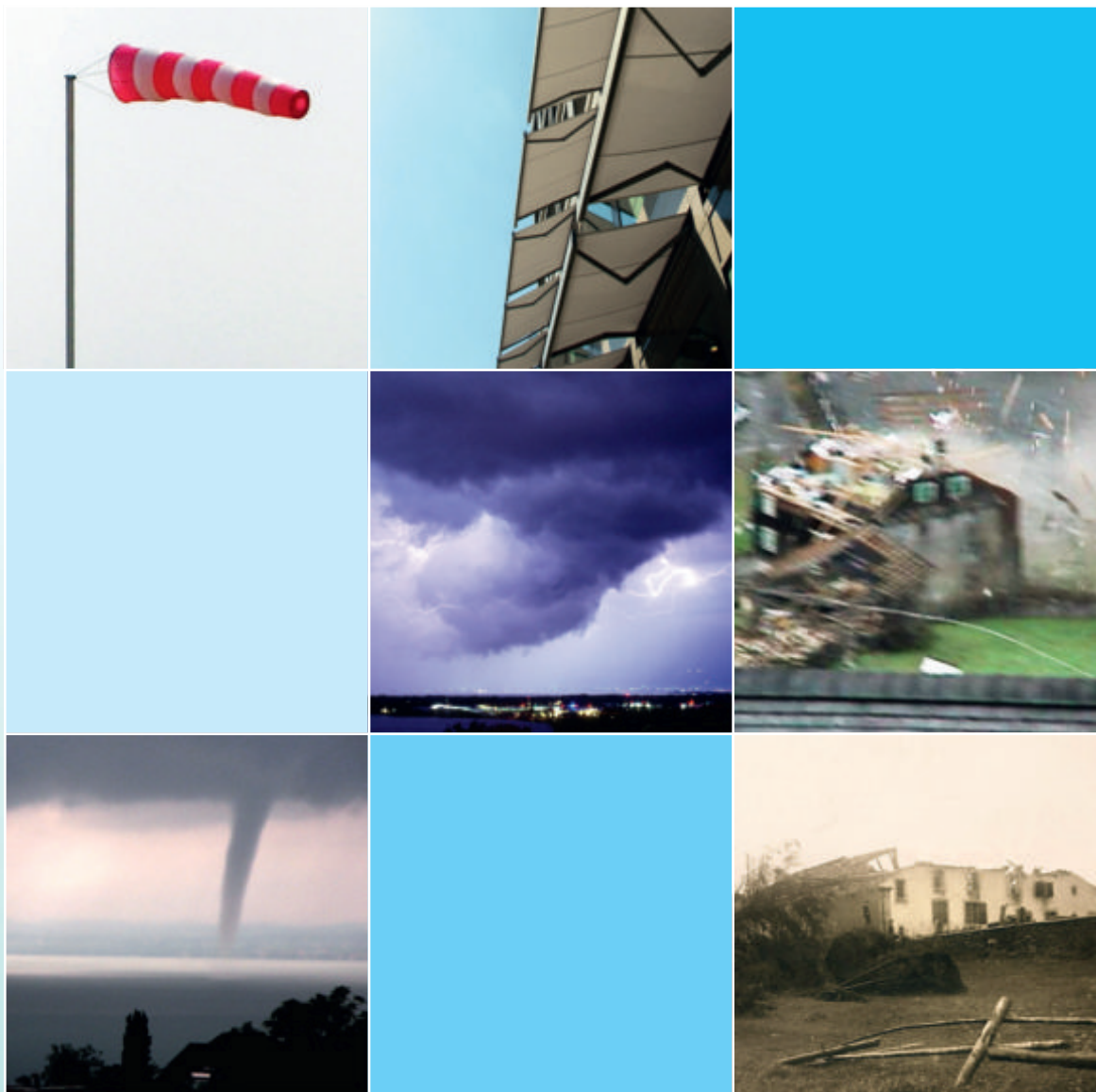


Projekt «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung»

Sicherheit von Dächern und Fassaden bezüglich schadenverursachendem Wind

Synthesebericht für Architekten, Bauherren und Gebäudeeigentümer



Herausgeber

Alle Rechte vorbehalten © 2010
Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen
Bundesgasse 20
CH – 3001 Bern
www.praeventionsstiftung.ch



Autor dieses Syntheseberichts

M. Weidmann, Dipl. Natw. ETH (Geologe), Büro für erdwissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit, Chur

Beratende Fachexperten

- Jacques-André Hertig, Dr. sc. techn. Dipl. Bauing. ETH, Wind Engineering EFLUM – EPFL, Lausanne
- Bruno Zimmerli, Prof. Dr. sc. techn. Dipl. Bauing. ETH
- Dörte Aller, Aller Risk Management, Zürich
- Olivier Lateltin, Geschäftsbereichsleiter Elementarschaden-Prävention ESP, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bern

«Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung» – Schlussbericht

Autoren: J.-A. Hertig, B. Zimmerli. Mitautoren: C. Alexandrou, P. Boog, T. Egli, J.-M. Fallot, R. Räss, H. Sahli, F. Testuz, P. Vanomsen

Koordination

Olivier Lateltin, Geschäftsbereichsleiter Elementarschaden-Prävention ESP, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bern

Übersetzung

Dr. Christian Marro, Etudes et traductions scientifiques, Traductonet, 1997 Haute-Nendaz

Umsetzung und Produktion

Rolf Meier, Leiter Public Relations Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen

Auflage

- 1500 Exemplare Deutsch
- 500 Exemplare Französisch

Preis

CHF 30.00

ISBN-Nummer

978-3-9523300-6-7 (deutschsprachige Version)
978-3-9523300-7-4 (französischsprachige Version)

Fotos Umschlag-Frontseite: Wikipedia; M. Weidmann, Chur; Dr. Andreas Walker, Meteobüro+Bildagentur, Hallwil; Christian Häfliger, Büren NW; Hans-Peter Milt, Rorschacherberg; Perrochet-Matile, Lausanne. Fotos Umschlag-Rückseite: Nidwaldner Sachversicherung.

Seite	
2	Impressum
3	Inhaltsverzeichnis
4	1 Vorwort
5	2 Zusammenfassung
6	3 Schadenverursachender Wind in der Schweiz
6	3.1 Welche Winde verursachen in der Schweiz Schäden?
6	3.2 Beaufort: ein Mass für die Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes
7	3.3 Die wichtigsten Schadenverursacher: Böen
8	3.4 Die Torro-Skala
10	3.5 Wie häufig treten schadenverursachende Böen auf?
12	3.6 Ein Gebäude «sturmsicher» bauen: Bezüglich welcher Windgeschwindigkeit, welchem Winddruck?
14	4 Das Gebäude im schadenverursachenden Wind
14	4.1 Das Gebäude wird vom Wind umströmt
15	4.2 Die Windströmung führt zu Druck und Sog
16	4.3 Die Sogwirkung ist entscheidend
17	4.4 Wie kann man sich Winddruck und Windsog merken?
18	4.5 Windschäden am Tragwerk des Gebäudes: gefährlich, aber selten
20	4.6 Windschäden an der Gebäudehülle: sehr häufig
21	4.7 Verschiedene Gebäude-Elemente, verschiedene Normen
22	5 Das Dach im Wind
22	5.1 Wie verhalten sich die verschiedenen Dachformen im Wind?
24	5.2 Unzählige kleinere bis mittlere Schäden an Dächern: die Regel
26	5.3 Druck- und Sogwirkung im Bereich von Vordächern und Dachrändern
28	5.4 Wenn der Sturm an Dächern zieht und zerrt, zählt vor allem bei Blechdächern jede Schraube!
30	5.5 Massive Schäden am Dach: eher eine Ausnahme
31	5.6 Wie kann man das Dach eines bestehenden Gebäudes sturmsichern?
33	5.7 Sturmsichere Dächer dank Kontrollen und Unterhalt
34	6 Fassaden und Storen im Wind
34	6.1 Wie verhalten sich die verschiedenen Fassadentypen im Wind?
36	6.2 Die Sogwirkung auf die Fassade im Bereich von Gebäudekanten
38	6.3 Wie widerstandsfähig sind Klapp- und Rollläden sowie Lamellen- und Sonnenstoren bezüglich Wind und Sturm?
40	6.4 Wächtersysteme für Sonnen- und Lamellenstoren
41	6.5 Kontrolle und Unterhalt von Fassaden, Läden und Storen
42	7 Gefahren in der Umgebung eines Gebäudes
42	7.1 Benachbarte Bäume im Sturm
44	7.2 Wenn Sturmschäden sich fortpflanzen: Der Domino-Effekt
46	8 Versicherungsdeckung im Schadenfall
46	8.1 Wie ist ein «Sturmwind» definiert?
48	Anhang A1: Spezifische Informationen für Architekten
48	A1.1 Sturmsicher planen, bauen und unterhalten: Wer ist wofür zuständig, verantwortlich, haftbar?
50	A1.2 Zuweisung der Verantwortung bei den Fachspezialisten
52	A1.3 Das Projekt «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung»: Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Projekt-Autoren
54	Anhang A2: Mehr Infos zu den Windarten
54	A2.1 Winterstürme (Westwind-Stürme)
55	A2.2 Gewitterstürme
57	A2.3 Föhnstürme
58	A2.4 Tornados
62	Anhang A3: Quellenverzeichnis, weiterführende Informationen

Einen «langen Atem» ...

... braucht die Elementarschaden-Prävention, wenn ihre schadenverhütende Wirkung von Dauer sein soll. Das heisst: Sie braucht gründliche Problem-
analysen, eine praxisbezogene Massnahmenentwicklung sowie eine sorg-
fältige Umsetzung. Angesichts steigender Elementarschäden und den da-
raus entstehenden volkswirtschaftlichen Lasten ist eine Kostensenkung nur
unter ganzheitlichem Einbezug aller Faktoren im Risikokreislauf erreichbar.

Im Sinne dieser ganzheitlichen Ausrichtung hat die Präventionsstiftung der
Kantonalen Gebäudeversicherungen das Projekt «Schadensverminderung
an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung» initiiert. Denn vor allem
bezüglich schadenverursachendem Wind ist ein «langer Atem» notwendig,
um das Ziel zu erreichen: eine minimale Windverletzlichkeit von Gebäude-
hüllen, weniger Schäden und letztlich tiefere Lasten für die in den Kantona-
len Gebäudeversicherungen zusammengefassten Risikogemeinschaften.
Das Projekt wurde von Jacques-André Hertig von der EPFL Lausanne und
Bruno Zimmerli (ehemals Professor an der Hochschule Luzern – Technik &
Architektur) in hervorragender Weise durchgeführt. In ihrem umfangreichen
Projekt-Schlussbericht «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter
extremer Windeinwirkung» stellen sie nicht nur die theoretischen Grund-
lagen umfassend dar, sondern auch deren technische Umsetzung am Bau.

Der vorliegende Synthesebericht «Sicherheit von Dächern und Fassaden
bezüglich schadenverursachendem Wind» will Architekten, Planern und
Bauherrschaften einen verständlichen, anschaulichen Einstieg bieten in die
wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Projektberichts. Er will
über Gefährdungen, Schadenursachen und die Möglichkeiten zur Schaden-
prävention informieren – und gleichzeitig die mit diesen Aspekten vertrauten
Spezialisten (Meteorologinnen und Meteorologen, Ingenieure, Architekten,
Fachvereinigungen, Versicherungen) dazu anregen, interdisziplinär weitere
solche fachübergreifenden Publikationen zu erarbeiten. Denn die Realisa-
tion dieses Syntheseberichts warf verschiedene Fragen auf, die offen blei-
ben mussten, weil der Aufwand für ihre interdisziplinäre Beantwortung den
Rahmen der Bericht-Erarbeitung gesprengt hätte.

Mit den vorliegenden Projektergebnissen sowie dem Synthesebericht ver-
fügt die Bauwirtschaft nun über vielfältiges Wissen zur Verbesserung der
Sicherheit von Dächern und Fassaden bezüglich schadenverursachendem
Wind. Dieses Wissen ist in der Praxis «mit langem Atem» umzusetzen.
Damit wird in einem wichtigen Bereich der Naturgefahren die Zweckbe-
stimmung der Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen
unterstützt: die nachhaltige Dämpfung der Entwicklung der Elementar-
schaden-Intensität.

Präventionsstiftung
der Kantonalen Gebäudeversicherungen



Dr. Markus Fischer, Präsident

Schadenverursachende Winde

In der Schweiz gibt es verschiedene Windarten, die Sturm- oder gar Orkan-Geschwindigkeit erreichen können, und dabei zu Gebäudeschäden führen: **Wintersturm, Bise, Föhn, Gewittersturm, Tornados**. Bei allen treten **Böen** auf: heftige Windstösse, die in einem lokal begrenzten Gebiet wirken und nur einige Sekunden lang dauern. In der Schweiz erreichen die heftigsten Böen Spitzengeschwindigkeiten, welche etwa doppelt so gross sind wie die (über 10 Minuten gemessene) mittlere Windgeschwindigkeit.

Böen vermögen die stärksten Kräfte zu erzeugen, mit denen Wind auf Gebäude einwirkt; dementsprechend sind vor allem sie für Gebäudehülle-Schäden verantwortlich – sowie die Tatsache, dass ihre zerstörerischen Kräfte oftmals unterschätzt werden.

Zu welchen Schäden führen sie an Gebäuden?

Sturmschäden am **Gebäude-Tragwerk** sind gefährlich, in der Schweiz aber eher die Ausnahme. Auch die Zahl der massiven Schäden an der Gebäudehülle ist eher gering.

Dass grossflächige Stürme in der Schweiz trotzdem zu beachtlichen Gesamtschäden führen, ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass sie den **Dächern und Fassaden** unzähliger Gebäude mittlere und kleinere Schäden zufügen, deren Reparatur aus verschiedenen Gründen oftmals kostspielig ist.

Warum kommt es zu Gebäudeschäden?

Bei Dächern und Fassaden führen vor allem die Sogkräfte zu Schäden – insbesondere bei einzelnen, meist exponierten Elementen wie beispielsweise Dachvorsprüngen. Bei Sonnenstoren ist die filigrane Bauweise Hauptursache für Schäden, welche bereits bei dermassen schwachen Böen entstehen können, dass manche Kantonale Gebäudeversicherungen Sonnenstoren nicht versichern.

Verschiedene Gründe für Windschäden sind auch in der Bauphase zu finden: Kostendruck; extremer Zeitdruck, der kaum Zeit für Kontrollen lässt; unsachgemässe Ausführung; ungenügende oder falsche Befestigungen; Pfuscher am Bau.

Wird das Tragwerk beschädigt oder gar zerstört, ist dies fast immer auf Fehler in der Bemessung oder der konstruktiven Ausführung zurückzuführen.

Bei modernen Fassaden mit komplexer Bauweise führt der Wind nicht nur auf der Aussenhülle, sondern auch innerhalb der Hülle zu Druck- und Sogkräften. Unkenntnisse und Unsicherheiten bei der Bestimmung

der Druckverhältnisse im Fassaden-Inneren können dazu führen, dass die Fassade bezüglich Windeinwirkung zu schwach oder zu anfällig konstruiert wird.

Häufig entstehen Sturmschäden wegen Mängeln im Übergangsbereich zwischen Tragkonstruktion und Gebäudehülle. Diese Mängel sind vielfach darauf zurückzuführen, dass während der Planung und Ausführung des Übergangsbereiches nicht sauber geregelt war, welche Fachleute dafür zuständig sind.

Bei bestehenden Gebäuden sind vernachlässigter Unterhalt und unsachgemässe Umbauten die wichtigsten Gründe für Sturmschäden.

Windschäden an Gebäuden: Wie vermeiden?

Bei einem Neubau ist der Bauherr, der den Anbieter für Planung und Ausführung auswählt, dazu aufgerufen, seine Wahl nicht nur vom offerierten Preis abhängig zu machen. Denn die Mehrkosten guter Bauqualität sind in den meisten Fällen erheblich geringer als die Kosten jener Sturmschäden, welche wegen schlechter Bauqualität entstehen können.

Bezüglich Bauqualität geht es auch darum, bei der Ausführung den Zeit- und Kostendruck zu reduzieren und die Ausführung der Arbeiten vom Fachmann kontrollieren zu lassen. Sturmschäden in den Übergangsbereichen von der Tragkonstruktion zu den Gebäudehüllen können vermieden werden, wenn das Planungsteam die Windprobleme gemeinsam löst, um Mängel an den Planungsschnittstellen zu vermeiden.

Bei bestehenden Gebäuden sind konsequente Kontrollen und Unterhaltsarbeiten durch den Gebäudeeigentümer das A und O der Sturmsicherheit. Kontrollieren und Unterhalten ist nicht nur günstiger als Schäden beheben, sondern auch weniger aufwändig.

