eingebaut (zu breite Fugen etc.)

- Nicht fachgemäße handwerkliche Ausführung der Dach- und Wandsysteme, insbesondere unzureichende Abdichtung von Dachdurchdringungen
- Zu geringes Gefälle, Pfützenbildung
- Nicht fachgemäße handwerkliche Ausführung der Ableitungssysteme
- Umbau oder Schäden durch Alterung

5.2.3.4 Nutzung

Die Gefahr für die Nutzer (vgl. Kap. 5.1.4) kann durch Regelungen für Warnungen, Sicherungsmaßnahmen und die Räumung der gefährdeten Gebäudeteile vermindert werden.

Normativ sind diese Regelungen nicht vorgesehen. Allerdings besteht für Hauseigentümer eine Verkehrssicherungspflicht.

5.2.3.5 Wartung

Eine unzureichende Wartung der Dachhaut kann als eine wichtige Ursache für die festgestellten Bauschäden durch Schnee bzw. das Schneeschmelzwasser angesehen werden.

Bezüglich der Erfordernis der Wartung gelten - abgesehen vom dem Eigeninteresse des Eigentümers, Schäden zu vermeiden - im Besonderen die Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht.

5.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen

Neben den Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht können mit wenig aufwendigen und effektiven Maßnahmen (vgl. Kap. 5.5) Schäden vermieden oder vermindert werden.

5.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

Die Ermittlung der maximalen Schneehöhen pro Jahr an einem Ort und die statistische Auswertung der Maxima für Deutschland wurde erstmals von Gränzer und Riemann (1980) beschrieben und durchgeführt.

Eine Zuordnung der Schneelastzonen nach DIN 1055-5: 07-2005 zu Verwaltungseinheiten (Gemeinden, Landkreise) wurde in dem amtlichen Gutachten des DWD, veröffentlicht im Fraunhofer IRB Verlag (DWD 2005), vorgenommen. Die Resultate der Schneelastzonenzuordnung zu den Verwaltungseinheiten wurden auf der Grundlage von topographischen und meteorologischen Zusatzinformationen überprüft. Eine Liste der Schneelastzonenzuordnung zu den Verwaltungseinheiten wurde erstellt. Dabei erfolgte die Zuordnung auf der Grundlage der überwiegenden Flächenzugehörigkeit einer Verwaltungseinheit zu einer Schneelastzone.

Die zugrunde liegenden Werte werden regelmäßig aktualisiert. Für die Bemessung von Bauwerken liegen diese Zuordnungen der Schneelastzonen nach Verwaltungsgrenzen aktualisiert vor (Deutsches Institut für Bautechnik 2008, http://www.dibt.de/de/aktuelles_technische_baubestimmungen.html). Die in der Schneelastzonenkarte verwendeten Werte entsprechen der 98-%-Fraktile der Jahresmaxima und haben somit eine jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02 bzw. eine mittlere Wiederkehrperiode von 50 Jahren.

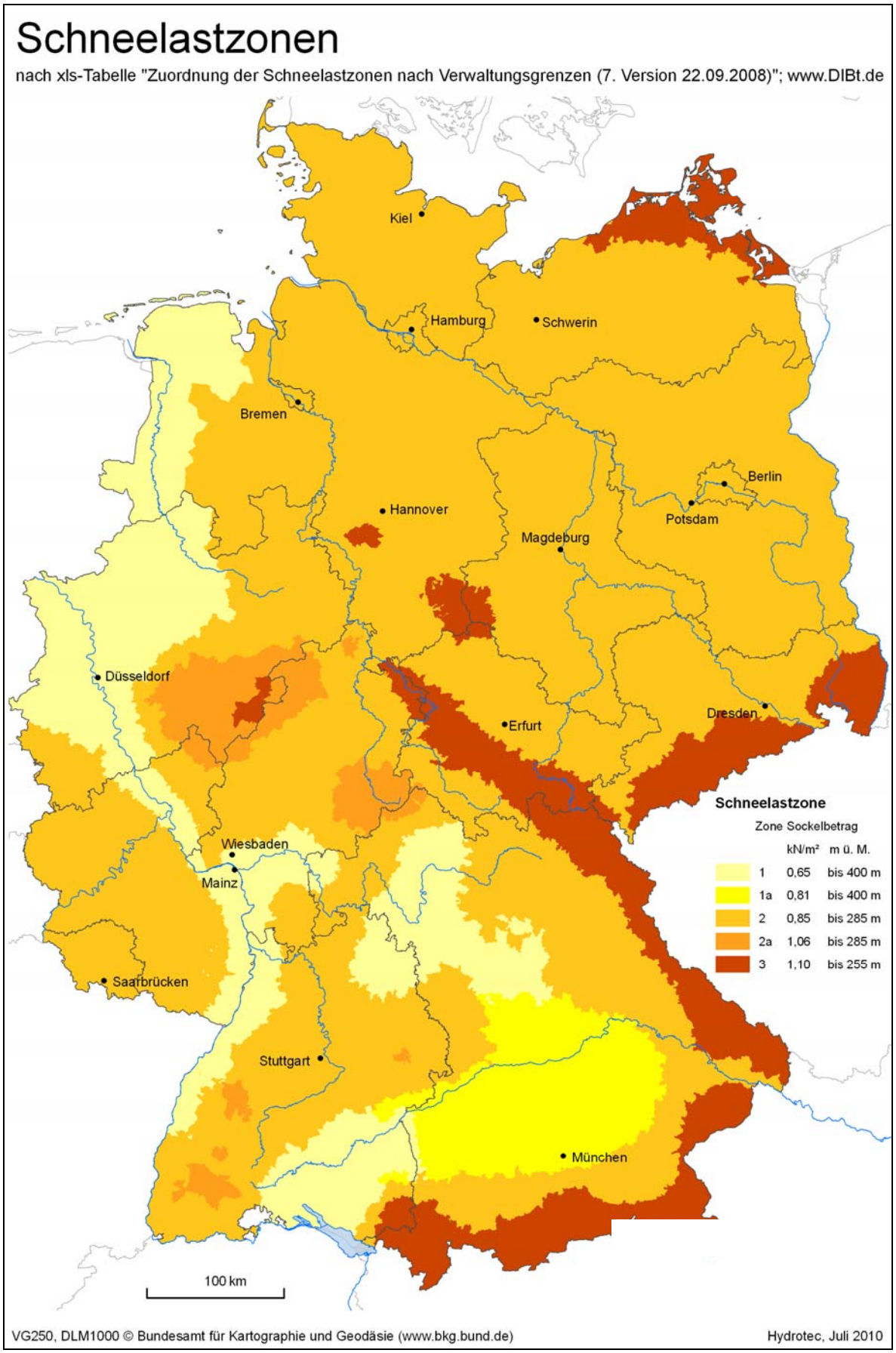


Abbildung 5-1: Schneelastzonenkarte

Den Schneelastzonen in der Karte sind folgende Werte zugeordnet:

Tabelle 5-3: Maßgebliche Werte der Schneelastzonenkarte (DIN 1055-5: 2005-07)

Schneelastzone	Schneelast	Geländehöhe über Meeresniveau
	kN/m^2	m über NN
1	0,65	bis 400
1a	0,81	bis 400
2	0,85	bis 285
2a	1,06	bis 285
3	1,10	bis 255

Der Einfluss der Schneedeckenentwicklung auf die Verteilung extremer Niederschlagsdargebote (Wasserabgabe aus der Schneedecke und aus Regen) ist im Projekt REWANUS vom Deutschen Wetterdienst (REWANUS-Atlas, DWD 2000) quantitativ und flächendeckend für ganz Deutschland ermittelt worden. Als Ergebnis wurden im REWANUS-Atlas Rasterwerte des extremen Niederschlagsdargebots im hydrologischen Winterhalbjahr für sieben Dauerstufen (12, 24, 48, 72, 120, 168 und 240 Stunden) sowie drei Wiederkehrzeiten (1, 10 und 100 Jahre) in 21 Karten veröffentlicht. Da in den Karten das Niederschlagsdargebot aus Regen und Schnee zusammen dargestellt wird, können sie für die Ableitung von Schneelastdaten nicht unmittelbar verwendet werden.

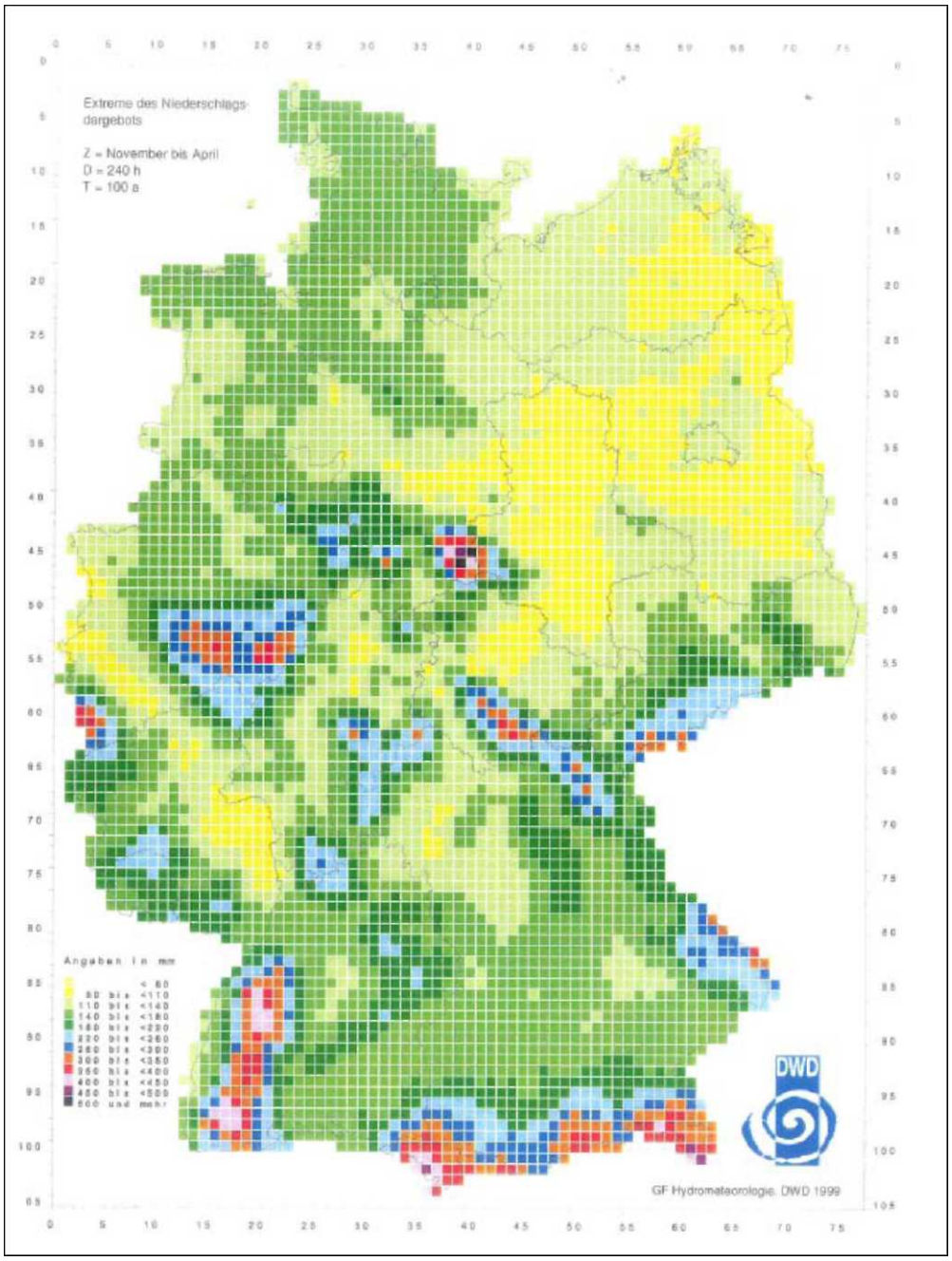


Abbildung 5-2: REWANUS-Atlas: Extremes Niederschlagsdargebot aus Schnee; Beispiel: Dauer 240 Stunden, Wiederkehrzeit 100 Jahre (REWANUS-Atlas, DWD 2000)

In der folgenden Tabelle werden die Schneelasten der Schneelastzonenkarte mit den Werten des REWANUS-Atlas für mehrere Orte in der Bundesrepublik verglichen.

Tabelle 5-4: Vergleich der Werte der Schneelastzonen nach DIN mit den REWANUS-Werten

	T= 50 Jahre			T = 10a				T = 100a			
Ort	Schneelastzone nach DIN 1055-5-2005-07	Höhe [m ü. NN]	*Schneelast* s_k [kN/m²]	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [mm] *	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [mm/m²] *	N/m²	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [kN/m²]	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [mm] *	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [mm/m²] *	N/m²	Schnee und Niederschlag nach REWANUS [kN/m²]
Nürnberg	1	309	0,508	80 bis < 100	80	800,00	0,80	110 bis <140	110	1100,00	1,10
Hannover	2	55	0,376	80 bis < 100	99	990,00	0,99	110 bis <140	139	1390,00	1,39
Siegen	2a	357	1,334	100 bis <130	129	1290,00	1,29	260 bis <300	299	2990,00	2,99
Garmisch-Partenkirchen	3	708	3,933	220 bis <250	249	2490,00	2,49	350 bis <400	399	3990,00	3,99
REWANUS											
Z = November bis April					1mm/m² = 1 l/m²						
D = 240h					1 l/m² = 10 N / m²						

Es wird deutlich, dass in den Schneelastzonen 1, 2 und 2a die Schnee- und Niederschlagssummenwerte in 10 Tagen bei einem 100jährlichen Ereignis die Werte der Schneelastzonenkarte erheblich überschreiten können.

Eine Risikoermittlung (Verschneidung der Gefahrenkarte mit potenziell geschädigten Objekten, Ermittlung der potenziellen Schäden) liegt nach unseren Kenntnissen in Deutschland nicht vor.

5.4 Schutzziele bezüglich des Risikos

5.4.1 Normanforderungen

Die Berücksichtigung der Schnee- und Eislasten ist in DIN 1055-5: 2005-07 geregelt. Bezüglich der Bemessungsverfahren haben in der neuen DIN wesentliche Änderungen gegenüber den Vorläufern stattgefunden. Für die meisten Regionen kommt es in der neuen Norm zu höher anzusetzenden Schneelasten und dieses zunehmend mit der Höhenlage.

Die neue an den Eurocode angelehnte Norm berücksichtigt den Stand der Entwicklung hinsichtlich des Sicherheitskonzepts nach DIN V ENV 1991-2-3 sowie das „europäische Konzept zur Ermittlung der Grunddaten für Schneelasten" wie folgt

- Wiederkehrperiode: 50 Jahre
- Schneelastzonenkarte kalibriert auf Bodenschnee, Berücksichtigung aktueller Messdaten
- Regelungen für Schneesackbildungen
- Regelungen für Eislasten

Die allgemeinen Lastannahmen für Schnee gelten für Orte bis 1500 mNN und nur für natürliche Schneelastverteilungen.

Der charakteristische Wert für die Schneelast s_k auf dem Boden in den Zonen 1, 2 und 3 wird in Abhängigkeit von der Schneelastzone und der Geländehöhe mit den in der DIN angegebenen Gleichungen ermittelt. In der DIN werden Gebiete der Schneelastzone 3 beispielhaft genannt, wo höhere Lastwerte als nach der angegebenen Gleichung errechnet auftreten können. Hier sind Informationen bei den zuständigen Stellen einzuholen.

Die charakteristischen Werte in den Zonen 1a und 2a ergeben sich durch Erhöhung der Werte der Zone 1 bzw. 2 mit dem Faktor 1,25.

Für Orte oberhalb 1.500 mNN müssen in jedem Einzelfall die Rechenwerte von der zuständigen Behörde festgelegt werden.

Die Schneelast s_i auf dem Dach wird in Abhängigkeit von der Dachneigung und der charakteristischen Schneelast auf dem Boden nach folgender Gleichung berechnet.

$s_i = \mu_i * s_k$

mit

s_i = Schneelast auf dem Dach

μ_i = Beiwert

s_k = Schneelast auf dem Boden in kN/m^2

Für Dächer mit einem Höhensprung, wo sich der abrutschende Schnee auf einem darunter liegenden Dachabschnitt konzentrieren kann bzw. vor dem Höhensprung durch Verwehungen anhäufen kann, wird ebenfalls ein formbeiwertbasiertes Verfahren angegeben (Kap. 4.2.7 der Norm). Darüber hinaus ist der Verwehungslastfall an Wänden und Aufbauten zu berücksichtigen (Kap. 4.2.8 der Norm).

Als Sonderfälle werden der Schneeüberhang an den Traufen (Kap. 5.1 der Norm) sowie die Schneelasten auf Schneefanggittern und Aufbauten (Kap. 5.2 der Norm) behandelt.

Für alle Gebäude ist somit eine stärker objektbezogene statische Einordnung bzw. Berechnung erforderlich. Die Dachgeometrie einschließlich der Aufbauten (Schneefanggitter etc.) muss dafür bekannt sein. Die Ansätze der neuen DIN sind einzuhalten, sie gehören zu den anerkannten Regeln der Technik. Die Zahl der vom Statiker zu berücksichtigenden Parameter hat sich damit im Vergleich zu den Vorgängernormen deutlich erhöht.

5.4.2 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor der Naturgefahr Schnee

Für Hauseigentümer besteht eine Verkehrssicherungspflicht.

Nach gültiger Rechtssprechung besteht die Pflicht des Hauseigentümers, bei drohenden Dachlawinen auf der Straßenseite entsprechende Warnstangen aufzustellen und für eine Räumung des Daches zu sorgen.

