



Die beiden «Wegleitungen Objektschutz» gegen meteorologische und gegen gravitative Naturgefahren wurden 2015/2016 inhaltlich überarbeitet und auf den aktuellsten Stand der Technik gebracht. Sie sind auf der Plattform «Schutz vor Naturgefahren» online abrufbar:

Die von Ihnen gewünschten Empfehlungen und Hintergrundinformationen können Sie über die Druckfunktion herunterladen. Das vorliegende PDF entspricht der Wegleitung von 2007.

www.schutz-vor-naturgefahren.ch



1

2

3

4

5

6

7

1 Bezeichnungen

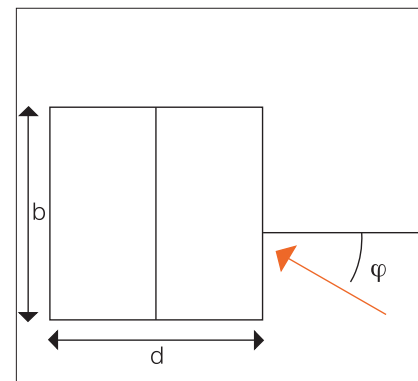
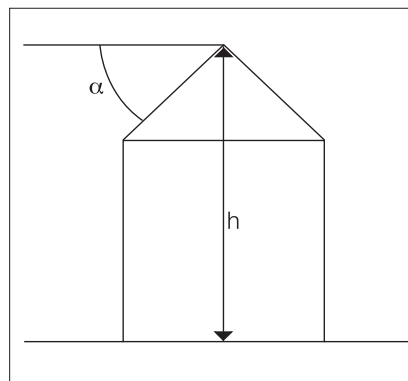
2

3

4

q_p [kN/m²]: Staudruck
 q_{ek} [kN/m²]: Charakteristischer Wert des Winddrucks auf eine äussere Oberfläche (nach SIA 261)
 q_{ik} [kN/m²]: Charakteristischer Wert des Winddrucks auf eine innere Oberfläche (nach SIA 261)
 q_{p0} [kN/m²]: Referenzwert des Staudrucks (nach SIA 261)
 v_w [m/s]: Windgeschwindigkeit
 v_t [m/s]: Trümmersgeschwindigkeit
 ρ_l [t/m³]: Dichte von Luft

b [m]: Gebäudebreite (nach SIA 261)
 d [m]: Gebäudelänge (nach SIA 261)
 h [m]: Gebäudehöhe (nach SIA 261)
 α [°]: Dachneigung
 φ [°]: Windrichtung horizontal
 m [t]: Masse eines anprallenden Gegenstandes
 h_b [m]: Fallhöhe Baum
 E_{kin} [J]: Kinetische Energie des Trümmeranpralls
 g [m/s²]: Erdbeschleunigung (10 m/s²)



5 Charakterisierung

6

7

Winterstürme

Winterstürme entstehen im Übergangsbereich zwischen den subtropischen und polaren Klimazonen, also in etwa 35 – 70 Grad geographischer Breite. Hier treffen polare Kaltluftausbrüche auf subtropische Warmluftmassen und bilden grossräumige Tiefdruckwirbel. Die Intensität der Sturmfelder ist dem Temperaturunterschied zwischen den beiden Luftmassen proportional und deshalb im Spätherbst und Winter am grössten, wenn die Meere noch warm, die polaren Luftmassen aber schon sehr kalt sind. Es werden Böenspitzen von 39 – 56 m/s (140 – 200 km/h) erreicht. In Extremfällen kann in den Alpen ein Spitzenwert von 70 m/s (250 km/h) überschritten werden. Da das Sturmfeld (Tiefdruckgebiet) einen Durchmesser von 1000 – 1500 km annehmen kann, ist dies der Sturmtyp, der die höchsten

Schadensummen pro Ereignis in der Schweiz verursacht.

Gewitterstürme

Die häufigsten Sturmereignisse in der Schweiz sind regionale Starkwinde infolge von Gewitterstürmen. Eine notwendige Bedingung für das Auftreten von Gewitterstürmen ist die Bildung von grossen konvektiven Wolken produziert durch die Aufwärtsbewegung von warmer, feuchter Luft. Dies wird bedingt durch thermische Instabilität, durch das Vorhandensein von Bergen oder durch das Auftreten einer Front. Es können Einzelzellen-, Multizellen- und Superzellengewitter unterschieden werden. Dabei nimmt von der Einzel- zur Superzelle die Langlebigkeit und Heftigkeit des Gewitters zu. Entscheidend für Typ, Stärke und Langlebigkeit eines Gewitters sind vor allem zwei Grössen und ihr Ver-

hältnis zueinander: 1. Die thermische Schichtung der Atmosphäre (labil / stabil). Sie bestimmt die Auftriebsenergie der Wolkenluft. 2. Die vertikale Zunahme und Drehung des Windes (Scherung). Sie bestimmt die kinetische Energie der Wolkenluft. Das Verhältnis beider Energien legt den Gewittertyp fest.

Ist die Auftriebsenergie gross (labile Schichtung) und die Scherung klein, so entstehen Einzelzellengewitter. Sie bilden die typischen Wärmegewitter im Sommer mit einer Dauer von 0.5 bis 1 Stunde.

Ist die Auftriebsenergie gross und die Scherung sehr gross, so entstehen Multizellengewitter. Sie dauern 1 bis 3 Stunden und sind häufig von Sturmböen und Hagel begleitet.

Superzellengewitter entstehen bei grosser Auftriebsenergie und mittlerer Scherung. Es sind langanhaltende Gewitter von 1 bis 6 Stunden Dauer mit einer in sich rotierenden Zelle.

Hagel, Sturmböen, vertikale Fallwinde (Downbursts) sowie gelegentlich Tornados sind begleitende Phänomene. Dieser Gewittertyp schreitet fort.

Föhnstürme

Der Föhn ist ein warmer, trockener, meist heftiger Fallwind, der auf der Alpennordseite auftritt. Er kommt auch an der Alpensüdseite als so genannter «Nordföhn» vor, wenn von Norden oder Nordwesten her Kaltluftmassen die Alpen überqueren. Die hohe Temperatur und die Trockenheit des Föhns entstehen dadurch, dass warme feuchte Luft an der Alpensüdseite zum feuchtadiabatischen (Temperaturabnahme um $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) Aufsteigen gezwungen wird und dabei ein Teil des Wassers ausregnet (Stauniederschläge), so dass beim anschliessenden trockenadiabatischen Absteigen (Temperaturzunahme um $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) die Luft in gleicher Höhe wärmer und trockener ankommt. Föhnlagen treten häufig im Winterhalbjahr auf. Bezeichnend dabei ist die aussergewöhnliche Fernsicht in der extrem trockenen Luft. Die Staubewölkung an der Luvseite greift als mächtige Wolkenwand

etwas über den Gebirgskamm und kann als «Föhnmauer» von der Lee-seite aus beobachtet werden. Der wolkenfreie Raum im Lee ist im Satellitenbild deutlich als «Föhnfenster» erkennbar. Der Föhnwind kann die Stärke eines Orkans erreichen (z.B. Ereignis vom 16.11.2002 mit Spitzengeschwindigkeit von 60 m/s (215 km/h) in den Ostalpen).

Tornados

Tornados gibt es nicht nur im Mittleren Westen der USA, sondern weltweit in den gemässigten Breiten und daher auch in der Schweiz. Sie entwickeln sich häufig entlang von Unwetterfronten in Gewitterzellen und können zusammen mit Hagelschlägen auftreten. Der mittlere Durchmesser des «Tornadorüssels» liegt bei etwa 100 m , die mittlere Zuglänge bei einigen Kilometern.

Die maximalen Geschwindigkeiten am Rande des Rüssels werden bei extremen Tornados auf über 139 m/s (500 km/h) geschätzt. Das Gros aller Tornados weist allerdings nur Böen von etwas über 27.8 m/s (100 km/h) auf.

In der Schweiz ist durchschnittlich mit 1 – 5 Tornados pro Jahr zu rechnen. Diese treten vor allem im Jura und in der Nordschweiz auf, nicht jedoch im Alpenraum. Auch wenn die meisten Tornadoereignisse in der Schweiz wegen ihrer geringen räumlichen Ausdehnung keine oder nur geringe Schäden anrichten, sind potenzielle Grossschäden nicht auszuschliessen (z.B. in Stadtgebieten).



Tornado im Jura

1

Schäden durch einen Tornado an einem Gebäude im Kanton Freiburg. Das räumliche Schadengebiet ist bei Tornados eng begrenzt. Pro betroffenes Objekt sind hohe Schäden möglich.



2

Beaufort-Skala

3

Die Windstärke wird am häufigsten nach der Skala von Admiral Beaufort (Beaufort 1806) eingestuft. Die für die Einteilung massgebenden Geschwindigkeiten entsprechen mittleren Windgeschwindigkeiten (10 Minutenmittel) und nicht Böenspitzen! Die Skala ist unterteilt nach 13 Stufen gemäss der folgenden Tabelle. Windgeschwindigkeiten über 32.7 m/s (118 km/h) werden der höchsten Skalenstufe zugeordnet. Als Sturm gilt eine wetterbedingte Luftbewegung von

mindestens Windstärke 9 nach Beaufort (≥ 20.8 m/s (75 km/h) Windgeschwindigkeit). Böen erreichen im Mittelland resp. Alpenvorland Werte über 42 m/s (150 km/h) und in Kammlagen des Alpenraums Werte über 70 m/s (250 km/h). Aus diesem Grund ist im Anhang zusätzlich die Torro Sturmwind Skala für Mitteleuropa wiedergegeben, welche die möglichen Schadenwirkungen in einem Bereich von 21 bis 139 m/s (75 bis 500 km/h) beschreibt.

4

5

6

7

km/h	m/s	Skala	Bezeichnung	Merkmale
0 - 1	0 - 0.2	0	Windstille	Keine Luftbewegung
1 - 5	0.3 - 1.5	1	Leiser Zug	Windrichtung nur an ziehendem Rauch erkennbar
6 - 11	1.6 - 3.3	2	Leichte Brise	Wind im Gesicht fühlbar
12 - 19	3.4 - 5.4	3	Schwacher Wind	Blätter werden bewegt, leichte Wimpel gestreckt
20 - 28	5.5 - 7.9	4	Mässiger Wind	Kleine Zweige werden bewegt, schwere Wimpel gestreckt
29 - 38	8.0 - 10.7	5	Frischer Wind	Grössere Zweige werden bewegt, Wind im Gesicht schon unangenehm
39 - 49	10.8 - 13.8	6	Starker Wind	Grosse Zweige werden bewegt, Wind singt in der Takelage
50 - 61	13.9 - 17.1	7	Steifer Wind	Schwächere Bäume werden bewegt, fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind
62 - 74	17.2 - 20.7	8	Stürmischer Wind	Grosse Bäume werden bewegt, Zweige abgebrochen, beim Gehen erhebliche Behinderung
75 - 88	20.8 - 24.4	9	Sturm	Leichtere Gegenstände werden aus ihrer Lage gebracht, Dachziegel an exponierten Stellen können sich lockern
89 - 102	24.5 - 28.4	10	Schwerer Sturm	Gartenmöbel und leichtere Gegenstände werden umgeworfen, Windbruch an Bäumen
103 - 117	28.5 - 32.6	11	Orkanartiger Sturm	Leichte Schäden an Dachziegeln und Verblechungen, geringe Schäden an Leichtbauten
≥ 118	> 32.7	12	Orkan	Schwere Verwüstungen

Windstärkeklassen des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Windstärkeklassen, wie diese bei Warnungen durch Meteo Schweiz verwendet werden.