Warum es sich lohnt, Windschäden an Gebäuden zu vermeiden: drei gute Gründe

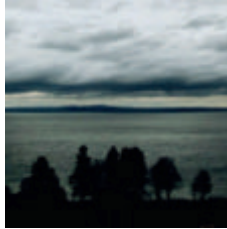
- Während einem Windschaden-Ereignis können herumfliegende Trümmerteile Menschen verletzen oder zu Sachschäden führen; dies kann für den Gebäudeeigentümer rechtliche Folgen haben.
- Die Behebung von Sturmschäden ist meist mit Unannehmlichkeiten verbunden (administrativer Aufwand, Aufräumarbeiten, Handwerker im Haus, Lärm, usw.).
- Das Vermeiden von Schäden trägt wesentlich dazu bei, dass die Kantonalen Gebäudeversicherungen die Prämien auf tiefem Niveau halten können.

3 Schadenverursachender Wind in der Schweiz

3.1 Welche Winde verursachen in der Schweiz Schäden?

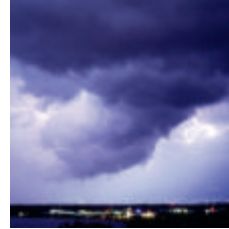
Wintersturm

Aus West (Nordwest bis Südwest). Der Wintersturm – auch «Westwind-Sturm» genannt – vermag auf Hunderten von Quadratkilometern Schäden zu bewirken. Mehr dazu auf Seite 54.



Gewittersturm

Der am häufigsten auftretende Sturmtyp in der Schweiz. Tritt während lokalen / regionalen Gewittern auf. Mehr dazu auf Seite 55.



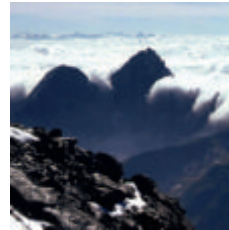
Bise

Kalter Wind aus Nordost im schweizerischen Mittelland. Stetiger Wind, kann mehrere Tage anhalten.



Föhn

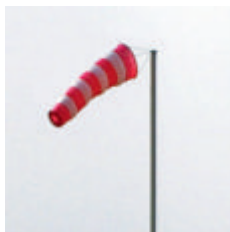
Ungestümer Fallwind, der auf der Alpennordseite durch «Föhntäler» zum nördlichen Alpenrand strömt. Tritt als «Nordföhn» auch auf der Alpensüdseite auf. Mehr dazu auf Seite 57.



Bilder:
J.-A. Hertig,
H.-P. Milt,
A. Walker

Tornado

Äusserst heftiger Wirbelsturm mit sehr lokaler Wirkung. Tritt vor allem im Jura und der Nordschweiz auf. Mehr dazu auf Seite 58.



3.2 Beaufort: ein Mass für die Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes

Mit der Beaufort-Skala ordnet man die (über einen Zeitraum von 10 Minuten gemessene) Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes einer von 13 verschiedenen Beaufort-Klassen zu (Beaufort 0 = Windstille).

Beaufort-Klassen	Beaufort 1	Beaufort 2	Beaufort 3	Beaufort 4	Beaufort 5	Beaufort 6
Bezeichnung	Leiser Zug	Leichte Brise	Schwacher Wind	Mässiger Wind	Frischer Wind	Starker Wind
Durchschnittsgeschwindigkeit während 10 Minuten	zwischen 1 und 5 km/h	zwischen 6 und 11 km/h	zwischen 12 und 19 km/h	zwischen 20 und 28 km/h	zwischen 29 und 38 km/h	zwischen 39 und 49 km/h

3.3 Die wichtigsten Schadenverursacher: Böen

Wintersturm-Böen

Spitzengeschwindigkeit von Böen während Winterstürmen: zwischen 140 und 250 km/h.

Böigkeit bei stürmischer Bise

Ein Bisensturm ist nicht so stark wie ein Wintersturm und auch nicht so böig, dafür kann er mehrere Tage anhalten.

Eine Böe ist ein kurzer, heftiger Windstoss, der in einem lokal begrenzten Gebiet auftritt und nur einige Sekunden lang dauert. Oft treten mehrere Böen in rascher Abfolge auf.

In der Schweiz erreichen die stärkstmöglichen Böen **Spitzengeschwindigkeiten, welche etwa doppelt so gross sind wie die (über 10 Minuten gemessene) Durchschnittsgeschwindigkeit («mittlerer Wind»)**.

Eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit ist gleichbedeutend mit einer Vervierfachung der Kraft. Das heisst: **Die stärkstmöglichen Böen sind vier Mal so kräftig wie der durchschnittliche Wind** (siehe auch Beispiel auf der folgenden Seite).

So haben die stärksten Böen, die bei einer «harmlosen» durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von beispielsweise 35 km/h (Beaufort 5) auftreten können, bereits genügend Kraft, um an empfindlichen Bauteilen Schäden zu verursachen.

Böen vermögen die stärksten Kräfte zu erzeugen, mit denen Wind auf Gebäude einwirkt – und dementsprechend sind vor allem sie für Schäden an Gebäuden verantwortlich.

Gewittersturm-Böen

Vor allem zu Beginn eines Gewittersturms treten die Böen heftig und ohne Vorwarnung auf. Spitzengeschwindigkeiten von 100 km/h sind häufig; 200 km/h sind vereinzelt auch möglich.

Föhnsturm-Böen

Spitzengeschwindigkeiten von Böen während Föhnstürmen: in Alpentälern zwischen 130 und 160 km/h, in sehr exponierten Kammlagen sogar über 250 km/h.

Tornado-Böen

In der Schweiz erzeugen die meisten Tornados Böen mit Geschwindigkeiten im Bereich von 200 km/h. Im Extremfall sind die Winde am Rande eines Tornado-Rüssels über 500 km/h schnell.

Dementsprechend spricht man nur dann von einem «Sturm», wenn die zehnmündige Durchschnittsgeschwindigkeit mindestens 75 km/h beträgt – eine mehrere Sekunden lang dauernde Böe mit 75 km/h Spitzengeschwindigkeit ist kein Sturm.

Schadenverursachend wird Wind gemäss Beaufort-Skala ab Beaufort 8 (63 km/h). Jedoch kann er beispielsweise bei Sonnenstoren schon bei geringeren Geschwindigkeiten schadenverursachend sein, da diese sehr filigran konstruiert sind (siehe Seiten 38/39). Skala aus [09]

Beaufort 7	Beaufort 8	Beaufort 9	Beaufort 10	Beaufort 11	Beaufort 12
Steifer Wind	Stürmischer Wind	Sturm	Schwerer Sturm	Orkanartiger Sturm	Orkan
zwischen 50 und 62 km/h	zwischen 63 und 74 km/h	zwischen 75 und 88 km/h	zwischen 89 und 102 km/h	zwischen 103 und 117 km/h	mehr als 118 km/h

3 Schadenverursachender Wind in der Schweiz

Verdoppelung der Windgeschwindigkeit = Vervierfachung der Kraft: ein Beispiel



Eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit ist gleichbedeutend mit einer Vervierfachung der Kraft.

Konkretes Beispiel:
Dieses Gebäude wird von Wind mit durchschnittlicher Geschwindigkeit von 70 km/h (Beaufort 8) angeströmt.

Der Druck, den Wind von 70 km/h auf das Gebäude ausübt, beträgt ca. 0.23 kN/m².

3.4 Die Torro-Skala

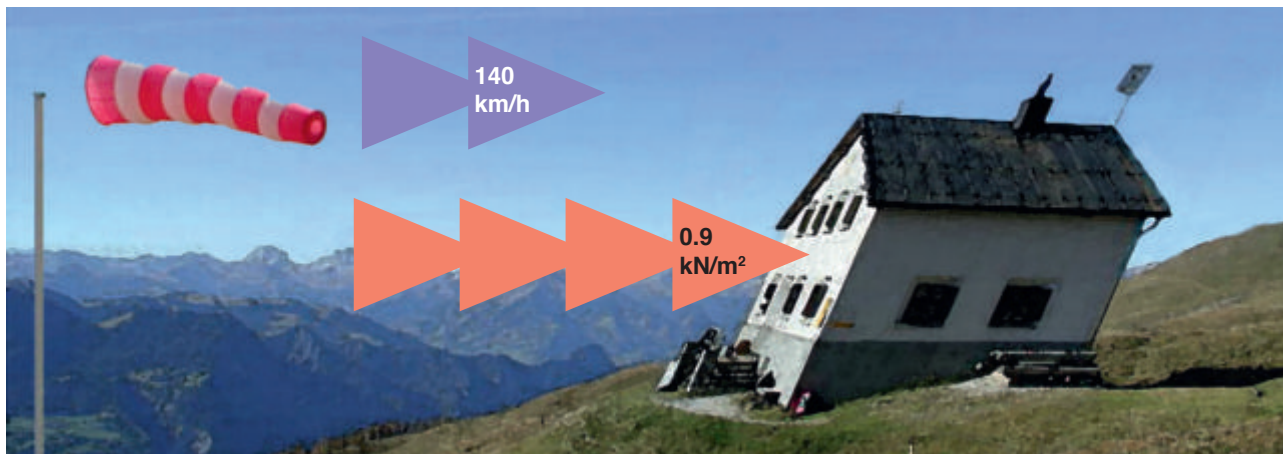
Die Torro-Skala beschreibt die möglichen Schadenwirkungen von Böen. Die Skala reicht von T0 bis T11; nebenstehend werden T0 bis T4 aufgeführt.

Die Skala gilt grundsätzlich nur für das Flachland und normal exponiertes Gelände. In Föhntälern und auf Bergspitzen sieht das Schadenbild anders aus, denn dort wird in der Regel angepasst gebaut und auch die Bäume haben sich den Umständen angepasst. Einzig lose Gegenstände (wie beispielsweise Plastik-Gartenstühle) werden sowohl im Flachland wie auch auf Bergspitzen bei gleicher Geschwindigkeit weggeweht.

Verschiedene Begriffe, die in dieser auf Mitteleuropa angepassten Skala vorkommen (z.B. «Verblechungen» oder «ungesicherte Flachdächer»), sind in der Schweiz nicht branchenüblich bzw. normenkonform.

Quelle: Sturmschadenskala. Auf Mitteleuropa angepasste, detaillierte Beschreibung der Fujita- und Torro-Skalen. In [09]

	T0	T1
	Böen-Geschwindigkeit zwischen 62 und 90 km/h	Böen-Geschwindigkeit zwischen 90 und 118 km/h
Gebäude	An exponierten Stellen können sich Dachziegel lockern. Leichte Schäden an Markisen und Zelten.	Leichte Schäden an Dachziegeln und Verblechungen. Geringe Schäden an Leichtbauten; keine strukturellen Schäden.
Bäume	Äste beginnen abzubrechen.	Windbruch an Bäumen.
Gegenstände	In Getreidefeldern ist der Zugweg erkennbar. Leichte Gegenstände werden vom Boden abgehoben. Baugerüste können umstürzen.	Gartenmöbel und leichtere Gegenstände werden umgeworfen und können durch die Luft gewirbelt werden. Holzzäune werden umgeworfen.



Die stärkstmöglichen Böen erreichen Spitzengeschwindigkeiten, welche etwa **doppelt so gross** sind wie die mittlere Windgeschwindigkeit.

Auf das Beispiel bezogen bedeutet dies: Die stärkstmöglichen Böen, welche bei 70 km/h durchschnittlicher Windgeschwindigkeit entstehen können, erreichen Spitzengeschwindigkeiten von $2 \times 70 \text{ km/h} = 140 \text{ km/h}$.

Der Druck, den Böen mit 140 km/h auf das Gebäude ausüben, beträgt ca. 0.9 kN/m^2 . Dieser ist also rund **vier Mal so gross** wie der Druck bei durchschnittlicher, gleichmässiger Windgeschwindigkeit von 70 km/h.

<p>T2</p> <p>Böen-Geschwindigkeit zwischen 118 und 151 km/h</p>	<p>T3</p> <p>Böen-Geschwindigkeit zwischen 151 und 184 km/h</p>	<p>T4</p> <p>Böen-Geschwindigkeit zwischen 184 und 220 km/h</p>
<p>Ziegeldächer und ungesicherte Flachdächer werden teilweise abgedeckt. Geringe bis mittelschwere Schäden an Leichtbauten; erste Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten möglich.</p>	<p>Ziegeldächer und ungesicherte Flachdächer erleiden grössere Schäden. Mittelschwere Schäden an Leichtbauten; einzelne Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten.</p>	<p>Ganze Dächer werden abgedeckt. Schwere Schäden an Leichtbauten; zunehmend Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten; Einsturz von Giebelwänden möglich.</p>
<p>An Bäumen werden einzelne starke Äste abgebrochen oder geknickt, kleine Bäume entwurzelt.</p>	<p>Einzelne grössere Bäume werden entwurzelt.</p>	<p>Schwerer Windbruch an freistehenden Bäumen und in Wäldern.</p>
<p>Auch schwere Gegenstände werden vom Boden aufgehoben und können zu gefährlichen Geschossen werden. Fahrzeuge und Anhänger können umgeworfen werden.</p>	<p>Zahlreiche Fahrzeuge und Anhänger werden umgeworfen. Fahrende Autos werden von der Strasse gedrückt.</p>	<p>Grosse Schäden an Fahrzeugen und Anhängern. Hohe Gefährdung und Schäden durch herumfliegende Teile.</p>

3.5 Wie häufig treten schadenverursachende Böen auf?

Die nebenstehende Tabelle gibt an, welche Böengeschwindigkeiten innerhalb eines bestimmten Zeitraums (ein Jahr, 10 Jahre, 50 Jahre, 100 Jahre) am Standort von verschiedenen meteorologischen Messstationen, die grösstenteils in besiedeltem Gebiet stehen, zu erwarten sind.

Gemäss dieser Tabelle treten beispielsweise an der Lokalität der Messstation in Buchs-Suhr im Durchschnitt einmal pro Jahr Böen auf, welche Spitzengeschwindigkeiten von 71 km/h erreichen. Im Durchschnitt einmal in zehn Jahren treten Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 97 km/h auf; im Durchschnitt einmal in fünfzig Jahren treten Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 110 km/h auf; und im Durchschnitt einmal in hundert Jahren treten Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 116 km/h auf.

Sowohl die Böen mit 71 km/h als auch jene mit 97, 110 und 116 km/h können jederzeit auftreten; jedoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass Böen mit 116 km/h auftreten, geringer als die Wahrscheinlichkeit, dass sich Böen mit 71 km/h ereignen.

Diese Tabelle zeigt, dass in besiedelten Gebieten der Schweiz mindestens einmal pro Jahr Böen mit Geschwindigkeiten in der Grössenordnung von 60 bis 80 km/h auftreten. Durchschnittlich einmal in 10 Jahren ist mit Böen mit Geschwindigkeiten in der Grössenordnung von 100 bis 140 km/h zu rechnen.

Messungen von meteorologischen Stationen auf Kloten und Gipfeln haben gezeigt, dass man an diesen exponierten Standorten

- im Jura durchschnittlich einmal in 50 Jahren mit Böen rechnen muss, die 220 km/h erreichen
- in den Alpen durchschnittlich einmal in 50 Jahren mit Böen rechnen muss, die sogar 280 bis 320 km/h erreichen.



Sturm am Urnersee. Bild: Andreas Walker

Kanton	Messstation in ...
Aargau	Buchs-Suhr
Bern	Adelboden
	Bern-Liebefeld
	Interlaken
	Wynau
Basel-Land	Basel-Binningen
	Rünenberg
Fribourg	Moléson
	Plaffeien-Oberschrot
Genf	Genève-Cointrin
Glarus	Glarus
Graubünden	Chur-Ems
	Davos
	Disentis
	Samedan - St. Moritz
	Scuol
Jura	Fahy
Luzern	Luzern
	Napf
	Pilatus
Neuenburg	Chasseral
	La Chaux-de-Fonds
	Neuchâtel
Obwalden	Engelberg
St. Gallen	St. Gallen
Schaffhausen	Schaffhausen
Thurgau	Güttingen
	Tänikon
Tessin	Locarno-Magadino
	Lugano
	Piotta
Uri	Altdorf
Waadt	Aigle
	Changins
	Payerne
	Pully
Wallis	Grand-St-Bernard
	Montana
	Sion
	Visp
	Zermatt
Zürich	Wädenswil
	Zürich-Reckenholz
	Zürich Fluntern
	Zürich-Kloten
-	Vaduz

Böengeschwindigkeit km/h

	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	mehr als 200		
durchschnittlich einmal	... in einem Jahr			... in 10 Jahren			... in 50 Jahren			... in 100 Jahren								
		71		97		110	116											
			84					132		157	168							
		74					116	137	146									
		79					110	125	132									
		73						122		147	157							
			91						143		169		181					
			84						141		169		181					
				107										232	295	322		
			95						147			173	184					
	72			105			122	130										
		89										174			217	236		
	77		100	111	116													
		83					121		141	149								
53		75	86	91														
	64						118			145	157							
	62		83	93	98													
			80				119		139	147								
			82					128			151	161						
								121				161		182	191			
					103								173			209	224	
										140						214	252	268
			81				121		141	150								
			84				117		134	141								
			83					138				167	179					
			87					125		144	152							
				90						147			176	188				
			81					128			152	163						
	77						115		134	142								
	71						113		135	144								
		88					117		132	139								
68				91	103	108												
						111				154			177	186				
	75				105		120	127										
		86					121		140	147								
	79				105	118	124											
65					100	118	125											
				98												246	322	354
	73						113		133	142								
	73			97	108	113												
	71							129			158		170					
		83						121		140	149							
		82						121		141	149							
		87						120	138	145								
			94							148			175	187				
	78					118			139	147								
					99						153			180	191			

Quelle: Hertig, J.-A.: Analyse des vents extrêmes pour la carte des pressions dynamiques de la norme SIA 261

3.6 Ein Gebäude «sturmsicher» bauen: Bezüglich welcher Windgeschwindigkeit, welchem Winddruck?

Wer ein Gebäude bauen will, das auch bei starken Böen nicht einstürzt, kommt um die Frage nicht herum: Welche Spitzengeschwindigkeit können diese Böen am zukünftigen Gebäude-Standort konkret erreichen?