5.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

5.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition

Die Standortprüfung beinhaltet die Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts. Standardmäßig sind die Lastwerte für Schnee entsprechend DIN 1055-5: 2005-07 zu ermitteln.

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn die Bemessungswerte der DIN 1055-5: 2005-07 mit standortbezogenen Untersuchungen abgesichert werden. Hierzu gehört auch die Prüfung der Windexposition des Standorts und des künftigen Gebäudes.

Konkrete Maßnahmen hierzu sind:

- Einholen ortsbezogener Informationen (Schadensfälle in der Vergangenheit, Messwerte, Erfahrungen der Behörden),
- Einholen eines ortsbezogenen Klimagutachtens.

Die Untersuchungsergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren.

Weiterhin sind bei der Standortprüfung die umliegenden Nutzungen zu erfassen und es ist zu bewerten, ob durch den Neubau Schneelawinen oder Schneeverwehungen ausgelöst und zu einer Gefährdung dieser Nutzungen führen können.

5.5.2 Planung

5.5.2.1 Genereller Entwurf

Standardmäßig sind die Lastwerte entsprechend der DIN 1055-5: 2005-07 für die Planung und Bemessung anzuwenden. Bei der Gebäudegestaltung ist die Berücksichtigung der folgenden Gestaltungsgrundsätze günstig:

- Die Schneelast nimmt mit der Größe der Dachfläche zu, auch die Gefahr von Umlagerungen und somit punktuellen Lastspitzen nimmt zu.
- Das Risiko für die Nutzer ist vor allem bei großen Gebäuden mit Publikumsverkehr gegeben. Statisch ausreichend bemessene Zwischendecken können das Risiko für die Nutzer erheblich reduzieren.
- Bei großen Stützweiten können im Versagensfall große Teile des Daches geschädigt werden und entsprechend große Lasten freigesetzt werden. Deswegen sind kleinere Stützweiten in Gebieten mit hohen Belastungen sinnvoll.

5.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn bei der Planung der Überlastfall berücksichtigt wird. Dieses gilt vor allem für Gebäude mit großen Dachflächen, insbesondere Versammlungsstätten ohne Zwischendecken sowie Gebäude mit großen Stützweiten. Für Gebäude mit Tragkonstruktionen des Daches aus Holz sind ebenfalls besondere Vorkehrungen zu treffen.

5.5.2.3 Dach

Eine geringe Dachneigung erleichtert die Akkumulation des Schnees und damit die Zunahme der Lasten infolge von Schnee. Durch Schneeumlagerung können auf dem gering geneigten Dach zudem Belastungsspitzen aufgebaut werden. Dächer mit einer Dachneigung größer 30 Grad sind im Hinblick auf Schneelasten günstig.

Die Dachform ist ebenfalls eine wichtige Größe bei der Beurteilung der Widerstandsfähigkeit. Vorteilhaft sind wenig gegliederte Dachformen mit wenigen Sprüngen, die eine Schneeumlagerung wenig begünstigen. Wenig gegliederte Dächer erleichtern zudem die Einsehbarkeit und damit die Kontrollierbarkeit des Daches. Die Planung einer gut einsehbaren, kontrollierbaren, begehbaren und räumbaren Dachkonstruktion ermöglicht eine wenig aufwendige und für das Dach unschädliche Räumung des Daches, wenn sich abzeichnet, dass die Bemessungswerte überschritten werden könnten.

Ein geringer Anteil an großen Glasflächen oder nicht begehbaren Oberlichtern, Lichtbändern oder Kuppeln ist ebenfalls günstig. Diese nicht begehbaren Flächen können nur dann geräumt werden, wenn die Flächengröße eine Räumung noch zulässt.

Auf stark überhängenden Traufen und großen Auskragungen können sich auch infolge Schneeverlagerung große Lasten bilden, die die Lastverteilung im Dach umkehren können. Aus diesem Grund ist es günstig, diese Fälle zu vermeiden.

Bei der Wahl von Dachhaut und Dachaufbauten ist es sinnvoll, einen Dachaufbau und Material zur Dachdeckung auszuwählen, dass zum einen begehbar ist, zum anderen bei einer möglichen Räumung wenig schadensanfällig ist. In der folgenden Tabelle sind einige Materialien bezogen auf die Begehbarkeit bewertet.

Tabelle 5-5: Dachhautmaterial und Eignung für Schneeräumung

Material	Eignung für Schneeräumung
Glas	Nicht begehbar, muss von begehbaren Dachabschnitten aus geräumt werden können
Ziegel	Nicht begehbar, muss von begehbaren Dachabschnitten aus geräumt werden können
Bitumen- und andere Dichtungsbahnen	Begehbarkeit hängt vom Unterbau ab
Metalleindeckung	Begehbarkeit hängt vom Unterbau ab
Beton	Begehbar
Gründach	Begehbar

Insbesondere bei Flachdächern sind Vorkehrungen gegen das Versagen der Dachentwässerung bei Schnee und Frost zu treffen. Schmelzwasser, was nicht ordnungsgemäß vom Dach ablaufen kann, kann ggf. wieder einfrieren und zu einer erheblichen Erhöhung der Schnee- und Eislasten führen. Ggf. sind spezifische Maßnahmen und Vorkehrungen gegen Wassersack- und Eisbildung zu planen und durchzuführen.

5.5.2.4 Wandsysteme und Fassade

Die Vermeidung von exponierten Bauteilen wie große Vordächer, angehängte Balkone und große Auskragungen verbessert die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes, da sich dort ebenfalls Schnee- und Eislasten aufbauen können und diese auch von Schneelawinen vom Dach getroffen werden können.

5.5.3 Herstellung

Bei der Herstellung der Dachkonstruktion und der Dachhaut werden die Richtlinien und Regel des Dachdeckerhandwerks eingehalten und deren Ausführung kontrolliert und dokumentiert.

5.5.4 Nutzungsphase, Wartung und Warnung

Unter dem Aspekt „Alterung" ist insbesondere die Alterung der Dachhaut durch den Wettereinfluss zu betrachten. Es sind keine über die standardmäßige Wartung hinausgehenden Maßnahmen erforderlich.

Die Instandhaltung umfasst die Durchführung von Kontrollen der Dachhaut und der Tragwerke nach großen Schneeereignissen sowie die anschließende Dokumentation. Hierzu sind Fachfirmen bzw. fachkundige Personen zu beauftragen. Regelungen dazu finden sich beispielsweise in den „Hinweisen“ der Bauministerkonferenz und insbesondere der Bayerischen Fassung (Schubert 2007). Konkrete Hinweise für Eigentümer enthält beispielsweise der Leitfaden „Der nächste Winter kommt bestimmt ... Schnee auf Dächern - Tipps für Hausbesitzer“ (Bayerisches Staatsministerium des Innern 2006) oder „So schützen Sie Gebäude gegen Schneedruck und Schneerutsch“ (VKF/AEAI 2007).

Bei festgestellten Schäden sollte eine Ausbesserung von Schäden vorgenommen werden (Wartungsvertrag mit Fachfirmen).

Die Prüfung der Tragkonstruktion bei Holzkonstruktionen umfasst die Prüfung auf Verformung, Risse, Feuchteerscheinungen und Holzschädlinge (Illner 2007). Prüfverfahren hierzu werden von Illner (2007) und Raab (2007) vorgestellt, beispielsweise

- Ultraschallmesser
- Feuchtemessverfahren
- Abstandsmessungen Dach zum Boden (Verformung)

Beobachtung und Warnung

Die Risikominderung besteht aus den Komponenten Beobachtung und Warnung, der Ermittlung der tatsächlichen Belastung sowie Maßnahmen zur Minderung der Belastung.

Nach den Erfahrungen der vergangenen Schneeereignisse fehlt im Allgemeinen eine qualifizierte Information der Hauseigentümer über die aktuellen Schneelasten, auch bei größeren Überschreitungen der lokalen Normlasten.

Eine Aufgabe des Deutschen Wetterdienstes ist es, die Öffentlichkeit vor wetterbedingten Gefahren zu warnen, u. a. auch vor starkem Schneefall. Die Schwellenwerte, die eine erste Warnung auslösen, beginnen beispielsweise bei einem erwarteten Schneefall von mindestens 5 cm in 6 Stunden bzw. 10 cm in 12 Stunden. Die Vorhersagen des DWD erfolgen auf Basis aktuell gemessener Werte und durch den Einsatz entsprechender Vorhersagemodelle (Snow 3, Vorhersage der Schneedeckenentwicklung (Wasseräquivalent) für 72 Stunden im Voraus). Auch von anderen Institutionen werden Schneewarnungen verbreitet (beispielsweise Unwetterfrühwarnsystem „WIND" der Versicherungskammer Bayern).

Für das jeweilige Gebäude muss in diesem Falle sichergestellt sein, dass eine Auswertung dieser Warnungen regelmäßig durchgeführt wird.

Alternativ bzw. ergänzend können eigene Schneehöhenmessungen mit Stechzylindern oder mit sog. Schneelastsensoren oder Schneekissen durchgeführt werden, ggf. im Verbund mit benachbarten repräsentativen Dächern. Diese können ggf. mit automatischen Warnsystemen gekoppelt werden (Raab 2007, Meissen 2007).

Sicherung und Räumung

Bei Erreichen oder Überschreiten der rechnerisch angesetzten Schneelast sollte ein Dach geräumt werden. Dies ist am besten abschnittsweise und abwechselnd auf den Dachflächen durchzuführen. Konkrete Hinweise für Eigentümer enthält beispielsweise der Leitfaden „ Der nächste Winter kommt bestimmt ... Schnee auf Dächern - Tipps für Hausbesitzer“ (Bayerisches Staatsministerium des Innern 2006).

Für diese eventuelle Räumung sollte ein Konzept erstellt werden, in dem Vorgehensweise, Personal und Material zur Räumung und zur Sperrung von gefährdeten Bereichen innerhalb und außerhalb des Gebäudes aufgeführt sind.

Bei extremen Schneeereignissen kann die Zuwegung zum Gebäude behindert oder unterbrochen sein. Hierzu sind entsprechende Maßnahmen und Ressourcen zur Freihaltung der erforderlichen Wege einzuplanen und vorzuhalten.

Für eine eventuelle Räumung der Zuwege sollte ein Konzept erstellt werden, in dem Vorgehensweise, Personal und Material zur Räumung und ggf. zur Sperrung von Zuwegungen zum Gebäude aufgeführt sind.

5.6 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei der Bewertung des Risikos werden zum einen die Exposition, zum anderen die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes betrachtet und bewertet. Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk auch oberhalb der Bemessungswerte soll durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit und unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale eine weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Die Einstufung der Exposition erfolgt entsprechend der Schneelastzonen.

Tabelle 5-6: Standortbewertung Schnee

Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
Einschätzung gemäß Schneelastzonenkarte	Geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Farbgebung in der Karte	gelb (hell und dunkel)	orange (hell und dunkel)	rot
Schneelastzone	1 und 1a	2 und 2a	3
Sockelbeträge der Schneelast kN/m²	0,65 bis 0,81	0,85 bis 1,06	1,10

Beim Anforderungsniveau wird die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks entsprechend der Exposition des Standorts definiert und festgelegt. Die weiteren Zwischenstufen, die hier auf die Naturgefahr Schnee bezogen sind, zeigt die folgende Matrix. Je größer die Exposition ist, desto höher muss die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes gestaltet werden, um ein möglichst geringes Risiko zu erzielen bzw. eine sehr hohe Gebäudequalität zu erreichen.

Bei Schnee kann die Widerstandsfähigkeit entweder durch eine Erhöhung der Bemessungswerte und gutes Gebäudedesign verbessert werden oder durch bauliche und organisatorische Vorkehrungen, um eine sichere und schadensfreie Räumung des Daches bei Schneelasten oberhalb der Bemessungswerte zu ermöglichen.

Die Einstufung der Widerstandsfähigkeit erfolgt entsprechend der Kriterien der folgenden Tabelle. Die Widerstandsfähigkeit wird ermittelt, indem die jeweils erreichten Punkte je Kriterium zusammengezählt werden.

Tabelle 5-7: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Schnee

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Größe, Form und Art der äußeren Gebäudehülle bzw. der Wandsysteme	Größe der Dachfläche	> 1000 m²	0	100 bis 1000 m²	2,5	< 100 m² oder bei großen Dächern Bemessung auf nächsthöhere Lastzone	5
	Gebäude mit Publikumsverkehr: Zwischendecken vorhanden?	nein	0	ja, mit unregelmäßiger Zustands- und Verformungsprüfung	5	ja, mit regelmäßiger Zustands- und Verformungsprüfung (planerisch/konzeptionell festgelegt)	10
	Stützweiten	> 30 m	0	Stützweiten zwischen 10 und 30 m	2,5	< 10 oder bei großen Stützweiten Bemessung auf nächsthöhere Lastzone	5
	Bemessung der Dachtragkonstruktion Material	Bemessung auf Normanforderung	10	Bemessung auf Normanforderung	10	Bemessung auf nächsthöhere Lastzone, Konstruktion aus widerstandfähigem Material	15
Dachform, Dachneigung, Deckunterlage, Deckmaterial	Dachneigung	gering < 5 % bzw. Flachdächer	5	Neigung zwischen 5 und 30 Grad	10	Neigung > 30 Grad; bei kleineren Dachneigungen Bemessung auf nächsthöhere Lastzone	15
	Dachform, Sprünge	mehr als 8 Kehlnähte	0	4 - 8 Kehlnähte	2,5	Flachdach oder 4 Kehlnähte und 1 First	5
	Einsehbarkeit der Dachfläche bzw. Zugänglichkeit für Wartung und Reparatur	weniger als 50 % einsehbar, Zugang nur mithilfe der Feuerwehr	5	Einsehbarkeit von 50 - 80 %, Zugang gegeben	7,5	mehr als 80 % einsehbar, leichter Zugang	10
	Anteil an Glasflächen, nicht begehbaren Oberlichtern, Kuppeln > 4 m²	hoch, mehr als 20 %	0	mittel, zwischen 10 und 20 %	5	nicht vorhanden bzw. geringer als 10 % oder Stege zur Räumung	10
	große Dachüberstände bzw. stark überhängende Traufen	an mindestens zwei Dachseiten vorhanden	0	an einer Dachseite vorhanden	2,5	nicht vorhanden bzw. Kragarmwirkung planerisch berücksichtigt	5
	Begehbarkeit des Deckmaterials (Flachdächer und flach geneigte Dächer)	nicht möglich, Räumung nur mithilfe der Feuerwehr	5	abschnittsweise begehbar	7,5	Beton- oder Gründach bzw. Maßnahmen zur Begehbarkeit bei der Planung berücksichtigt	15
	Räumbarkeit des Daches (Flachdächer und flach geneigte Dächer)	nicht planmäßig berücksichtigt, Räumung nur mithilfe der Feuerwehr	5	Teilräumung möglich	7,5	Beton- oder Gründach bzw. Maßnahmen zur Begehbarkeit bei der Planung berücksichtigt	15
	Zugänglichkeit der Entwässerungseinrichtungen, Vorkehrungen gegen Versagen	überwiegend schwierig (Entwässerungseinrichtung für weniger als 50 % der Entwässerungsflächen zugänglich), nicht jederzeit möglich	0	die Entwässerungseinrichtungen für 50 - 80 % der Entwässerungsflächen sind zugänglich	5	Entwässerungseinrichtungen für mehr als 80 % der Entwässerungsflächen sind jederzeit und vollständig zugänglich, Vorrichtungen gegen Verstopfen und Zufrieren	10
Fassaden	Größe der Vordächer, Dachüberstände, angehängte Balkone, Auskragungen u.a.	zahlreich vorhanden (Größe entspricht mehr als 50 % der Dachfläche)	0	Gesamtflächengröße entspricht 20 - 50 % der Dachfläche	2,5	Gesamtflächengröße entspricht weniger als 20 % der Dachfläche oder Bemessung auf nächsthöhere Lastzone	5
Herstellung	Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Herstellung	in der Planung nicht vorgesehen	0	vorgesehen, aber nicht verbindlich festgelegt	2,5	in der Planung verbindlich festgelegt	5
Warnung	Schneehöhenmessung bzw. Auswertung von Warnungen	in der Planung nicht vorgesehen	0	vorgesehen, aber nicht verbindlich festgelegt	2,5	in der Planung verbindlich festgelegt	5
	Vorkehrungen gegen Schädigung Dritter	in der Planung nicht vorgesehen	0	vorgesehen, aber nicht verbindlich festgelegt	2,5	in der Planung verbindlich festgelegt	5
Summe			30		77,5		140

Die Zuordnung der erreichten Punkte aus der Kriterientabelle zum Zielwert in Abhängigkeit von der Schneelastzone gibt die folgende Tabelle wieder.

Tabelle 5-8: Anforderungsniveau Schnee

	Punkte	Einschätzung der Gefährdung		
		Geringe Gefährdung Schneelastzone 1 und 1a	Mittlere Gefährdung Schneelastzone 2 und 2a	Große Gefährdung Schneelastzone 3
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenzwert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindestan-forderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

Zwischenwerte werden linear interpoliert.

6 Kriterienentwicklung für die Naturgefahr Hochwasser

6.1 Kurzbeschreibung der Prozesse

6.1.1 Begriffsdefinitionen

Hochwasser ist nach DIN 4049–3 (2.2.33) ein „Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat."

Als Überschwemmung oder Überflutung wird gemäß Abwasserlexikon der Universität Bremen (2009) der unkontrollierte Anstieg des Wasserstandes bezeichnet in einem Maß, dass das Wasser über die Ufer von Gewässern fließt bzw. die Ansammlung von Wasser über Flächen, die normalerweise nicht mit Wasser bedeckt sind.