Windstärke	Windart	km/h	m/s	Beaufortskala
schwach	Mittlerer Wind	≤ 14	≤ 3.9	ca. 1 – 2
	Böenspitzen	≤ 26	≤ 7.2	
mässig	Mittlerer Wind	14 – 28	3.9 – 8.1	ca. 3 – 4
	Böenspitzen	26 – 49	7.2 – 13.6	
stark	Mittlerer Wind	29 – 55	8.1 – 15.3	ca. 5 – 7
	Böenspitzen	50 – 89	13.9 – 24.7	
stürmisch	Mittlerer Wind	56 – 96	15.6 – 26.7	ca. 8 – 10
	Böenspitzen	90 – 149	25.0 – 41.4	
orkanartig	Mittlerer Wind	> 96	> 26.7	ca. 11 – 12
	Böenspitzen	> 149	> 41.7	

Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit ist vom örtlichen Windklima, dem topographischen Gebäudestandort (Kammlage, Seeufer), den lokalen

Bebauungsverhältnissen (freies Feld, Stadtgebiet) und von der Bezugshöhe (Höhe über Grund) abhängig.

Referenzstaudruck

Die Grundlage der Wind-Bemessung von Gebäuden bildet der Referenzstaudruck q_{p0} . Dieser kann

der SIA Norm 261, Anhang E: Karte Referenzwert des Staudrucks, entnommen werden.

Hauptwindrichtung

Winterstürme sind aus Richtung West (Nordwest bis Südwest) zu erwarten. Die Hauptwindrichtung

ist bei Föhnwinden Nord-Süd ausgerichtet. Bise wirkt aus Richtung Nord-Nordost-Ost ein.

Böigkeit

Windböen von wenigen Sekunden Dauer stellen eine besondere Belastung für Bauwerke dar. Die kurz-

zeitige Windgeschwindigkeitsspitze kann Schwingungen und zyklische Beanspruchung verursachen.

Intensitätsparameter zur Bemessung

Zur Bemessung bedarf es Angaben zum **Referenzstaudruck**, zur **Hauptwindrichtung** und zu den **lokalen Windverhältnissen**. Der Referenzstaudruck ist der

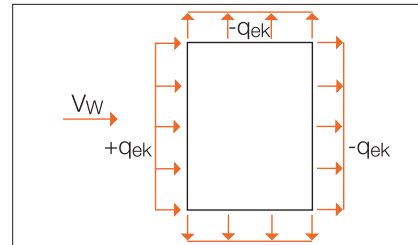
Norm SIA 261 zu entnehmen. Die Hauptwindrichtung und die lokalen Windverhältnisse sind gegebenenfalls durch einen Fachmann zu ergänzen.

1 Gefährdungsbild 1: Gebäude dicht (kein Innendruck)

Die folgenden Gefährdungsbilder zeigen die verallgemeinerte Wirkung des Windes auf dichte Gebäude und Dächer. Je nach Windrichtung, Gebäude- und Dachform, Gebäudehöhe, Gebäude- und Dachbereich sind gemäss SIA 261 die wirkenden Druck- und Sogkräfte zu bestimmen.

Wirkung des Windes auf Wände

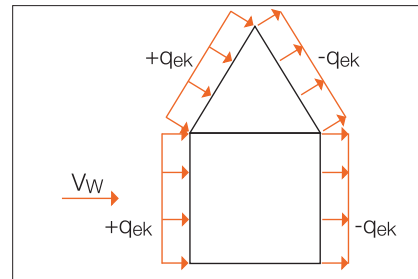
Auf die windzugewandte Wand eines Gebäudes wirkt Winddruck. Auf Wände parallel zur Windrichtung und auf die windabgewandten Wände wirkt Windsog.



2

Wirkung des Windes auf Dächer mit $\alpha > 40^\circ$

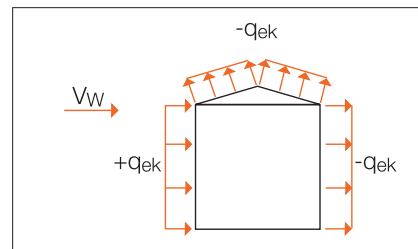
Über 40° Dachneigung wirkt windzugewandt Druck und windabgewandt Sog.



3

Wirkung des Windes auf Dächer mit $\alpha < 25^\circ$

Bei Dachneigungen von 0° bis 25° wirkt windzugewandt und windabgewandt Sog.



4

Bei Dachneigungen von 25° - 40° wirkt windzugewandt entweder Druck oder Sog und windabgewandt Sog.

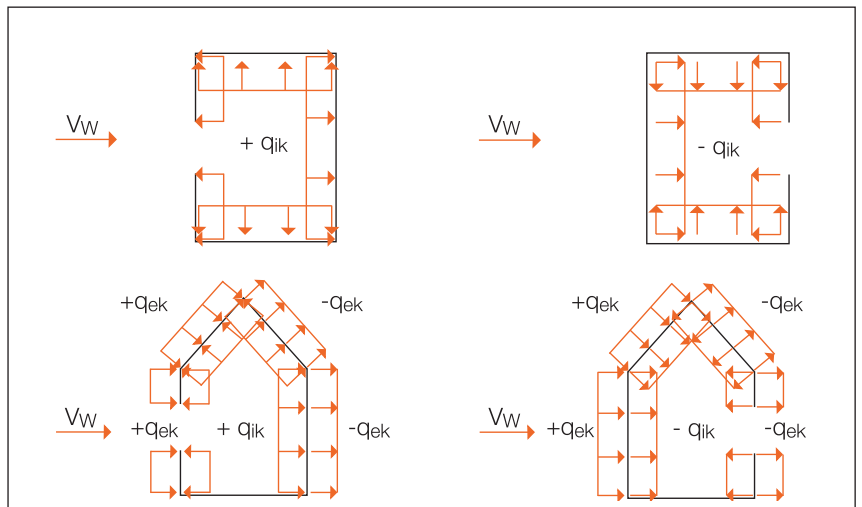
5

6 Gefährdungsbild 2: Gebäude undicht (Innendruck)

Ein Gebäude gilt als offen, wenn der Anteil der Öffnungen in einer Ansicht mehr als 5% beträgt. Als Öffnungen gelten hier Belüftungsöffnungen, Lüftungsschlitze, Tore, Fenster, Lichtbänder u.ä., welche im Falle eines Sturmes nicht immer geschlossen sind.

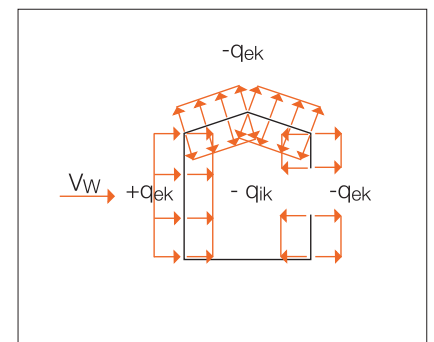
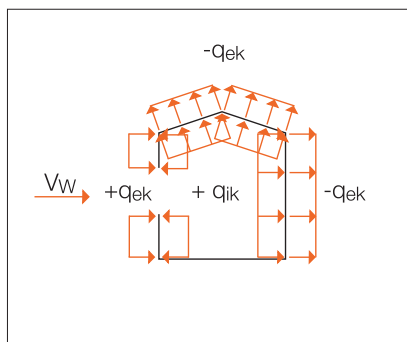
Ein geöffnetes Fenster oder eine nicht geschlossene Türe verursachen Innendruck oder Innensog, je nachdem ob sich die Öffnung der Wind zugewandten (Luv) oder der Wind abgewandten (Lee) Seite des Gebäudes befindet.

7



Eine ungünstige Überlagerung der Kräfte von innerer und äußerer Beanspruchung ergibt sich für das Dach und die dem Wind abge-

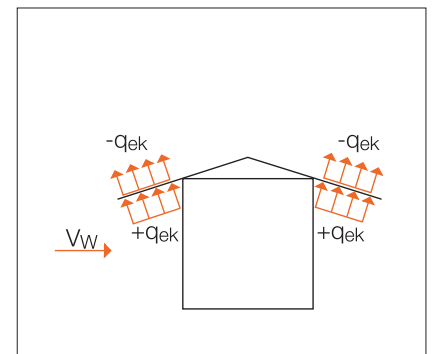
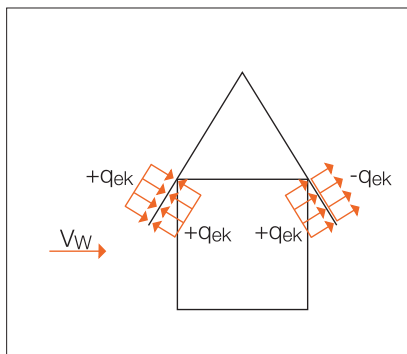
wandte Seite bei Innendruck und für die dem Wind zugewandten Gebäudeteile bei Innensog.



Gefährdungsbild 3: Dachüberstände

Bei Dachüberständen kommt es bei Steildächern auf der windabgewandten Seite und bei Flachdächern beidseitig zur ungünstigen

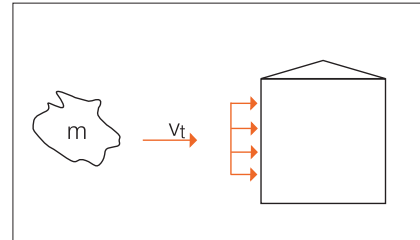
Überlagerung von Druckkräften von unten mit den Sogkräften von oben.



1 Gefährdungsbild 4: Anprall von Trümmern

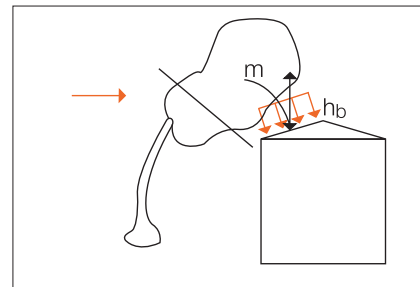
Der Anprall von Trümmern gefährdet v.a. die Fassade und dort insbesondere ungeschützte Fensterflächen. Ein dichtes Gebäude wird somit undicht (Gefährdungsbild 2 anstelle von Gefährdungsbild 1). Es besteht eine erhöhte Personengefährdung. Die kinetische Energie des Trümmeranpralls ist abhängig von der Trümmermasse m und der Trümmergeschwindigkeit v_t , welche kleiner ist als die Windgeschwindigkeit.

Mögliche Trümmer sind: losgerissene Dach- und Fassadenelemente, Kies von Flachdächern, Cheminéeohr, Gartenmöbel, Kleinholz, Garten- und Spielgeräte etc.



3 Gefährdungsbild 5: Anprall eines Baumes

Der Sturz eines Baumes auf ein Gebäude gefährdet v.a. das Dach und die Balkone. Die kinetische Energie des Anpralls ist insbesondere abhängig von der Fallhöhe h_b und von der relevanten Baummasse m .



4

5

6

7

Bemessung der Windlast

Die Bemessung der Windlast wird gemäss der Norm SIA 261 berechnet. Folgende Faktoren werden bei der Bemessung nach dieser Norm berücksichtigt:

Höhenlage, Geländekategorie, Gebäudehöhe, Anströmrichtung, Gebäudeform, Lage der Undichtheiten und Öffnungen, dynamische Resonanzüberhöhung.

Staudruck

Gemäss Norm SIA 261 ist der Staudruck q_p abhängig vom Windklima, der Bodenrauigkeit, der Form der Erdoberfläche und der Bezugshöhe.

Das Verhältnis von Staudruck q_p zu Windgeschwindigkeit v_w beträgt:

$$q_p = \frac{\rho_l}{2} \cdot v_w^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Staudruck

wobei $\rho_l = 0.00125 \quad [\text{t/m}^3]$
Dichte Luft

Sogspitzen

In Rand- und Eckbereichen von Flächen, auf die Windsog wirkt, treten durch verstärkte Umlenkung und hohe Strömungsgeschwindigkeiten Sogspitzen auf, die den mittleren Sog des Normalbereichs

um ein Vielfaches überschreiten können. Für diese Bereiche eines Gebäudes ist eine gesonderte Bemessung durchzuführen und die Windsogsicherung muss den erhöhten Anforderungen genügen.