Der Ingenieur, der für ein Gebäude die Windsicherheit des Tragwerks (siehe Seite 18) berechnet (d.h. den sogenannten «Nachweis der Tragsicherheit» erbringt), nimmt zur Beantwortung dieser Frage die **Windkarte der Norm SIA 261 (2003)** zur Hand (siehe gegenüberliegende Seite). Diese Karte zeigt ihm, welche Spitzengeschwindigkeit am Standort des Gebäudes einmal in 50 Jahren auftritt – beziehungsweise welcher Druck bei dieser Geschwindigkeit auf einer Fläche entsteht, die dem Wind senkrecht entgegensteht (der sogenannte «**Staudruck**»); dieser wird aufgrund der Windgeschwindigkeit berechnet).

Die in der Karte eingetragenen Staudruck-Werte beruhen einerseits auf Böen- und Richtungsmessungen (Messreihen von 20 bis 25 Jahren), andererseits auf numerischen Simulationen historischer Ereignisse (Stürme wie Lothar, Martin oder Vivian). Die Wiederkehrperiode von 50 Jahren wurde in Anlehnung an die Euronorm gewählt.

In der Schweiz sind auch Starkwind-Ereignisse möglich, die eine grössere Geschwindigkeit bzw. Staudruckwirkung haben als in der Karte angegeben; diese Ereignisse treten jedoch seltener auf als einmal in 50 Jahren. Beim Nachweis der Tragsicherheit berechnet der Ingenieur eine Sicherheitsmarge ein, sodass auch Windkräfte, welche seltener als einmal in 100 Jahren auftreten, berücksichtigt sind.

Arten von potenziell schadenverursachendem Wind. In der Windkarte sind alle in der Schweiz auftretenden Windarten berücksichtigt, welche Schäden verursachen können (Wintersturm, Gewittersturm, Föhn, usw.).

Geländeform. In den Alpen ist die Windgeschwindigkeit (und damit auch der Staudruck) generell grösser als im Mittelland und im Jura. In der Windkarte ist dieser Unterschied, welcher auf die grundsätzlich unterschiedliche Geländeform zurückzuführen ist, berücksichtigt. Bei Standorten auf Kreten und Gipfeln oder in Hanglagen ist zu prüfen, ob der in der Karte angegebene Wert entsprechend korrigiert werden muss.

Windrichtung. Die Norm SIA 261 rechnet – unabhängig von einer am Gebäudestandort eventuell vorherrschenden Windrichtung – immer mit dem ungünstigsten Staudruck auf das Gebäude. Es wird angenommen, dass der extreme Wind aus einer beliebigen Richtung bläst.

Rauigkeit der Gelände-Oberfläche. Nicht nur die Geländeform (Gipfel, Tal, usw.) hat einen Einfluss auf die Windgeschwindigkeit, sondern auch die Rauigkeit der Geländeoberfläche. Ganz generell gilt: Je rauer die Beschaffenheit der Oberfläche, desto stärker werden die bodennahen Windströmungen gebremst, und desto grösser ist die Verwirbelung.

In der Schweiz unterscheidet man grundsätzlich vier Typen von Bodenrauigkeit:

- a) Seeufer (die glatte Oberfläche des Wassers weist für Wind, der sich vom See her auf ein Gebäude zu bewegt, eine geringe Rauigkeit auf)
- b) grosse Ebenen
- c) Ortschaften bzw. freies Feld
- d) grossflächige Stadtgebiete (z.B. Zürich). Diese Gebiete wirken mit ihrer grossen Zahl benachbarter Gebäude wie ein überdimensionaler, unregelmässig geschnittener Borstenteppich, der bodennahen Wind wirkungsvoll abbremst; dementsprechend haben sie die höchste Rauigkeit.

Alle in der Windkarte eingetragenen Werte gelten für den Typus «freies Feld». Befindet sich der Gebäudestandort in einem Gelände mit anderer Rauigkeit, so muss man den in der Karte angegebenen Wert mit einem entsprechenden Beiwert korrigieren.

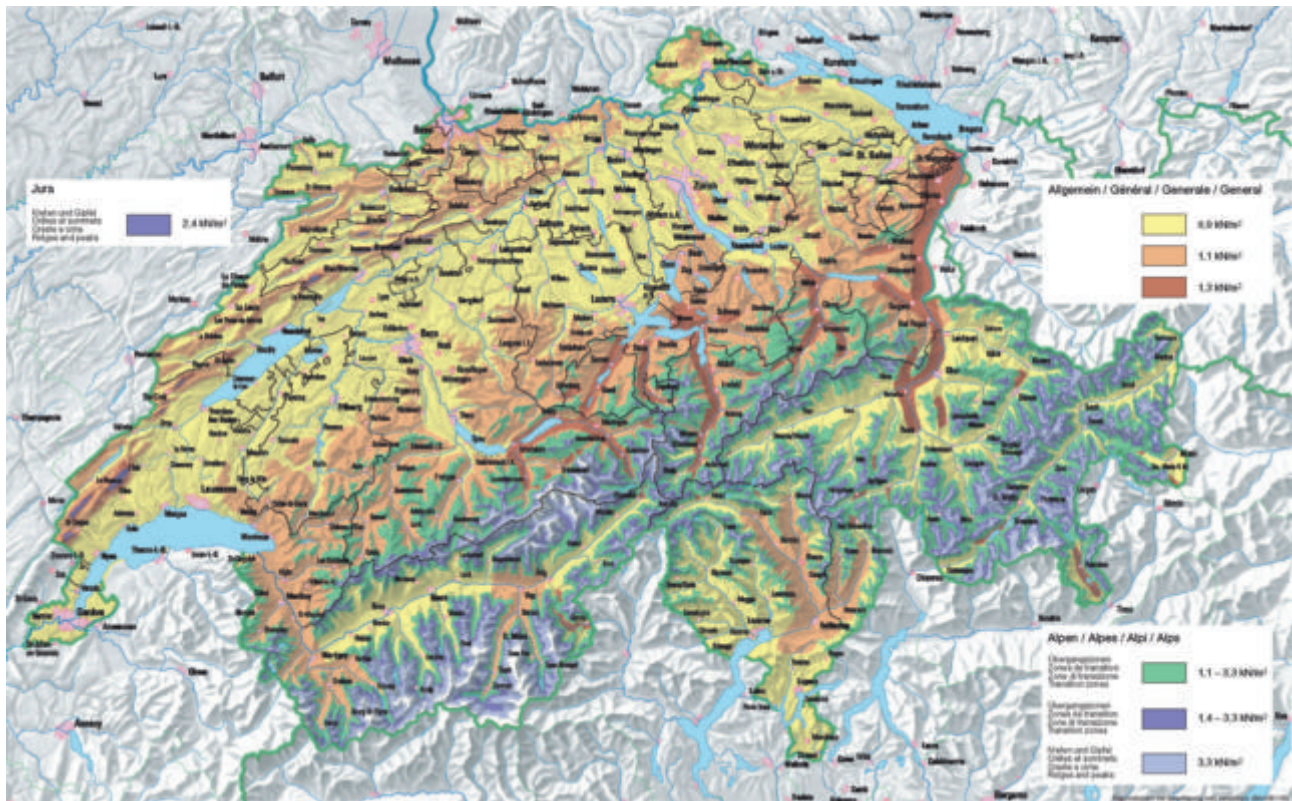
Höhe des Gebäudes. Die in der Karte eingetragenen Windgeschwindigkeits- bzw. Druck-Werte treten in 10 Metern Höhe (sogenannte «**Bezugshöhe**») auf. Ist das Gebäude kleiner oder grösser als 10 Meter, muss man den in der Karte angegebenen Wert mit einem entsprechenden Beiwert korrigieren.

Form des Gebäudes. Die in der Karte eingetragenen Windgeschwindigkeiten gelten für alle Gebäude, da sie die Werte vor dem Gebäude angeben. Die Druckbeiwerte für Gebäudeformen sind im Anhang der Norm SIA 261 erfasst. Spezielle Formen können im Windkanal oder mit CFD-Programmen untersucht werden.

Quelle: [26]

Die Windkarte der Norm SIA 261 (2003)

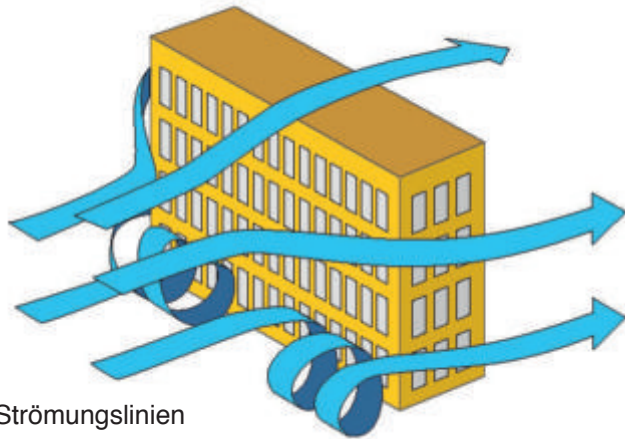
Die Karte zeigt, welchen Staudruck potenziell schadenverursachender Wind, der statistisch einmal in 50 Jahren auftritt, auf freiem Feld in 10 Metern Höhe auf ein Gebäude ausübt (Quelle: [17], Anhang E; die Interpretation der Übergangszonen ist in [26] beschrieben).



Auszug aus SIA 261, Copyright © 2003 by SIA Zurich

Wo?	Böen- geschwindigkeit km/h	Böen- geschwindigkeit m/s	Staudruck	
			kN/m ²	Pa
Allgemein	139	39	0.9	900
Allgemein	154	43	1.1	1100
Föhntäler, die grösstenteils im Norden der Alpen liegen und dem Südwind ausgesetzt sind	168	47	1.3	1300
Kreden und Gipfel (hoch gelegene, exponierte Zonen) im Jura	238	66	2.4	2400
Übergangszonen der Alpen	154 - 285	43 - 79	1.1 - 3.3	1100 - 3300
Übergangszonen der Alpen	174 - 285	48 - 79	1.4 - 3.3	1400 - 3300
Kreden und Gipfel (hoch gelegene, exponierte Zonen) in den Alpen	285	79	3.3	3300

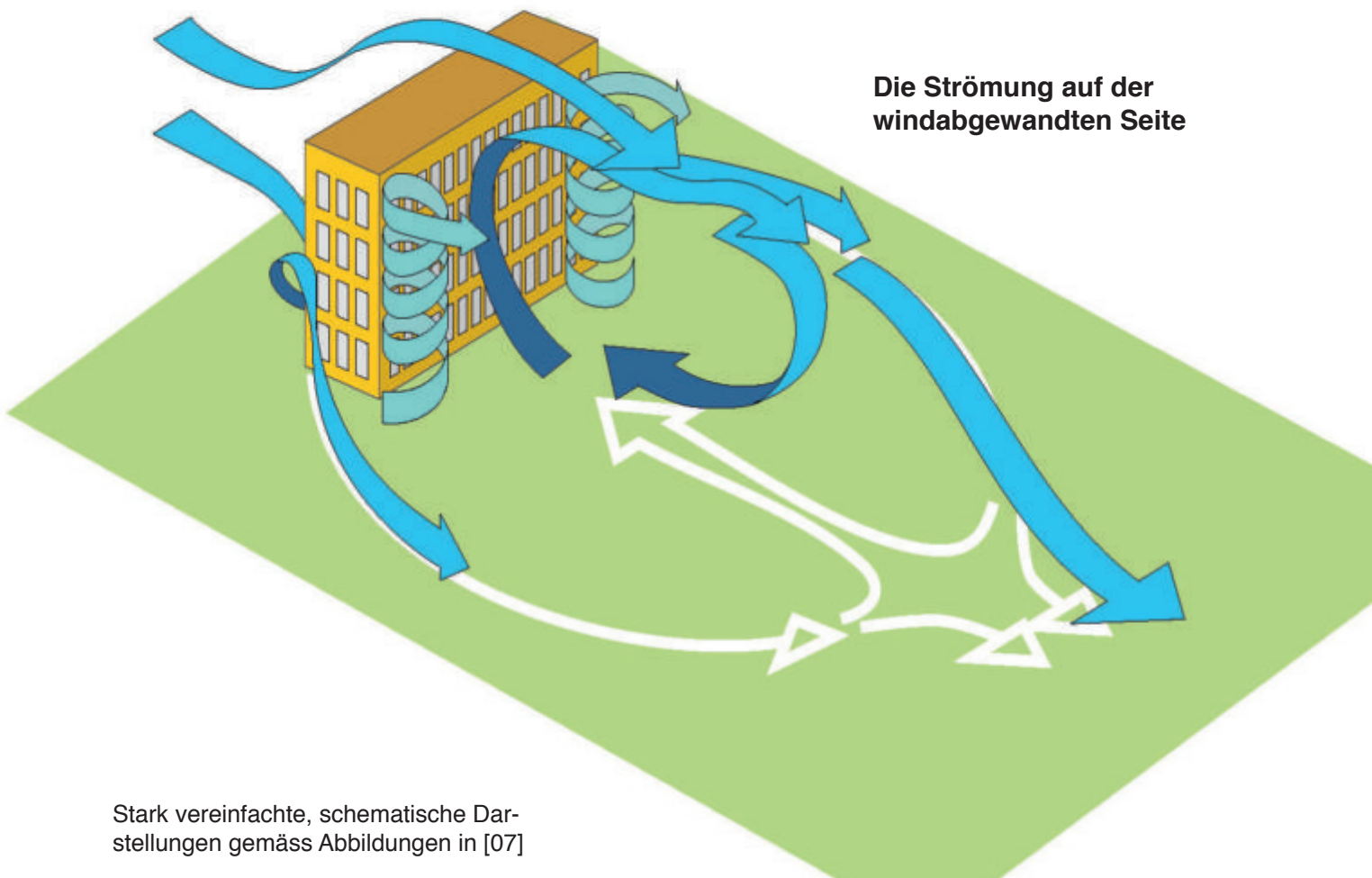
4.1 Das Gebäude wird vom Wind umströmt



Die Strömung auf der dem Wind zugewandten Seite

Im unteren Teil des Gebäudes zieht die Strömung seitlich vorbei.

Strömungslinien



Stark vereinfachte, schematische Darstellungen gemäss Abbildungen in [07]

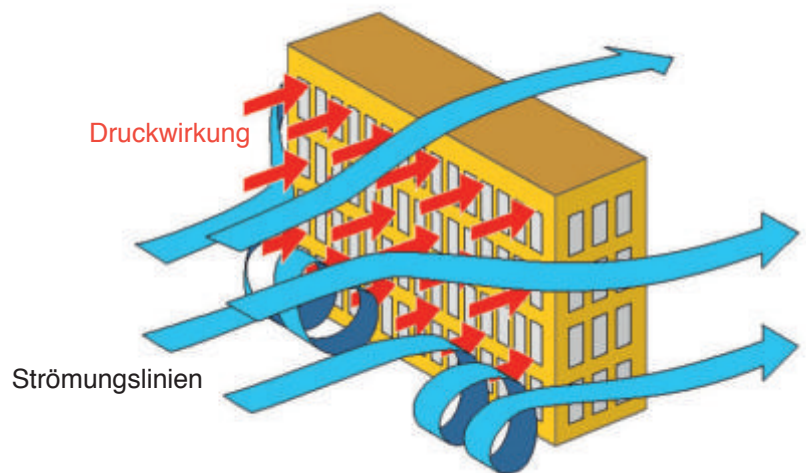
4.2 Die Windströmung führt zu Druck und Sog

Wenn Wind ein Gebäude an- und umströmt, wirkt er auf dieses mit Druck und Sog. Druck- und Sogkräfte wirken definitionsgemäss immer senkrecht auf eine Fläche.

Generell gilt: Je grösser die Windgeschwindigkeit, desto grösser sind die Kräfte.