Die Entstehung von Hochwasser lässt sich auf unterschiedliche Ursachen und Erscheinungsformen typisieren. Die verschiedenen Hochwassertypen werden in Kap. 6.1.3 definiert.

Ein Überschwemmungsgebiet ist die „Fläche, die nach Ausufern vom Wasser zusätzlich bedeckt wird; meist bezogen auf ein beobachtetes Hochwasser oder ein Hochwasser mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit" (DIN 4047-5 (1.15)).

Überflutungen von Gebieten mit Entwässerungssystemen sind in DIN EN 752-1 (3.17) definiert und bezeichnen den „Zustand, bei dem Schmutzwasser und/oder Regenwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen ".

6.1.2 Beschreibung der Messgrößen, der Einheiten sowie der Bezugseinheiten

Die Erfassung der Messgrößen zum Hochwasserabfluss an Flüssen und Bächen erfolgt an den Pegelmessstellen. Vor allem an kleineren Gewässern fehlen diese allerdings häufig. Auch in Kanalisationssystemen sind im Allgemeinen Messstellen temporär oder dauerhaft vorhanden.

Betreiber der Pegel sind Wasserbehörden, Wasserverbände, zuständige kommunale Verwaltungsstellen u. a. Gemessen wird der Wasserstand in Metern bzw. Zentimetern über einem festgelegten Bezugshorizont. Der Abfluss wird an einigen Pegeln gleichzeitig mit dem Wasserstand gemessen, überwiegend aber aus den Wasserständen berechnet.

Der Wasserstand W ist nach DIN 4049-3 (2.2.4) der lotrechte Abstand eines Punktes des Wasserspiegels über oder unter einem Bezugshorizont, z. B. durch einen Pegelnullpunkt festgelegt (W angegeben in m bzw. cm).

Der Durchfluss Q ist das Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt (Q angegeben in m^3/s bzw. l/s), der *Abfluss* (Q in m^3/s bzw. l/s) ist das Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt und einem Einzugsgebiet zugeordnet ist, gemäß DIN 4049-3 (2.2.14 bzw. 2.2.13).

Die Fließgeschwindigkeit v ist nach DIN 4044 (2.2.23) der Quotient aus Fließstrecke und Zeit in m/s.

Die Sedimentfracht ist der gesamte Sedimentaustrag für ein Einzugsgebiet oder eine bestimmte Messstelle während eines festgelegten Zeitraums. Es beinhaltet auch die Schwebstofffracht und wird in der Regel ausgedrückt in Gewichtseinheit pro Zeiteinheit (Universität Bremen 2009).

Die Wasserstandsmessungen für Sturmflutvorhersagen einschließlich der Sturmflutwarnung veröffentlicht der Wasserstandsvorhersagedienst des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie in Hamburg. Angegeben wird der Wert in Metern über dem mittleren Hochwasser.

Der Grundwasserstand wird von den Grundwassermessdiensten der Länder und den zuständigen untergeordneten Wasserbehörden gemessen und in Metern angegeben. Als Grundwasserstand wird die Höhe des Grundwasserspiegels (die ausgeglichene Grenzfläche des Grundwassers gegen die Atmosphäre) über oder unter einer waagerechten Bezugsebene, in der Regel über oder unter der amtlich festgelegten Ausgangs- und Bezugsfläche für Höhenmessungen bezeichnet (DIN 4049–3 (3.4.10)). Die Höhe des Grundwasserspiegels wird in Metern bezogen auf NN oder in Metern unter Geländeoberkante angegeben.

Für Hochwasservorhersagen bzw. die Berechnung von Hochwasserabflüssen für die Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen werden allgemein Niederschlagsdaten und andere Klimadaten verwendet.

6.1.3 Ereignistypen, betroffene Räume und Häufigkeit des Auftretens

Es können verschiedene Hochwassertypen unterschieden werden:

Flusshochwasser

Ein Flusshochwasser entsteht als Folge von andauernden, ergiebigen Niederschlägen über Gebieten von bis zu mehreren 100 km², eventuell verbunden mit Schneeschmelze. Infolge von Flusshochwassern kann es auch zu einem Versagen von Hochwasserschutzeinrichtungen wie Deichen und Hochwasserschutzmauern kommen. Die Überschwemmungen können mehrere Stunden bis Wochen dauern. Flusshochwasser treten überwiegend im Winterhalbjahr entlang von Gewässern auf.

Sturzflut oder durch Starkregen ausgelöste Überflutungen

Eine Sturzflut ist ein Überschwemmungsereignis von kurzer Dauer mit einem rasch ansteigenden Wasserstand. Sturzfluten entstehen durch einen starken, in der Regel kurzzeitigen Niederschlag (Starkregen) in einem oft sehr kleinen Gebiet (Münchener Rück 2007). Sturzflut verursachende Starkniederschläge stehen oft in Verbindung mit schweren Gewittern. Zu diesem Überflutungstyp wird hier auch das Versagen von wasserwirtschaftlichen Infrastruktureinrichtungen und Bauwerken wie Siedlungsentwässerung, Talsperren etc. gerechnet. Das Versagen von Talsperren als Folge von Hochwasser entspricht je nach Versagensgrund dem Bild von Flusshochwassern (Talsperrenüberlauf) bzw. Sturzfluten bei Dammbruch (sehr selten).

Sturzfluten können überall in Deutschland auftreten. Auch weit von Gewässern entfernt liegende Orte und ebene Gelände können bei Starkregen überschwemmt werden.

Im Flachland kommt es zu Überlastungen von Abwasser- und Entwässerungssystemen. Die Fließgeschwindigkeiten sind verhältnismäßig gering. Ist die Kanalisation überlastet oder verstopft, kann es zu Rückstau kommen. Im Trennsystem staut das Regenwasser zurück bis über die Rückstauebene, das bedeutet, das Wasser fließt über die Straßen und Flächen in

die tiefer gelegenen Gebiete hinein. Beim Mischsystem kann das verschmutzte Wasser über die Abflussleitungen bis ins Gebäudeinnere zurückstauen, wenn nicht durch eine Rückstauklappe entsprechende Vorsorge getroffen wurde.

Der Norden Deutschlands ist mit Ausnahme der Großstädte deutlich seltener von Sturzfluten betroffen als die anderen Regionen Deutschlands. Die Dauer des Hochwassers reicht allgemein von wenigen Minuten bis Stunden. Die Ereignisse kommen vorwiegend im Sommerhalbjahr vor.

Sturmflut

Eine Sturmflut ist laut DIN 4049-3 (2.4.2.19) ein „durch starken Wind verursachtes Ansteigen des Wassers an der Meeresküste und in den Flussmündungen im Küstengebiet, wenn die Wasserstände einen bestimmten Wert überschreiten“.

Tabelle 6-1: Sturmfluttypen für Nordsee und Ostsee, nach Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2007) und DIN 4049-3 (1994)

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie		DIN 4049-3	
NORDSEEKÜSTE			
Sturmflut	Ab 1,5 m über dem Mittleren Hochwasser	Leichte Sturmflut	Tidehochwasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl von 10 bis 0,5
Schwere Sturmflut	Ab 2,5 m über dem Mittleren Hochwasser	Schwere Sturmflut	Tidehochwasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl von 0,5 bis 0,05
Sehr schwere Sturmflut	Ab 3,5 m über dem Mittleren Hochwasser	Sehr schwere Sturmflut	Tidehochwasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl unter 0,05
OSTSEEKÜSTE			
Sturmhochwasser	Ab 1 m über dem Mittleren Wasserstand	Leichte Sturmflut	Wasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl von 2 bis 0,2
		Schwere Sturmflut	Wasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl von 0,2 bis 0,05
		Sehr schwere Sturmflut	Wasserstände der mittleren jährlichen Überschreitungszahl unter 0,05

Die Tidenhübe an der deutschen Nordseeküste sind unterschiedlich, sie reichen von 1,7 m bei List bis 4 m in der Weser (BSH 2007).

Sturmfluten betreffen meist einen relativ schmalen Gebietsstreifen von einigen Kilometern Breite entlang der Küsten und Flussmündungen. Die Münchener Rück (2009) gibt die durch Sturmfluten gefährdete Flächen in Deutschland mit weniger als 5 % der Gesamtfläche an. Die europäische Nordseeküste, die sogenannte Deutsche Bucht, zählt bedingt durch Geografie und Elbmündung zu den weltweit gefährdetsten Gebieten. Aber auch die Südküste der Ostsee in Deutschland gilt mit Ausnahme der Region zwischen Flensburg und Fehmarn als sturmflutgefährdet (Münchener Rück 2009).

In der Ostsee sind weniger die Inseln als vielmehr die in Buchten liegenden Bereiche gefährdet, da der Wind hier das Wasser mehr aufstauen kann.

Besondere Gefährdungen treten im Zeitraum zwischen dem 15. September und dem 31. März auf. Der Trend der letzten vier Jahrzehnte zeigt eine Verschiebung des Auftretens vom Herbst in die Wintermonate. Sturmfluten im Sommer sind selten (BSH 2007).

Je nach Wetterlage können mehrere Sturmfluten aufeinanderfolgen bzw. die Sturmflut wird von Unwettern begleitet.

Anstieg des Grundwasserstands

Die Höhe der Schwankungsbreite im oberflächennahen Grundwasser liegt überwiegend zwischen einem und mehreren Metern. Beim Zusammentreffen ausgesprochen ungünstiger Verhältnisse kann ein extremer Grundwasseranstieg von über 5 Metern in ein bis zwei Tagen erreicht werden (BWK 2003).

Ein Grundwasseranstieg kann verschiedene Ursachen haben, zum Beispiel:

- Der Anstieg des Grundwasserspiegels kommt bei Hochwasser in Flussnähe (auch im deichgeschützten Raum) häufig vor. Im Nahbereich des Gewässers geschieht der Anstieg innerhalb kurzer Zeit, mit zunehmender Entfernung pflanzt sich die Hochwasserwelle zeitverzögert ins Hinterland fort.
- Der Anstieg des Grundwassers kann durch die Beendigung von Grundwasserabsenkungen (Bergwerke, Braunkohle) und sonstigen Förderverringerungen (Wasserwerke) bedingt sein.
- Allgemein niederschlagsreiche Perioden
- Für die Zukunft kann klimatisch bedingt durch regional steigende Niederschlagsmengen von erhöhten Grundwasserständen in betroffenen Regionen ausgegangen werden.

In der DIN 18195 wird nach vier Arten der Wassereinwirkung infolge Sicker- und Grundwasser unterschieden:

- nichtstauendes Sickerwasser bei durchlässigem Boden wie z. B. Kies
- aufstauendes Sickerwasser bei beispielsweise lehmigem Boden
- drückendes Wasser, wenn der höchste jemals gemessene Grundwasserstand weniger als 30 cm von der Oberkante Bodenplatte entfernt ist
- von innen drückendes Wasser, bei dem die Lastfälle „mäßig beanspruchte Nassflächen“ und „hoch beanspruchte Nassflächen“ unterschieden werden können (in diesem Zusammenhang nicht relevant)

Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die charakteristischen Merkmale dieser Hochwassertypen.

Tabelle 6-2: Hochwassertypen und Schadenscharakteristika

Hochwassertyp	Charakteristische Hochwasserwerte und Dauer	potenziell betroffene Räume	Auftreten im Jahresverlauf	Häufigkeit von Schäden im Mittel
Fluss-hochwasser	Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten im Überflutungsgebiet gering bis mittel, in Gewässernähe stellenweise hoch, Dauer mehrere Stunden bis Wochen	klein- bis großflächig entlang von Gewässern	überwiegend Winterhalbjahr	jährlich
Sturzfluten und starkregen-induzierte Überflutungen	Wasserstände z. T. sehr hoch, Fließgeschwindigkeiten z. T. sehr hoch Dauer wenige Minuten bis Stunden	kleinflächig (kleine Fließgewässer, Hänge, kanalisierte Flächen), überall	überwiegend Sommerhalbjahr	jährlich
Sturmflut	Wasserstände im Überflutungsgebiet gering bis hoch, Fließgeschwindigkeiten im Überflutungsgebiet gering bis hoch, Dauer mehrere Stunden bis Tage	klein- bis großflächig entlang der Küste	überwiegend Winterhalbjahr	jährlich
hoher Grundwasserstand	Wasserstände bis unter Geländeoberkante, z. T. auch auf der Oberfläche Fließgeschwindigkeiten sehr gering, Dauer mehrere Stunden bis Tage, z. T. im Zusammenhang mit Flusshochwasser	kleinflächig	überwiegend Winterhalbjahr	jährlich

6.1.4 Schäden und Schadensumfang infolge der untersuchten Naturgefahren

Schäden infolge Hochwassereinwirkung werden in Personenschäden, Sachschäden, Wertschöpfungsverluste und sonstige Folgeschäden (beispielsweise Umweltschäden) unterschieden. In dieser Untersuchung werden nur die Gebäudeschäden betrachtet. Schäden können am Gebäude (Bausubstanz, Standsicherheit) selbst, an den festen Einrichtungen (beispielsweise Heizung) und beweglichen Einrichtungen (beispielsweise Möbel) auftreten. Der Bereich „Überschwemmungen“ (aufgeteilt in Überschwemmung, Sturzflut und Sturmflut) ist nach den Sturmereignissen mit 20 % der zweithäufigste Schadensbereich in Deutschland.

Die Münchener Rück (1999) gibt den Anteil der Sturzflutereignisse an allen Wetter- und Naturkatastrophen in Deutschland mit 11 % an (prozentuale Verteilung), die Überschwemmungsereignisse liegen bei 8 % und die Sturmflutereignisse bei 1 %. Bezogen auf die Anzahl der großen Naturereignisse innerhalb des Bereichs Hochwasser zeigt sich, dass die Sturzfluten wegen ihrer hohen Frequenz diesen Bereich dominieren. Insgesamt machen Überschwemmungsschäden nach Daten der Münchener Rückversicherungsgesellschaft (1999) etwa 20 % der Schadensereignisse und 19 % der volkswirtschaftlichen Schäden der untersuchten Naturgefahren im Zeitraum von 1970 bis 1998 aus. Im Mittel berechnet sich hieraus ein Schaden von ca. 127 Mio. € pro Jahr für diesen Zeitraum.

In diesen Zahlen sind die schadensträchtigen Hochwasserereignisse an Rhein und Elbe im Jahr 2002 sowie an der Donau 2006 nicht enthalten.

Tabelle 6-3: Überschwemmungsereignisse und -schäden im Zeitraum 1970 bis 1998 (Münchener Rück 1999, S. 7)

Schäden	Ereignisse		Volkswirtschaftliche Schäden		Mittlerer Schaden pro Ereignis
	in %	Anzahl	in %	in Mio. €	in Mio. €
Sturmflut	1	5	*	keine Angabe möglich	keine Angabe möglich
Sturzflut	11	53	4	775	15
Überschwemmung	8	38	15	2907	76

* Sturmfluten prozentual nicht relevant

Gesicherte Zahlen zu dem Anteil der Gebäudeschäden an diesen Schadenssummen liegen nicht vor.

Das Schadenspotenzial für ein sehr großes Überschwemmungsereignis im Einzugsgebiet des Rheins wird mit 10 Mrd. Euro angesetzt (Münchener Rück 1999).

Gemäß Maier (2009) liegen nach der Auswertung von ZÜRS weniger als 14 % der besiedelten Fläche innerhalb des 200-jährlichen Hochwasserbereichs bei Flussüberschwemmungen.

Das Sturmflutschadenspotenzial an der Nordsee dürfte bei 30 Mrd. Euro liegen, für die Ostsee wird es mit 2,5 Mrd. Euro veranschlagt.

Die Betrachtung des Anteils der resultierenden volkswirtschaftlichen Schäden ergibt einen Anteil von insgesamt 19 % für Überschwemmung und Sturzflut (im Vergleich Sturm: 75 %) (Münchener Rück 1999).

Laut BWK (2009, S. 5) gehören Schäden an Bauwerken durch hohe Grundwasserstände „zu den häufigsten Bauschäden“.

6.2 Gefährdung und Schadenanfälligkeit von Gebäuden

6.2.1 Gefährdung

Die Gefährdung eines Gebäudes durch Hochwasser (und bei Sturmfluten und Sturzfluten) wird durch folgende Parameter beschrieben:

- Lage in einem Überflutungsgebiet
- Wassertiefen am Gebäudestandort im Überflutungsfall
- Fließgeschwindigkeiten am Gebäudestandort im Überflutungsfall
- Dauer der Überflutung
- Anpralldruck des fließenden Wassers an das Gebäude: Produkt aus Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit
- Sediment- und Geröllfracht des Abflusses
- Erosionskapazität des Abflusses am Gebäudestandort

Die Ausprägung der Gefährdung an einem Standort hängt von der Wiederkehrhäufigkeit des Hochwassers ab.

Die Gefährdung eines Gebäudes durch Grundwasserhochstand wird durch folgende Parameter beschrieben:

- Lage in einem Gebiet mit hohen Grundwasserständen
- Grundwasserstände am Gebäudestandort in Bezug auf Höhenlage von Kellersohle und Fundament
- Dauer des Grundwasserhochstands

Die Ausprägung der Gefährdung an einem Standort hängt von der Überschreitungsdauer und -häufigkeit der kritischen Grundwasserstände ab.

6.2.2 Schadensanfälligkeit (Vulnerabilität) in Bezug auf Bauwerkseigenschaften

Die Anfälligkeit eines Gebäudes gegenüber Hochwassereinwirkung wird durch die in Tabelle 6-4 beschriebenen Kriterien bestimmt.