Offene / geschlossene Deckunterlage

Eine Deckunterlage eines Daches gilt dann als offen, wenn ihre Luftdurchlässigkeit grösser als die der Deckung oder Abdichtung ist (z.B. Stahltrapezblech ohne dichtende Massnahmen an Stössen und An-

schlüssen). Geschlossen ist eine Deckunterlage dann, wenn ihre Luftdurchlässigkeit kleiner oder höchstens gleich der Luftdurchlässigkeit der Deckung oder Abdichtung ist.



Die offene Deckunterlage führte zu einer Überlagerung von Innendruck und äusserem Windsog. Das Dach hielt dem nicht stand.

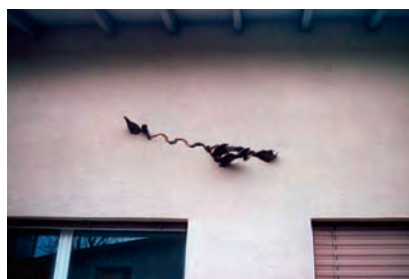
1 Stossdruck infolge Trümmeranpralls

2

Bei Stürmen ist neben der Windbelastung auch der Stossdruck infolge Trümmeranpralls eine massgebliche Einwirkung (Gefährdungsbild 4). Als besonders empfindlich gegenüber dieser Einwirkung erweisen sich hohe Gebäude mit Glasfassaden.

Neuere Untersuchungen zeigen, wie diese Belastung in der Bemessung berücksichtigt werden kann. Die folgenden Tabellen leiten sich aus den Arbeiten von

Wills et al. 2002 ab. Sie zeigen die Trümmersgeschwindigkeit und die entsprechende kinetische Energie im Verhältnis zur herrschenden Windgeschwindigkeit. Die flächenförmigen Trümmer erreichen die höchste Zerstörungsenergie gefolgt von stabförmigen und von kugelförmigen Trümmern. Ergänzend ist auf die hohe Gefährdung für Personen im Freien durch diese Trümmer hinzuweisen.



Beispiel eines Trümmeranpralls einer losgerissenen Faserzementwellplatte.

3

Geschwindigkeit und kinetische Energie von flächenförmigen Trümmern:

Windgeschwindigkeit		Trümmersgeschwindigkeit		Material	Dicke	Kinetische Energie
[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]			
10	36	6.4	23	Holz	3.5	39
10	36	6.4	23	Stahl	0.25	39
20	72	12.8	46.1	Holz	15	614
20	72	12.8	46.1	Stahl	1	614
40	144	25.6	92.2	Holz	60	9830
40	144	25.6	92.2	Stahl	3.8	9830

4

Geschwindigkeit und kinetische Energie von stabförmigen Trümmern:

Windgeschwindigkeit		Trümmersgeschwindigkeit		Material	Stablänge x Ø	Kinetische Energie
[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]			
13	46.8	6.5	23.4	Bambus	3.0 x 30	12.5
22	79.2	11	39.6	Bambus	3.0 x 75	250
32	115.2	16	57.6	Holz	2.4 x 80	950

5

Geschwindigkeit und kinetische Energie von kugelförmigen Trümmern:

Windgeschwindigkeit		Trümmersgeschwindigkeit		Material	Partikelgrösse	Kinetische Energie
[m/s]	[km/h]	[m/s]	[km/h]			
10	36	3.6	13	Holz	12	0.0065
10	36	3.6	13	Stein	2	0.0002
20	72	7.2	26	Holz	50	1.55
20	72	7.2	26	Stein	9	0.05
40	144	14.4	51.8	Holz	200	415
40	144	14.4	51.8	Stein	37	14

6

7

Die Schadenwirkung der Trümmer auf Gebäudefassaden kann anhand der Angaben im Kapitel Hagel für Energien bis ca. 50 J abgeschätzt werden. Für Energien über 50 J können heute noch keine konkreteren Werte angegeben werden,

deshalb müssen die Angaben für Hagel mit entsprechender Vorsicht extrapoliert werden. Dieses Gefährdungsbild ist insbesondere bei sensiblen Fassadenkonstruktionen von Bedeutung.

Anprallkraft eines umstürzenden Baumes

Zur Anprallkraft eines stürzenden Baumes liegen keine Berechnungsgrundlagen vor. Eine Abschätzung kann über die Fallhöhe h_b der relevanten Baummasse nach der Impulsformel erfolgen. Die Geschwindigkeit wird über den freien

Fall ohne Luftwiderstand angenommen. Wird angenommen, dass der Anprall 0.2 Sekunden dauert, so ergeben sich folgende Anprallkräfte für die beispielhaft angenommenen Baummassen und Fallhöhen:

Fallhöhe	Baummasse	Anprallzeit	Anprallfläche	Kraft	Druck
12 m	500 kg	0.2 s	0.5 m ²	38 kN	76 kN/m ²
5 m	200 kg	0.2 s	0.3 m ²	10 kN	33 kN/m ²

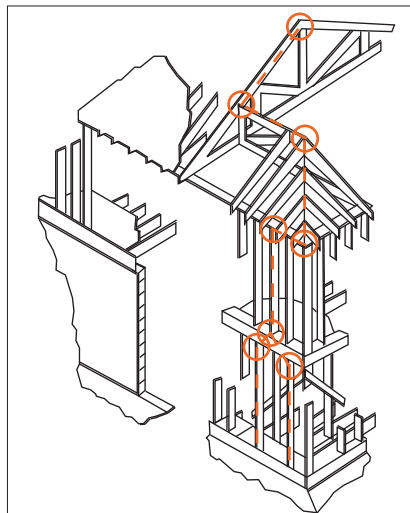


Beispiel eines Schadens durch den Sturz eines Baumes.

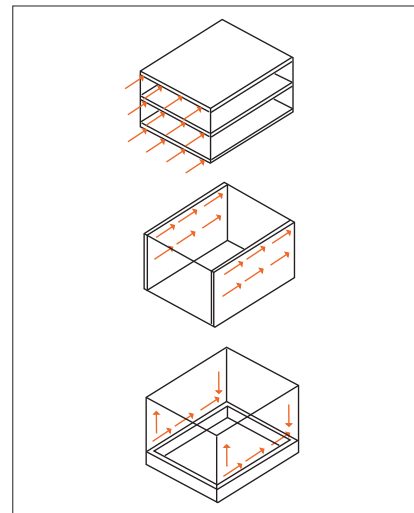
Kraftfluss von Dach bis Fundament (vertikal und horizontal)

Die ermittelten Kräfte aussen und innen des Gebäudes sind über die gesamte Konstruktion und deren Komponenten von Dach bis Fundament abzuleiten. Schadenfälle

treten auf, wenn dieser Kraftfluss eine Lücke aufweist. Zum Beispiel zwischen Dachbedeckung und Gebäudedecke oder zwischen Pfosten und Fundament.



Vertikaler Kraftfluss (Sogbemessung)



Horizontaler Kraftfluss (Steifigkeit)

Die Teilbereiche der Bemessung sind in der folgenden Tabelle im Sinne einer Checkliste dargestellt:

Bemessung	Teilbereiche des Gebäudes
Berechnung der massgebenden Druck- und Sogkräfte	<ul style="list-style-type: none"> – Wahl des statischen Systems zur Beherrschung der Windkräfte – Ermittlung der Beanspruchung für die Elemente der Gebäudehülle
Nachweis des horizontalen Kraftflusses	<ul style="list-style-type: none"> – Für das Dach und die Deckenscheibe – Für den Lastabtrag von Deckenscheibe zu Wandscheibe – Für den Lastabtrag von Wandscheibe zu Bodenscheibe (1. Stockwerk) – Für den Lastabtrag von Bodenscheibe zu Wandscheibe (Parterre) – Für den Lastabtrag von Wandscheibe zu Fundation – Für die Reibung entlang der Seitenwände
Nachweis des vertikalen Kraftflusses	<ul style="list-style-type: none"> – Für den Lastabtrag von der Dachbedeckung zur Lattung – Für den Lastabtrag von der Lattung zur Dachkonstruktion – Für den Lastabtrag von der Dachkonstruktion zur Gebäudedecke – Für den Lastabtrag von der Gebäudedecke zu den Pfosten – Für den Lastabtrag von den Pfosten ins Fundament – Für den Lastabtrag vom Fundament in den Untergrund
Nachweis der Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> – Für den Lastabtrag im Bereich von Fenster und Türen – Für die Bemessung von Fenster und Türen (evtl. gegen Anprall)

Akteure der Bemessung und ihre Verantwortung

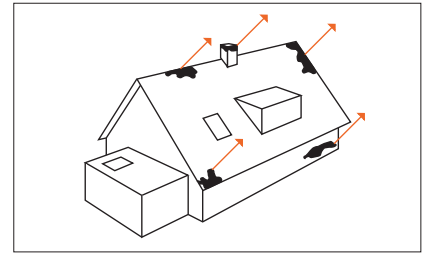
Für die Bemessung auf Wind sind verschiedene Akteure verantwortlich, z.B.:

- Dachdecker: Beanspruchung Dachbedeckung und Lastabtragung über Lattung und Unterdach
- Zimmermann: Bemessung der Dachkonstruktion (Träger, Pfetten, Sparren, evtl. Lattung)
- Bauingenieur: Gesamtstabilität des Gebäudes (Fundation, Tragwerk, Decken- und Wandscheiben)
- Geotechniker: Ermittlung der Tragfähigkeit des Untergrundes

Der Projektleiter muss die Verantwortung für diese Bemessung an die Akteure übertragen und die entsprechenden Nachweise einfordern. Viele Schadenfälle sind auf Nachlässigkeiten bei diesen Nachweisen oder auf Lücken im Bereich der Schnittstellen zurückzuführen.

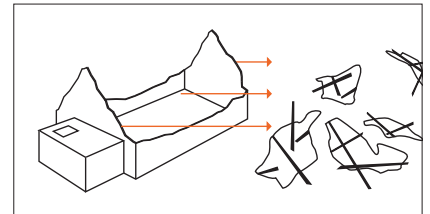
Versagen der Gebäudehülle

Elemente des Daches und der Fassade halten den wirkenden Sogkräften nicht stand. Diese Schadenart stellt die Hauptlast dar bei grossflächigen Ereignissen. Viele Gebäude erleiden kleine Schäden durch das Versagen einzelner, meist exponierter Elemente der Gebäudehülle.



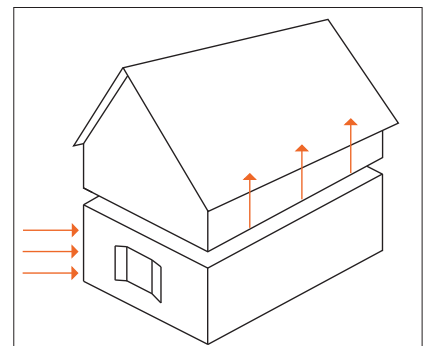
Versagen der Dachkonstruktion

Das Versagen von ganzen Dachkonstruktionen ist oftmals auf spezielle Windverhältnisse zurückzuführen (im Bild: grosse Ebene). Bei Neubauten ist das Versagen der gesamten Dachkonstruktion sehr oft mit konstruktiven Mängeln verbunden.