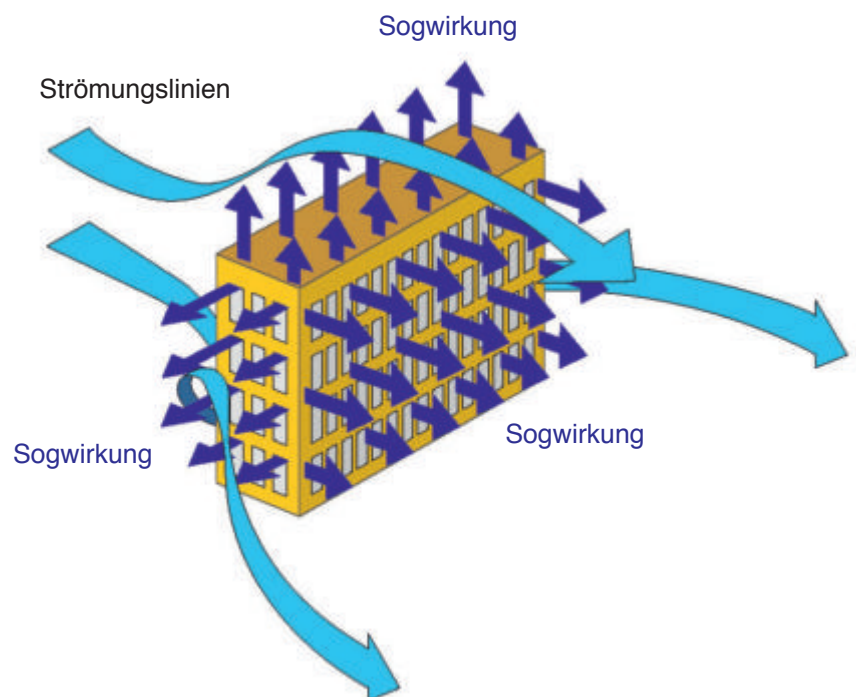
Druckwirkung auf der dem Wind zugewandten Seite

Auf der dem Wind zugewandten, frontal angeströmten Seite des Gebäudes entsteht in den meisten Fällen eine **Druckwirkung** (rote Pfeile).



Sogwirkung auf der windabgewandten Seite

Auf der windabgewandten Seite des Gebäudes sowie auf den seitlichen, parallel zur Windrichtung ausgerichteten Wänden entsteht in den meisten Fällen eine **Sogwirkung** (blaue Pfeile). Beim dargestellten Beispiel kommt es auch auf dem Flachdach zu einer Sogwirkung.



4.3 Die Sogwirkung ist entscheidend

Vor allem die Sogkräfte führen zu Schäden an Dächern und Fassaden.

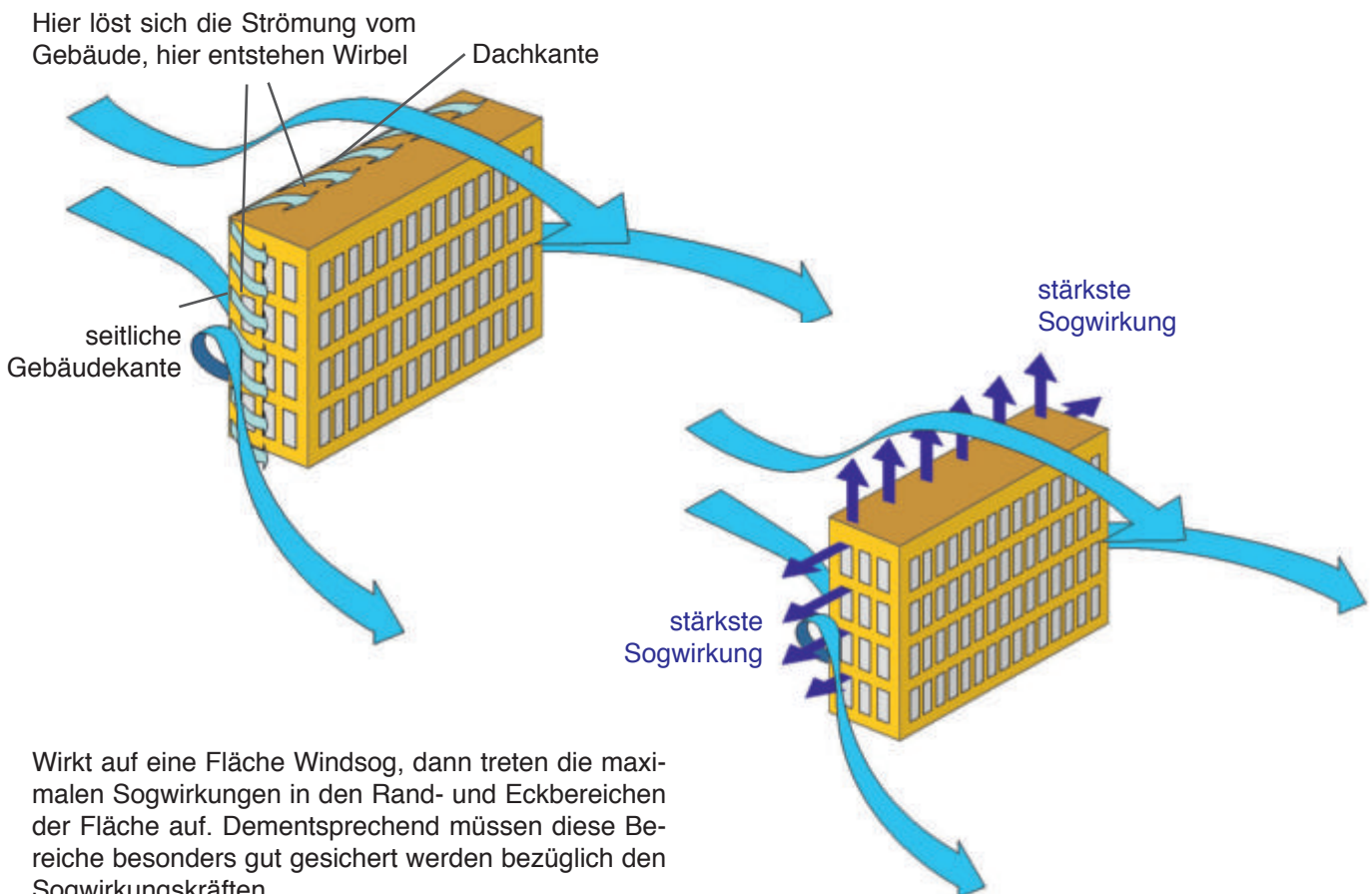
Wirken die Sog- und Druckkräfte gemeinsam auf dasselbe Gebäude-Element (Vordach, Hauswand [bei geöffneten Fenstern], äussere Hülle einer Fassadenbekleidung, usw.) und in die gleiche Richtung, erreicht schadenverursachender Wind seine maximale Kraft.



Die Sogwirkung wird häufig unterschätzt; dementsprechend oft führt sie zu Schäden. Bild: Gebäudeversicherung Graubünden

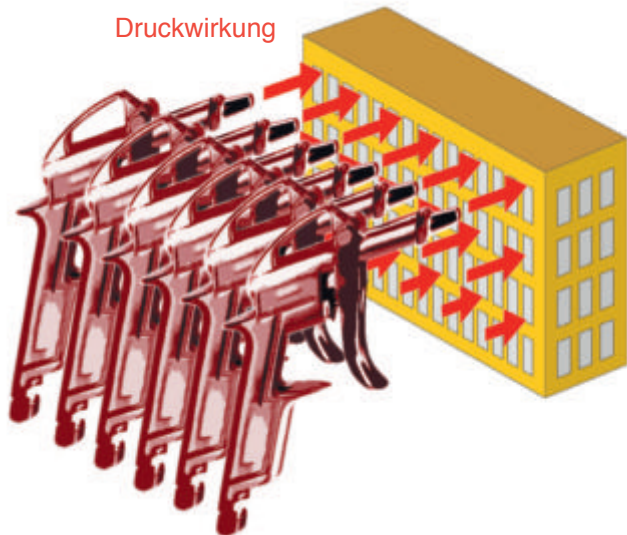
Die stärksten Sogkräfte treten an den Gebäudekanten auf

An den windzugewandten seitlichen Gebäudekanten sowie an der windzugewandten Dachkante ist die Sogwirkung am grössten – denn hier lösen sich Wirbel vom Gebäude und erzeugen einen Unterdruck (siehe auch Seite 36).

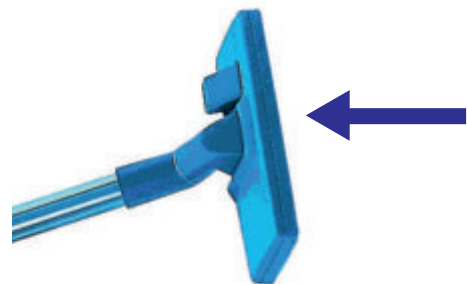


Wirkt auf eine Fläche Windsog, dann treten die maximalen Sogwirkungen in den Rand- und Eckbereichen der Fläche auf. Dementsprechend müssen diese Bereiche besonders gut gesichert werden bezüglich den Sogwirkungskräften.

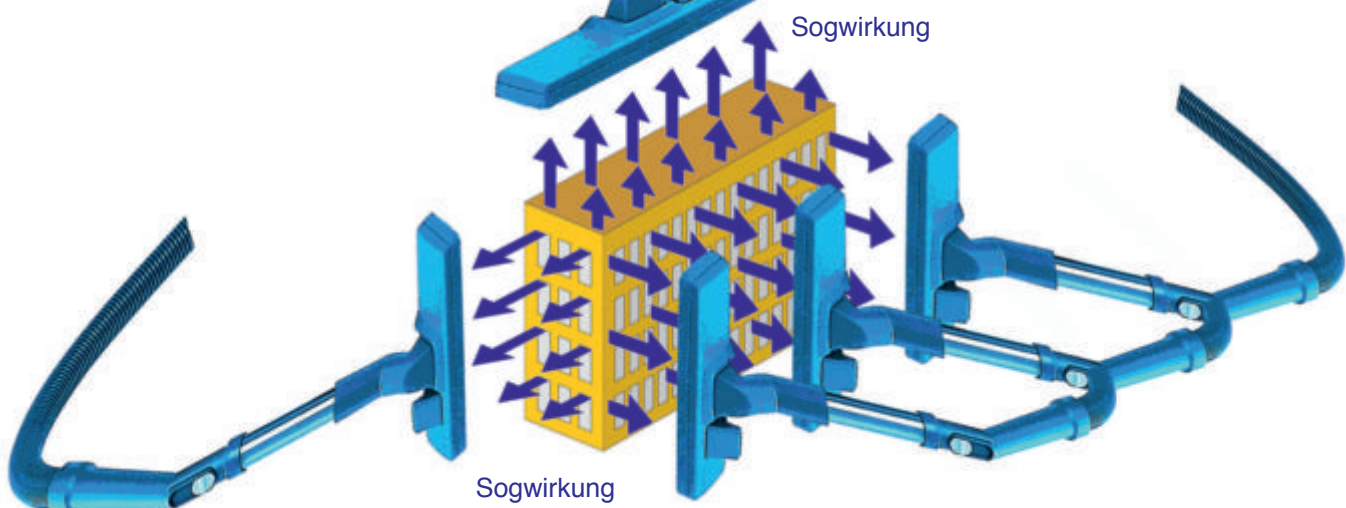
4.4 Wie kann man sich Winddruck und Windsog merken?



Die **Druckwirkung** kann man sich merken, indem man sich **überdimensionale Druckluft-Pistolen** vorstellt, welche stets senkrecht zur Fläche blasen.



Die **Sogwirkung** kann man sich merken, indem man an **überdimensionale Staubsauger** denkt, deren Sogkräfte stets senkrecht von der Fläche weg wirken.



4.5 Windschäden am Tragwerk des Gebäudes: gefährlich, aber selten

Was ist ein «Tragwerk»?

Das Tragwerk ist das «tragende Skelett» eines Bauwerks; es besteht aus Elementen wie Decken, Wänden, Balken, Betonpfeilern, Stahlstützen sowie dem Fundament. «Tragend» ist das Tragwerk in erster Linie bezüglich dem Gewicht von Dach und Fassade, aber auch bezüglich Schnee auf dem Dach sowie dem Mobiliar und den Menschen im Inneren des Gebäudes. Bereits relativ geringe Schäden am Tragwerk können dazu führen, dass das Gebäude teilweise oder ganz einstürzt. Deshalb geht es während eines Sturmes in allererster Priorität darum, dass das Tragwerk keine kritischen Schäden erleidet.

Sturmsicher dank Normen

Bei einem Tragwerk-Schaden ist die Sicherheit der im Gebäude befindlichen Menschen bedroht; dementsprechend wird seiner Widerstandsfähigkeit schon seit Jahrzehnten grosse Bedeutung beigemessen.

Bereits die **Normen SIA 160 von 1956 und 1970** gaben für das Mittelland (freies Feld und kleinere Ortschaften) Windwerte an, welche ungefähr den heutigen Normen entsprechen. Keine konkreten Werte gab es für die Alpen, die Voralpen und den Jura.

Die **Norm SIA 160 von 1989** berücksichtigte wie die heutige Norm SIA 261 von 2003 Windgeschwindigkeiten, wie sie bis heute noch an keiner Station gemessen worden sind (Referenzmessung 10 Meter über Boden auf freiem Feld oder in kleiner Ortschaft). Allerdings gab die Norm SIA 160 von 1989 nur Werte für das Mittelland bzw. bis zu einer Höhe von 2000 m ü.M. an.

Seit der Einführung der Norm SIA 160 von 1989 basieren alle Winddaten auf Extremwert-Analysen (Gumbel) von mehr als 50 Stationen (ehemals ANETZ, heute SwissMetNet).

Das Tragwerk eines Gebäudes, welches gemäss der **heute gültigen Norm SIA 261 von 2003** bemessen worden ist, vermag auch einem in Mitteleuropa zu erwartenden Tornado zu widerstehen.

Eine Schadenanalyse der Sturmereignisse Vivian, Lothar und Martin, welche die Schweiz am Ende des 20. Jahrhunderts durchquerten, hat gezeigt: Alle Tragwerke, die nach den Normen der SIA 160 (neu SIA 260 bis 266) bemessen wurden, haben sich während des Sturmes sowohl bezüglich Tragsicherheit als auch Gebrauchstauglichkeit einwandfrei verhalten.

Nur in Ausnahmefällen fügten die Stürme den Tragwerken Schäden zu – nämlich dann, wenn diese Fehler in der Bemessung oder der konstruktiven Ausführung aufwiesen. Quelle [12]



Die massiven Elemente, aus denen ein Tragwerk besteht, kann man während dem Bau eines Gebäudes besonders gut erkennen. Bild: M. Weidmann

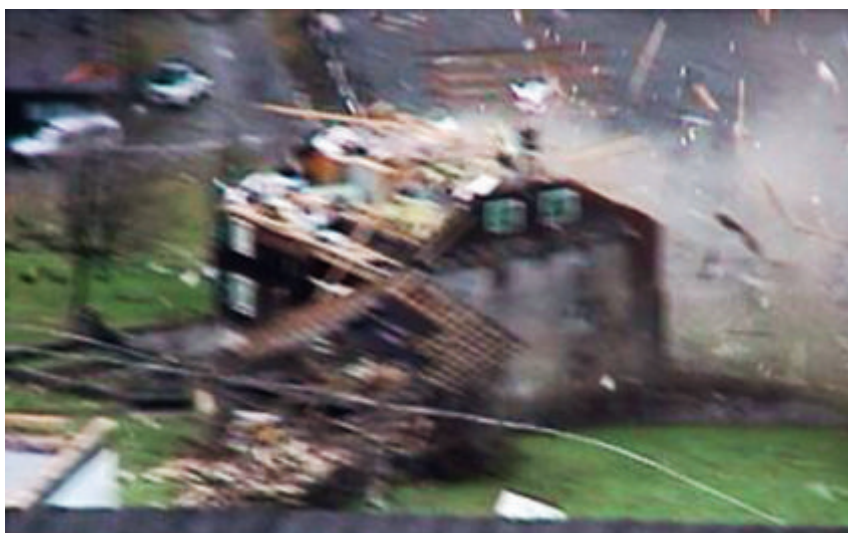
Am 12. Juni 1926 führte ein Tornado nordöstlich von La Chaux-de-Fonds zu massiven Gebäudeschäden (siehe auch Seite 59). Bild: Arts graphiques Haefeli & Co., La Chaux-de-Fonds (Postkarte)



Der Wintersturm Lothar führte bei dieser offenen Holzbaukonstruktion zu einer Überlagerung von Innendruck und Sogkräften. Das Tragwerk vermochte den resultierenden Kräften nicht zu widerstehen und wurde vollständig zerstört.