Tabelle 6-4: Kriterien für die Verletzlichkeit eines Gebäudes bzgl. Hochwasser und hohe Grundwasserstände, Risikofaktoren

Kriterium	Hohe Schadensanfälligkeit bzw. Verletzlichkeit, Risikofaktoren
Art des Gebäudes	- Geringe Höhen der Einlaufschwellen am Gebäude über Geländehöhe - Keller oder Untergeschosse unter Geländeoberkante vorhanden - Geringe Höhe des Parterregeschosses über Geländehöhe - Geringe Auftriebssicherheit des Gebäudes - Unzureichende Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit, nicht drückendes und drückendes Wasser
Nutzungen	- Hochwertige Nutzungen in überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen wie Büroräume, Rechenzentren, Versorgungseinrichtungen, Wohnräume - Fest eingebaute Einrichtungen in überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen, die nicht oder nur schwer entfernt werden können - Lagerung wassergefährdender Stoffe in gefährdeten Gebäudeteilen
Baumaterialien	- Ungeeignete Bau- und Ausbaumaterialien in gefährdeten Gebäudeteilen
Versorgungsanlagen	- Ver- und Entsorgungseinrichtungen sind nicht hochwassersicher (Wasser, Abwasser, Strom, Kommunikation etc.)
Vorwarnung und Schutzeinrichtungen	- Keine oder geringe Vorwarnzeiten - Möglichkeiten zum Verschluss von Einlauföffnungen, Rückstauklappen etc. sind nicht vorhanden

6.2.3 Schadensanfälligkeit in Bezug auf den Lebenszyklus

6.2.3.1 Standort

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung. Ein Standort kann eine Gefährdung gegenüber nur einem Hochwassertyp aufweisen oder potenziell von mehreren Überflutungstypen betroffen sein.

An mittleren und größeren Gewässern im Flachland mit breiten Auen treten im Allgemeinen Flusshochwasser und Grundwasseranstieg zusammen auf. Möglich ist bei diesen Ereignissen auch ein Rückstau in die Kanalsysteme. Da die Fließgeschwindigkeiten und die Überflutungshöhen außer in Gewässernähe vergleichsweise gering sind, treten an den Gebäuden hauptsächlich Feuchtigkeitsschäden und Verschmutzung durch abgelagerte Sedimente auf. Bei nicht auftriebssicheren Gebäuden kann auch die Standfestigkeit gefährdet sein. In unmittelbarer Gewässernähe kann durch Erosion und Unterspülung auch die Standfestigkeit des Gebäudes beeinträchtigt werden.

An kleineren und mittleren Gewässern im Mittelgebirge und Bergland kann häufig die Kombination Flusshochwasser und Hangabfluss aus Starkregen beobachtet werden. Es können sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten. Größere Mengen an mitgeführtem Material sind charakteristisch für diesen Sturzfluttyp mit großem Schadenspotenzial. Abwasser- und Entwässerungssysteme können verstopft werden, enorme Ablagerungen können entstehen. Infolge der hohen Fließgeschwindigkeiten sowie z. T. sehr hoher Überflutungshöhen besteht hier auch Gefahr für die Bewohner und neben den Feuchtigkeitsschäden auch eine Gefährdung der Standfestigkeit des Gebäudes durch Erosion und Unterspülung, oder wenn das Gebäude den auftretenden Anpralldrucken und dem ggf. mitgeführten Geröll nicht widerstehen kann.

Unterschiedliche Wassersättigung durch Grundwasserspiegelschwankungen können bei schweren Böden Hebungs- und Senkungsbewegungen im Baugrund bewirken und dadurch zu Setzungsrissen führen (BBR 2008), denn die Veränderung des Grundwasserstandes hat eine Veränderung des spezifischen Gewichts des Untergrundes zur Folge. Weiterhin kann die Durchfeuchtung des Mauerwerks die mechanische Abtragung des Mauerwerks bedingen sowie die Quellung von Bindemitteln und andere korrosive Prozesse. Durch den Wechsel von Durchfeuchtung und Trocknung kann es zur Zermürbung des Mauerwerks kommen, dies kann Bauschäden bis hin zur Einsturzgefährdung mit sich bringen. Frost-Tau-Wechsel greifen die Steinmaterialien an, es entstehen Risse, die letztlich die Standfestigkeit des Gebäudes vermindern können. Die Verlängerung der Perioden mit häufigem Temperaturwechsel beschleunigt den Verschleiß (BBR 2008). Die im Erdreich liegenden Geschosse sind bei steigendem Grundwasserstand gegebenenfalls drückendem Wasser und Auftrieb ausgesetzt.

In kanalisierten Gebieten tritt häufig eine Kombination von Überflutung infolge Überlastung der Kanalisation bei gleichzeitigem Hangabfluss infolge Starkregen und Ausuferung der kleinen, meist stark verbauten Stadtbäche auf. Je nach Geländeneigung überwiegen die Schadensbilder des „Flachlandtyps“ oder des „Berglandtyps“. Besonderheit dieses Überflutungstyps ist, dass auch eine erheblich Verschmutzung des Gebäudes durch rückgestautes Schmutzwasser erfolgen kann.

6.2.3.2 Planung

Die meisten Hochwasserschäden bzw. Schäden durch Grundwasserhochstände entstehen, weil bei der Planung die potenziellen Hochwassergefahren bzw. die möglichen maximalen Grundwasserstände nicht angemessen berücksichtigt wurden bzw. werden. Während im Bereich der Sickerwasser- und Grundwassergefährdung vielfältige Regelungen zum Gebäudeschutz bestehen, fehlen diese im Bereich der Hochwassergefährdung durch Flusshochwasser und Starkregenüberflutungen fast vollständig.

6.2.3.3 Bauausführung

Für die Bauausführung gibt es für einige Bereiche, wie beispielsweise für die Bauwerksabdichtungen, eigene Regelwerke.

Generell können Planungs- und Bauausführungsfehler auch bei Nichtüberschreiten der Bemessungswerte zu erheblichen Bauschäden führen (vgl. Zimmermann et al. 2008, S 68 ff). Bei einer mangelhaften, nicht fachgerechten Abdichtung des Kellers zum Beispiel (Weiße oder Schwarze Wannen) kann Feuchtigkeit in das Gebäude eindringen und den Keller schlimmstenfalls für die Nutzung unbrauchbar machen.

Das Bauen mit wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) erfordert eine qualitativ gute Bauausführung (BWK 2003), wenn die angestrebte Dichtigkeit erzielt werden soll:

- einen richtig zusammengesetzten und gut verarbeiteten Beton,
- eine möglichst rissarme Konstruktion des Bauwerks sowie
- geeignete und präzise Ausführung der Fugen.

6.2.3.4 Nutzung

Die jeweilige Nutzung der gefährdeten Gebäudeteile beeinflusst die Schadensanfälligkeit des Gebäudes wesentlich. Hochwertige Nutzungen in überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen wie Büroräume, Rechenzentren, Versorgungseinrichtungen und Wohnräume erhöhen einerseits das Risiko für die Nutzer und können andererseits zu erheblichen Schadenssummen führen. Bei fest eingebauten Einrichtungen und Versorgungsanlagen (Heizung, Elektro- und Telefoninstallation) in überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen, die nicht oder nur schwer entfernt werden können, treten bei Überflutung häufig Totalschäden auf. Die Lagerung wassergefährdender Stoffe in gefährdeten Gebäudeteilen, beispielsweise Heizöl, erhöht nicht nur die Schäden am jeweiligen Gebäude, sondern kann auch für Unterlieger und Umwelt weitreichende negative Folgen bedeuten.

6.2.3.5 Wartung

Die Gefahr für die Nutzer und Gebäudeschäden können durch Regelungen zur Warnung, Sicherungsmaßnahmen und ggf. Räumung der gefährdeten Gebäudeteile vermindert werden. Normativ sind diese Regelungen nicht vorgesehen.

6.2.3.6 Vorkehrungen bei Überschreitung der Bemessungsbelastungen

Die Höhe des Schadens hängt im Schadens- bzw. Überlastungsfall auch davon ab, ob Zeit und Möglichkeiten gegeben sind, schadensmindernde Maßnahmen zu ergreifen.

Die Vorwarnzeit ist bei den oben genannten Hochwassertypen unterschiedlich. Allgemein gilt, je kleiner das Einzugsgebiet und je stärker der Regen, desto kürzer ist die Vorwarnzeit.

Tabelle 6-5: Vorwarnzeiten verschiedener Hochwasser

Hochwassertyp	Vorwarnzeit
Flusshochwasser	Einige Stunden in steilem Gelände bis mehrere Tage an großen Flüssen
Sturmflut	Acht bis zwölf Stunden
Sturzflut	Wenige Minuten bis Stunden
Grundwasserhochstand	Mehrere Stunden bis Tage

Eine kurze Vorwarnzeit ermöglicht nur wenige schnell umzusetzende Hochwasserschutzmaßnahmen. Zu den kurzfristigen Vorkehrungen gehören Maßnahmen wie das Hochräumen von beweglichem Inventar und das Abdichten von Wassereintrittsöffnungen (vgl. Kap. 6.5ff).

Bei einer langen Vorwarnzeit können entsprechend umfangreichere Schutzmaßnahmen bis hin zur Gebäudeabdichtung umgesetzt werden.

6.3 Gefahren- und Risikoermittlung und Darstellung in Deutschland

6.3.1 Flusshochwasser und Gefährdungsermittlung

Die Gefahren- und Risikoermittlung für die Naturgefahr Hochwasser ist in der Regel eine Aufgabe der Wasserbehörden der Länder. Sowohl die Bundesbehörden, die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) als auch die einzelnen Bundesländer haben vielfältige Regelungen und Arbeitsanleitungen zur Gefahren- und Risikoermittlung und -darstellung herausgegeben (vgl. LAWA 2010).

Bereits vor mehr als 100 Jahren wurden für große Teile Deutschlands Überschwemmungsgebietskarten für große und mittelgroße Flüsse (auf der Grundlage der höchsten beobachteten Hochwasser) erstellt und dort Einschränkungen der baulichen Nutzungen vorgegeben. Diese Arbeiten wurden nach Gründung der Bundesrepublik von den Bundesländern fortgeführt (Festsetzung von gesetzlichen Überschwemmungsgebieten) ebenfalls mit dem Ziel, die bauliche Nutzung in den gefährdeten Gebieten zu steuern. Diese Karten stellen im Allgemeinen nur die Ausbreitung der Überflutung für meistens eine Wiederkehrzeit (100-jährlich) ohne Überflutungstiefen dar. Sie werden auch in Zukunft weiter erstellt.

In Gefahren- oder Gefährdungskarten werden für festgelegte Auftretenshäufigkeiten die ausgewählten Gefahrenparameter bei Hochwasser an Bächen und Flüssen dargestellt. Teilweise werden in Gefahrenkarten auch die Gefahrenparameter für mehrere Auftretenshäufigkeiten in einer Karte dargestellt (sogenannter Schweizer Ansatz, BWW et al. 1997). Diese Ansätze sind auch in Deutschland in einigen Bundesländern umgesetzt worden (Sachsen, Rheinland-Pfalz).

Gefahrenparameter können dabei alle in Kap. 6.2.1 aufgeführten Gefahrenparameter sein, im Allgemeinen werden aber nur die Ausbreitung der Überflutung, die Wassertiefen im Überflutungsbereich oberhalb Geländeoberkante sowie die Fließgeschwindigkeiten im Überflutungsbereich dargestellt.

Aus den Gefahrenkarten kann die Exposition eines Standorts bzgl. der Hochwassergefahr abgelesen werden. Für Nutzungen außerhalb der potenziellen Überflutungsbereiche (eines bestimmten Hochwassertyps) besteht keine Gefahr. Die Auswirkungen des Versagens von Schutzmaßnahmen (Deiche, Dämme etc.) an Flüssen werden neuerdings ebenfalls in den Gefahrenkarten dargestellt.

In jüngerer Zeit werden von den Ländern zunehmend auch Gefahrenkarten im obigen Sinne und - in deutlich geringerem Umfang - Risikokarten erstellt. Durch die Einführung der Regelungen der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) (EG 2007) werden diese Karten zumindest für größere und mittlere Gewässer bis 2012 flächendeckend zu erstellen sein.

Weiterhin gibt es Gefahrenkarten der Versicherungswirtschaft, die teils auf der Datenbasis der Länder, teils auf eigenen Ermittlungen beruhen. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft hat das web-basierte Geoinformationssystem ZÜRS Geo entwickelt, in dem bundesweit einheitlich Gefährdungsklassen für das Überschwemmungsrisiko dargestellt werden, von 0 (keine Zuordnung) bis 4 (hoch) (Falkenhagen 2009). Die Gefährdungsklassen unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Auftretenshäufigkeit der Hochwasser. Was-

sertiefen werden nicht dargestellt. Dieses System wird laufend aktualisiert, ist aber nicht öffentlich verfügbar, die gültige Gefährdungsklasse kann bei der Versicherung bzw. bei Maklern erfragt werden.

Für die Darstellung des **Risikos** gibt es z.Z. noch sehr unterschiedliche Ansätze. Für die Beschreibung des Risikos wird im Allgemeinen der potenzielle Schaden infolge Überflutung ermittelt. Für die Ermittlung des Schadens muss neben dem Wert der Nutzung (Sachwerte, sonstige Werte) zum einen die Exposition der Nutzung gegenüber dem Gefahrenprozess, zum anderen die Anfälligkeit der Nutzung gegenüber möglichen Einwirkungen bestimmt werden.

Laut EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) werden für die Erstellung der Risikokarten die Gefahrenkarten mit Nutzungskarten sowie definierten Sondernutzungen überlagert. In einigen Bundesländern wurde eine detaillierte Ermittlung der potenziellen Schäden für die Erstellung der Risikokarten durchgeführt.

Die beschriebenen Gefahren- und Risikokarten beziehen sich fast ausschließlich auf Flusshochwasser an großen und mittleren Gewässern (ca. 10 bis 20 % der gesamten Gewässerlänge in Deutschland) und Sturmfluten. Über die Internetseite http://www.hochwasserzentralen.de/, das länderübergreifende Hochwasserportal aller deutschen Bundesländer, können hierzu Informationen eingeholt werden.

Gefährdung durch **Flusshochwasser** besteht

- in Überschwemmungsgebieten (festgesetzt oder im Entwurf)
- in Gebieten, die in Hochwassergefahrenkarten als überschwemmungsgefährdet ausgewiesen sind
- in Gebieten, die in ZÜRS als überflutungsgefährdet angegeben sind
- in Gebieten in Gewässernähe oder unmittelbar hinter Deichen, für die keine Überschwemmungsgebietsausweisungen vorhanden sind und die mindestens eins der folgenden folgende Merkmale aufweisen:
  - Auf dem Grundstück sind in der Vergangenheit Überflutungen aufgetreten
  - Die Grundstücksfläche weist einen nur geringen Höhenunterschied zur Uferhöhe des angrenzenden Baches oder Flusses auf
  - Die Bodenarten des Baugrundstücks weisen Auenböden auf
  - Angrenzend an die Grundstücksfläche sind Feuchtwiesen vorhanden

Das Karlsruher Institut für Technologie KIT und das Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ) erarbeiten im CEDIM-Projekt (Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology) den CEDIM RiskExplorer Germany. Es handelt sich dabei um ein web-basiertes interaktives Kartenwerk in dem u. a. Gefährdungskarten für möglicherweise schädigende physikalische Ereignisse (hier: Hochwasser) eingesehen werden können. Hochwassergefährdungskarten selbst wurden in CEDIM nicht erstellt, da dies eine Aufgabe der Bundesländer ist. CEDIM erleichtert lediglich das Auffinden dieser Informationen und verlinkt die online verfügbaren Karten der Bundesländer über Pop-up Fenster.

6.3.2 Sturmfluten und Gefährdungsermittlung

Von Sturmfluten sind nur die Küstenregionen betroffen, deutschlandweite Gefahrenkarten gibt es nach Auskunft des BSH nicht. Die meisten Bundesländer veröffentlichen Karten, aus denen sich die Gefährdung abschätzen lässt:

- Hamburg
  Die Behörde für Inneres gibt die Broschüre „Sturmflutschutz in Hamburg“ (Freie und Hansestadt Hamburg 2008) heraus. Sie enthält eine Karte, auf der die sturmflutgefährdeten Gebiete Hamburgs farblich gekennzeichnet sind. Dort heißt es, eine Gefährdung kann für diese Gebiete nicht ausgeschlossen werden, da Deiche keinen 100-prozentigen Schutz bieten. Von der Behörde für Inneres und den Bezirksämtern bzw. der Hamburg Port Authority werden zusätzlich Sturmflut-Merkblätter „Sturmflut. Hinweise für die Bevölkerung in der Elbniederung“ regional differenziert herausgegeben (Harburg, Finkenwerder, Wilhelmsburg etc.). Die zugehörigen Karten sind nicht einheitlich gestaltet, zumeist werden Evakuierungsgebiete differenziert nach Höhe über NN (5 m (Hafen), 6,50 m und 7,30 m) und Warnbereiche dargestellt. Die Karte Finkenwerder zeigt demgegenüber die Geländehöhe über NN in Ein-Meter-Schritten. Im Internet als PDF frei verfügbar unter: http://www.hamburg.de/katastrophenschutz.
- Schleswig-Holstein
  Im „Generalplan Küstenschutz“ des Ministeriums für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus (2001) gibt es 6 Karten, die alleine aufgrund des Höhenkriteriums NN in Metern die Küstenniederungsbereiche abbilden. Es handelt sich dabei um die potenziell überfluteten Niederungsgebiete (ohne Berücksichtigung der Deiche). Für die Nordseeküste werden die Bereiche kleiner als NN plus 5 Meter ausgewiesen, für die Ostseeküste liegen die Werte bei kleiner als NN plus 3 Meter. Die Karten liegen im Maßstab 1 : 250.000 vor, der Generalplan ist im Internet als PDF frei verfügbar unter: http://www.schleswig-holstein.de.
- Niedersachsen/Bremen
  In Niedersachsen und Bremen werden die gegen Sturmfluten geschützten Gebiete als deichgeschützte Gebiete bezeichnet. Deren Ausdehnung sind im „Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen – Festland“ als Deichverbandsgebiete zu ersehen. Digital ist der Generalplan unter http://www.nlwkn.niedersachsen.de einzusehen.
- Mecklenburg-Vorpommern
  Es gibt analoge Karten, auf denen die „überflutungsgefährdete Niederungsfläche bei Bemessungshochwasserstand des Küstenabschnittes, wenn die vorhandenen dichtschließenden Hochwasserschutzbauwerke und -anlagen ohne Wirkung wären“ dargestellt sind (MBLU 1994). Der Bemessungshochwasserstand basiert auf dem höchsten Wasserstand, der bisher gemessen und sicher dokumentiert wurde. Da in Mecklenburg-Vorpommern die Bezugssturmflut etwa 130 Jahre zurückliegt und wegen des säkularen Meeresspiegelanstiegs werden weitere 20 bis 30 cm hinzugerechnet. Der so ermittelte Wert ist das Sicherheitsniveau, das zum Schutz für erforderlich und realisierbar erachtet wird.