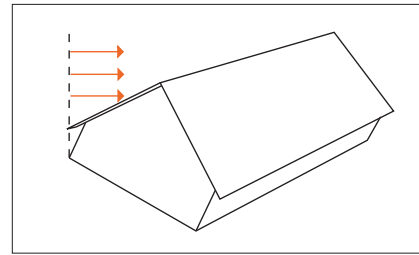
Abheben des Gebäudes

Das Abheben des gesamten Gebäudes oder von Teilen davon tritt als Schadenart vor allem bei Leichtbauten auf. Das Holzchalet im Bild wurde oberhalb des Fensters bei einem Sturmereignis angehoben.



1 Versagen des gesamten Tragwerkes

Das Versagen des gesamten Tragwerkes stellt in der Schweiz eine Ausnahme dar. Die im Bild dargestellte offene Holzbaukonstruktion hielt der Belastung durch den Orkan Lothar nicht stand. Die Überlagerung von Innendruck und Sogkräften führten zum Versagen der Tragkonstruktion.

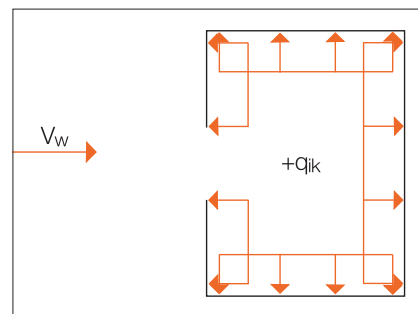


2

3

Innendruck

Schäden durch Innendruck in Gebäuden sind in der Schweiz selten. Das Foto zeigt einen Schadenfall aus dem Kanton Freiburg. Ein Fenster hielt der Belastung durch den Winddruck des Tornados nicht stand. Als Folge davon kam es zu einem grossen Innendruck, welcher die Türen dieses Innenraumes aus der Verankerung riss.



4

5

6

7



Ungenügende Befestigungen

Der häufigste Grund für die beobachteten Schäden an Bedachungssystemen ist ein fehlender Nachweis der Windlastabtragung in die tragende Unterkonstruktion bei Neubauten oder Umbauten.

- Nicht ausreichende und falsche mechanische Befestigung der Bedachung auf der Unterkonstruktion speziell im Eck- und Randbereich, aber auch im Mittelbereich der Dachfläche



- Falsche Klebung zwischen Bedachung und Wärmedämmung bzw. zwischen Wärmedämmung und Unterkonstruktion
- Nicht ausreichende oder falsche Dachanschlüsse bzw. Dachrandeinfassungen
- Vernachlässigung des Gebäudeinnendrucks



Die Verwendung von Nägeln mit glatter Oberfläche anstelle von Schrauben oder zumindest Rillen- oder Schraubennägeln führte bei diesem Blechfalzdach zum Totalschaden. Die Verbindungen zwischen Dachhaut und Schalung, zwischen Schalung und Konterlat-

ten, sowie zwischen Konterlatten und Sparrenpfetten werden oftmals nicht rechnerisch überprüft. Der Bauherr bzw. sein Vertreter ist aufgefordert, diesen Nachweis explizit vom Projektleiter resp. vom hiermit betrauten Fachmann zu verlangen.



Dieses Dach eines Neubaus wurde infolge einer unzureichenden Befestigung zwischen Konterlatten und Sparrenpfetten abgehoben und auf den Vorplatz geworfen (Personengefährdung!).



Vordächer ohne Deckunterlage sind der Sogbeanspruchung schon bei geringeren Windgeschwindigkeiten nicht gewachsen.

1 Vernachlässigter Unterhalt

Ein vernachlässigter Unterhalt von Dach, Fassade, Türen, Klappläden, Storen und Fenstern stellt Schwachstellen dar, welche grössere Folgeschäden auslösen können. Fehlende oder defekte Ziegel, fehlende Sturmklammern, Un-

dichtigkeiten am Dach, faulende Ort- und Traufbretter, defekte Kaminhüte sowie defekte Fassaden sind die häufigsten Mängel.

2



3

Unsachgemässer Umbau

Durch Veränderungen an tragenden Wänden oder Stützen wird oft das statische Gleichgewicht gestört. Werden wichtige Teile der Gebäudeaussteifung entfernt

und nicht mehr ersetzt oder geschwächt, so entstehen zusätzliche Belastungen auf bestehende Bauteile, die bei der Bemessung nicht berücksichtigt wurden.

4



Umbau mit ungenügend bemessenen Verbindungsmitteln.



Schwächung des Tragwerks durch entfernten Balken.

5

6

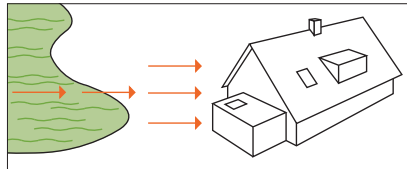
7

Topographischer Gebäudestandort

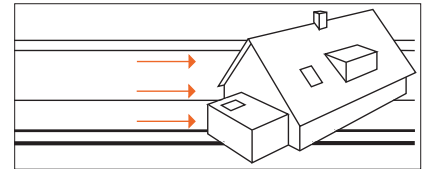
Die Wahl des Gebäudestandortes beeinflusst die Windbeanspruchung. Topographische Standorte

mit erhöhter Windbeanspruchung sind (vgl. SIA 261 und Zimmerli / Hertig 2006):

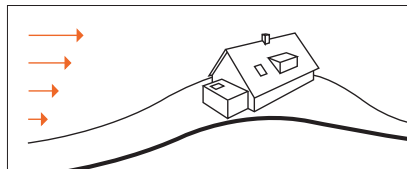
Seeufer



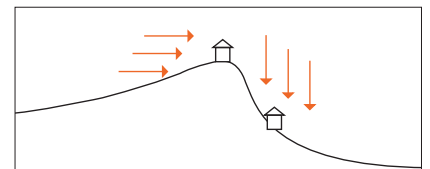
grosse Ebene



Kuppe



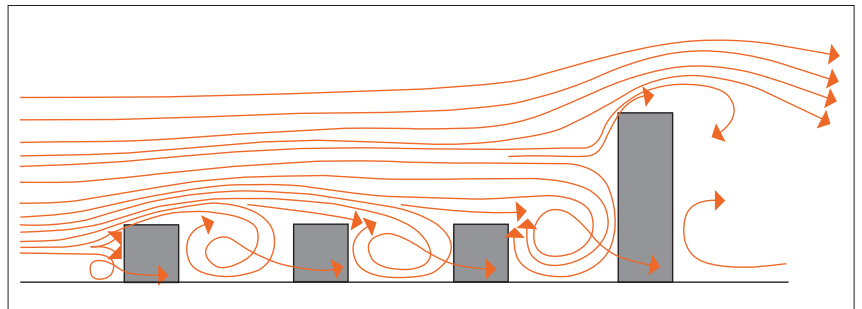
Bergkamm/Steilabhang



Gebäudehöhe und umgebende Bebauung / Bepflanzung

Die Wahl der Gebäudehöhe beeinflusst direkt das Mass der Windbeanspruchung. Neben der absoluten Höhe ist die relative Höhe gegenüber der umgebenden Bebauung von Bedeutung. Ordnet sich das Gebäude in vergleichbarer Höhe

wie die Nachbarsbauten ein, so herrscht eine abgeminderte Windbeanspruchung. In der Nähe von Hochhäusern treten Wirbel auf, welche bei der Bemessung zu berücksichtigen sind.



1

2

3

Gebäudeausrichtung

4

5

6

7

Empfehlungen zur Vermeidung hoher Windgeschwindigkeiten in Bodennähe

Die folgenden Empfehlungen geben Anhaltspunkte, wie unerwünschte hohe Windgeschwindigkeiten in Bodennähe verhindert werden.

1. Vermeidung von Gebäudehöhen, welche grösser als das Doppelte der Höhen von umliegenden Bauten sind.
2. Je mehr sich der Grundriss eines Gebäudes der Kreisform nähert, desto günstiger werden die Verhältnisse am Boden, weil dadurch die Abwärtsströmung auf der Frontfläche wesentlich reduziert wird. Wird das lange Recht-

Die Gebäudeausrichtung ist bei windexponierten Lagen zu überprüfen. Insbesondere bei Pultdächern reduziert sich die Windbelastung



Beispiel eines zur Hauptwindrichtung (Giebel) parallel ausgerichteten Gebäudes. Die windzugewandte Front (linkes Bild) weist einen kurzen Dachvorsprung

eck als Grundriss gewählt, so sollte die Hauptwindrichtung mit der Längsseite des Gebäudes zusammenfallen.

3. Falls ein Scheibenhochhaus normal zur Hauptwindrichtung errichtet wird, kann die Bodenzone durch Vorbauten oder Dächer mit genügenden Abmessungen abgeschirmt werden.
4. Zwischenräume zwischen Gebäuden und auch Durchgänge sollten nicht in der vorherrschenden Windrichtung orientiert sein.
5. In Durchgängen kann durch die geeignete Anordnung von Windschutzschirmen und durch Bäume eine Reduktion der Geschwindigkeit erzielt werden.

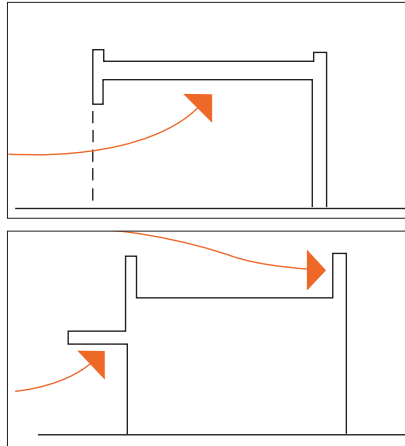
massgeblich durch eine günstige Anordnung in Bezug auf die Hauptwindrichtung.



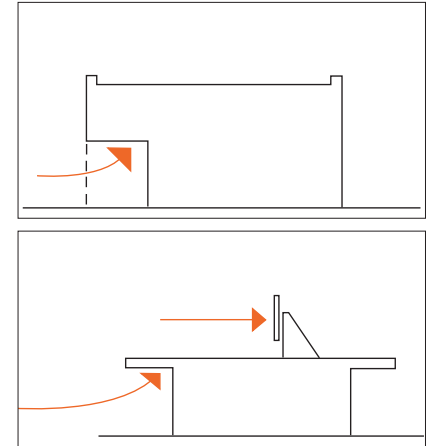
und Fenstervorbauten auf während die windabgewandte Seite (rechtes Bild) einen längeren Dachvorsprung und seitliche Wandverlängerungen aufweist.

Gebäudeform

Je mehr sich die Gebäudeform einer Kugel nähert, desto geringer werden die angreifenden Windkräfte. Die folgenden Darstellungen



zeigen ungünstige Gebäudeformen, welche einer gesonderten Bemessung bedürfen.



Dachform

Die Wahl der Dachform beeinflusst in grossem Masse die resultierenden Winddruck- und Windsogkräfte. Mit Hilfe der Norm SIA 261

können für verschiedene Dachformen die lokalen und globalen Kräfte ermittelt werden.

1 Steildach

2

3

4

5

6

7

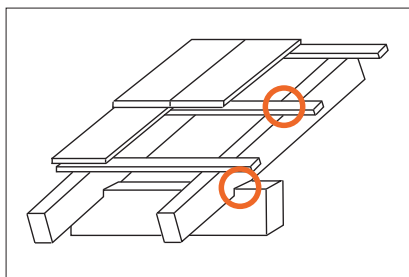
Lastabtragung von der Dachdeckung zum Haupttragwerk

(nach Schunck et al. 2002)

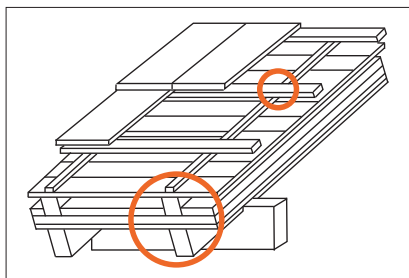
Die an der Dachfläche angreifenden Lasten müssen über die einzelnen Konstruktionselemente in das Haupttragwerk und bis in den Baugrund abgeleitet werden. Dabei ist zwischen tragenden und nicht tragenden Elementen zu unterscheiden.