Es konnte nicht eruiert werden, ob dem Schaden ein Bemessungs- oder Ausführungsfehler zugrunde liegt oder ob die Windkräfte effektiv grösser waren als in der Norm angenommen. Bild: Gebäudeversicherung Kanton Zürich

Dieses Bild zeigt die zerstörerische Wucht einer Böe während des Wintersturms Lothar. Kurz nach der Aufnahme wurde das Haus vollständig zerstört. Auch in diesem Fall konnte nicht mehr nachvollzogen werden, warum es zum Totalschaden kam. Bild: Christian Häfliger, Büren NW

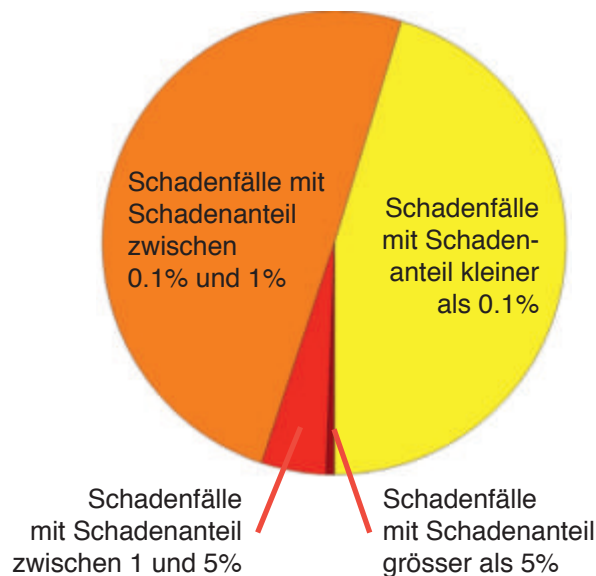


4.6 Windschäden an der Gebäudehülle: sehr häufig

Der grösste Teil des Gesamtschadens, den ein Sturm in der Schweiz hinterlässt, besteht aus einer Vielzahl von mittleren und kleineren Schäden; die Anzahl der bedeutenderen Schäden (welche vor allem an den Dächern, etwas weniger häufig an den Fassaden auftreten) ist gering.

Dazu ein Beispiel: Gemäss einer Schadenstatistik der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) wurden während dem Wintersturm Lothar (1999) in 16 Kantonen mehr als 67 400 Wohngebäude beschädigt (AG, AR, BL, BS, GL, GR, JU, LU, NW, SG, SH, SO, TG, VD, ZG, ZH).

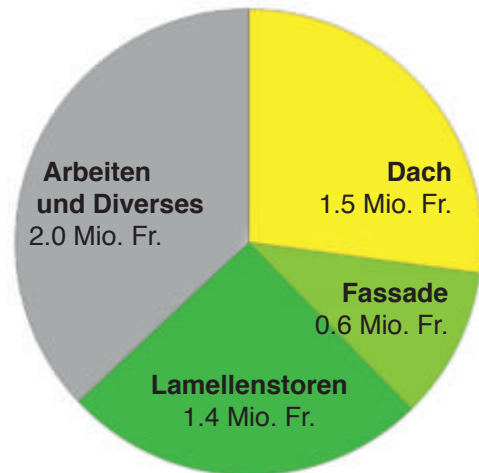
Bei 95 Prozent dieser Gebäude war die Schadenssumme kleiner als ein Prozent ihrer Versicherungssumme. Nur bei rund 400 Gebäuden – weniger als einem Prozent – überstieg die Schadenssumme 5 Prozent der Versicherungssumme.



In der Schweiz hängt das Ausmass von Sturmschäden zu einem wesentlichen Teil von der Sturmverletzbarkeit der Gebäudehülle ab – insbesondere der Verletzbarkeit von Dächern, Fassaden und Lamellenstoren.

Beispiel 1: Während den grossen Wintersturm-Ereignissen Vivian (1990), Lothar (1999) und Martin (1999) traten in der Schweiz vor allem an Dächern, Lamellenstoren und Fassaden Schäden auf.

Beispiel 2: Sturmschadenbilanz der Aargauischen Gebäudeversicherung zwischen dem 15. Februar 2006 und dem 1. September 2008: rund 2800 Schäden mit einer Gesamtschadenssumme von 5.5 Millionen Franken. Zwei Drittel dieses Betrages sind auf Schäden an der Gebäudehülle zurückzuführen – insbesondere solche an Dächern und Lamellenstoren. Quelle: Aargauische Gebäudeversicherung



Zunehmend Schäden – trotz gleichbleibender Sturmaktivität

Zwischen 1970 und 2008 veränderte sich in Europa die durchschnittliche Anzahl und Intensität der Stürme nur unwesentlich; das Ausmass der Sturmschäden nahm jedoch markant zu.

Der Grund für diese Zunahme: Im erwähnten Zeitraum nahmen einerseits die sturmgefährdeten Werte zu (als Folge von Bevölkerungswachstum, zunehmendem Pro-Kopf-Einkommen und steigendem Lebensstand-

ard), andererseits nahm auch die Schadenanfälligkeit gewisser sturmgefährdeter Werte – insbesondere der Gebäudehüllen – zu [05].

In der Schweiz sind Gebäudehüllen oftmals schadenanfällig, weil Dach- und Fassadenelemente ungenügend befestigt werden und weil bei Neubauten im Konzept, in der Ausführung sowie im Unterhalt Fehler gemacht werden.

4.7 Verschiedene Gebäude-Elemente, verschiedene Normen

Wind-Widerstandsfähigkeit des Gebäude-Tragwerks gemäss Norm SIA 261



Das Gebäude-Tragwerk wird in der Schweiz seit 2003 nach der Norm SIA 261 (2003) bemessen (siehe auch Windkarte der Norm SIA 261, Seite 13).

Es wird so bemessen, dass es schadenverursachendem Wind zu widerstehen vermag, welcher statistisch einmal in 50 Jahren auf das Gebäude einwirkt.

Die Geschwindigkeit dieses Windes ist (abhängig von Standort und lokalen Gegebenheiten) unterschiedlich gross; sie beträgt im Minimum 139 km/h, im Maximum 285 km/h (dies entspricht einem Referenzwert des Staudrucks von 0.9 bis 3.3 kN/m²).

100 120 140 160 180 200 220 240 260 280

— 139 km/h —

höchste Widerstandsfähigkeit
— 285 km/h —

Wind-Widerstandsfähigkeit von Türen und Toren gemäss Norm SIA 343



Für die Projektierung und Ausführung von Türen und Toren gilt die Norm SIA 343 Türen und Tore, Ausgabe 2010.

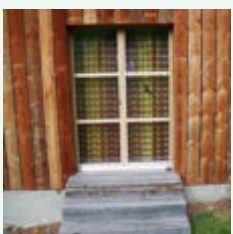
Der Staudruck für Türen und Tore wird nach der Windkarte der SIA 261 ermittelt und mit einem Reduktionsfaktor (0.8) auf den 10-Jahres-Wind umgerechnet. Das heisst: im Minimum

125 km/h, im Maximum 239 km/h (dies entspricht einem Referenzwert des Staudrucks von 0.72 bis 2.64 kN/m²).

— 125 km/h —

— 239 km/h —

Wind-Widerstandsfähigkeit von Fenstern und Fenstertüren gemäss Norm SIA 331



Für die Projektierung und Ausführung von Fenstern und Fenstertüren gilt die Norm SIA 331 Fenster und Fenstertüren, Ausgabe 2008.

Beanspruchungsgruppen B2 bis B4: Windgeschwindigkeit: 132 km/h bis 186 km/h; 0.8 bis 1.6 kN/m² (abhängig von Standort und Gebäudehöhe). Anforderungen im Einzelfall: im Gebrauch 80% Windlast gemäss SIA 261.

— 132 km/h —

— 186 km/h —

Böengeschwindigkeit km/h

100 120 140 160 180 200 220 240 260 280

Für die Projektierung und Ausführung von Sonnen- und Wetterschutzanlagen gilt die Norm SIA 342 «Sonnen- und Wetterschutzanlagen», Ausgabe 2009 (siehe Seite 38).

5.1 Wie verhalten sich die verschiedenen Dachformen im Wind?

Dachtypus / Dachform



Geneigte Dächer / Steildächer

Als geneigtes Dach / Steildach bezeichnet man ein Dach, dessen Neigung eine überlappende oder gefaltete Deckung zulässt. [19]



Flachdächer

Flachdächer haben eine sehr sturmsichere Dachform – vorausgesetzt, die Abschlussdetails sind besonders sorgfältig geplant und ausgeführt.



Dächer mit aussergewöhnlichen Deckmaterialien

Zu den aussergewöhnlichen Deckmaterialien gehören beispielsweise Glas oder Kunststoffe.



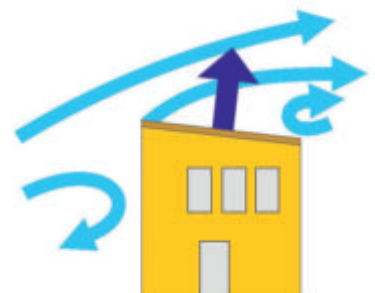
Vordächer und Vorbauten

Diese bieten besondere Angriffspunkte für Sturmböen, wenn sie weit herunter bzw. nach vorne gezogen sind.

Richtung, Neigung, Wirkung

Je nach Neigung des Daches und der Anströmrichtung des Windes wirken Winddruck (roter Pfeil) und / oder Windsog (dunkelblauer Pfeil) auf das Dach.
Quelle: [06]

● ——— -5 Grad



Was kann bei Sturm und Böen passieren?

Ungenügend befestigte Deckmaterialien (z.B. Dachziegel) können in windexponierten Bereichen (Traufe, Ort und First) weggerissen werden. Bei Gebäuden ohne Unterdach kann dabei Regenwasser in das Gebäude eindringen und weitere Schäden verursachen. Ist ein Unterdach vorhanden, kann dieses die Schutzfunktion des beschädigten Oberdaches temporär übernehmen. Im Extremfall können Dachkonstruktionen, die zu wenig wirksam mit der Unterkonstruktion verbunden sind (Dimensionierung, Befestigungsmaterialien), abgehoben und weggerissen werden.

Was ist beim Bau bezüglich Windsicherheit wichtig?

- Der Planer muss das Dach korrekt planen und bemessen sowie die Ausführung durch den Handwerker überwachen.
- An kritischen Stellen muss das Deckmaterial fachgerecht und sturmsicher befestigt werden.
- Die First- und Grat-Abdeckungen müssen besonders gut befestigt werden (zum Beispiel mit Firstklammern oder mit Schrauben).

Die Sogwirkung kann Randabdeckungen wegreißen, wenn diese nicht vorschriftsgemäss befestigt sind.

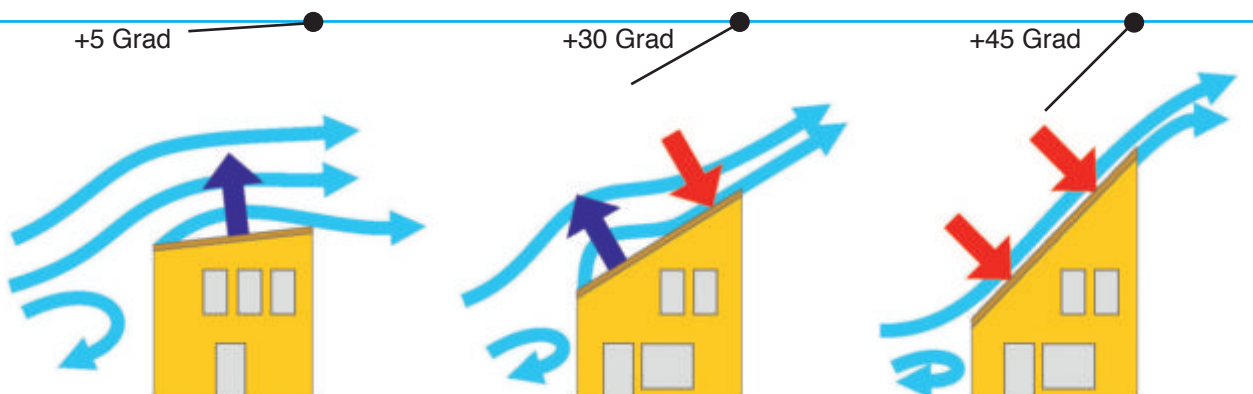
Aussergewöhnliche Deckmaterialien sind bei Windsog wegen ihres geringeren Eigengewichts stärker gefährdet – insbesondere dann, wenn sie ungenügend befestigt sind.

Der Planer sollte den Bauherrn über die Windanfälligkeit sowie die zu erwartenden Beanspruchungen informieren.

Sie können vom Wind beschädigt oder weggerissen werden.

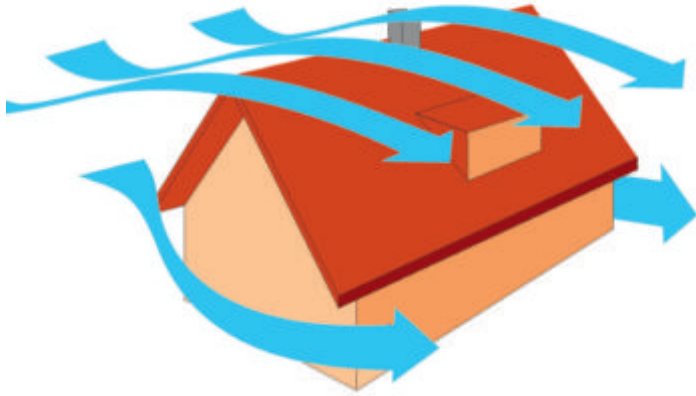
Übergrosse Vordächer und Vorbauten sollten vermieden oder entsprechend bemessen und befestigt werden.

Quelle: [30]

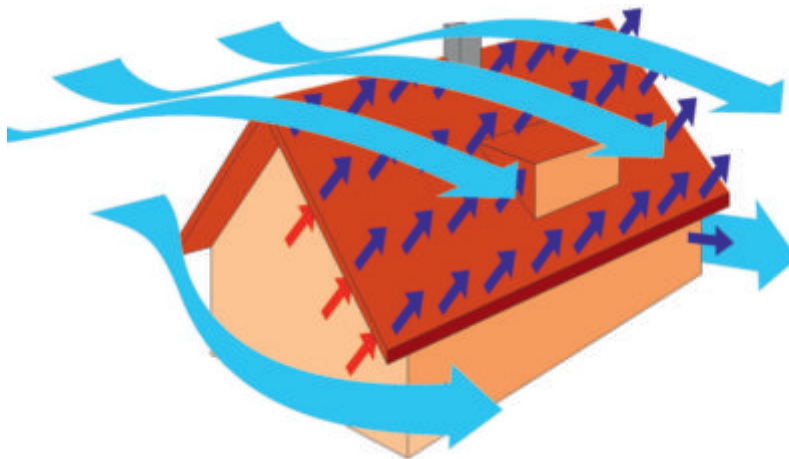


5.2 Unzählige kleinere bis mittlere Schäden an Dächern: die Regel

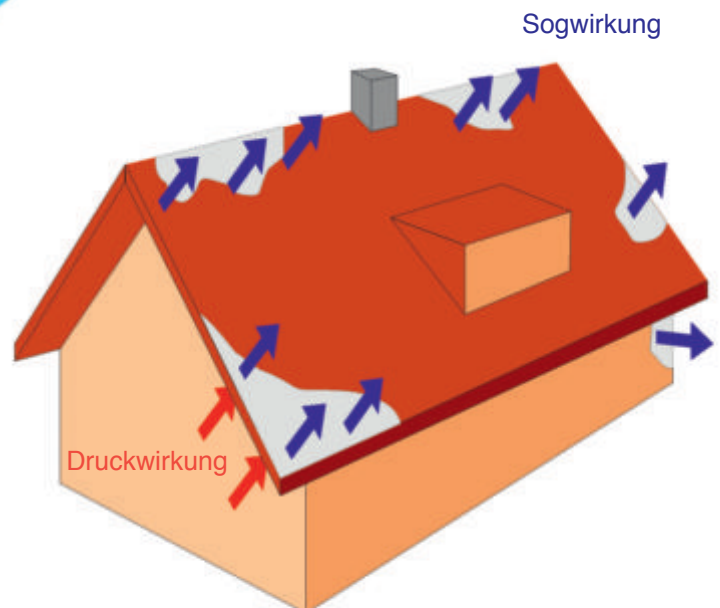
Hauptursache für Schadenfälle während eines grossflächigen Sturmereignisses: Einzelne, meist exponierte Elemente des Daches (und auch der Fassade) vermögen den Sogkräften nicht standzuhalten und werden mitgerissen. Unzählige Gebäude erleiden kleinere bis mittlere Schäden – welche sich zu einem beachtlichen Gesamtschaden aufsummieren können.



A Die Böe überströmt und umströmt das Gebäude.



B Die Windströmung führt zu Sogwirkung (blaue Pfeile) und Druckwirkung (rote Pfeile).



C Dort, wo das Gebäude der Druck- und Sogwirkung nicht zu widerstehen vermag, kommt es zu Schäden (stark vereinfachte, schematische Darstellung).



Diese Blechabdeckung wurde vom Wind weggerissen, weil die mit ihr verbundene Firstlatte ungenügend befestigt war.