Gefährdung durch Hochwasser infolge von Sturmfluten besteht in Gebieten, die laut Sturmflutkarten bzw. Küstenschutzgeneralplan der Länder nach dem Höhenlagekriterium im Gefährdungsbereich liegen, also die küstennahen Niederungsgebiete (Nordseeküste weniger als 5 Meter über NN, Ostseeküste weniger als 3 Meter über NN).

Sturmflutwarnungen werden vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie zum Beispiel über das Portal http://www.sturmflutwarnungen.de/ herausgegeben.

Eine Sturmflutvorhersage für die deutsche Nordseeküste bezogen auf NN müsste für alle Orte verschiedene Werte angegeben. Da das BSH für die gesamte Küste warnt, bezieht es sich bei seinen Vorhersagen auf das örtliche Mittlere Hochwasser (MHW), da dies eine Verallgemeinerung zulässt (BSH 2007).

6.3.3 Sturzfluten und Gefährdungsermittlung

Während es im Bereich der Flussüberschwemmungen zwischenzeitlich weitgehend abgestimmte Verfahren der Gefahren- und Risikoanalyse und der Darstellung in Gefahren- und Risikokarten gibt (LAWA 2007) sind entsprechende Untersuchungsmethoden und Darstellungen für den Überschwemmungstyp „Sturzflut“ im kommunalen Raum noch nicht etabliert.

Dementsprechend sind nur in wenigen Fällen entsprechende Informationen erhoben und Karten erstellt worden. Die folgende Auflistung ermöglicht eine Einschätzung der Sturzflutgefährdung eines Standorts.

Tabelle 6-6: Einschätzungskriterien für die Sturzflutgefährdung

Lfd. Nr:	Kriterium für die Sturzflutgefährdung
1	Gebiete, in denen häufig Gewitter auftreten, Gebiete mit häufigen Starkregen (vgl. Gefahrenkarte im Berichtsteil zur Naturgefahr Starkregen)
2	Standort mit großem Geländegefälle (Mittelgebirge, Alpenvorland), insbesondere beim Übergang von Hang- in Flachlandbereiche oder Rinnenlagen
3	Standort befindet sich in einer Geländesenke oder Mulde, Lage in Poldern mit fehlender oder mangelhafter Binnenentwässerung
4	Standorte in der Nähe von stark verbauten oder umgelegten Gewässerstrecken mit vielen Brücken, Verrohrungen, Rechen, Verzweigungen
5	Standorte mit wenig leistungsfähigen Kanalstrecken bzw. rückstaugefährdeten Bereichen
6	Standort auf grundwasserbeeinflussten Böden (Auenböden, Böden mit hoch stehendem Grundwasser)

6.3.4 Grundwasserhochstand und Gefährdungsermittlung

Zu den Gebieten, die durch natürlichen oder anthropogen verursachten Grundwasseranstieg gefährdet sind oder bei denen eine Beeinträchtigung der Bebauung durch hohe Grundwasserstände möglich ist, sind im Allgemeinen Informationen bei den zuständigen Wasserbehörden vorhanden. Diese basieren in der Regel auf gemessenen Daten zu historischen Grundwasserhochständen, die in den Bundesländern in Karten (Grundwasserflurabstandskarten) dargestellt sind (beispielsweise digitale Flurabstandskarte NRW).

Liegen solche Karten nicht vor, muss mithilfe von Bodenkarten die mögliche Gefährdung ermittelt werden. Die Karten enthalten Hinweise auf möglicherweise **grundwasserbeeinflusste Standorte** sowie Angaben zu den mittleren und hohen Grundwasserständen.

Gefährdung durch **Grundwasserhochstände** besteht

- in Gebieten mit von Natur aus hoch anstehendem Grundwasser, wie
  - Auenböden (Böden mit stark schwankendem Grundwasser und zeitweiliger Überflutung)
  - Gleye (sogenannte Grundwasserböden)

  Diese Böden finden sich in Flusstälern und Niederungen, aber auch in abflussträgen Lagen.
- in Gebieten mit Staunässeböden, den Pseudogleyen (z. B. in Moränenlandschaften und Hochlagen der Mittelgebirge)
- in überschwemmungsgefährdeten Gebieten (vgl. Kap. 6.1.3)

Weiterhin können auch Flur- und Straßennamen Hinweise auf eine mögliche Vernässung geben, wie zum Beispiel: In der Aue, Im Bruch, Im Ried.

Flurabstände des Grundwassers von weniger als 4 Metern bzw. eine Kellereinbindetiefe von mehr als 3 Metern bedingen eine mögliche Gefährdung durch drückendes Wasser. Flurabstände größer als 10 Meter und gleichzeitig Ausschluss von lokal schwebendem Grundwasser entspricht einer nicht gefährdeten Lage (BWK 2009, S 16, 26).

6.4 Schutzziele bezüglich des Risikos

6.4.1 Regelungen bzgl. Flusshochwasser und Sturzflut bedingtes Hochwasser

Regelungen zum Risikoumgang in Bezug auf Hochwasser finden sich im Wesentlichen im Wasserrecht, im Baurecht, im Ordnungsrecht und Katastrophenschutzrecht sowie beispielsweise in kommunalen Satzungen (z. B. Rückstauklappen). Die beschriebenen Regelungen beziehen sich in Deutschland mehrheitlich auf Flusshochwasser und Sturmfluten.

Für die durch Starkregen hervorgerufene Überflutungen (Sturzfluten) gibt es keine spezifischen Regelungen mit Ausnahme von kanalisierten Gebieten. Hier sind Nachweise zur Überflutungssicherheit und zu Auswirkungen von Überflutungen auf die Nutzungen durch die zuständigen Kanalnetzbetreiber zu erstellen.

Die Risikoermittlung wird heute allgemein als eine Aufgabe der Wasserwirtschaft angesehen, während die Festlegung von Schutzzielen, die Bestimmung von Restriktionen für die Nutzungen in gefährdeten Gebieten sowie weitere Maßnahmen zur Risikominderung als Aufgaben derjenigen Fachverwaltungen angesehen werden, die für die potenziell betroffenen Nutzungen „zuständig“ sind (Raum- und Stadtplanung, Bauordnung, Stadtentwässerung, (untere) Wasserbehörden, land- und forstwirtschaftliche Verwaltungen etc.).

Anders als bei den Naturgefahren Schnee, Hagel, Wind und Starkregen kann durch geeignete Standortwahl der Hochwassergefahr infolge Flusshochwasser und Sturmflut ausgewichen werden. Durch die aktuelle Gesetzgebung sind inzwischen die Möglichkeiten des Neubauens in hochwassergefährdeten Gebieten wesentlich erschwert worden und nur in Ausnahmefällen und mit entsprechenden Ausgleichsmaßnahmen möglich. Voraussetzung ist, dass die Überschwemmungsgebiete festgesetzt (rechtlich gesichert) oder mindestens bekannt sind.

Festgesetzte Überschwemmungsgebiete sind in der Bauleitplanung im o.g. Sinne zu berücksichtigen. In der Bauleitplanung gibt es gleichwohl die Möglichkeit, Festlegungen zu treffen, mit denen Gefahren gemindert oder vermieden werden können. Dazu gehören die Erhöhung des Grundstücks durch Aufschüttung, Aufständerung des Gebäudes, Festlegungen zu Einlaufhöhen, zu Kellernutzung bzw. Zulässigkeit des Kellerbaus, zu Parterrehöhen über Geländeoberkante, zu Ver- und Entsorgungseinrichtungen, zu Baumaterialien und Heizsystemen, und zu Rettungswegen (Beispiel: Hamburger Hafen). Schließlich können dort auch Hochwasserschutzmaßnahmen (am Bauwerk selbst sowie beispielsweise Dämme, Rückhaltebecken etc.) festgeschrieben werden.

Einschränkend ist anzumerken, dass sowohl die Grenzen der gesetzlichen Überschwemmungsgebiete in den Bauleitplänen häufiger nicht aktuell sind als auch die entsprechenden Regelungen bzgl. Bauverbote in der Bebauungsplanung infolgedessen nicht den tatsächlichen Gegebenheiten Rechnung tragen.

Weiterhin besteht eine hohe Regelungsdichte in Bezug auf die zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen an wasserwirtschaftlichen Infrastruktureinrichtungen (Siedlungsentwässerung), Bauwerken (Talsperren) und Schutzmaßnahmen (Deiche, Dämme etc.), mit denen ein Versagen verhindert werden soll.

Auf Grund der Annahme, das nur hochwassersichere Baugrundstücke bebaut werden dürfen, gibt es in Bezug auf die Bauwerkseigenschaften keine Normen und Regelungen, in denen bestimmte Eigenschaften für Gebäude (Konstruktion, Bauweisen, Baumaterialien) und Grundstücke in hochwassergefährdeten Bereichen vorgeschrieben sind.

6.4.2 Regelungen bzgl. Sturmflut

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2007) gibt die folgenden Bemessungswasserstände für die deutsche Nordseeküste an:

- Hamburg 7,10 m NN in Blankenese und bis 7,70 m NN in Zollenspieker,
- Nordseeküste je nach Exposition teilweise nur 5 m NN (Norderney).

„Die Bemessungswasserstände für die Küstenschutzwerke an der Ostseeküste sind mit 3 mNN deutlich niedriger als diejenigen der Nordseeküste. So sind manche Küstenabschnitte hier schon durch Wasserstände, die gegenüber NN um 1 m erhöht sind, gefährdet.“ (BSH 2007).

Der Hochwasserschutz an der Ostseeküste ist für Wasserhöhen zwischen 3,7 (Travemünde) und 1,75 mNN (Ueckermünde) ausgelegt (BSH 2007).

6.4.3 Regelungen bzgl. Sicker- und Grundwassergefährdung

Im Unterschied zum Bereich Hochwasser gibt es bzgl. Sickerwasser und Grundwasser dezidierte Anforderungen für die Planung und Ausführung von Bauwerken, weil diese Belastung auch im „Normalfall“ auftritt.

Der Begriff "Bauwerksabdichtung" umfasst im engeren Sinne den Schutz von Bauten bzw. der erdberührten Bauwerksteile gegen nichtstauendes und aufstauendes Sickerwasser (Haftwasser, Kapillarwasser) sowie gegen drückendes Wasser von außen oder von innen. Auch der Schutz von genutzten Bauwerksflächen gegen Oberflächen- und Brauchwasser wird hierzu gezählt.

Architekten und Planer sind verpflichtet, bei der Gebäudegründung und der Planung der Gebäudeteile unter Geländeoberkante den höchsten bekannten Grundwasserstand zu berücksichtigen (in der Regel ist hierfür ein Zeitraum von 20 bis 30 Jahren zu veranschlagen). Zuzüglich zum höchsten bekannten Grundwasserstand ist ein Sicherheitszuschlag von 30 cm zu veranschlagen (Urteil des Oberlandesgerichts Frankfurt Az22 U 135/07 2009).

Aus dem Bemessungsgrundwasserstand als dem „...höchste(n) nach Möglichkeit aus langjähriger Beobachtung ermittelte(n) Grundwasser-/Hochwasserstand...“, der sich witterungsbedingt einstellen kann und dem Vergleich mit den auf NN-Höhe bezogenen tiefstgelegenen Bauteilen des Gebäudes ergibt sich gegebenenfalls die Abdichtungserfordernis. In die Betrachtung sind auch die (nicht) dauerhaft verbindlich festgeschriebenen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen mit ihren Auswirkungen auf den Grundwasserstand einzubeziehen (BWK 2009).

Für die Ersteinschätzung, ob überhaupt mit Grundwasser zu rechnen ist, eignen sich zumeist die in den Bundesländern vorliegenden Karten mit der Angabe der Flurabstände. Bestätigend können Informationen bei der Fachverwaltung und der Kommune eingeholt werden.

Das Maß für eine grundwassersichere Bebauung ist ein Flurabstand von mehr als 10 Metern. Ist laut Ersteinschätzung dieses Maß nicht sicher vorhanden, sollte nach BWK (2009) der Bemessungsgrundwasserstand zunächst mit der Geländeoberfläche gleichgesetzt werden. Damit wird ein Ansatz zur sicheren Seite gewählt, mit dem auch der Erkundungsaufwand für weitere Untersuchungen abgeschätzt werden und den möglichen Einsparungen von Baukosten gegenübergestellt werden kann. Das BWK-Merkblatt 8 befasst sich ausführlich mit der Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes für Bauwerksabdichtungen.

Für die Ermittlung der Bemessungsgrundwasserstände **ohne** Grundwasserstandsmessungen gilt (BWK 2009):

- Lässt die Situation oberflächennahes Grundwasser erwarten, sollte der Bemessungsgrundwasserstand zunächst - bis nähere Untersuchungen anderes ergeben - mit der Geländeoberfläche gleichgesetzt werden.
- In Tieflagen und im näheren Auenbereich größerer Oberflächengewässer ist der Grundwasserstand vom Wasserstand im Gewässer abhängig. Vereinfacht kann der Grundwasserstand hier dem Gewässerwasserstand für ein 100-jährliches Hochwasser gleichgesetzt werden.

Die maßgeblichen Anforderungen zur Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen enthält die DIN 18195. Die Norm besteht aus den Teilen 1-10

- Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten
- Teil 2: Stoffe
- Teil 3: Anforderungen an den Untergrund und Verarbeitung der Stoffe
- Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung
- Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen; Bemessung und Ausführung
- Teil 6: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser; Bemessung und Ausführung
- Teil 7: Abdichtungen gegen von innen drückendes Wasser; Bemessung und Ausführung
- Teil 8: Abdichtungen über Bewegungsfugen
- Teil 9: Durchdringungen, Übergänge, An- und Abschlüsse
- Teil 10: Schutzschichten und Schutzmaßnahmen
- Teil 100: Vorgesehene Änderungen zu den Normen DIN 18195 Teil 1 bis 6
- Teil 101: Vorgesehene Änderungen zu den Normen DIN 18195-2 bis DIN 18195-5

Die DIN 18195 gilt nicht für Bauwerke beziehungsweise Bauteile, die an sich schon ausreichend wasserundurchlässig sind, zum Beispiel Gebäude mit sogenannter „Weißer Wanne“.

Aktuell befindet sich die Norm in einer Überarbeitungsphase. Die vorgesehenen Änderungen sind in Teil 100 und Teil 101 zu finden.

Für die Planung und Ausführung sind weiterhin die folgenden Normen und Richtlinien (Auswahl) hinzuzuziehen:

- DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton (Teile 1 – 4, 100)
- DIN 18331 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Betonarbeiten

- DIN 4095 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung
- Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAfStb Wasserundurchlässige Bauwerke; WU-Richtlinie:2003-11
- DBV-Merkblatt Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton
- WTA-Merkblatt 4-4-96 Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit
- WTA-Merkblatt 4-6-98-D Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile

Die früher weit verbreitete Absenkung von Grundwasser durch Drainagen ist heute erschwert bzw. nicht mehr erlaubt, weil die Einleitung von Drainagewasser in die Kanalisation zunehmend unterbunden wird.

Das Merkblatt BWK-M8 (2009) konkretisiert die Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes, die aus der DIN 18195 nicht unmittelbar ablesbar ist. Als Defizit der heutigen Regelungen ist zu nennen, dass der Grundwasserstand, der der jeweiligen Planung zugrunde gelegt wird, im Allgemeinen in den Planunterlagen nicht aufgeführt wird und auch keine diesbezügliche Prüfung durch die Behörden stattfindet. Dies hat zur Konsequenz, dass für diese Frage oftmals kein Problembewusstsein vorhanden ist.

6.4.4 Andere Regelungen zum Schutz der Gebäude vor Naturgefahr Hochwasser

Generell enthalten die Landesbauordnungen und die Nachbarrechtsgesetze der Länder Regelungen zu baulichen Anlagen, mit denen sichergestellt werden soll, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden sowie durch Wasser, Feuchtigkeit und andere Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen auch auf angrenzenden Grundstücken nicht hervorgerufen werden. Weiterhin gelten die Regelungen des BGB §§ 836 ff, in denen Grundstücksbesitzer, Gebäudebesitzer und Unterhaltspflichtige für Schäden, die vom eigenen Grundstück oder Gebäude beispielsweise infolge mangelhafter Unterhaltung ausgehen, haftbar gemacht werden können.

Im Rahmen der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht muss der Hauseigentümer dafür Sorge tragen, dass sich das Haus in einem allgemein sicheren Zustand befindet. Gegen vorhersehbare Gefahren müssen Vorkehrungen getroffen werden. Im Hochwasserfall dürfen keine wasserschädlichen Stoffe freigesetzt werden, ebenso sind Fluchtwege vorzusehen und freizuhalten.