Dachdeckung über einem offenen Dach

Die einzelnen Schuppen nehmen die flächig verteilten Lasten auf

**Dachaufbau mit Schuppen und überlüfteter Wärmedämmung über dem Tragwerk**

Die einzelnen Schuppen nehmen die flächig verteilten Lasten auf und geben sie als Linienlast an die Dachlatten ab. Die Dachlatten geben ihre Lasten über die Lüfterlatte und die Schalung auf die Lüftersparren ab.



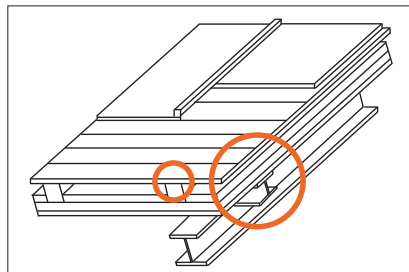
den. Flächig verteilte Lasten werden in Linienlasten oder Einzellasten überführt. Die Spannrichtungen können von Element zu Element wechseln. Es kommen einachsige und zweiachsige Lastabtragungen vor. Die Durchlässigkeit der Dachhaut bestimmt die Hinterlüftung und somit den Ort und das Mass der Krafteinwirkungen.

und geben sie als Linienlast an die Dachlatten ab. Diese laufen über mehrere Sparren hinweg und haben das statische System eines Durchlaufträgers. Die Sparren erhalten aus den Dachlatten Einzelkräfte, die sie über eine bestimmte Spannweite auf die Pfetten abtragen. Jedes Element hat tragende Funktion! Die Verbindungsmittel müssen sicherstellen, dass die Kräfte bis zum Haupttragwerk weitergeleitet werden.

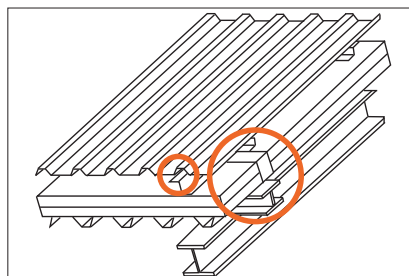
sparren ab. Die Lüfterlatte und die Schalung liegen direkt und kontinuierlich auf dem Lüftersparren auf. Sie sind untereinander so zu verbinden, dass alle Kräfte übertragen werden können. Der Lüftersparren ist in kurzen Abständen auf den Abstandspfetten gelagert und hat eine entsprechende Spannweite zu überbrücken. Die Abstandspfette überträgt die Last durch die untere Schalung auf die tragenden Sparren. Die Abstandspfette hat keine Spannweite zu überbrücken. Die obere und untere Schalung werden in diesem Fall als nicht tragend bezeichnet.

Metallbänder auf Vordeckung und Schalung mit belüfteter Wärmedämmung

Die Metalldeckung liegt flächig



Metallplatten mit unterlüfteter Deckung und Unterdeckung auf Wärmedämmung

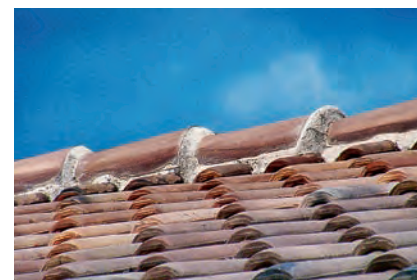


auf der Schalung, welche in diesem Fall tragend ist. Sie trägt die äusseren Lasten und spannt als Durchlaufsystem von Lüftersparren zu Lüftersparren. Letztere liegen auf den Schwellen auf, die wiederum kontinuierlich auf den Pfetten aufliegen. Die Lüftersparren sind somit die tragenden Elemente, welche die Spannweite zwischen den Pfetten überwinden. Die untere Holzwerkstoffplatte ist nicht tragend.

Das deckende Trapezblech nimmt die äusseren Lasten auf. Es spannt in Richtung der Dachneigung und liegt auf horizontalen, in kurzen Abständen angeordneten Tragblechen. Diese wiederum liegen auf den Abstandsprofilen, die von Lagerholz zu Lagerholz spannen. Die Lagerhölzer verteilen die Lasten auf das untere, tragende Trapezblech. Dieses ist somit das tragende Bauteil, welches die Spannweite von Pfette zu Pfette überbrückt.

Bedachungen

Verstärkungen der Bedachung sind in den Rand-, Giebel- und Eckbereichen notwendig. Hersteller und Berufsverbände weisen teilweise auf die notwendigen Befestigungen hin (vgl. Anhang).



Sturmklammern, Verschraubungen, Vermörtelungen, Ortgangziegel und Randverschalungen schützen die gefährdeten Bereiche gegen Sogkräfte. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend. Neue innovative Lösungen zur Handhabung der Sogkräfte sind denkbar.

1

2

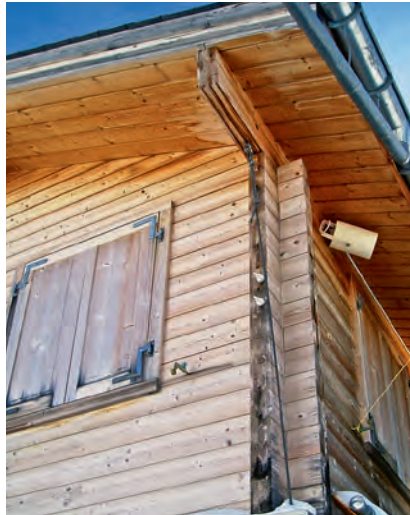
3

4

Sogsicherung bei Holzkonstruktionen (Blockbauweise)

Mittels Stahlseilen werden die Sog-

kräfte, welche am Dachvorsprung angreifen, in das Fundament abgeleitet.



Fassaden

Verankerung von Aussenwandbekleidungen

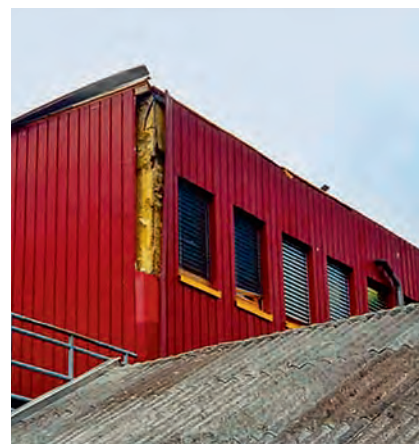
Fassaden sind im Bereich der Gebäudekanten durch hohe Sogkräfte

gefährdet. Die Norm SIA 261 ermöglicht eine konkrete Bemessung speziell für diesen Gebäudeteil.

5

6

7



Sturmwindschäden an Gebäudekante infolge hoher Sogkräfte.

Fenster und Glasflächen allgemein

Fenster und Türen sind auf die wirkenden Druck- oder Sogkräfte zu bemessen. Türen sind von aussen anzuschlagen. Bei Fenstern muss die auftretende Last über die Scheibe auf den Rahmen und von diesem auf die angrenzende Konstruktion abgetragen werden können. Mittels teilvorgespanntem

Glas sind schlanke Konstruktionen selbst bei hohen Winddrücken möglich. Ist mit dem Anprall von Trümmern zu rechnen, so ist Verbundsicherheitsglas als Personenschutz zu verwenden. Einen effektiveren Schutz vor Trümmeranprall bieten schliessbare Läden und sturmsichere Lamellenstoren.

Kamine, Schornsteine, Antennen

Hohe Maste und Schornsteine sind wegen ihrer schlanken Form in der Regel schwingungsanfällig und müssen deshalb sicher verankert werden, zum Beispiel durch Abspannung. Diese Aufbauten sind überdies verantwortlich für erhöhten Sog im näheren Umfeld. Den Abspannungen kommt hin-

sichtlich der Standsicherheit eine besondere Bedeutung zu. Erforderlich ist deshalb die:

- Sicherstellung eines dauernd wirksamen Korrosionsschutzes.
- Regelmässige Überprüfung der Abspannung samt ihrer Verankerung.



Abgerissener Kaminhut



Abgerissene Satellitenantenne

Vordächer / Unterstände

Unterstände und Vordächer erleiden oft einen Totalschaden infolge einer Überlagerung der Sogkraft von oben und der Druckkraft von

unten. In der Norm SIA 261 sind für unterschiedliche Verhältnisse von Vordachhöhe zu Vordachauskragung die Druckbeiwerte aufgelistet.



1 Garagen

Garagen und deren Tore sind wie ein Gebäude auf die Windbeanspruchung zu bemessen. Leicht-

bauweisen sind insbesondere gegen Abheben bei geöffnetem Tor zu sichern.

Solarzellen

Die Belastung von Solarzellen ist entsprechend ihrer Anordnung auf

dem Dach oder an der Fassade gesondert zu überprüfen.

2 Spezialuntersuchungen für besondere Gebäudeformen

Für sehr hohe Gebäude, offene Bauten, flexible Bauweisen und unübliche aerodynamische Formen sind Spezialuntersuchungen und eventuell Tests im Windkanal empfehlenswert.



3 Dachverschalungen

Extreme Windbelastungen bei exponierten Standorten (Kuppen, Berggipfel) können abgemindert

werden, indem Dachvorsprünge wie hier im Bild verschalt werden.



4

5



6

Schutz von Öffnungen

Gefährdungsbild Wind: Lichtkuppeln können neben den äusseren Sogkräften zusätzlich durch Innendruck belastet sein.

Die Befestigungen sind entsprechend dieser Kraftüberlagerung sowohl im geschlossenen als auch im geöffneten Zustand zu bemessen.

Gefährdungsbild Wind und Regen:

Bei exponierten Fenstern sollte ein konstruktiver Wetterschutz vorgesehen werden.



7

Traglufthallen

Bei Traglufthallen kommt es immer wieder zu schweren Sturmschäden, wenn der Innendruck nicht rechtzeitig erhöht wird. Aus diesem Grunde gelten für Traglufthallen folgende Regeln für die Schadenverhütung:

- Es sind mindestens 2 Gebläse zu installieren, damit der Innendruck bei Sturm rasch erhöht und bei Ausfall eines Gerätes aufrechterhalten wird.

- Die Gebläsesteuerung sollte zweckmässigerweise mit einem Windmessgerät gekoppelt werden, so dass bei Erreichen kritischer Windgeschwindigkeiten eine automatische Druckerhöhung ausgelöst wird.
- Es sind Notstromgeneratoren für die Gebläse vorzusehen, da bei grösseren Sturmereignissen häufig die Stromversorgung unterbrocht.

Zelte

Die Zeltbespannung und ihre zugfeste Verankerung im Untergrund sind regelmässig zu überprüfen und bei Feststellung von Mängeln umgehend instand zu setzen. Andernfalls kann die Zeltbespannung unter starkem Winddruck reissen und zur Zerstörung des gesamten Zeltes führen.

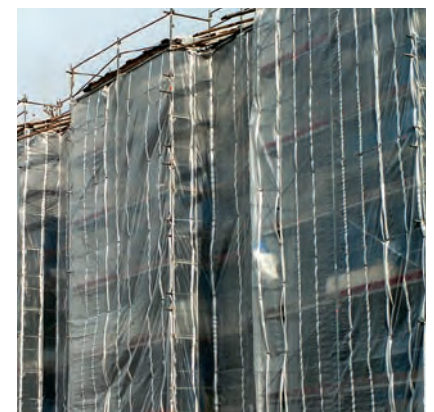


Gerüste / Notdächer

Um Schäden zu vermeiden, sind folgende Vorsichtsmassnahmen zu treffen:

- Zug- und druckfeste Verankerung an den tragenden Bauteilen der Bauwerke.
- Erhöhte Sicherungsmassnahmen bei Verwendung von Schutzfolien.