Vom Sturmschaden zum Wasserschaden

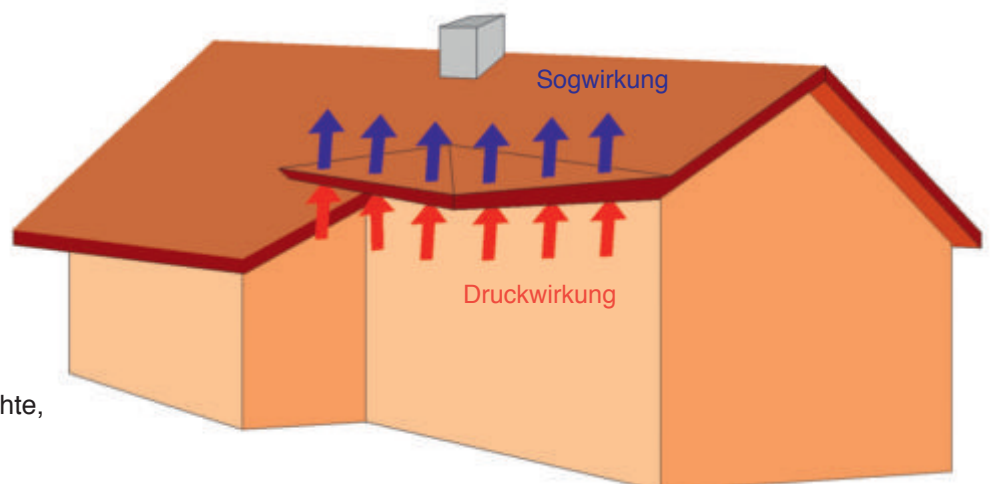
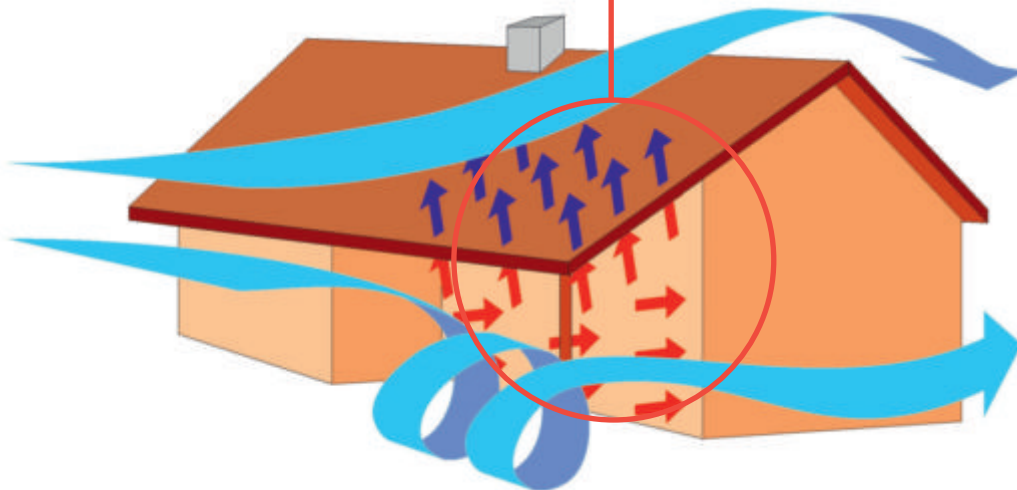
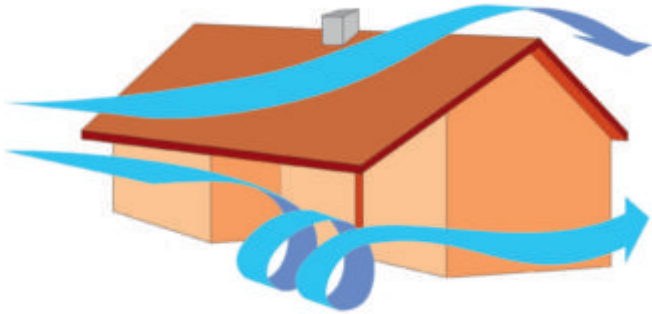
Sturmschäden am Dach dürfen keinesfalls unterschätzt werden! Denn bereits ein kleiner Schaden kann dem Regenwasser Fließwege ins Gebäude-Innere eröffnen. Die resultierenden Wasserschäden sind meist um ein Vielfaches kostspieliger und schwieriger zu beheben als der Sturmschaden. Bilder: Gebäudeversicherung Freiburg / Gebäudeversicherung Graubünden



5.3 Druck- und Sogwirkung im Bereich von Vordächern und Dachrändern

Bei Vordächern, Dachüberständen, Dachvorsprüngen und Dachrändern kann Wind den «Hebel besonders gut ansetzen», kann er besonders gut zerstörerische Kräfte erzeugen.

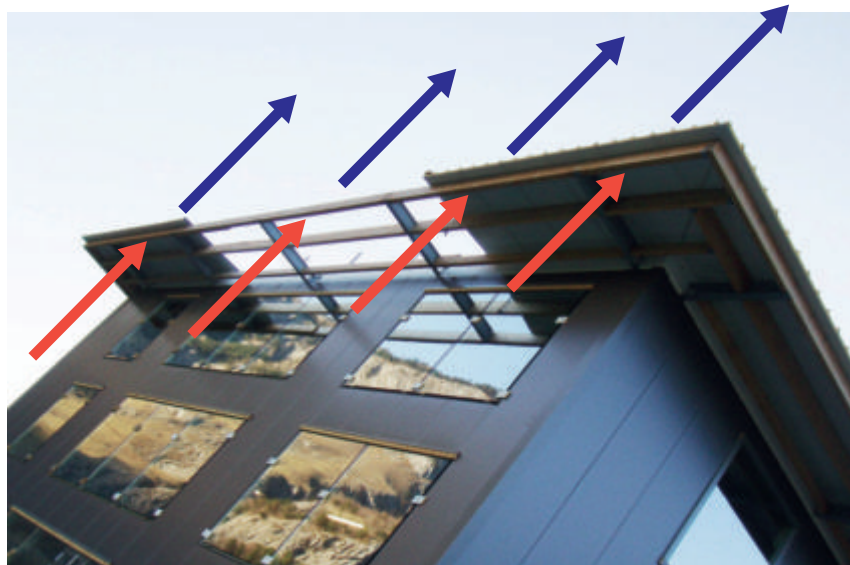
Denn bei diesen Teilen des Daches kann die Druckkraft, die von der einen Seite wirkt, die Sogkraft, die auf der anderen Seite wirkt, verstärken. Die resultierende Kraft vermag Dachränder zu beschädigen oder gar ganze Vordächer abzudecken.



Druck- und Sogwirkung auf ein Vordach (stark vereinfachte, schematische Darstellung).



Deckmaterialien (z.B. Ziegel) von Vordächern ohne Dachuntersicht sind der Sogbeanspruchung schon bei geringen Windgeschwindigkeiten nicht mehr gewachsen. Bilder: Gebäudeversicherung Graubünden



Wie bei den Vordächern kann es auch bei Unterständen zu massiven Schäden kommen, wenn die Sogwirkung von oben und die Druckwirkung von unten gemeinsam in die gleiche Richtung wirken. Bild: Aargauische Gebäudeversicherung

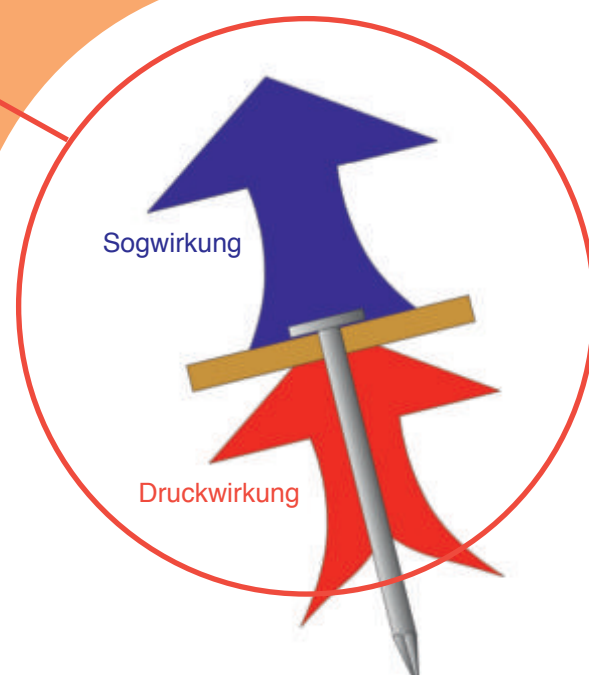
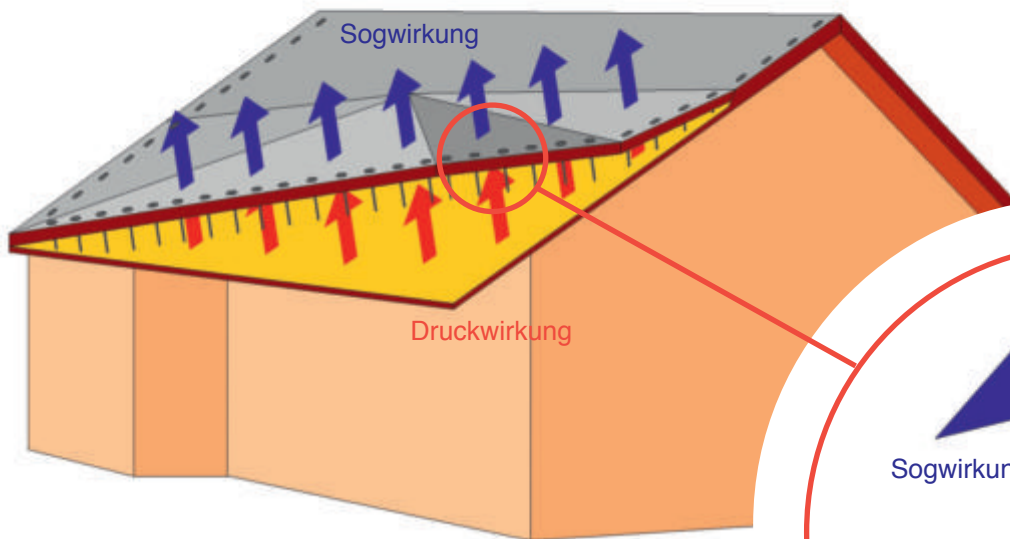
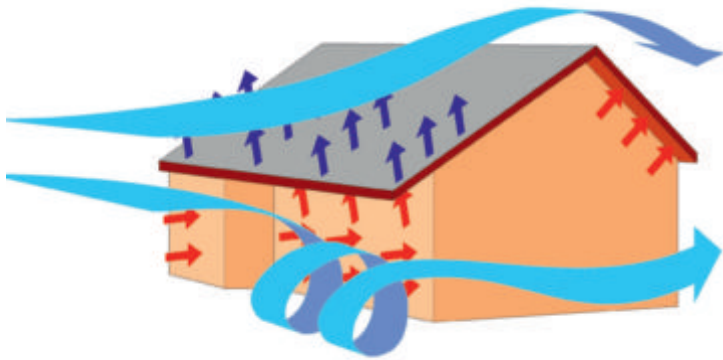
5.4 Wenn der Sturm an Dächern zieht und zerrt, zählt vor allem bei Blechdächern jede Schraube!

Vielfach treten Böen in rascher Abfolge auf; dadurch bewirken sie am Dach ein heftiges, ruckartiges Zerren, Verwinden, Rütteln, Vibrieren. Dies kann zur Ermüdung und letztendlich zum Versagen von Befestigungen führen.

Die Sogwirkung heftiger Sturmböen kann so stark sein, dass ungenügende Befestigungen – zum Beispiel Nägel mit glatter Oberfläche – nicht zu widerstehen vermögen und ausgerissen werden.

Fazit: Am intensivsten wird ein Dach nicht durch das Gewicht von Schnee oder durch die Wassermasse eines Platzregens beansprucht, sondern durch die komplexe, unvorhersagbare Wirkung von starkem Wind, dessen Druck- und Sogkräfte – unabhängig von der Schwerkraft – in beliebige, rasch wechselnde Richtungen wirken.

Ungenügende oder falsche Befestigungen sind eine Hauptursache für Windschäden an Dächern. Windschäden an Metalldächern sind meistens auf mangelnde Befestigung in Eck- und Randzonen zurückzuführen. Für die Planung von Blechdächern gibt es spezielle Berechnungsprogramme, mit denen die Anzahl der benötigten Befestigungspunkte objektbezogen berechnet werden kann.



Eine rasche Abfolge von Böen, die heftig rütteln und zerren: ein höchst effizientes «Werkzeug», mit dem der Wind angenagelte Objekte lösen kann (stark vereinfachte, schematische Darstellung).



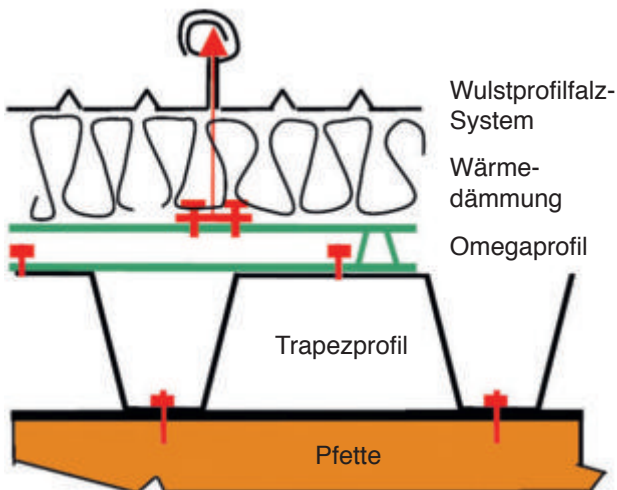
Ein Blechfalzdach, von Sturmböen zerfetzt. Bild: Gebäudeversicherung Graubünden



Bei diesem Blechfalzdach wurden anstelle von Schrauben (oder Rillen- bzw. Schraubennägeln) Nägel mit glatter Oberfläche verwendet. Als das Dach eines



Tages von einer Sturmböe erfasst wurde, waren die Sogkräfte genügend stark, um die Nägel auszureissen. Quelle: [09]. Bilder: Aargauische Gebäudeversicherung



Oftmals besteht ein Dach aus mehreren «Schichten», von denen jede eine spezielle Funktion hat (Schutz vor Regen, Schutz vor Feuchtigkeit, Wärmedämmung, usw.), und oftmals sind auf einem Dach mehrere Verbindungsstellen wirksam (in der Grafik rot eingetragenen).

Ist jeweils eine Schicht auf der nächst unteren befestigt, so hängt die Widerstandsfähigkeit des Daches bezüglich Sogwirkung zu einem wesentlichen Teil von der schwächsten Befestigungsart innerhalb des Schichtpakets ab. Grafik aus [12]

5.5 Massive Schäden am Dach: eher eine Ausnahme

Dass schadenverursachender Wind die gesamte Dachkonstruktion eines Gebäudes in Mitleidenschaft zieht oder gar zerstört, ist in der Schweiz eher eine Ausnahme und oft die Folge einer speziellen Windexposition.

Wird die Dachkonstruktion eines Neubaus arg in Mitleidenschaft gezogen, ist dies sehr oft auf konstruktive Mängel zurückzuführen.

Auch unsachgemässe Arbeiten in Zusammenhang mit Umbauten können zum Versagen einer Dachkonstruktion führen. Beispiele:

- das Schwächen oder Entfernen eines tragenden Balkens (siehe Bild rechts; Bild: D. Aller)
- die unsachgemässe Montage einer Solar-Anlage (zu hohes Gewicht für Tragwerksbemessung; ungenügende Befestigung).



Von Lothar-Sturmböen zerfetzte Dächer. Bild links: Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen; Bild rechts: Gebäudeversicherung Bern

Eine von einem Tornado zerstörte Dachkonstruktion (12. Juni 1926, Bauernhof «Geiser», nordöstlich von La Chaux-de-Fonds; siehe auch Seite 58).

Bild: Arts graphiques Haefeli & Co., La Chaux-de-Fonds (Postkarte)



5.6 Wie kann man das Dach eines bestehenden Gebäudes sturmsichern?

Man kann das Dach eines bestehenden Gebäudes mit relativ einfachen konstruktiven und baulichen Massnahmen so sichern, dass es den Druck- und Sogwirkungen von Sturmböen zu widerstehen vermag. Dabei muss den Rand-, Giebel- und Eckbereichen besondere Beachtung geschenkt werden, denn diese sind den Windkräften überdurchschnittlich stark ausgesetzt.

Idealerweise zieht man Massnahmen zur Verbesserung der Sturmsicherheit dann in Betracht, wenn Umbauten, Sanierungen oder Umnutzungen anstehen – und idealerweise verschafft man sich mittels einer ge-

nerellen Überprüfung der Gebäudehülle eine Übersicht über die notwendigen Massnahmen.

Während den Umbau- und Sanierungsarbeiten ist folgenden Punkten besondere Beachtung zu schenken:

- sachgemässe Verarbeitung der Materialien
- normgemässe Ausführung
- Ausführungsdetails

Unsachgemässe Ausführung ist eine der Hauptursachen für Sturmschäden an Dächern.