6.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit

6.5.1 Projektentwicklung, Standort und Exposition

Die Standortwahl bestimmt maßgeblich die Exposition und damit die Gefahrenausprägung am Standort. Die Standortprüfung beinhaltet die Ermittlung und Bewertung der potenziellen Gefahren des Standorts gegenüber den genannten Hochwassertypen. Die Gefahren Sturmflut und Flusshochwasser können durch eine entsprechende Standortwahl sogar völlig ausgeschlossen werden.

Eine weitergehende Vorsorge kann realisiert werden, wenn die aus Kartenwerken (vgl. Kap. 6.3) entnommen Gefährdungseinschätzungen mit standortbezogenen Nachfragen bei den

zuständigen Behörden abgesichert werden. Dieses gilt insbesondere bei besonders hochwassergefährdeten Standorten.

Konkrete Maßnahmen hierzu sind:

- Einholen ortsbezogener Informationen (Schadensfälle an Gebäuden in der Region in der Vergangenheit, Messwerte, Erfahrungen der Behörden)
- Einholen eines ortsbezogenen Hochwassergutachtens

Die Untersuchungsergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren.

6.5.2 Planung

In der Planung kann auf die Widerstandsfähigkeit des Gebäudes gegenüber Überschwemmungen positiv Einfluss genommen werden.

6.5.2.1 Genereller Entwurf

In der Ausschreibung zum Gebäudeentwurf soll die systematische Einschätzung des Standortes in Bezug auf die Überschwemmungsgefährdung bzw. den Bemessungsgrundwasserstand (gemäß Merkblatt BWK-M8 2009) eingefordert werden. Auf eine der Gefährdung entsprechende hochwasserangepasste Konstruktion bzw. die Verwendung von Baustoffen und Bauteilen mit entsprechender Wasserresistenz muss in der Ausschreibung eindeutig hingewiesen werden.

Bauvorsorge kann in der Phase des Entwurfs durch eine angepasste Bauweise realisiert werden. Maßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten können generell unterschieden werden in

- Maßnahmen, die das Eindringen des Wassers verhindern (dem Wasser widerstehen) und
- Maßnahmen, die ein planmäßiges Eindringen von Wasser oder eine planmäßige Flutung anstreben, um so Schäden zu vermeiden (dem Wasser nachgeben).

Tabelle 6-7: Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit in der Entwurfsphase

Handlungsbereich	Maßnahmen
Höhenlage des Gebäudes bzw. potenziell betroffener Gebäudeteile	- Erhöhung des Grundstücks durch Aufschüttung bis zur Höhe des möglichen extremen Hochwasserstands - Aufständerung des Gebäudes bis zur Höhe des möglichen extremen Hochwasserstands - Ausreichende Höhen des Fußbodens von Parterregeschossen über Geländeoberkante - Verzicht auf Untergeschosse, Tiefgaragen und Keller bzw. Einschränkungen zur Kellernutzung
Dauerhafte Hochwasserschutzmaßnahmen (Wasserzutritt verhindern)	- Feste Schutzeinrichtungen auf dem Grundstück (Mauern, Dämme) - Hochwasserschutzeinrichtungen am Bauwerk (fest installierte Objektschutzmaßnahmen) - Kellerzugänge und Tiefgarageneinfahrten mit leistungsfähigen Entwässerungssystemen versehen - Festlegung von ausreichenden Einlaufhöhen in das Gebäude bis zur Höhe des möglichen extremen Hochwasserstands
Mobile Hochwasserschutzmaßnahmen (Wasserzutritt verhindern)	- Hochwasserschutzeinrichtungen auf dem Grundstück (mobile Elemente, Dammbalkensysteme, Dammtafelsysteme) - Hochwasserschutzeinrichtungen am Bauwerk (Verschlussklappen, sonstige Objektschutzmaßnahmen)
Schutz bei hohen Grundwasserständen	- Ausreichende Abdichtung der Untergeschosse (beispielsweise Herstellung des Kellers als „Weiße oder Schwarze Wanne“) - Grundwasserhochstandsichere Durchführung aller Ver- und Entsorgungsleitungen durch die Gebäudehülle - Maßnahmen zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit (siehe Kap. 6.5.2.2)
Schutzmaßnahmen, falls Flutung des Gebäudes nicht sicher ausgeschlossen werden kann bzw. erforderlich ist	- Hochwassersichere Anordnung von empfindlichen Ver- und Entsorgungseinrichtungen, beispielsweise Stromverteilung und Heizsysteme. Elektroinstallationen wie Stromverteilerkästen sollen in hochwassersicherer Höhe angebracht werden. Die Stromkreisläufe der einzelnen Etagen müssen einzeln abschaltbar bzw. gesichert sein. - Ölheizungen sollten in hochwassergefährdeten Gebieten nicht verwendet werden. Kann auf Öltanks nicht verzichtet werden, sollten diese entweder hochwassersicher in den Obergeschossen untergebracht werden bzw. die Tanks müssen entsprechend auftriebssicher und mit abgesicherten Öffnungen aufgestellt werden. Dies gilt ebenfalls für Behälter mit anderen wassergefährdenden Stoffen. - Wasserunempfindliche Baumaterialien in gefährdeten Bereichen (vgl. Tabelle 6-8) - Wasserunempfindliche feste Einrichtungen in gefährdeten Bereichen
Maßnahmen bei Flutung bzw. Sauberwasserflutung	- Flutungseinrichtungen sollen an der strömungsabgewandten Seite erstellt werden mit Kennzeichnung (Markierung) der erforderlichen Flutungshöhe in Abhängigkeit vom Außenwasserstand. - Wenn eine Sauberwasserflutung gesehen ist, sind entsprechend dimensionierte Wasserzuleitungen bzw. Tanks erforderlich; zusätzlich sollten alle Räume über eine geeignete Fluchtmöglichkeit (Ausstieg, Treppe) verfügen

Handlungsbereich	Maßnahmen
	- Wasserhaltung (Regulierung durch Spundwände und Pumpen, dabei müssen die Pumpen ausreichend bemessen sein und eine Notstromversorgung muss gewährleistet sein)
Schutzmaßnahmen gegen Kanalisationsrückstau	- Anordnung von Rückstauklappen bzw. Abwasserhebeanlagen
Planung von Räum-, Rettungs- und Fluchtwegen	- ausreichend dimensionierte Transportwege und Treppenhäuser - bei eingeschossigen Gebäuden Zugang zum Dach - Fluchtweg ist nicht der Haupteintrittsweg des Wassers

Tabelle 6-8: Hochwasserbeständige (Bau-)Materialien (BMVBS 2008, S. 45)

Gewerk	Baustoff oder Ausführungsform	Widerstandsfähigkeit gegen Wassereinwirkung		
Baustoffe	Kalk	gut geeignet		
	Gips			ungeeignet
	Zement	gut geeignet		
	Gebrannte Baustoffe (je nach Art)	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Lehm (je nach Einwirkzeit)	gut geeignet	mäßig geeignet	ungeeignet
	Steinzeugwaren	gut geeignet		
	Bitumen (Anstrich und Bahnen)	gut geeignet		
	Metalle (je nach Art)	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Kunststoffe (je nach Art)	gut geeignet	mäßig geeignet	ungeeignet
	Holz (je nach Art)		mäßig geeignet	ungeeignet
	Textilien			ungeeignet
	Saugende Materialien			ungeeignet
Bodenplatte	Wasserundurchlässiger Beton	gut geeignet		
Bodenaufbau	Estrich	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Holzbalken		mäßig geeignet	
Bodenbelag	Naturstein (Granit, Dolormit)	gut geeignet		
	Sandstein			ungeeignet
	Marmor			ungeeignet
	Kunststein	gut geeignet		
	Fliesen (je nach Art)	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Epoxydharzoberflächen	gut geeignet		
	Parkett/Laminat			ungeeignet
	Holzpflaster			ungeeignet
	Massivholz			ungeeignet
	Kork			ungeeignet
	Textile Beläge (Teppich, Teppichboden)			ungeeignet
	Linoleum			ungeeignet
Wände	Kalksandsteine	gut geeignet		
	Gebrannte Vollziegel	gut geeignet		
	Hochlochziegel		mäßig geeignet	
	Klinker	gut geeignet		
	Beton	gut geeignet		
	Gasbeton		mäßig geeignet	
	Lehm (je nach Einwirkzeit)		mäßig geeignet	ungeeignet
	Leichte Trennwände (Gipsplatten)			ungeeignet
	Holz (Bretter, Spanplatten, Gefache)			ungeeignet
	Glasbausteine	gut geeignet		
Außenhaut	Mineralische Putze (Zement, hydr. Kalk)	gut geeignet		
	Verblendmauerwerk mit Luftschicht	gut geeignet		
	Steinzeugfliesen	gut geeignet		
	Wasserabweisende Dämmung	gut geeignet		
	Kunststoffsockel	gut geeignet		
	Faserzementplatten	gut geeignet		
	Faserdämmstoffe			ungeeignet
Putz	Mineralischer Zementputz	gut geeignet		

	Kalkputz (hydraulische Kalke)	gut geeignet		
	Gipsputze			ungeeignet
	Lehm (je nach Einwirkzeit)	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Spezialputze (hydrophobiert)	gut geeignet		
	Kunstharzputze	gut geeignet		
Anstrich	Mineralfarben	gut geeignet		
	Kalkanstrich	gut geeignet		
	Dispersionsanstrich			ungeeignet
Wandverklei-dung	Tapeten			ungeeignet
	Fliesen	gut geeignet		
	Holz			ungeeignet
	Textilien			ungeeignet
	Gipskartonplatten			ungeeignet
	Kork			ungeeignet
Fenster	Holz (je nach Art)		mäßig geeignet	ungeeignet
	Kunststoff	gut geeignet	mäßig geeignet	
	Aluminium	gut geeignet		
	Verzinkter Stahl	gut geeignet		
Fensterbänke	Marmor			ungeeignet
	Sonstiger Naturstein (wie Gra-nit)	gut geeignet		
	Holz (je nach Art)		mäßig geeignet	ungeeignet
	Beschichtetes Aluminium und Metall	gut geeignet		
	Sandstein			ungeeignet
	Schiefer		mäßig geeignet	
Türen	Holzzargen			ungeeignet
	Metallzargen	gut geeignet		
	Holztüren			ungeeignet
	Edelstahltüren	gut geeignet		
Treppen	Beton	gut geeignet		
	Holz			ungeeignet
	Verzinkte Stahlkonstruktion	gut geeignet		
	Massivtreppen aus Naturstein	gut geeignet		

6.5.2.2 Bemessung, (Trag-) Konstruktion

Durch das hochstehende Grundwasser bzw. Hochwasser entsteht ein Auftrieb, der die Standsicherheit des Gebäudes gefährden kann. Die Auftriebssicherheit kann entweder durch ausreichendes Eigengewicht des Bauwerks mit entsprechenden baulichen Vorkehrungen oder durch eine Flutung des Gebäudes im Hochwasserfall gewährleistet werden. Mit Fachgutachten sollten die entsprechenden Gefährdungen vorab ermittelt werden. Die entsprechenden baulichen Maßnahmen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 6-9: Maßnahmen für die Auftriebssicherheit und gegen den Wasser- bzw. Strömungsdruck

Handlungsbereich	Maßnahmen
Verhinderung von Unter-spülung	- Wahl entsprechend bemessener Fundamenttiefe (mindestens 1 Meter unter der zu erwartenden Erosionsbasis) bzw. Sicherung des Fundamentes durch Spundwände oder Wasserbausteine (evtl. in

	Verbindung mit einem Vlies)
Maßnahmen zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit	- Die Summe aller Gebäudelasten muss mindestens 10 % größer als die Auftriebskraft sein. - Die Gründungssohle muss biegesteif ausgeführt sein. Sondermaßnahmen bei nicht ausreichendem Eigengewicht des Gebäudes: - Beschwerung der biegesteifen Sohlplatte mit Gewichtsbeton - Ausreichende Erdüberdeckung unterirdischer Gebäudeteile oder Lagerbehälter - Vertikale Rückverankerung des Gebäudes oder der Sohle durch ausreichend bemessene Anker oder Pfähle - Wasserhaltung (Spundwände, Pumpen)
Bemessung gegen Wasser- bzw. Strömungsdruck	- Ausführung von Wänden und Sohle in Stahlbeton oder mit entsprechender Mauerdicke

6.5.2.3 Dach

Bei der Planung und Bemessung der Dach- und Gebäudeentwässerungssysteme muss die Möglichkeit der Grundstücksüberflutung infolge Überlastung dieser Systeme („Entspannungspunkte“) beachtet werden.

6.5.2.4 Wandsysteme und Fassade

Hier sind die im Kapitel Starkregen aufgeführten Maßnahmen zu beachten.

Tief liegende Türen und Fensteröffnungen sollen druckwasserdicht ausgebildet werden. Lichtschächte und Kellerfester können zur planmäßigen und kontrollierten Flutung des Gebäudes vorgesehen werden.

In hochwassergefährdeten Bereichen sollten generell wasserbeständige Baustoffe verwendet werden (vgl. Kap. 6.5.2.1). Auch sollte eine rasche Trocknungsmöglichkeit gegeben sein. Weiterhin sollten die Materialien wasserdampfdurchlässig sein, um eine Schimmelbildung zu erschweren. Schimmel kann zu irreparablen Schäden am Gebäude führen.

6.5.3 Herstellung

Eine Qualitätskontrolle bei der Herstellung der Gebäudeteile unter Geländeoberkante in Bezug auf die o. g. Anforderungen ist zu empfehlen.

6.5.4 Einrichtung

Die jeweilige Nutzung der gefährdeten Gebäudeteile beeinflusst die Schadensanfälligkeit des Gebäudes wesentlich (vgl. Kap. 6.2.3.4). Fest installiertes Inventar kann im Hochwasserfall nicht entfernt werden. Bei der Einrichtungsplanung muss dementsprechend berücksichtigt werden:

Tabelle 6-10: Einrichtungsplanung

Handlungsbereich	Maßnahmen
Innenausbau	- der Innenausbau sollte generell mit wasserresistenten, leicht zu reinigenden Materialien erfolgen.

(Mobiles) Mobiliar	- Höherwertige Einrichtungen sollten grundsätzlich nur in den hochwasserfreien Geschossen vorgesehen werden - Leicht räumbare Inneneinrichtungen im gefährdeten Bereich - Entsprechende Transportwege und Treppen müssen vorhanden und ausreichend dimensioniert sein.

6.5.5 Inbetriebnahme

Im Rahmen der Inbetriebnahme sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

6.5.6 Nutzungsphase

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit bzw. der Schadensminimierung während der Nutzungsphase können unterschieden werden in Maßnahmen vor dem Hochwasser, während des Hochwassers und nach dem Hochwasser. Die möglichen Maßnahmen sind in der Tabelle 6-11 zusammengestellt.

Tabelle 6-11: Maßnahmen zur Schadensminderung in der Nutzungsphase

Handlungsbereich	Maßnahmen
Maßnahmen vor dem Hochwasser	- das Aufstellen einer Anleitung mit Zuständigkeiten und erforderlichen Maßnahmen bei Hochwasser - die Beachtung von Hochwasserwarnungen - die regelmäßige Überprüfung der Hochwasserschutzeinrichtungen - das Durchführen von Hochwasserschutzübungen
Maßnahmen im Hochwasserfall	- Warnung der Nutzer - Schließen von Fenstern, Toren und Türen - Anbringen temporärer Schutzvorkehrungen/Schutzschilde (Dammbalken, Sandsäcke u.ä.) - Installation von Notpumpen - Sichern von wasserempfindlichen Einrichtungsgegenständen und Dokumenten aus Unter- und Erdgeschoss - Gas und Strom abstellen und elektrische Geräte ausstecken (zumindest in den möglicherweise betroffenen Gebäudeteilen) - Sicherung von Tanks bzw. Transport gefährlicher Stoffe an sichere Orte - Ggf. Vorbereitung der Gebäudeflutung
Maßnahmen nach dem Hochwasser	- Sicherung von einsturzgefährdeten Gebäudeteilen - Umgehende Reinigung des Gebäudes - Gebäudetrocknung

In Tabelle 6-7 werden die zur Ergreifung der oben genannten Maßnahmen erforderlichen baulichen Voraussetzungen aufgeführt.

6.6 Kriterienentwicklung und Bewertung

Bei Einwirkung der Naturgefahren auf das Bauwerk soll unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortmerkmale (Gefährdung) und durch Optimierung der Widerstandsfähigkeit eine weitgehende Schadensfreiheit des Bauwerks erreicht werden.

Das Anforderungsniveau an die Widerstandsfähigkeit des Bauwerks wird somit entsprechend der Exposition des Standorts definiert und festgelegt.

Die Einstufung der Exposition erfolgt den unterschiedlichen Ursachen von Hochwasser entsprechend über die Belastungseinschätzungen, die in den Kapiteln 6.3ff ausführlich beschrieben sind. Nachfragen bei den entsprechenden Fachbehörden sind für die Gefährdungsabschätzung bei Flusshochwasser (Kriterium Wasserstand bei HQ100) unabdingbar.