Weitere Angaben finden sich in der «Checkliste Fassadengerüste» der SUVA (vgl. Verzeichnis von Technischen Richtlinien im Anhang).



Krane

Um die Sturmsicherheit von Kränen zu gewährleisten, sind folgende Massnahmen zu treffen:

- Die Tragfähigkeit des Untergrunds, vor allem auch im Hinblick auf die stark einseitige Sturmbelastung des Krans, prüfen; notfalls Sicherung durch Seilabspannungen.
- Drehgestelle sind bei Nichtbenutzung in den Leerlauf zu schalten, damit der Ausleger bei Windanriff keinen Widerstand bietet.

- Regelmässige Kontrolle der mechanischen Teile auf Korrosion, Abnützung oder andere Mängel.
 - Periodische Instandhaltung und Mängelbehebung
- Weitere Angaben finden sich in der «Checkliste Krane auf Baustellen» der SUVA (vgl. Verzeichnis von Technischen Richtlinien im Anhang).

1 Leichtkonstruktionen

Leichtkonstruktionen sind nach Möglichkeit vor angekündigten Sturmereignissen zusätzlich zu sichern und alle Öffnungen sind zu schliessen.



2

Spezielle Vorkehrungen während den Bauarbeiten

Auf Baustellen sind freistehende Wände abzustützen. Leichte zwischengelagerte Baumaterialien sind mittels Gurten zu sichern, damit diese bei Sturmereignissen nicht zu Trümmeranprall führen. Sturmvorsagen sind über verschiedene Warndienste abonnierbar.
Umgekipptes freistehendes Mauerwerk nach Sturmereignis.



3

Sonnenstoren / Markisen

Sonnenstoren sind nicht sturmresistent und müssen vor aufkommendem Wind eingezogen werden. Dies erfolgt kontrolliert mit Hilfe eines Windwächters (Windmessung: auf Bild an der Wandecke über den Storen) kombiniert mit einem Sonnenwächter oder mittels Warnung.



4

5

6

7

Massnahmenkombinationen

Im Folgenden werden für jedes Gefährdungsbild mögliche Massnahmenkombinationen für bestehende Bauten und für Neubauten vorgestellt. Nur durch die Kombination der vorgestellten Massnahmen der Konzeption, Verstärkung und Abschirmung ergibt sich eine

wirkungsvolle Risikoverminderung. Beschrieben werden ausschliesslich Massnahmen am Objekt. Daneben sind auch Massnahmen in der Umgebung zur Reduktion der Gefährdung denkbar (Sicherung und/oder Wegräumen potenzieller Trümmer und Bäume).

		Massnahmen										
		Konzeption					Verstärkung			Abschirmung		
Massnahmenkombination	Gefährdungsbild	Gebäudestandort	Gebäudehöhe	Gebäudeausrichtung	Gebäudeform	Dachform	Dach / Vordach	Tragwerk	Fassade	Öffnungen	Verschalung	Öffnungen
		Bestehendes Gebäude										
A	1						•	•	•			
B	1										•	
C	2						•	•		•		
D	3						•					
E	4								•			•
F	5						•	•				
Neubau												
G	1	•	•	•	•	•	•	•				
H	2	•	•	•	•	•	•	•		•		
I	3			•			•					
J	4								•			•
K	5						•	•				

- | | | | |
|----------|---|--|---|
| 1 | Massnahmenkombination A «Verstärkung» | Die Gebäudehülle und gegebenenfalls das Tragwerk werden im Rahmen eines Umbaus verstärkt. | |
| 2 | Massnahmenkombination B «Verschalung» | Exponierte Dachvorsprünge werden verschalt, damit keine Überlagerung der Druckkräfte von unten und der Sogkräfte von oben entsteht. | |
| 3 | Massnahmenkombination C «Verstärkung bei Innendruck» | Die Gebäudehülle und gegebenenfalls das Tragwerk und die Öffnungen werden im Rahmen eines Umbaus verstärkt. Hierbei bildet der mögliche Innendruck | ein zusätzliches Gefährdungsbild, welches bei der Bemessung zu berücksichtigen ist. |
| 4 | Massnahmenkombinationen D und I «Verstärkung bei Dachüberständen» | Die Dachüberstände werden verstärkt ausgebildet, da diese im ungünstigen Fall von den Druckkräften von unten und von den Sogkräften von oben belastet sind. | Beim Neubau wird diesem Gefährdungsbild zusätzlich durch eine günstige Gebäudeausrichtung begegnet. |
| 5 | Massnahmenkombinationen E und J «Verstärkung und Abschirmung bei Trümmeranprall» | Die Gebäudehülle wird verstärkt und die Öffnungen werden abgeschirmt, so dass diese geschützt sind vor einem Trümmeranprall. | |
| 6 | Massnahmenkombinationen F und K «Verstärkung bei Baumsturz» | Das Tragwerk und die Dachkonstruktion werden verstärkt ausgebildet, so dass diese einem allfälligen Baumsturz einen grösseren Widerstand bieten. | |
| 7 | Massnahmenkombinationen G und H «Neubau» | Beim Neubauentwurf werden die konzeptionellen Kriterien (Standort, Gebäudehöhe, Ausrichtung, Gebäude- und Dachform) in die Planung miteinbezogen. Gebäudehülle und Tragwerk werden gemäss den Anforderungen ohne oder mit Innendruck bemessen. | |

Beispiel einer Kosten-Nutzen-Analyse

Kosten

Das folgende Beispiel soll die Bedeutung des Windsoges bei Dächern mit entsprechenden Scha-

denfolgen verdeutlichen. Die Methodik ist im Anhang E der vorliegenden Wegleitung detailliert beschrieben.

Ein Industriebetrieb in der Region Mittelland erstellt eine Montagehalle mit Blechdach. Als Verbindungsmittel zwischen Konterlattung und Sparrenpfetten werden ohne Objektschutzmassnahme glattschaftige Nägel verwendet (Variante A). Werden anstelle dieser glattschaftigen Nägel ordnungsgemäss Schrauben verwendet (Variante B), so entste-

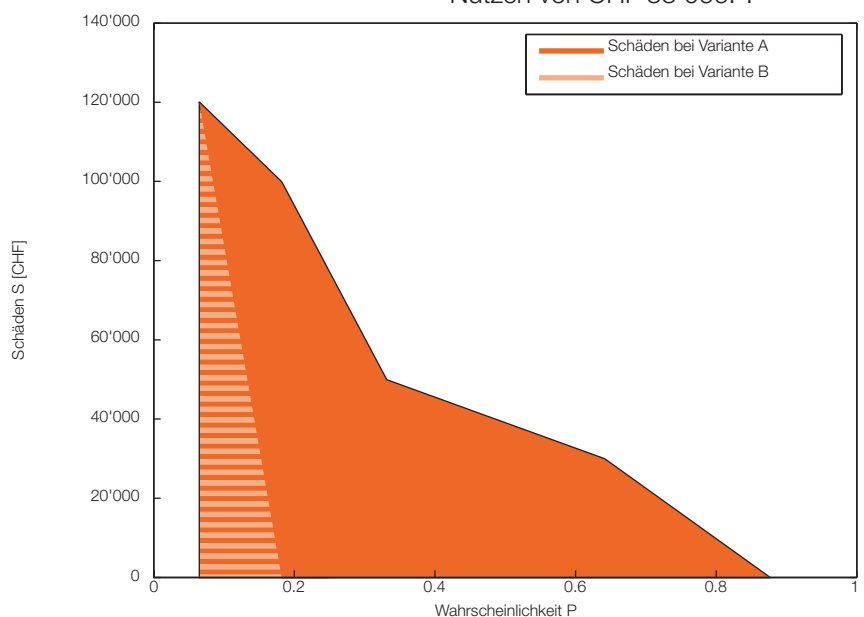
hen durch diese Objektschutzmassnahme Mehrkosten an Arbeitszeit und Material von CHF 3'000.-.

Berechnung:
 Mehrkosten $k = \text{CHF } 3'000.-$,
 Zinssatz $z = 3\%$, Lebensdauer $n = 20$ Jahre
 Verzinste Mehrkosten $K = 3000 \times (1.03^{20}) = \text{CHF } 5'418.-$

Nutzen

Als Nutzen werden der verhinderte direkte Schaden (weggerissenes Blechdach) und die indirekten Schäden infolge der Beschädigungen in der Nachbarschaft und der Betriebsunterbruch eingerechnet. Es wird angenommen, dass der Schadensbeginn ohne Objekt-

schutzmassnahmen (Variante A) bei einem 10-jährlichen Windereignis und mit Objektschutzmassnahmen (Variante B) bei einem 100-jährlichen Windereignis liegt. Der Nutzen wird für einen Betrachtungshorizont von 20 Jahren berechnet. Gemäss Anhang E resultiert ein Nutzen von CHF 33'066.-.



Kosten-Nutzen-Vergleich

Als Kosten-Nutzen-Vergleich werden nun die Kosteneinsparungen dem Nutzen gegenübergestellt. $\text{Kosten} / \text{Nutzen} = \text{CHF } 5'418.- / \text{CHF } 33'066.- = 0.164$

Dies bedeutet, dass die Mehrkosten aufgrund der Objektschutzmassnahmen aus ökonomischer Sicht sehr wirtschaftlich sind. Da ohne Objektschutzmassnahmen bereits bei einem Windereignis der Wiederkehrperiode von 20 Jahren mit ersten Schäden zu rechnen

ist, fällt der Schadenerwartungswert im Betrag von CHF 40'115.- sehr hoch aus.

Bei einer normkonformen Bemessung nach SIA 261 ist anzunehmen, dass selbst ein Windereignis der Wiederkehrperiode von 100 Jahren ohne Schadenfolge für das Gebäude ist (Variante B). Die Mehraufwendungen von CHF 5'418.- stehen somit in sehr günstigem Verhältnis zur verhinderten Schadenerwartung von CHF 33'066.-.

Sturmschaden-Skala

Auf Mitteleuropa angepasste, detaillierte Beschreibung der Fujita- und Torro-Skalen (Dotzek et al. 2000). Anhand dieser Skala können

die Schadenfolgen von Stürmen detailliert abgeschätzt werden. Bei der angegebenen Windgeschwindigkeit handelt es sich um Böen.