Quelle: [09]



Die Sogwirkung kann am Dachrand Ziegel verschieben oder fortreissen (oberes Bild). Sturmklammern (unteres Bild) verhindern dies.

Der im oberen Bild dargestellte Schaden ist nicht nur auf fehlende Sturmklammern, sondern auch auf die fehlende Konterlattung zurückzuführen.

Bei den exponierten Ziegeln im Giebelbereich ist die Gefahr besonders gross, dass sie abgehoben werden (oberes Bild). In der Regel lässt sich dies mit Firstklammern verhindern (unteres Bild). Wo die Klammern zu wenig Sicherheit bieten – beispielsweise in gewissen Föhngebieten – werden die Firstziegel mit Schrauben befestigt.

Die Vermörtelung von Firstziegeln wird heute nicht mehr durchgeführt, da die Durchlüftung der Dachkonstruktion behindert wird. Dies führt zu Kondensat innerhalb der Durchlüftungszone und bewirkt, dass die Konstruktion erstickt und verfault.

Bilder: Gebäudeversicherung Graubünden, D. Aller, H. Sahli



Dieses Bild zeigt, dass ein Vordachbereich ohne Dachuntersicht bezüglich schadenverursachendem Wind sehr verletzlich ist (siehe auch Seite 27). Dass bei diesem Schadenbeispiel die Ortziegel am vorderen Dachrand noch an Ort und Stelle sind, hat zwei Gründe:

- sie sind mit Sturmklammern befestigt
- der Sparren, über dem sie eingedeckt sind, hat sie vor dem von unten wirkenden Winddruck geschützt.

Dachvorsprünge sollten deshalb – insbesondere an windexponierten Standorten – mit einer Dachuntersicht versehen sein (Bilder rechts). Bilder: H. Sahli, «Gebäudehülle Schweiz»; Egli Engineering AG



5.7 Sturmsichere Dächer dank Kontrollen und Unterhalt

Vernachlässigter Unterhalt ist eine der Hauptursachen für Windschäden an Dächern.

Mit Kontrollen und Unterhalt geht es nicht nur darum, Windschäden am Gebäude zu vermeiden. Es geht auch darum, dass Menschen, die sich während eines Sturms in der unmittelbaren Umgebung des Gebäudes aufhalten, nicht von herumfliegenden Trümmerteilen getroffen werden, die sich bei einem Gebäudeschaden lösen.

Kontroll- und Unterhaltsarbeiten bei Dächern sind nicht nur gefährlich (Absturzgefahr), sondern erfordern auch ein fundiertes Fachwissen. Deshalb empfiehlt es sich, qualifizierte Unternehmer beizuziehen. Dabei legen Eigentümer und Unternehmer vertraglich fest,

- welche Kontroll- und Unterhaltsarbeiten konkret durchgeführt werden sollen (diese werden in einem Leistungsverzeichnis festgehalten)
- wie häufig diese durchgeführt werden sollen (z.B. einmal jährlich, alle zwei Jahre, alle fünf Jahre, usw.).

Der Unternehmer

- verpflichtet sich, die vereinbarten Kontroll- und Unterhaltsarbeiten fachgerecht auszuführen
- meldet dem Auftraggeber die bei der Kontrolle festgestellten Mängel schriftlich
- unterbreitet ihm für deren Behebung und Instandstellung Vorschläge
- offeriert ihm die notwendigen Arbeiten.

«Gebäudehülle Schweiz», der Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, beschreibt im «Vertrag über Kontroll- und Unterhaltsarbeiten an der Gebäudehülle» folgende Arbeiten:

Kleine Kontrolle eines Steildachs

Primär geht es um eine visuelle Kontrolle der gesamten Dachfläche, insbesondere: ● Eindeckung ● Dachrinnen ● Abfallrohre ● Ablaufschächte / Putzstützen ● An- und Abschlüsse ● Einfassungen / Einbauten ● Dachdurchdringungen ● Aufgehende Gebäudeteile ● An- und Abschlüsse in Blech ● Befestigungen an Ort / First ● Befestigungen in der Fläche ● Blitzschutzanlage.

In Zusammenhang mit dieser kleinen Kontrolle sind folgende Reinigungsarbeiten empfehlenswert:

- Blechanschlüsse ● Dachrinnen ● Abfallrohre ● Ablaufschächte / Putzstützen.

Kleine Kontrolle eines Flachdaches

Auch hier steht die visuelle Kontrolle der gesamten Dachfläche im Vordergrund: ● Schutz- / Nutzsicht ● Begrünung ● Dachwasser-Abläufe ● An- und

Abschlüsse in Blech ● Abdichtung an Blechanschlüsse ● An- und Abschlüsse von Dichtungsbahnen ● Kittfugen ● Aufgehende Gebäudeteile ● Blitzschutzanlage. Reinigungsarbeiten: ● Dachwasser-Abläufe.

Unterhaltsarbeiten: ● Pflanzenwuchs mechanisch entfernen ● Spezial-Unkrautvertilgungsmittel spritzen ● Windverfrachtungen planieren ● Kittfugen ausbessern ● Abdichtung an Blechanschlüsse verstärken.

Grosse Kontrolle eines Steildachs

Im Rahmen einer grossen Kontrolle, welche grundsätzlich weniger häufig durchgeführt wird als die kleine Kontrolle, werden in verschiedenen Bereichen und Dachflächen Zustandskontrollen in der Dachkonstruktion gemacht. Dabei geht es unter anderem darum, die Konterlattenbefestigungen zu kontrollieren. Die kontrollierten Stellen werden in den Dachplänen eingetragen.

Kontrolliert werden beispielsweise ● Tragkonstruktion (Feuchtigkeitsgehalt und Schädlingsbefall bei Holzteilen, Korrosion bei Metallteilen) ● Dampfbremse / Dampfsperre (Alterungszustand, Stossverbindung und Anschlüsse) ● Wärmedämmung (Feuchtigkeitsgehalt, Setzungen, andere Einwirkungen wie z.B. Mäuse) ● Unterdach (Zustand und Dichtigkeit, inkl. Nageldichtungen) ● Konterlattung und Lattung (Kontrolle der Holzteile auf Feuchtigkeitsgehalt und Schädlingsbefall, Kontrolle der Metallteile auf Korrosion) ● Befestigungen (Korrosion und Festigkeit).

In Zusammenhang mit einer grossen Kontrolle ist die Reinigung der Dachfläche empfehlenswert.

Grosse Kontrolle eines Flachdaches

Hier geht es darum, mit Sondieröffnungen verschiedene Bereiche der Dachflächen zu kontrollieren: ● Beschaffenheit der Abdichtung (Alterungszustand, Festigkeit, Flexibilität) ● Kontrolle der Wärmedämmung (Feuchtigkeitsgehalt, Dicke, Längenveränderung, Verformung) ● Zustand der Dampfbremse (Alterung, Dichtigkeit).

Bezüglich Unterhaltsarbeiten empfiehlt sich, falls nötig, das Richten von Gehbelägen (verschobene Platten, grössere Senkungen).

Quelle: Gebäudehülle Schweiz: Unterhaltsverträge über Kontroll- und Unterhaltsarbeiten an der Gebäudehülle (Steildach und Flachdach). Bezugsquelle: www.gh-schweiz.ch

6.1 Wie verhalten sich die verschiedenen Fassadentypen im Wind?

Fassadentyp



Verputzte Fassade (auf Mauerwerk oder Backstein) sowie Kompaktfassade

Diese einfachen, klassischen Fassaden bestehen oft aus mehreren Schichten und Isolationsteilen. Zwischen der äusseren und inneren Haut enthalten sie keinen Hinterlüftungsraum.



Bekleidete Fassade

Das Merkmal bekleideter Fassaden ist ein Hinterlüftungsraum zwischen der Bekleidung und der dahinter liegenden Schicht; dementsprechend kann Wind auch innerhalb der Fassade zu Druck- und Sogwirkungen führen.

Die Luftdurchlässigkeit wird durch Fugen zwischen den Fassadenelementen oder durch Öffnungen in den einzelnen Paneelen ermöglicht.

Bei den vorgehängten hinterlüfteten Fassaden ist die Zirkulation im Hinterlüftungsraum im Allgemeinen so konzipiert, dass dank Öffnungen im unteren und oberen Bereich der Fassade ein vertikaler Luftzug von unten nach oben entsteht. Die Durchlässigkeit der äusseren Haut ist oft gering.

Quellen: [12], [21]

Was kann bei Sturm und Böen passieren?

Bei einem Sturm können Teile vom Putz abfallen oder Isolierplatten von der Aussenwand abgerissen werden, wenn sie nicht ordnungsgemäss auf dem Untergrund haften. Eindringendes Wasser kann die Fassadenkonstruktion (z.B. Mauerwerk, Holzunterkonstruktion, Putz oder Isolation) beschädigen.

Was ist beim Bau bezüglich Windsicherheit wichtig?

Darauf achten, dass der Putz korrekt aufgebracht ist.

Bei bekleideten Fassaden ist zu berücksichtigen, dass der Wind nicht nur auf die Fassade wirkt, sondern auch auf die innere Haut!

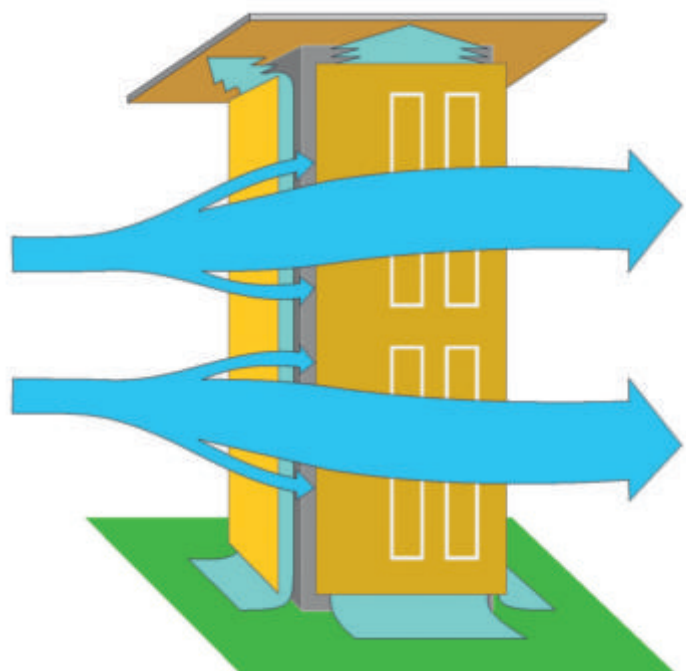
So kann er Bekleidungselemente und Befestigungen angreifen und abreißen. Eindringendes Wasser kann die Fassadenkonstruktion beschädigen.

Bekleidungssystem und Befestigungsart gemäss Beanspruchungen wählen und dimensionieren. Dabei müssen solide sowie korrosions- und witterungsgeschützte Befestigungssysteme gewählt werden.

Quellen: [12], [30]

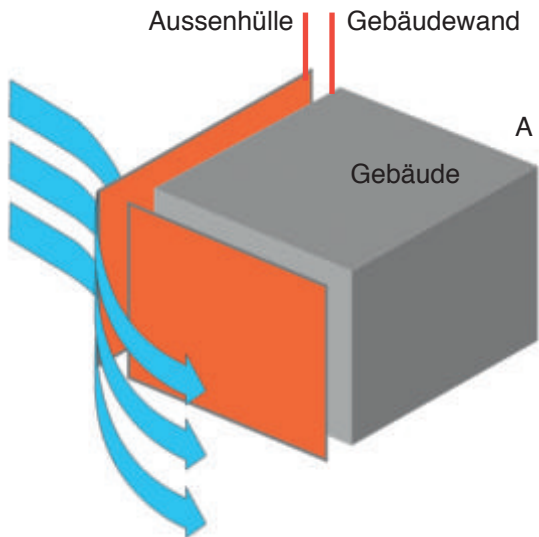


Stark vereinfachtes Schema einer hinterlüfteten Fassade. Durch Öffnungen im unteren Bereich der Fassade (A) strömt Luft in den Hinterlüftungsraum ein. In diesem steigt sie hoch (vertikaler Luftzug), um ihn durch Öffnungen im oberen Bereich der Fassade (B) wieder zu verlassen.



Wind, der das Gebäude umströmt, wirkt mit seinen Kräften nicht nur auf die Fassade, sondern auch im Hinterlüftungsraum (siehe auch folgende Seiten). Bei der Materialwahl und der Dimensionierung des Bekleidungs- und Befestigungs-Systems ist auf diese Tatsache Rücksicht zu nehmen.

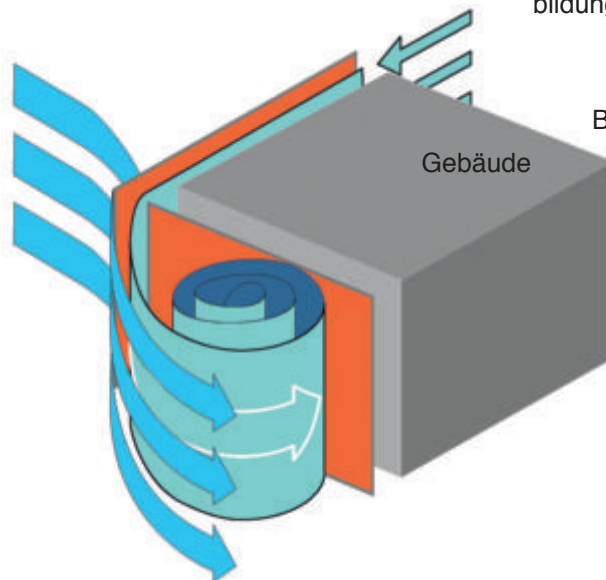
6.2 Die Sogwirkung auf die Fassade im Bereich von Gebäudekanten



Bei modernen, komplexen Fassaden ist die Gefahr besonders gross, dass schadenverursachende Windkräfte unterschätzt werden. Denn: Hier wirkt der Wind nicht nur mit Druck und Sog auf die Aussenhülle, sondern führt auch in Zwischenräumen zwischen Aussenhülle und Gebäudewand zu Druck- und Sogeffekten.

Beispiel für die Wirkung des Windes auf eine Fassade im Bereich der Gebäudekante

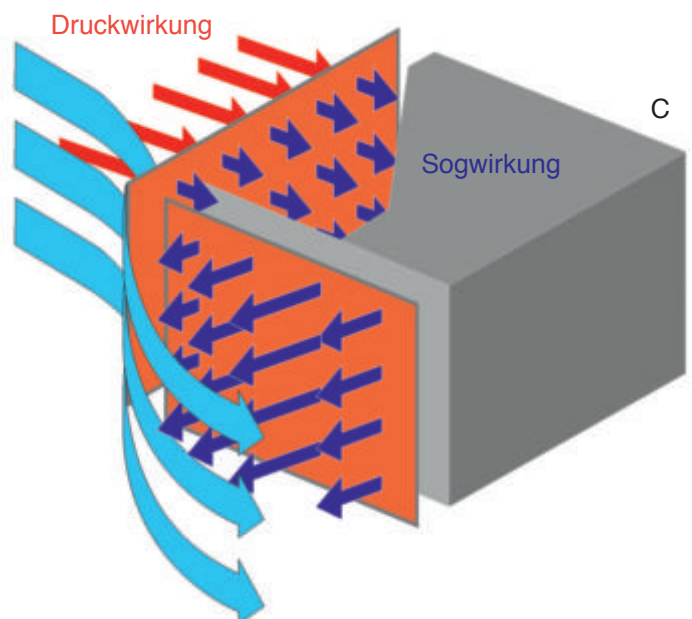
A Wind strömt auf ein Gebäude mit belüfteter Fassade (doppelschalige Hülle) zu und seitlich an der Gebäudekante vorbei (siehe auch Abbildungen auf Seite 16).



B Der an der Gebäudekante vorbeistreifende Wind erzeugt Wirbel, die unter anderem aus dem Innern der belüfteten Fassade Luft ansaugen. Der grösste Windsog herrscht immer im Bereich des Wirbels; dementsprechend sind Fassaden besonders im Bereich der Gebäudekanten gefährdet.

C Der Wirbel führt innerhalb der Gebäudehülle zu Sogkräften, die bei der äusseren, windseitigen Hülle in die gleiche Richtung wirken wie die Druckkräfte auf der Aussenseite der Hülle.