Tabelle 6-12: Standortbewertung Hochwasser

Beurteilung der Hochwasser-gefährdung infolge ...	Methode	Einschätzung der Exposition des Standortes		
		Keine bis geringe Belastung	Mittlere Belastung	Große Belastung
Fluss-hochwasser	Auswertung der in Kap. 6.3.1 genannten Unterlagen	Standorte außerhalb von überschwemmungsgefährdeten Gebieten	Potenzieller Wasserstand bei HQ100 > 0 bis 2 m	Potenzieller Wasserstand bei HQ100 > 2 m
Sturmflut	Auswertung der in Kap. 6.3.2 genannten Unterlagen	Standorte außerhalb der gefährdeten Gebiete	Potenzieller Wasserstand bei Deichversagen > 0 bis 2 m	Potenzieller Wasserstand bei Deichversagen > 2 m
Starkregen	Einschätzung gemäß Kriterien in Kap. 6.3.3	maximal 2 der 6 Kriterien treffen zu	3 der 6 Kriterien treffen zu	4 bis 6 der 6 Kriterien treffen zu
Grund-hochwasser	Beurteilung nach Kap. 6.3.4	Standorte in Gebieten mit Flurabstand > 10 m	Flurabstand zwischen 10 und 4 m	Standorte in Gebieten mit Flurabstand < 4 m

Für drei der vier hier näher behandelten Hochwassertypen können wie Tabelle 6-12 zeigt, Grenzwerte angegeben werden. In Bezug auf Überflutungen infolge von Starkregen ist dies nicht möglich, hier ist die in Kap. 6.3.3 aufgeführte Einschätzung der Sturzflutgefährdung anhand der Anzahl der zutreffenden Kriterien zu ermitteln.

Die entsprechenden Informationen können aus frei verfügbaren Informationsquellen und/oder durch Anfragen bei der zuständigen Gemeindeverwaltung bzw. den Wasserbehörden eingeholt werden. Die Nachfrage nach Hochwassermarken in der Umgebung und die Befragung von Nachbarn können ebenfalls hilfreich sein. Falls mehrere der o. g. Gefährdungen zutreffen, kann eine objektbezogene Gefährdungsanalyse durch Experten sinnvoll sein.

Mithilfe von Tabelle 6-12 kann die Hochwassergefährdung eines Gebäudes an einem vorgegebenen Standort bestimmt werden. Die Hochwassergefährdung, die der höchsten bzw. stärksten Gefährdungseinschätzung zugeordnet wird, gibt das Ziel für die zu erreichende Widerstandsfähigkeit des Gebäudes vor. Die Einstufung „keine bis geringe Gefährdung“ für alle vier Hochwassertypen erfordert lediglich die normale Widerstandsfähigkeit des Gebäudes. Wird maximal „mittlere Gefährdung“ ermittelt, ist die verbesserte Widerstandsfähigkeit

anzustreben. Ergibt die Analyse des Standortes mindestens einmal eine „große Gefährdung“, ist die hohe Widerstandsfähigkeit das Ziel.

Die folgende Tabelle dient zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes.

Es gibt grundsätzlich drei Möglichkeiten, ein Gebäude vor der Naturgefahr Hochwasser zu schützen:

- der Wassereintritt ins Gebäude wird dauerhaft ausgeschlossen durch Aufständerung, Anschüttung, Mauern und Dämme (grüne Einfärbung) oder
- der Wassereintritt ins Gebäude wäre möglich, wird aber mithilfe mobiler Schutzeinrichtungen weitestgehend ausgeschlossen (Diese Maßnahmen erfordern gleichzeitig ein Konzept, das die Auswertung von Warnungen und ggf. das Initiieren der Maßnahmen sichert. Es verbleibt eine gewisse Versagensunsicherheit) (rotbraune Einfärbung) oder
- der Wassereintritt wird schadenfrei zugelassen (weiße Tabellenfelder).

Tabelle 6-13: Kriterien zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit eines Gebäudes gegen Hochwasser

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
Grundstück und Gebäude	Höhenlage potenziell betroffener Gebäude oder Gebäudeteile	Keller und Untergeschosse vorhanden, Parterresohle unterhalb Hochwasserniveau HQ_{10} (häufige Hochwasser)	0	Parterresohle im Hochwasserniveau HQ_{100}	20	keine Keller/Untergeschosse/Tiefgaragen vorhanden, Parterresohle oberhalb höchstem möglichen Wasserstand oder Gebäude mit Untergeschosssohle oberhalb höchstem Hochwasserstand	40
	Dauerhafte Hochwasserschutzmaßnahmen (Wasserzutritt verhindern)	keine Maßnahmen vorhanden	0	Wasserzutritt wird sicher und dauerhaft durch feste Hochwasserschutzeinrichtungen (Gelände bzw. Gebäude) bis Hochwasserniveau HQ100 verhindert, leistungsfähige Entwässerungssysteme, Auftriebssicherheit ist gewährleistet	20	Wasserzutritt wird sicher und dauerhaft durch feste Hochwasserschutzeinrichtungen (Gelände bzw. Gebäude) bis oberhalb höchstem möglichen Wasserstand verhindert, leistungsfähige Entwässerungssysteme, Auftriebssicherheit ist gewährleistet	35
	Mobile Hochwasserschutzmaßnahmen (Wasserzutritt verhindern)	keine Maßnahmen vorhanden	0	Wasserzutritt wird sicher mit mobilen Schutzeinrichtungen (Grundstück, Gebäude) bis Hochwasserniveau HQ_{100} verhindert, wenn Maßnahmen rechtzeitig ergriffen werden, Auftriebssicherheit ist gewährleistet	15	Wasserzutritt wird sicher mit mobilen Schutzeinrichtungen (Grundstück, Gebäude) bis oberhalb höchstem möglichen Wasserstand verhindert, wenn Maßnahmen rechtzeitig ergriffen werden, Auftriebssicherheit ist gewährleistet	30
	Schutzmaßnahmen gegen Grundhochwasser	Grundwasserflurabstand < 4 m, planerisch keine besonderen Maßnahmen vorgesehen, Einhaltung der DIN	20	Grundwasserflurabstand zwischen 4 und 10 m bzw. Wasserzutritt über Kellersohle und Wände wird aktiv verhindert (z. B. Wasserhaltung mit Pumpen), Auftriebssicherheit ist gewährleistet	25	Grundwasserflurabstand über 10 m bzw. Wasserzutritt über Kellersohle, Wände und Sockelbereich wird sicher und dauerhaft verhindert, Auftriebssicherheit ist gewährleistet	30
	Anordnung von empfindlichen Ver- und Entsorgungseinrichtungen	keine hochwassersichere Durchführung der Ver- und Entsorgungsleitungen durch das Gebäude	0	-	0	grund- und hochwassersichere Durchführung der Ver- und Entsorgungsleitungen durch das Gebäude	10
	Lage der Elektroinstallationen/Stromverteilerkästen	nicht in hochwassersicherer Höhe, Stromkreisläufe der einzelnen Etagen nicht einzeln abschaltbar bzw. gesichert	0	in hochwassersicherer Höhe, Stromkreisläufe der einzelnen Etagen nicht einzeln abschaltbar bzw. gesichert	5	hochwassersichere Anbringung der Anlagen und Stromkreisläufe der einzelnen Etagen einzeln abschaltbar bzw. gesichert	10
	Anordnung von Öltanks und Behältern mit anderen wassergefährdenden Stoffen	nicht gesicherter Öltank, wassergefährdende Stoffe im überflutungsgefährdeten Gebäudebereich	0	aufschwimmgesicherter Tank, leicht räumbare andere wassergefährdende Stoffe im gefährdeten Bereich	5	keine Öltanks und andere wassergefährdende Stoffe im überschwemmten Gebäudebereich oder aufschwimmgesicherter Tank mit abgesicherten Öffnungen	10
	Baumaterialwahl in gefährdeten Bereichen	weniger als 50 % wasserunempfindliche Materialien in den potenziell betroffenen Gebäudeteilen	0	zwischen 50 und 80 % wasserunempfindliche Materialien in allen potenziell betroffenen Gebäudeteilen	2,5	mehr als 80 % wasserunempfindliche Materialien in allen potenziell betroffenen Gebäudeteilen	5
	Vorsorgemaßnahmen für Flutung bzw. Sauberwasserflutung	keine Vorsorgemaßnahmen	0	-	0	ausreichende Flutungseinrichtungen und Markierung (d.h. ausreichend dimensionierte Öffnungen/Wasserzuleitungen bzw. Einrichtungen zur Wasserhaltung)	5

Konstruktion bzw. Bauteil	Kriterium	Normale Widerstandsfähigkeit	Punkte	Mittlere Widerstandsfähigkeit	Punkte	Hohe Widerstandsfähigkeit	Punkte
	Treppenhäuser	sehr enges, stark gewendeltes Treppenhaus	0	schmales, wenig gewendeltes Treppenhaus	2,5	großzügig dimensioniertes Treppenhaus für einfache Räumung und als Fluchtweg	5
	Fluchtwege	Fluchtweg ist gleichzeitig Haupteintrittsweg für das Wasser und kein Dachzugang bei eingeschossigen Gebäuden in gefährdeten Bereichen	0	Fluchtweg ist nicht gleichzeitig Haupteintrittsweg für das Wasser, kein Dachzugang bei eingeschossigen Gebäuden in gefährdeten Bereichen	2,5	Fluchtweg ist nicht gleichzeitig Haupteintrittsweg des Wassers und bei eingeschossigen Gebäuden ist ein Zugang zum Dach gegeben	5
	Rückstausicherung	keine Sicherungen vorgesehen	0	-	0	Rückstausicherungen und Entlastungspunkte sind vorgesehen	10
Bemessung und (Trag-) Konstruktion	Verhinderung von Unterspülung	keine entsprechenden Nachweise und Maßnahmen	0	-	0	Erosionsgefährdung wird berücksichtigt und bei der Bemessung nachgewiesen	10
	Gewährleistung der Auftriebssicherheit	keine entsprechenden Nachweise und Maßnahmen	0	-	0	Auftriebssicherheit wird berücksichtigt und bei der Bemessung nachgewiesen	10
	Bemessung gegen Wasser- bzw. Strömungsdruck	keine entsprechenden Nachweise und Maßnahmen	0	-	0	Sicherheit gegen Wasser- bzw. Strömungsdruck wird berücksichtigt und bei der Bemessung nachgewiesen	10
Einrichtung/ Nutzung	Fest installiertes Inventar	hochwertig im möglichen Hochwasserbereich	0	-	0	festes Inventar ist nicht im hochwassergefährdeten Bereich vorhanden oder hochwasserresistente, unempfindliche Materialien	10
	Mobiles Inventar	hochwertige Einrichtung mit wasserempfindlichen Materialien, aufwändige Räumung	0	hochwertige Einrichtung mit wasserempfindlichen Materialien bei leichter Räumung oder nicht hochwertige Einrichtung mit normaler Räumbarkeit	5	Vorsorgekonzept und leichte, rasche Räumbarkeit oder wasserunempfindliches Inventar	10
Warnung und Vorsorge	Räumungs-, Rettungs- und Fluchtwege	kein Konzept für Warnungsauswertung und Vorsorge	0	Konzept vorhanden, aber nicht gesicherte Anwendung	5	Schadensmindernde Maßnahmen vor, während und nach dem Hochwasser sind in einem verbindlichen Konzept festgelegt	10
Summe	Summe beige und weiß (Wassereintritt wäre möglich, wird aber mithilfe mobiler Schutzeinrichtungen weitestgehend ausgeschlossen)		0		42,5		140
	Summe grün und weiß (Wassereintritt wird dauerhaft ausgeschlossen)		20		82,5		175

Die Zuordnung der mithilfe der Kriterientabelle erreichten Punktzahl in Abhängigkeit von der Hochwasserbelastungseinschätzung nach Tabelle 6-12 gibt die folgende Tabelle 6-14 wieder.

Tabelle 6-14: Anforderungsniveau Hochwasser

	Punkte	Einschätzung der Gefährdung		
		Keine bis geringe Gefährdung	Mittlere Gefährdung	Große Gefährdung
Zielwert	100	≥ 55	≥ 70	≥ 80
	75	45 bis 54	60 bis 69	70 bis 79
Referenzwert	50	35 bis 44	50 bis 59	60 bis 69
	25	25 bis 34	40 bis 49	50 bis 59
Grenzwert = Mindestanforderung	10	10 bis < 25	25 bis < 40	40 bis < 50

Zwischenwerte werden linear interpoliert.

7 Literatur

Bauministerkonferenz MBO/Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU) (Hrsg.): Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten. – o. O. 2006. Online unter: http://www.bauministerkonferenz.de (Zugriffsdatum 11.1.2010)

Bayerisches Staatsministerium des Innern (Hrsg.): Der nächste Winter kommt bestimmt. ... Schnee auf Dächern. Tipps für Hausbesitzer. – München 2006

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Lawinenwarnzentrale (Hrsg.): Anleitung zum Abschätzen einer aktuellen Schneelast. – München 2006

BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. – Berlin 2008 = BBR-Online-Publikation 10/2008

Behörde für Inneres der Freien und Hansestadt Hamburg (Hrsg.) Sturmflutschutz in Hamburg. - Hamburg 2008

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS), Abschnitt A: Datenbank, Abschnitt B: Fallstudienanalyse, Abschnitt C: Ziele, Maßnahmen und Methoden des kommunalen Risikomanagements, Abschnitt D: Radargestützte deutschlandweite Erfassung, Modellierung, Bewertung und Kurzfristvorhersage lokaler Extremniederschläge für urbane Gebiete, Abschnitt E: Fallstudien und Untersuchungsschwerpunkte. Schlussbericht.(Durchführende Institutionen: Hydrotec; FH Aachen; DWD). - Bonn 2008

BMLF Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Die Kraft des Wassers. Richtiger Gebäudeschutz vor Hoch- und Grundwasser. 2. Auflage. – Wien 2002

BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Hochwasserschutzfibel. Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten gebieten. – 2. Aufl. Berlin 2008

BSH Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Hrsg.): Anlage 28: Sturmfluten. Online unter: http://www.bsh.de/de/Das_BSH/Presse/Pressearchiv/Pressemitteilungen2007/Anlage_28_1-2007.pdf (Modifikationsdatum 22.2.2010, Zugriffsdatum 1.3.2010)

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Selbstschutz-Information. Unwetter III. Zusatzhinweise zu Hagel und Wirbelstürmen. Stand 4/2007. - Bonn 2007

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2001 ff: Hydrologischer Atlas von Deutschland

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS); Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. – Berlin, Bonn 2008. = BBR-Online Publikation, Nr. 10

BWK Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.): Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes für Bauwerksabdichtungen. – Sindelfingen 2009. = Merkblatt BWK-M 8

BWK Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.): Nutzungskonflikte bei hohen Grundwasserständen. Lösungsansätze. Statusbericht. – Düsseldorf 2003. = Berichte, Band 1

BWW et al. Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW; Bundesamt für Raumplanung BRP; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.): Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen 1997. – Biel 1997

Deppen, J.: Schadenmodellierung extremer Hagelereignisse in Deutschland. Diplomarbeit im Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. - Münster 2006

Deutsche Rückversicherung AG (Hrsg.): Sturmdokumentation 2008 Deutschland. - Düsseldorf 2009

Deutsche Rückversicherung AG (Hrsg.): Sturmdokumentation 2007 Deutschland. - Düsseldorf 2008

Deutsche Rückversicherung AG (Hrsg.): Sturmdokumentation 2006 Deutschland. - Düsseldorf 2007

Deutsche Rückversicherung AG (Hrsg.): Sturmdokumentation Deutschland 2005. - Düsseldorf 2006

Deutsche Rückversicherung AG (Hrsg.): Sturmdokumentation Deutschland 1997 - 2004. - Düsseldorf 2005

Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Zuordnung der Schneelastzonen nach Verwaltungsgrenzen. – Berlin 2008

Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen. – Berlin 2008

DIN 12056-1: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 1: Allgemeine und Ausführungsanforderungen. - 01-2001

DIN 12056-2: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 2: Schmutzwasseranlagen, Planung und Berechnung. - 01-2001

DIN 12056-3: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung. - 01-2001

DIN 12056-4: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 4: Abwasserhebeanlagen; Planung und Bemessung. - 01-2001

DIN 12056-5: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 5: Installation und Prüfung, Anleitung für Betrieb, Wartung und Gebrauch. - 01-2001

DIN 18195: Bauwerksabdichtungen. Teile 1 bis 10, 100, 101. – 2000 bis 2010

DIN 18531: Dachabdichtungen. Abdichtungen für nicht genutzte Dächer. Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Planungsgrundsätze. - 05-2010

DIN 18531: Dachabdichtungen. Abdichtungen für nicht genutzte Dächer. Teil 2: Stoffe. - 05-2010

DIN 18531: Dachabdichtungen. Abdichtungen für nicht genutzte Dächer. Teil 3: Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen. - 05-2010

DIN 18531: Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer. Teil 4: Instandhaltung. - 05-2010

DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056. - 05-2008

DIN 1986-30: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Teil 30: Instandhaltung. - 02-2003

DIN 1986-4: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Teil 4: Verwendungsbereiche von Abwasserrohren und -formstücken verschiedener Werkstoffe. - 02-2003

DIN 4044: Hydromechanik im Wasserbau. Begriffe. Stand 1980-07

DIN 4047-5: Landwirtschaftlicher Wasserbau. Begriffe. Ausbau und Unterhaltung von Gewässern. Stand 1989-03

DIN 4049-3: Hydrologie. Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Stand 1994-10

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1055-4: Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 4: Windlasten Lastannahmen für Bauten. Berichtigung zu DIN 1055-4:2005-03. – Berlin 2006-03

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1055-4: Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 4: Windlasten Lastannahmen für Bauten. – Berlin 2005-03

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 1055-5: Einwirkungen auf Tragwerke. Teil 5: Schnee- und Eislasten. – Berlin 2005-07

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 18339: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Klempnerarbeiten. – Berlin 2002

DIN EN 12975-2: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kollektoren - Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12975-2:2006. – Berlin 2006-06