km/h	m/s	Skala	Merkmale
76 ± 14	17 – 25	T0	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 0.05\%$, $S_{\text{massiv}} = 0.01\%$ Leichte Gegenstände werden vom Boden abgehoben. Äste beginnen abzubrechen, in Getreidefeldern ist der Zugweg erkennbar. Baugerüste können umstürzen, leichte Schäden an Markisen und Zelten. Dachziegel an exponierten Stellen können sich lockern. Keine Schäden an Gebäudeträgwerken
104 ± 14	25 – 33	T1	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 0.10\%$, $S_{\text{massiv}} = 0.05\%$ Gartenmöbel und leichtere Gegenstände werden umgeworfen und können durch die Luft gewirbelt werden. Holzzäune werden umgeworfen. Windbruch an Bäumen. Leichte Schäden an Dachziegeln und Verblechungen. Geringe Schäden an Leichtbauten; keine strukturellen Schäden.
135 ± 16	33 – 42	T2	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 0.25\%$, $S_{\text{massiv}} = 0.10\%$ Auch schwerere Gegenstände werden vom Boden aufgehoben und können zu gefährlichen Geschossen werden. Fahrzeuge und Anhänger können umgeworfen werden. Ziegel- und ungesicherte Flachdächer werden teilweise abgedeckt. Geringe bis mittelschwere Schäden an Leichtbauten; erste Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten möglich. An Bäumen werden einzelne starke Äste abgebrochen oder geknickt, kleine Bäume entwurzelt.
167 ± 16	42 – 51	T3	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 0.80\%$, $S_{\text{massiv}} = 0.25\%$ Einzelne grössere Bäume werden entwurzelt. Zahlreiche Fahrzeuge und Anhänger werden umgeworfen. Ziegel- und ungesicherte Flachdächer erleiden grössere Schäden. Mittelschwere Schäden an Leichtbauten; einzelne Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Fahrende Autos werden von der Strasse gedrückt.
202 ± 18	51 – 61	T4	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 3\%$, $S_{\text{massiv}} = 0.80\%$ Schwerer Windbruch an freistehenden Bäumen und in Wäldern. Grosse Schäden an Fahrzeugen und Anhängern. Hohe Gefährdung und Schäden durch herumfliegende Teile. Ganze Dächer werden abgedeckt. Schwere Schäden an Leichtbauten; zunehmend Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten, Einsturz von Giebelwänden möglich.
238 ± 18	61 – 71	T5	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 10\%$, $S_{\text{massiv}} = 3\%$ Schwere Schäden an Dächern und Anbauten. Schwere Schäden an Leichtbauten; weiter zunehmende Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Vollständiger Einsturz einzelner Gebäude, vor allem landwirtschaftlich genutzter Konstruktionen und Lagerhallen. Kraftfahrzeuge werden hochgehoben.
275 ± 20	71 – 82	T6	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 30\%$, $S_{\text{massiv}} = 10\%$ Leichtbauten werden in grösserem Umfang zerstört. Schwere Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. Einsturz einzelner Gebäude. Schwere Kraftfahrzeuge werden hochgehoben.
315 ± 20	82 – 93	T7	Schadensatz: $S_{\text{leicht}} = 90\%$, $S_{\text{massiv}} = 30\%$ Verbreitet völlige Zerstörung von Leichtbauten und schwere Schäden an Massivbauten. Einsturz zahlreicher Gebäude. Deutliche Entrindung stehenbleibender Bäume durch umherfliegende Trümmer.

	km/h	m/s	Skala	Merkmale
1	356 ± 22	93 – 105	T8	Schadensatz: $S_{leicht} = 100\%$, $S_{massiv} = 60\%$ Schwere Schäden an Massivbauten. Verbreiteter Einsturz von Gebäuden, deren Einrichtung weit verstreut wird. Kraftfahrzeuge werden über grosse Strecken geschleudert.
	400 ± 22	105 – 117	T9	Schadensatz: $S_{leicht} = 100\%$, $S_{massiv} = 80\%$ Überwiegend Totalschäden an Massivbauten. Züge werden von den Schienen gerissen. Totale Entrindung stehengebliebener Baumstämme.
2	445 ± 23	117 – 130	T10	Schadensatz: $S_{leicht} = 100\%$, $S_{massiv} = 90\%$ Überwiegend Totalschäden an Massivbauten.
	491 ± 23	130 - 143	T11	Schadensatz: $S_{leicht} = 100\%$, $S_{massiv} = 95\%$ Überwiegend Totalschäden an Massivbauten. Unvorstellbare Schäden entstehen.

Windsogsicherung für Flachdächer (nach Massong 1998)

Die Flachdachrichtlinien sehen als Massnahme zur Sicherung von Dachabdichtungen gegen Windsog drei verschiedene Verfahren vor:

- Verklebung
- Auflast
- mechanische Befestigung

Lagesicherung durch Verklebung

Die Lagesicherung von Flachdächern durch Verklebung ist nicht ohne weiteres rechnerisch zu erfassen. Die Flachdachrichtlinien enthalten Richtwerte zur Verklebung von Dachabdichtungen.

Die Werte der Tabelle beruhen auf handwerklicher Erfahrung und setzen entsprechende Einbaubedingungen und Materialqualität voraus.

Windsogsicherung von Dachabdichtungen durch Verklebung bei geschlossenen Gebäuden bis $h = 20\text{ m}$ (nach Flachdachrichtlinien)

	Ohne Auflast		Mit Auflast	
	Heissverklebung	Kaltkleber (adhäsiv)	Heissverklebung	Kaltkleber (adhäsiv)
Normalbereich:	10% d. Fläche	2 Streifen/m ²	-	-
Randbereich:	20% d. Fläche	3 Streifen/m ²	10% d. Fläche	2 Streifen/m ²
Eckbereich:	40% d. Fläche	4 Streifen/m ²	20% d. Fläche	3 Streifen/m ²

Lagesicherung durch Auflast

Als Auflast kommen u. a. in Frage:

- Kies (Körnung 16/32), Schüttung min. 5 cm hoch
- Plattenbeläge (Terrassenplatten, Beton, keramische Beläge, Kunststein usw.) auf Kies, Splitt oder Stelzenlager
- Ortbetonplatten
- Begrünungen, Eignung muss nachgewiesen sein.

der anzusetzende Rechenwert der Schüttdichte $\rho_{s,R}$ also nach folgender Formel zu ermitteln:

$$\rho_{s,R} = 0.8 \cdot \rho_{s,Tab}$$

Mit anderen Dichten und Lasten ist entsprechend zu verfahren (Rechenwert = 0.8 · Tabellenwert).

Die erforderliche Höhe s einer Schüttung als Auflast lässt sich aus dem Rechenwert der Schüttdichte $\rho_{s,R}$ in [kN/m³] und dem 1,5fachen Betrag des Windsogs $|w_{sl}|$ in [kN/m²] wie folgt berechnen:

Für den Nachweis der Windsogrichtung sind die Rechenwerte der Eigenlasten nach DIN 1055-1 auf 80% der Tabellenwerte abzumindern, oder es ist mit den genauen Werten laut Hersteller zu rechnen. Für ein Schüttgut mit dem Tabellenwert der Schüttdichte $\rho_{s,Tab}$ ist

$$s = \frac{1.5 |w_s|}{p_{s,R}} \text{ [m]}$$

mit:

$|w_s|$: Betrag des Windsoges (z. B. $|-1.6| = 1.6$).

Lagesicherung durch mechanische Befestigung

Die mechanischen Befestigungen unterscheiden sich durch:

- Nagelung
- lineare Befestigung (Einzelbefestiger)
- Linienbefestigung (durchgehende Profile)
- Klettsystem

Bei Befestigung durch Nagelung ist die Ausreissfestigkeit der Bahn am Nagelkopf entscheidend. Die nachfolgende Tabelle gibt Anforderungen an die Nagelung nach den Fachregeln wieder, dabei wird immer vorausgesetzt, dass die genagelte Bahn eine gute Ausreissfestigkeit besitzt (bei Bitumenbahnen z. B. eine Bahn mit Glasgewebeeinlage, nicht mit Glasvlies).

Windsogsicherung von Dachabdichtungen durch Nagelung bei geschlossenen Gebäuden bis $h = 20 \text{ m}$ (nach Flachdachrichtlinien)

	Ohne Auflast		Mit Auflast: 5 cm Kies	
	Nagelabstand	Reihenabstand	Nagelabstand	Reihenabstand
Normalbereich:	10 cm	90 cm	-	-
Randbereich:	10 cm	30 cm	10 cm	45 cm
Eckbereich:	5 cm	30 cm	5 cm	45 cm

Die Haltekraft von linearen Befestigungen hängt weniger von der Auszugfestigkeit der Befestigungsmittel ab als vielmehr von der Ausreissfestigkeit der befestigten Dachabdichtungen.

Der zulässige Abstand der Befestiger a_{Bef} in der Reihe wird aus $erf \cdot n$ und dem Reihenabstand a_{Reihe} in [m] (z.B. Achsabstand der Obergurte) wie folgt berechnet:

$$a_{Bef} = \frac{1}{erf \cdot n \cdot a_{Reihe}} \text{ [m]}$$

Die Ausreissfestigkeit wird u.a. bestimmt von Art und Dicke der Abdichtung sowie ggf. verwendeter Träger, aber auch von Art und Grösse der Halteteller.

Die erforderliche Anzahl $erf \cdot n$ der Befestiger je m^2 ergibt sich aus dem $\gamma = 1,5$ fachen Betrag des Windsoges $|w_s|$ in $[kN/m^2]$ und der Bemessungslast F der Befestiger in $[kN]$:

$$erf \cdot n = \frac{1.5 \cdot |w_s|}{zul \cdot F} \text{ [Stck/m}^2\text{]}$$

Es sind bei Ergebnissen $n < 3$ jedoch mindestens 3 Stück / m^2 vorzusehen.

1

2

3

4

5

6

7

1 Windsogsicherung für geneigte Dächer (nach Massong 1998)

Genagelte Deckwerkstoffe, welche nach der Fachregeln verarbeitet und befestigt werden, sind ausreichend sturmsicher (z.B. Schieferdeckung).

dass die Sogkräfte vom Unterdach aufgenommen werden können.

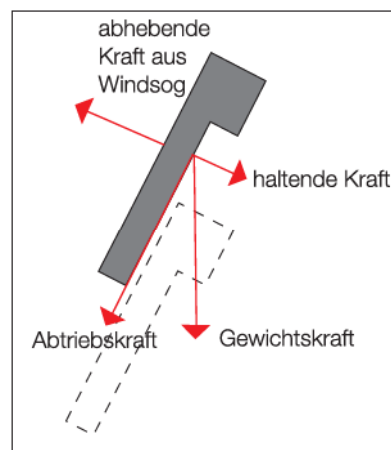
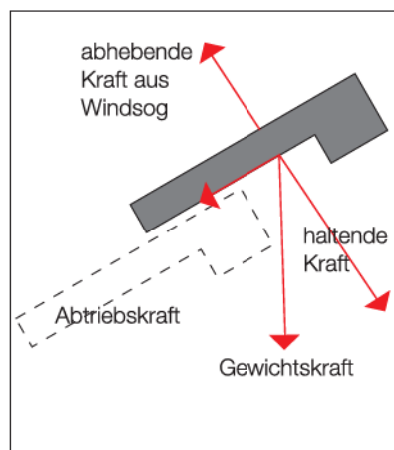
Je steiler ein Dach geneigt ist, desto kleiner wird der Anteil der Eigenlast, welcher den Ziegel o.ä. auf der Lattung hält. Dabei wird als zu sichernde Last die Differenz aus Windsog und massgebender Eigenlast der Deckung angenommen.

Kraftkomponenten eines Dachziegels und abhebende Kraft aus Windsog bei unterschiedlichen Dachneigungen:

2

Deckwerkstoffe, welche nur durch ihre Eigenlast auf dem Dach gehalten werden, also Ziegel und Dachsteine, müssen je nach Windsogbelastung durch Klammern o.ä. gesichert werden. Als Alternative hierzu kann eine Hinterlüftung vorgesehen werden. Diese bewirkt ein kurzes Anheben der Ziegel bei einer Böe. Wichtig ist in diesem Fall,

3



4

A: Flach geneigtes Dach: Haltende Kraft überwiegt; der Ziegel muss nicht befestigt werden.

B: Steiles Dach: Windsog überwiegt; der Ziegel muss befestigt werden.

5

Ermittlung der erforderlichen Befestigung

Bei allen folgenden Gegebenheiten ist ein rechnerischer Nachweis zu empfehlen:

Bei der Berechnung der massgebenden Eigenlast der Deckung $rel\ g$ (haltende Kraft) wird der Einfluss der Dachneigung mit dem Dachneigungsfaktor c_s berücksichtigt:

6

- Gebiete mit höherem Referenzwert des Staudrucks als $0.9\ kN/m^2$ gemäss SIA 261
- Standorthöhe $> 1100\ m\ ü.\ NN$
- Firsthöhe $> 30\ m$
- Offene Gebäude mit offener Deckunterlage

$$rel\ g = 0.9 \cdot g_R \cdot c_s \quad [kN/m^2]$$

Der Faktor 0,9 berücksichtigt als Sicherheitsfaktor Werkstofftoleranzen u.ä.

7

Die rechnerische Eigenlast der Deckung g_R ergibt sich entweder aus Herstellerangaben oder es wird der Wert abgemindert auf 80% angesetzt.

$$g_R = 0.8 \cdot g_{TAB} \quad [kN/m^2]$$

Dachneigungsfaktor c_s ¹⁾

Dachneigung α	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°
Faktor c_s	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,02	0,99	0,95	0,91	0,86	0,80	0,74	0,67	0,60

1) Zwischenwerte dürfen interpoliert werden, oder es ist mit dem niedrigeren Wert zu rechnen. Bei $\alpha > 75^\circ$ ist $c_s = 0$ anzunehmen.

Die Hersteller von Sturmklammern geben für ihr Produkt die bei der jeweiligen Deckung zulässige Belastung F an. Diese Bemessungslast enthält einen Sicherheitsfaktor gegenüber der Versagenslast.

Aus dem Betrag $|w_s|$ (positiver Wert) des Windsogs in $[\text{kN/m}^2]$, der Bemessungslast F in $[\text{kN/Stck}]$ des Befestigungsmittels (z.B. Klammer) und der relevanten Eigenlast $rel\ g$ ergibt sich die erforderliche Anzahl der Befestigungen je m^2 :

$$\text{erf } n = \frac{|w_s| - rel\ g}{zul\ F} \quad [\text{Stck/m}^2]$$

Gemäss Fachregel darf bei Werten $\text{erf } n \leq 2,5 \text{ Stck/m}^2$ in Verbindung mit einer Bemessungslast $F \leq 0,15 \text{ Stck/m}^2$ aus praktischen Gründen auf eine Verklammerung verzichtet werden. Die Lastannahmen enthalten für diese Vereinfachung genügend Sicherheitsreserven.

Ermittlung des Klammerschemas:

Aus der Zahl der Ziegel (bzw. Dachsteine) je m^2 n_z und $\text{erf } n$ wird das Klammerschema wie folgt berechnet:

$$a_{\text{Bef}} = \frac{n_z}{\text{erf } n} \quad [\text{jeder } a\text{-te Ziegel}]$$

Dabei gilt für den Klammerabstand a_{Bef} :

– Bei der Dachneigung $\alpha > 65^\circ$ ist unabhängig vom Wert a_{Bef} jeder Ziegel zu befestigen.

– Werte $\geq 3,0$ werden auf 3 abgerundet, d.h. es wird mindestens jeder dritte Ziegel befestigt.
 – Werte $\geq 2,0$ und $< 3,0$ werden auf 2 abgerundet, d.h. es wird jeder zweite Ziegel befestigt.
 – Werte $\geq 1,0$ und < 2 werden auf 1 abgerundet, d.h. es wird jeder Ziegel befestigt.
 – Werte $< 1,0$ bedeuten, dass die Bemessungslast der Klammern nicht ausreicht.

In letzterem Fall sind, wenn nicht durch den Einsatz einer geschlossenen Deckunterlage oder durch eine Hinterlüftung geringere Soglasten erreicht werden können, stärkere Klammern erforderlich. Die erforderliche Bemessungslast F bei Befestigung jedes Dachziegels und gewähltem Klammernabstand a_{Bef} ergibt sich nach folgender Formel:

$$zul\ F = \frac{|w_s| - rel\ g}{n_z} \cdot a_{\text{Bef}} \quad [\text{kN/Stck}]$$

1 Verankerung von Aussenwandbekleidungen (nach Massong 1998)

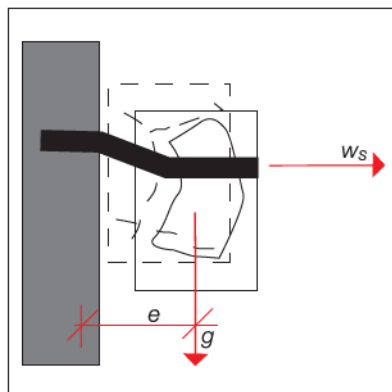
Gegenstand dieses Kapitels sind hinterlüftete Aussenwandbekleidungen auf Holzunterkonstruktion. Aussenwandbekleidungen bestehen aus mehreren Teilen:

- *Grundlattung*, im Untergrund verankert;
- ggf. *Konterlattung* (Lüftungslattung), mit Grundlattung verbunden;
- *Traglattung* oder *Schalung*, mit Grundlattung bzw. Konterlattung verbunden;
- *Bekleidung*, auf der Unterkonstruktion befestigt.

Die Verankerung einer Fassadenbekleidung bewirkt deren Aufhängung an der tragenden Wand, sie übernimmt damit die entscheidende statische Funktion.

Für die Verankerung dürfen nur *bauaufsichtlich zugelassene Verankerungsmittel* (Dübel) verwendet werden. Art und Abmessungen der Verankerungsmittel müssen auf den vorhandenen Verankerungsgrund abgestimmt sein.

Dübelschrauben müssen aus rostfreiem Stahl hergestellt sein, verzinkte Schrauben sind gemäss Zulassung unter der Voraussetzung zusätzlicher Korrosionsschutzmassnahmen zulässig.



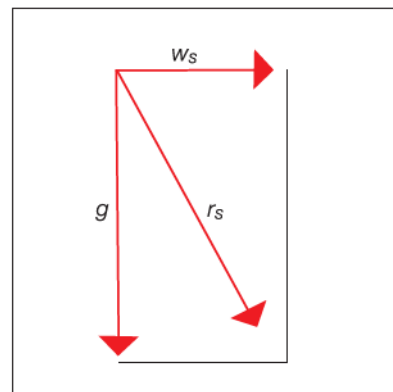
Für den genauen Nachweis von Art und Anzahl der Verankerungen ist zu beachten, dass die Beanspruchungen aus Windsog (bei Abstandsverankerungen zusätzlich

Verankerungsgrund ist i.d.R. das tragende Mauerwerk bzw. die Betonwand. Putzschichten, gleich welcher Art, sind nicht Teil des tragenden Untergrundes.

Die Verankerungsmittel werden durch die vertikale Last (Eigenlast) in Verbindung mit Windsog auf *Querzug* beansprucht. Bei Abstandsmontage (Abstand zwischen Grundlattung und Wand) entsteht bei Winddruck ausserdem *Querdruck*.

Zusätzlich erfahren die Verankerungsmittel neben den genannten Beanspruchungen Biegemomente aus den vertikalen Lasten, diese werden mit zunehmendem Abstand der Grundlattung vom Verankerungsgrund grösser (Moment = Kraft mal Hebelarm).

Der oft verwendete Begriff «Abscheren» für die Belastung der Dübelschrauben ist, statisch betrachtet, nicht korrekt. Die im Vergleich zum Stahl der Dübelschraube geringe Druckfestigkeit des Holzes lässt keine Scherbeanspruchung zu, stattdessen verbiegt sich die Dübelschraube und zerdrückt dabei das Holz. Die folgende Abbildung zeigt die Beanspruchung einer Dübelschraube und des theoretischen Versagenszustandes.



Winddruck), Abscheren und Biegemoment durch vertikale Lasten sich gegenseitig überlagern und deshalb zusammen betrachtet werden müssen.

2

3

4

5

6

7

Die Ermittlung der Zahl der Verankerungen erfolgt für folgende Belastungsarten:

- Querzug aus Eigenlast und Windsog
- Querdruck aus Eigenlast und Winddruck nur bei Abstandsmontage
- Biegemoment aus Eigenlast und exzentrischem Lastangriff.

Die resultierende Flächenlast aus dem Querzug r_s wird aus der Eigenlast der gesamten Bekleidung (samt Unterkonstruktion) g in kN/m² und dem Windsog w_s in kN/m² ermittelt:

$$r_s = \sqrt{w_s^2 + g^2} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Bei Abstandsmontage ergibt sich die resultierende Flächenlast aus Querdruck r_d aus der Eigenlast der gesamten Bekleidung g in kN/m² und dem Winddruck w_d in kN/m²:

$$r_d = \sqrt{w_d^2 + g^2} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Aus der massgebenden (grösseren) resultierenden Flächenlast $rel\ r$ und der Bemessungslast des Dübels $zul\ F$ in kN wird die Dübelzahl n_F berechnet:

$$n_F = \frac{rel\ r}{zul\ F} \text{ [Stck/m}^2\text{]}$$

Das flächenbezogene Biegemoment der Verankerung m ergibt sich aus der Eigenlast der gesamten Bekleidung g und der Exzentrizität des Lastangriffs e :

$$M \text{ [Nm/m}^2\text{]} = g \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot e \text{ [m]} \cdot 1000$$

Aus dem flächenbezogenen Biegemoment m in Nm/m² und dem Bemessungsmoment des Dübels $zul\ M$ in Nm wird die Dübelzahl n_M berechnet.

$$n_M = \frac{m}{zul\ M} \text{ [Stck/m}^2\text{]}$$

Die erforderliche Dübelanzahl $erf\ n$ entspricht dem Grösstwert aus n_F und n_M .

1

2

3

4

5

6

7

Impressum

Alle Rechte vorbehalten
© 2007 Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen
Bundesgasse 20
CH – 3001 Bern
www.vkf.ch



Autor:
Dr. Thomas Egli
Egli Engineering
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
www.naturgefahr.ch



Egli Engineering

Review:
Kommission Elementarschaden der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen:
Werner Gächter, Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen, St. Gallen, Vorsitz
Dr. Peter Blumer, Gebäudeversicherung des Kantons Basel-Stadt, Basel
Jean Bourquard, Etablissement cantonal d'assurance immobilière et de prévention, Saignelégier
Bernhard Fröhlich, Basellandschaftliche Gebäudeversicherung, Liestal
Ueli Winzenried, Gebäudeversicherung Bern, Bern

Projektgruppe Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren:
Dörte Aller, Gebäudeversicherung Kanton Zürich, Zürich
Alfred Baumgartner, Aargauische Gebäudeversicherung, Aarau (bis 2006)
Georges Brandenburg, Aargauische Gebäudeversicherung, Aarau (ab 2007)
Thierry Berset, Kantonale Gebäudeversicherung, Freiburg
Renzo Bianchi, Bianchi Beratungen GmbH, Burgdorf

Dr. Olivier Lateltin, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, Bern (ab 2007)
Jean-Marc Lance, Etablissement cantonal d'assurance, Pully
Dr. Gian Reto Bezzola, Bundesamt für Umwelt, Bern

Beiträge von:
Dieter Balkow, Schweizerisches Institut für Glas am Bau, Zürich
Hans Donzé, Gebäudeversicherung des Kantons Luzern, Luzern
Ruedi Räss, Prüf- und Forschungsinstitut, Sursee
Prof. Dr. Bruno Zimmerli, Hochschule für Technik und Architektur, Horw

Grafik / Layout:
remo gamper, mehrbild.
visuelles kommunikationsdesign, st.gallen

Bildnachweis:
Egli Engineering St. Gallen, Gebäudeversicherung Kanton Zürich, Aargauische Gebäudeversicherung, Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen, Gebäudeversicherung des Kantons Luzern, Kantonale Gebäudeversicherung Freiburg, Gebäudeversicherung Bern, Nidwaldner Sachversicherung Stans, Aller Risk Management Zürich, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF Davos, Eidgenössische Materialprüf- und Forschungsanstalt Dübendorf, STO AG Zürich, Nachbarschulte GmbH Bad Rappenu, Rheinzink AG Baden-Dättwil, Cupolux AG Zürich; Res Bühlmann, Merligen.

Zitiervorschlag:
EGLI Thomas, Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (Hrsg.), Bern, 2007

ISBN 978-3-9523300-2-9
ISBN 978-3-9523300-3-6
(Französisch)