DIN EN 13583: Abdichtungsbahnen - Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen - Bestimmung des Widerstandes gegen Hagelschlag; Deutsche Fassung EN 13583:2001. – Berlin 2001-11

DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Teile 1 bis 7. – Berlin 1995 - 1999

DIN EN 752-1: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Teil 1: Allgemeines und Definitionen. – Berlin 1996-01

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Wetterlexikon. – Online unter http://www.dwd.de/lexikon (Zugriffsdatum 12.10.2009)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Warnkriterien für Unwetterwarnungen des DWD. Online unter: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_warnungen&T16960078171125420687415 5gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FWetter__Warnungen%2FWarnungen%2FAmtliche__Warnungen%2FKriterien__Unwetterkriterien__node.html%3F__nnn%3Dtrue (Modifikationsdatum 18.9.09, Zugriffsdatum 14.12.2009)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Kriterien für Wetterwarnungen des DWD unterhalb der Unwetterwarngrenze. Online unter: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_warnungen&T16960078171125420687415 5gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FWetter__Warnungen%2FWarnungen%2FAmtliche__Warnungen%2FKriterien__Wetterwarnkriterien__node.html__nnn%3Dtrue (18.9.2009)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Bedingungen für Unwettermeldungen. Online unter: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_windowLabel=T2620117825116108423662 4&_urlType=action&T26201178251161084236624_IS_STATIC=true&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_unwetterereignisse (Zugriffsdatum 17.12.2009)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): KOSTRA-DWD-2000. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000). Fortschreibungsbericht. Online unter http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/a_href_pages/KOSTRA-DWD-2000/Fortschreibung.pdf (Modifikationsdatum: 21.12.2005, Zugriffsdatum: 3.1.2006)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Kostra - DWD 2000 - Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000) - Grundlagenbericht. Online unter http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/a_href_pages/KOSTRA-DWD-2000/Grundlagenbericht.pdf (Modifikationsdatum: 17.11.2005, Zugriffsdatum: 3.1.2006)

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Zuordnung der Schneelastzonen nach DIN 1055-5E:2004 zu Verwaltungseinheiten, Amtliches Gutachten, Fraunhofer IRB Verlag, 2005

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): REWANUS-Atlas „Regionalisierte Extremwerte des Niederschlagsdargebots aus Regen und Schneeschmelze für Deutschland", DWD-GF HM. - Berlin 2000

DWD Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): KOSTRA - Starkniederschlagshöhen für Deutschland. - Offenbach.1997

EG (Hrsg.): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – HWRM-RL). – Brüssel 2007

Egli, T.: Objektschutz am Gebäude. In: Veränderung des Klimas und der Gebäudeverletzlichkeit in der Schweiz bis 2050: Erwartete Auswirkungen auf Naturgefahren und Gebäudeschäden. Workshop. Hrsg.: Interkantonaler Rückversicherungsverband IRV. – 2008, S. 22-23 Online unter http://www.kgvonline.ch/downloads.asp?pid=1&p=20 (Modifikationsdatum 01.03.2008, Zugriffsdatum: 14.12.2009)

Egli, T.; Stucki, M.: Elementarschutzregister Hagel. In: tecMagazin (2008) H. 14, S. 10 - 12

Ernst, W.: Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei Dachabdichtungen und Dachbegrünungen. In: Schäden an Dächern. Ursachen, Bewertung und Sanierung. 42. Bausachverständigen-Tag 2007. Tagungsband. Hrsg.: Fraunhofer IRB Verlag. - Stuttgart 2007, S. 61 – 69

Fachregeln des Industrieverbands für Bausysteme im Metallleichtbau IFBS

Fachregeln des Zentralverband Sanitär Heizung Klima/Gebäude- und Energietechnik Deutschland e.V. ZVSHK, hier: Richtlinien für die Ausführung von Metalldächern

Falkenhagen, B.: Versicherungsschutz in hochwassergefährdeten Gebieten. In: 40. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 14.3.2007 bis 16.3.2007 in Aachen. Hrsg.: Pinnekamp, J- Berlin 2009 = Gewässerschutz Wasser Abwasser GWA S. 37/1 – 37/6

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres, Amt für Innere Verwaltung und Planung, Abteilung Katastrophen-, Brand- und Bevölkerungsschutz (Hrsg.): Sturmflutschutz in Hamburg, für Hamburg. – Hamburg 2008

FR-online/Frankfurter Rundschau online vom 24.7.09. Online unter: http://www.fr-online.de/top_news /1851262_Wetterchaos-Europa-im-Sturm.html (Zugriffsdatum 24.7.09)

GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.): Stürmische Zeiten: Schäden vorbeugen und richtig versichern. – Berlin o. J.

Gerber, B.: Replik zur Schriftlichen Anfrage betreffend Einschluss von Photovoltaik-Anlagen in die Kantonale Gebäudeversicherung. Online unter http://www.grosserrat.bs.ch/dokumente/000465/000000465701.pdf (modifiziert 30.10.09, Zugriffsdatum 09.03.10)

Gerhardt, H. J.: Windschäden. - Stuttgart 2005 = Schadenfreies Bauen, Bd. 37

Gränzer, M., Riemann, H.: Statistische Auswertung langjähriger Schneemessungen zur Ermittlung der Schneelastverteilung im Bundesgebiet. In: Forschungsbericht, Band/Heft T 1248. Institut für Bautechnik Berlin - Fraunhofer-Gesellschaft (Hrsg.) – Berlin 1980

GVZ Gebäudeversicherung Kanton Zürich (Hrsg.): Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren. – St. Gallen 1999

Handke, G., 2007, Gebäudeschäden durch Schneedruck, Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007

Heinrichs, F.-J. et al. Gebäude- und Grundstückentwässerung. Kommentare zu DIN EN 12056, DIN 1986, DIN EN 610, DIN-Normen und Technischen Regelen. – Berlin 3. Auflage 2005

Heneka, P.: Schäden durch Winterstürme. Das Schadensrisiko von Wohngebäuden in Baden-Württemberg. – Karlsruhe 2006. = Dissertationsreihe am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe (TH), Heft 4

Heneka, P.; Ruck, B.: Schäden und Risiko von Winterstürmen in Deutschland. In: Symposium 2007. Extremwetter: Vorhersage und Schadensvorbeugung 29. und 30. März 2007 in der Sparkassenakademie Rastatt. - München 2007, S.10

Hubert, W.: Ermittlung aerodynamischer Beiwerte für die normgemäße Erfassung der Winddrücke und Windkräfte an Vordächern. – Stuttgart 2007. = Bauforschung, Band T 3129.

Illner, M.: Wieder viel Schnee auf dem Dach. Was tun? Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007. Online unter http://cms.vkb.de/web/html/pk/ihre_vkb/unser_engagement/symposium_schnee/ (Zugriffsdatum 10.12.2009)

Interkantonaler Rückversicherungsverband (Hrsg.): Workshop. Veränderung des Klimas und der Gebäudeverletzlichkeit in der Schweiz bis 2050. Erwartete Auswirkungen auf Naturgefahren und Gebäudeschäden. – Bern 2008

Kaschuba, M.: Hagelintensitätsskala Stand 2008. Online unter: http://www.hagelforschung.de/berichte/hagel_skala/hric_his_01.pdf (modifiziert 8.11.08, Zugriffsdatum 5.11.09)

Kaspar, P.: Handeln im Schneechaos, Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007

Kasperski, M.: Extremwertanalyse der Windgeschwindigkeiten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. – Stuttgart 2001. = Bauforschung T 2963. Fraunhofer IRB Verlag (Hrsg.)

Kindereit, E.: Schäden an Flachdachabdichtungen und ihre Ursachen. In: Schäden an Dächern. Ursachen, Bewertung und Sanierung. 42. Bausachverständigen-Tag 2007. Tagungsband. Hrsg.: Fraunhofer IRB Verlag. - Stuttgart 2007, S. 31 - 40

KIT Karlsruher Institut für Technologie: Gefahr von Hagelstürmen nimmt zu. Online unter: http://www.planeterde.de/aktuelles/geo-szene/gefahr-von-hagelsturmen-nimmt-zu/ (Modifikationsdatum vom 30.7.09, Zugriffsdatum 23.9.09)

Kunz, M.; Mohr, S.; Kottmeier, Ch.: HARIS HAil RISk and Climate Change. Online unter: http://www.cedim.de/1620.php (Zugriffsdatum 23.9.09)

Lateltin, O.; Jordi, M.: Hagel. Die unterschätzte Gefahr. In: Schadenprisma (2008) H. 4 – Online unter: http://www.schadenprisma.de/index.htm (modifiziert: 28.9.09, Zugriffsdatum 4.11.2009)

LAWA Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten. – o. O. 2010

LAWA Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Empfehlungen der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser zur Aufstellung von Hochwasser-Gefahrenkarten (Stand 2006). – Berlin 2007

Lindloff, V.: Hagel. Jedes Jahr Schäden in Millionenhöhe. In: Bayer Kurier (2003) H. 2, S. 18 – 21. Online unter:

http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/HagSch_CourierDE?open&ccm=300040 (Zugriffsdatum 4.11.2009)

Löffler-Mang, M.: HASE, Entwicklung eines Hagelsensors. Forschungsbericht 2003 der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes. - Saarbrücken 2003

MBLU Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.): Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern. – Schwerin 1994

Maier, A: Wettergefahren, Schäden und Klimawandel. Ihre Bedeutung für die Versicherungswirtschaft. In: VdS-Fachtagung Schadenverhütung und Technik, Schutz vor Naturgefahren am 22. September 2009 in Köln. Hrsg.: VdS Schadenverhütung. – Köln 2009

Meissen, U.: Ein Frühwarnsystem für die Zukunft, Bericht über die aktuelle Forschung Teil 1: Projekt SAFE, Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST), 2007

Meteoarchiv: Wetterlexikon. Hagel.
Online unter: http://de.meteoarchive.com/de/wetterlexikon/hagel.html (Zugriffsdatum 2.11.2009)

Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus Schleswig-Holstein (Hrsg.): Integriertes Küstenmanagement in Schleswig-Holstein. - Kiel 2001

Möller, F., 1973: Einführung in die Meteorologie, Band 1, Bibliografisches Institut Mannheim, Wien, Zürich, 1973

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: Globus der Naturgefahren. Version 2009 DVD. - München 2009

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: Zwischen Hoch und Tief. - München 2007

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: Naturkatastrophen in Deutschland. Schadenerfahrungen und Schadenpotentiale. - München 1999

Oberlandesgericht Frankfurt: Az22 U 135/07 nach dpa Deutsche Presseagentur: Architekt muss Grundwasserstand über Jahrzehnte erkunden. Pressemeldung vom 28.12.2009. Online unter http://www.az-web.de/geld/ratgeber-detail-az/1160207 (Zugriffsdatum 16.3.2010)

Oswald, R.: Dachterrassen. Typische Schwachstellen und Streitpunkte. In: Schäden an Dächern. Ursachen, Bewertung und Sanierung. 42. Bausachverständigen-Tag 2007. Tagungsband. Hrsg.: Fraunhofer IRB Verlag. - Stuttgart 2007, S. 53 - 60

PLANAT Nationale Plattform Naturgefahren: Naturgefahren. Online unter: http://www.planat.ch/index.php?userhash=110576081&l=d&navID=4 (Zugriffsdatum 9.9.09)

Podleschny, R.: Stahlleichtkonstruktionen in der Bemessung. In: Schutz vor Naturgefahren. Fachtagung am 22.September 2009 in Köln. Hrsg .: VdS Schadenverhütung. - Köln 2009

Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen (Hrsg.): Synthesebericht. Elementarschutzregister Hagel. Untersuchungen zur Hagelgefahr und zum Widerstand der Gebäudehülle. - Bern 2007

Puskeiler, M.: Analyse der Hagelgefährdung durch Kombination von Radardaten und Schadendaten für Südwestdeutschland. Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe. - Karlsruhe 2009

Raab, M.: Ein Frühwarnsystem für die Zukunft. Bericht über die aktuelle Forschung, Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007

Raab, W.: Anpassungsforschung aus Unternehmenssicht. (Vortrag Forum für Nachhaltigkeit 2008). – Berlin 2008. Online unter: http://www.fona.de/pdf/forum/2008/beitrag/b1_raab_wolfgang_01_presentation_forum_2008.pdf (Zugriffsdatum: 5.1.2010)

Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. ZVDH), hier: Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen - Flachdachrichtlinien

Reiner, A.: Der Orkan Kyrill. Ein außergewöhnliches Schadenereignis. (Vortrag 3. Symposium der Versicherungskammer Bayern am 13.2.2008). - 2008. Online unter: http://cms.vkb.de/web/export/sites/vkb/_resources/downloads_vkb/02_Dr_Andreas_Reiner.pdf (Zugriffsdatum 5.1.2010)

Rizkallah, V.; Pfeiffer, M.: Schäden bei der Instandsetzung von Dächern. In: Schäden an Dächern. Ursachen, Bewertung und Sanierung. 42. Bausachverständigen-Tag 2007. Tagungsband. Hrsg.: Fraunhofer IRB Verlag. - Stuttgart 2007, S. 9 - 29

RKW Rationalisierungsgemeinschaft Bauwesen; IFB Institut für Bauforschung; Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau; VHV Vereinigte Hannoversche Versicherung (Hrsg.): Schäden an Dächern. Ursachen, Bewertung und Sanierung. 42. Bausachverständigen-Tag im Rahmen der Frankfurter Bautage 2007. Tagungsband. - Stuttgart 2007

Ruck, B.: Einführung in die Gebäude- und Umweltaerodynamik. – Karlsruhe o. J. Online unter: http://www.ifh.uni-karlsruhe.de/science/aerodyn/bilder_orginale/pub/G-pup/Thumbnails.html (Zugriffsdatum 10.2.2010)

Rühle, J.: Windlasten auf Dächern mit Dachziegel- und -steindeckungen. Fachinformation. In: Schutz vor Naturgefahren. Fachtagung am 22.September 2009 in Köln. Hrsg .: VdS Schadenverhütung. - Köln 2009

Scheffler, M.: Grundstücksentwässerungsanlagen. Zustandsorientierte Instandhaltung und Bewertung in der Immobilienwirtschaft.. - Stuttgart 2007

Schiesser, H. H: Veränderung der Hagelereignisse: Intensität und räumliche Verteilung in der Schweiz. In: Veränderung des Klimas und der Gebäudeverletzlichkeit in der Schweiz bis 2050: Erwartete Auswirkungen auf Naturgefahren und Gebäudeschäden. Workshop. Hrsg.: Interkantonaler Rückversicherungsverband IRV. – 2008, S. 12-13 Online unter http://www.kgvonline.ch/downloads.asp?pid=1&p=20 (Modifikationsdatum 01.03.2008, Zugriffsdatum: 14.12.2009)

Schlenkhoff, A; Oertel, M: Über Starkregen und Sturzfluten. Wenn Böden und Entwässerungssysteme nichts mehr aufnehmen können. Bergische Universität Wuppertal, Online unter http://www.buw-output.uni-wuppertal.de/schlenkhoff/ (Modifikationsdatum 12.1.2010, Zugriffsdatum 18.1.2010)

Schubert, W.: Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten, Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007

Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft (Hrsg.): Hagelstürme in Europa. Neuer Blick auf ein bekanntes Risiko. - Zürich 2005

Strasser, U.: Schneelast im Wandel des Klimas- neue Risiken; Vortrag zum Symposium Schnee der Versicherungskammer Bayern (VKB) am 18.01.2007

Technische Schule der Luftwaffe TSL (Hrsg.): Nebel, Wolken und Wettererscheinungen. Schülerleitfaden Meteorologie. Stand 08/05. Lehrgang Militärische Flugberatung. – O. O. 2005. Online unter www.foxsierra.de/wetter/D-SLF%20MILFB%20090-60-04-004.doc (Zugriffsdatum 24.2.2010)

Universität Bremen, Institut für Umweltverfahrenstechnik http://www.abwasserpool.de/abwasserlexikon/s/sedimentfracht.htm (Modifikationsdatum 18.8.2009, Zugriffsdatum 17.3.2010)

VDI 3806: Dachentwässerung mit Druckströmungen. - Berlin 04-2000

VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Hrsg.): VDI 3786, Blatt 2: Technische Regel. Umweltmeteorologie. Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung. Wind. – Düsseldorf 2000

VdS Schadenverhütung (Hrsg.): Sturm. Eine Gefahr für bauliche Anlagen. Planungs- und Ausführungshinweise zur Schadenverhütung. – Köln 2000

VKF/AEAI: So schützen Sie Gebäude gegen Schneedruck und Schneerutsch, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern 2007

VKF/AEAI Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.): Hagel. In: Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. O.O. (2007), S. 49 – 79

VKF/AEAI Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.): Regen. In: Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. - O.O. 2007, S. 81 – 103

Vogel, W. ; Lichtenthäler, K.; Schlenker, C.: Auswirkungen der neuen Lastnormen für Wind und Schnee auf die Bemessung von Tragwerken und Bauteilen aus metallischen Werkstoffen und Glas. – Stuttgart 2003. = Bauforschung, Band T 3015

Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.): Deutsches Dachdeckerhandwerk. Regelwerk . Online unter http://www.dachdecker.de/zvdhcms/content.php?hkpin=an7617WpGBLVYnzH&ukpin=Vxfr1npY4bj9VJad (Zugriffsdatum 20.4.2010)

Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.): Fachregel für Abdichtungen. Flachdachrichtlinien. - Köln 10-2008

Zimmermann, G.; Ottomann, A.; Klopfer, H.; Soergel, C.: Wasserschäden. - Stuttgart 2008. = Schadenfreies Bauen, Band 38

ZVSHK Zentralverband Sanitär Heizung Klima (Hrsg.): Fachinformationen Bemessung von vorgehängten und innenliegenden Rinnen. - St. Augustin 2002