Wandert der Wirbel entlang der Fassade in Windrichtung weiter, entsteht im Eckbereich ein Druckaufbau; dabei wird Luft in den Fassaden-Zwischenraum hineingepresst, welche die Fassadenplatte vom Gebäude wegdrückt. Quelle: [12]





Sturmschäden an einer Fassade im Bereich der Gebäudekante als Folge von Druckwirkung innerhalb der Fassade (nicht eingezeichnet) und Sogwirkung (blaue Pfeile). Bild: Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen



Sturmschäden an der Fassade einer Luftseilbahn-Bergstation. Bild: Gebäudeversicherung Graubünden

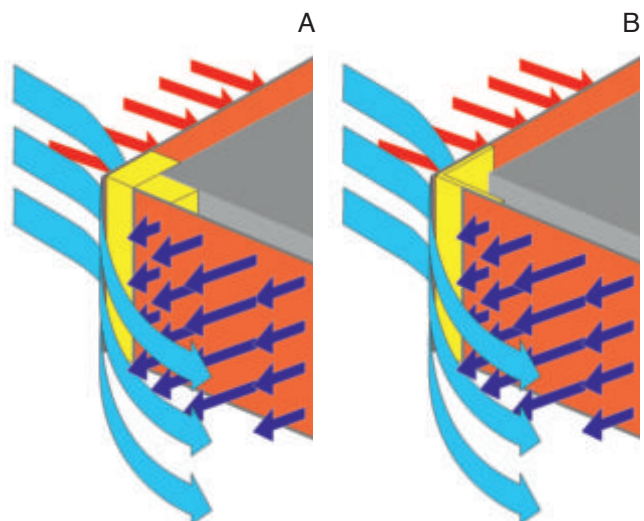
Wie kann man eine hinterlüftete Fassade im Bereich der Gebäudekante bezüglich Windsicherheit verbessern?

Bei der Eckausführung von hinterlüfteten Fassaden, die aus grossformatigen Platten bestehen, ist wenn immer möglich, eine geschlossene Ecke anzustreben; das heisst, die Verbindung zwischen den hinterlüfteten Räumen über Eck muss geschlossen werden (A; gelb hervorgehoben).

Ist aus konstruktiven Gründen eine geschlossene Ecke nicht möglich, sind die höheren Kräfte auf die Fassadenplatten zu berücksichtigen (B).

Grundsätzlich gilt:

- In Randzonen braucht es zusätzliche Befestigungspunkte
- Es müssen zwingend korrosionsresistente Befestiger bester Qualität verwendet werden. Denn Befestiger mit ungenügender Resistenz sind erfahrungsgemäss nach kurzer Zeit stark korrodiert und können dadurch kaum noch Lasten übertragen. Quelle: [12]



6.3 Wie widerstandsfähig sind Klapp- und Rollläden sowie Lamellen- und Sonnenstoren bezüglich Wind und Sturm?

Windwiderstandsklassen (WWK) für Klappläden, Rollläden und Lamellenstoren gemäss Norm SIA 342



Ein **Klappladen** (auch: **Fensterladen**) besteht aus einem oder mehreren Ladenflügeln, die man beim Öffnen dreht, faltet oder schiebt.

Gemäss Norm SIA 342 «Sonnen- und Wetterschutzanlagen» (Ausgabe 2009) werden Klappläden, Rollläden und Lamellenstoren bezüglich Windwiderstandsfähigkeit in die Windwiderstandsklassen 1 bis 6 eingeteilt (siehe rechts). Produkte der höchsten Klasse widerstehen Windgeschwindigkeiten (Böen) von 92 km/h. Quelle: [22]



Bei einem **Rollladen** besteht der Behang aus miteinander verbundenen horizontalen Stäben; er ist roll- oder faltbar. Die seitliche Führung erfolgt durch Schienen.

Berücksichtigen Sie, dass grossflächige Läden, Rollläden und Lamellenstoren verletzlicher sind als kleine. Die Systeme sind unmittelbar vor dem Fenster zwischen den Leibungen am windunempfindlichsten.



Bei **Lamellenstoren** (auch: **Raffstoren**) besteht der Behang aus horizontalen, wendbaren Lamellen, die sich raffen lassen.

Windwiderstandsklassen (WWK) für Sonnenstoren und Vertikalbeschattungen gemäss Norm SIA 342



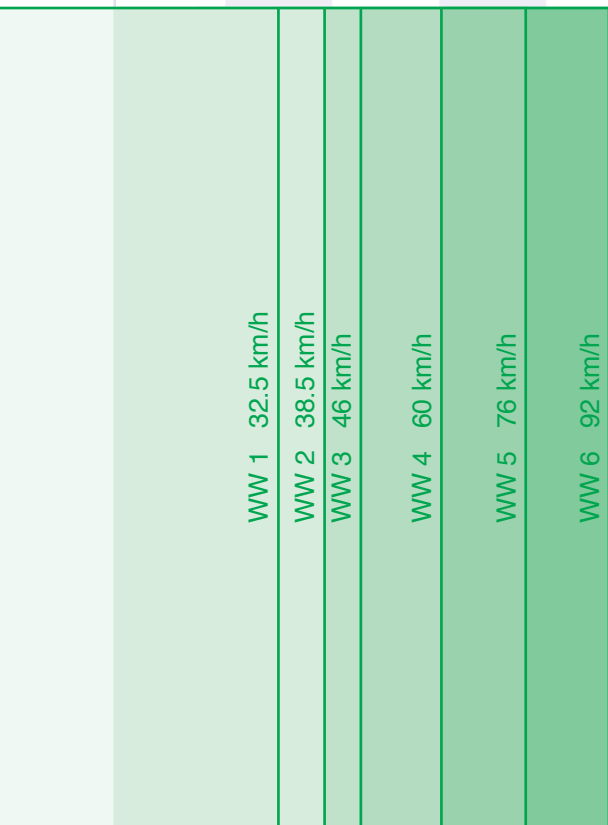
Sonnenstoren (auch: **Markisen**) sind Gestellkonstruktionen, die mit Gewebe bespannt sind. Sie können roll- oder faltbar sein.

Auch die Sonnenstoren sind gemäss Norm SIA 342 «Sonnen- und Wetterschutzanlagen» (Ausgabe 2009) für bestimmte maximale Windgeschwindigkeiten ausgelegt. Sie werden gemäss Normen und Herstellergarantien in die Windwiderstandsklassen 0 bis 3 eingeteilt (siehe rechts). Die widerstandsfähigsten Produkte mit WWK3 halten Böenspitzen von maximal 48 km/h aus. **Sonnenstoren müssen eingefahren sein, bevor der Wind die gemäss Windwiderstandsklasse zulässige Höchstgeschwindigkeit erreicht!**

Wenn Sie sich für die Anschaffung von Sonnenstoren entscheiden: ● Seien Sie sich bewusst, dass diese verletzlich sind und ein Schadenrisiko darstellen – auch wenn sie auf dem neuesten Stand der Technik sind. ● Berücksichtigen Sie, dass grossflächige Sonnenstoren um ein Vielfaches verletzlicher sind als kleinflächige. ● Setzen Sie Sonnenschutz-Systeme grundsätzlich nur bei Sonnenschein ein, d.h. fahren Sie diese nachts, bei Abwesenheit oder schlechtem Wetter konsequent ein.

Böengeschwindigkeit km/h

0 20 40 60 80 100 120



Werden Windschäden an Sonnenstoren und Vertikalbeschattungen von den Kantonalen Gebäudeversicherungen vergütet?

Gemäss der Definition des Interkantonalen Rückversicherungsverbandes (IRV) ist Sturm eine «Luftbewegung von ausserordentlicher Heftigkeit».

Diese Luftbewegung ist genügend stark, um in einem gewissen Gebiet «an einer Mehrzahl von ordnungsgemäss erstellten und unterhaltenen Gebäuden insbesondere Dächer ganz oder teilweise abzudecken oder gesunde Bäume erheblich zu beschädigen» (sogenanntes «Kollektivschadenbild»; siehe auch Seite 46).

Ist ein Gebäude in einem gewissen Gebiet «alleinstehend», d.h. weder von Gebäuden noch von Bäumen umgeben, kann auch der stärkste Sturm kein Kollektivschadenbild im obgenannten Sinne erzeugen.

In diesem Falle kann die Gebäudeversicherung einen Schaden am alleinstehenden Gebäude vergüten, wenn

- während 10 Minuten die durchschnittliche Windgeschwindigkeit mindestens 63 km/h betrug

- oder Böenspitzen von mindestens 100 km/h gemessen wurden.

Böen, die mit 48 km/h genügend stark sind, um auch die stärksten Sonnenstoren zu beschädigen, sind grundsätzlich viel zu schwach, um das oben beschriebene Kollektivschadenbild zu erzeugen. Sie sind grundsätzlich auch viel zu schwach, um als «schadenverursachende Naturgewalt» im eigentlichen Sinne zu gelten, und vermögen den Sonnenstoren nur deshalb zuzusetzen, weil diese im Vergleich zu anderen Teilen der Gebäudehülle ausserordentlich filigran gebaut sind. Aus diesem Grund bezahlen manche Kantonalen Gebäudeversicherungen keine Windschäden an Sonnenstoren. Quelle: [14]

Böenspitzen mit mindestens 100 km/h

0 20 40 60 80 100 120

6.4 Wächtersysteme für Sonnen- und Lamellenstoren

Die Verantwortung für das Verhindern von Windschäden an Sonnenstoren (Markisen) liegt grundsätzlich beim Gebäudeeigentümer.

Dementsprechend ist es Sache des Eigentümers (oder Mieters), die lokalen Windverhältnisse zu beobachten, und die Markise mittels Kurbel oder per Knopfdruck (Motorantrieb) hochzufahren, bevor der Wind die gemäss Windwiderstandsklasse zulässige Höchstgeschwindigkeit erreicht hat.

Seit etwa zwanzig Jahren werden motorangetriebene Sonnenstoren immer häufiger mit einem sogenannten «Wächtersystem» ausgestattet. Dieses besteht aus einem «Windwächter» und einem «Sonnenwächter».

Der Windwächter misst die lokale Windgeschwindigkeit; sobald diese 30 km/h überschreitet, veranlasst er den automatischen Einzug der Sonnenstoren. Der Sonnenwächter misst die Lichteinstrahlung und veranlasst den Einzug, wenn sich der Himmel verdunkelt (denn meist verdunkelt sich dieser vor dem Aufkommen von stärkerem Wind).

Für die optimale Positionierung der Windwächtersysteme sind die Installateure der Sonnen- und Lamellenstoren zuständig.

Neuerdings tendiert man dazu, den automatischen Einzug der Sonnenstoren nicht nur über Wächtersysteme zu steuern, sondern auch mittels SMS, welche von Radarstationen oder vorgelagerten Wetterstationen versendet werden.



Windschäden an Sonnenstoren. Sonnenstoren-Aufhängungen sind zwar genügend robust, um das Gewicht der ausgefahrenen Sonnenstoren zu tragen – jedoch sind sie zu schwach und zu filigran, um sie in kraftvollem Wind zu halten. Dementsprechend gilt: bei aufkommendem Wind das Sonnenstoren-Segel nicht «setzen», sondern einziehen. Bilder: Aargauische Gebäudeversicherung / Gebäudeversicherung Graubünden



Windwächter. Bild: Gebäudeversicherung Graubünden

6.5 Kontrolle und Unterhalt von Fassaden, Läden und Storen

Vernachlässigter Unterhalt ist eine der Hauptursachen für Windschäden an Fassaden, Läden und Storen.

Fassade

Insbesondere bei komplexen Fassaden sowie modernen Laden- und Storensystemen lohnt es sich, für Kontroll- und Unterhaltsarbeiten Fachleute beizuziehen (siehe auch Seite 33). «Gebäudehülle Schweiz», der Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, beschreibt im «Vertrag über Kontroll- und Unterhaltsarbeiten an der Gebäudehülle» bezüglich Fassade folgende Arbeiten:

Kleine Kontrolle der Fassade

- a) Visuelle Kontrolle der gesamten Fassadenfläche:
- Defekte Bekleidungsplatten
 - Zustand der Oberfläche
 - Verformung der Bekleidung
 - Verändertes Fugenbild
 - Lose oder fehlende Befestigungsmittel
- b) Fensterbänke / Zargen:
- Oberflächenbeschaffenheit
 - Korrosion / Rissbildung
 - Abdichtung zum Fenster
- c) Abschlüsse:
- Leibungen
 - Stürze
 - An- und Abschlüsse
 - Sockelabschluss
 - Lüftungsöffnungen / Lüftungsprofile.

Grosse Kontrolle der Fassade

a) Im Rahmen einer grossen Kontrolle, welche grundsätzlich weniger häufig durchgeführt wird als die kleine Kontrolle, werden unter anderem in verschiedenen Bereichen und Gebäudehöhen Fassadenplatten demontiert (Sondieröffnungen). Dabei müssen auch die Festpunkte der Unterkonstruktion kontrolliert werden können. Die demontierten Platten werden auf Fassadenplänen eingetragen; bei jeder Kontrolle werden andere Platten demontiert.

Mit den Sondieröffnungen werden kontrolliert:

- Beschaffenheit der Plattenbefestigung (Schrauben, Nieten, Halter, Nägel)
- Korrosion bei den Befestigungen
- Zwängungen in den Platten (Fest- und Gleitbefestigungen)
- Zustand der Löcher in den Fassadenplatten

b) Aluminium-Unterkonstruktion:

- Kontrolle der Alu-Profile bezüglich Korrosion, Zersetzung, Ausdehnung, etc.
- Bewegungsaufnahme durch Wärmeausdehnung
- Gleitfähigkeit bei den Gleitpunkten
- Kontrolle der Nieten / Schrauben zwischen den Konsolen und den vertikalen Profilen

c) Kontrolle der Verankerung im Verankerungsgrund:

- Korrosion der Schrauben und der Halterung
- Visuelle Kontrolle der Dübel (bei vorhandenen Deformationen sollten Dübelauszugsversuche angeordnet werden; Dübel demontieren und auf Risse oder Verformung prüfen)

d) Holz-Metall-Unterkonstruktion, Holz-Unterkonstruktion:

- Kontrolle der Holzlattungen auf Feuchtigkeitsgehalt, Fäulnis, Befall von Schädlingen, Verformung der Holzlatten
- Korrosion bei den Befestigungen
- Kontrolle der Tragprofile und Konsolen auf Korrosion, Befestigung, Ausdehnung

e) Wärmedämmung:

- Dämmstoffhalter noch vorhanden
- Setzung der Platten und dadurch Fugen in der Wärmedämmung
- Oberfläche der Platten
- Feuchtigkeitsgehalt
- Andere Einwirkungen (Halmfliegen, Mäuse, etc.).

Quelle: Gebäudehülle Schweiz: Unterhaltsverträge über Kontroll- und Unterhaltsarbeiten an der Gebäudehülle (Fassade). Bezugsquelle: www.gh-schweiz.ch

Läden, Storen

Ein Mal pro Jahr sollten die Befestigungen überprüft sowie alte und spröde Materialien (Stoffe, Lamellen) ersetzt werden.

Bei Lamellenstoren sollten gealterte Führungsbänder rechtzeitig ersetzt werden – denn diese werden bei Wind durchgescheuert.

Dank Wetter-Alarm unwettergewarnt



Wer wissen möchte, ob ein Sturm im Anzug ist, kann kostenlos den Wetter-Alarm abonnieren. Dieser informiert per SMS, E-Mail oder Fax bis zu 24 Stunden im Voraus über drohende Unwetter.

Das Abonnieren per SMS ist einfach: Senden Sie ein SMS mit dem Text START WA <Postleitzahl> an die Nummer 4666. Beispiel: Wer in Chur den SMS-Wetteralarm abonnieren möchte, sendet START WA 7000 an 4666.

7.1 Benachbarte Bäume im Sturm



Bäume, die in unmittelbarer Nachbarschaft eines Gebäudes stehen, können diesem während eines Sturmes Schaden zufügen:

- vom Wind hin und her bewegte Äste können an das Dach oder die Fassade schlagen
- abbrechende Äste können sensible Fassadenteile beschädigen
- der gesamte Baum kann vom Sturm in Richtung Gebäude umgeworfen werden.

Primär gefährdet sind dabei das Dach und die Balkone.



Ein umstürzender Baum schrammte dem Dachrand eines benachbarten Gebäudes entlang.



Der Sturm konnte diesem Haus nichts anhaben, jedoch gelang es ihm, zwei benachbarte Bäume in Richtung Haus umzuwerfen.

Wie kann man verhindern, dass ein Gebäude von benachbarten Bäumen beschädigt wird?



Lassen Sie Bäume und Äste nach dem Grundsatz «Wenn der Wind die Bäume wiegt, sollten die Äste das Haus nicht berühren» zurückschneiden. Kontrollieren Sie den Baumbestand in der näheren Umgebung Ihres Hauses regelmässig bezüglich folgender Fragen:

- Sind die Bäume verletzt?
- Sind sie von Pilz befallen?
- Sind Äste abgestorben?

Schadhafte oder abgestorbene Äste bzw. Bäume sollten entfernt werden. Falls Sie nicht sicher sind, ob die Bäume sturmstabil sind, können Sie dies von einem Fachmann überprüfen lassen.

Noch ein Tip bezüglich Bauarbeiten: Falls grössere Teile der Wurzeln eines Baumes entfernt werden müssen, sollte vorgängig abgeklärt werden, welche Folgen dies für die Sturmstabilität des Baumes hat.

Quellen: [09], [23]



Vom Baumschaden über den Dachschaden (oberes Bild) zum Wasserschaden (unteres Bild). Alle Bilder auf Seiten 42/43: Gebäudeversicherung Graubünden

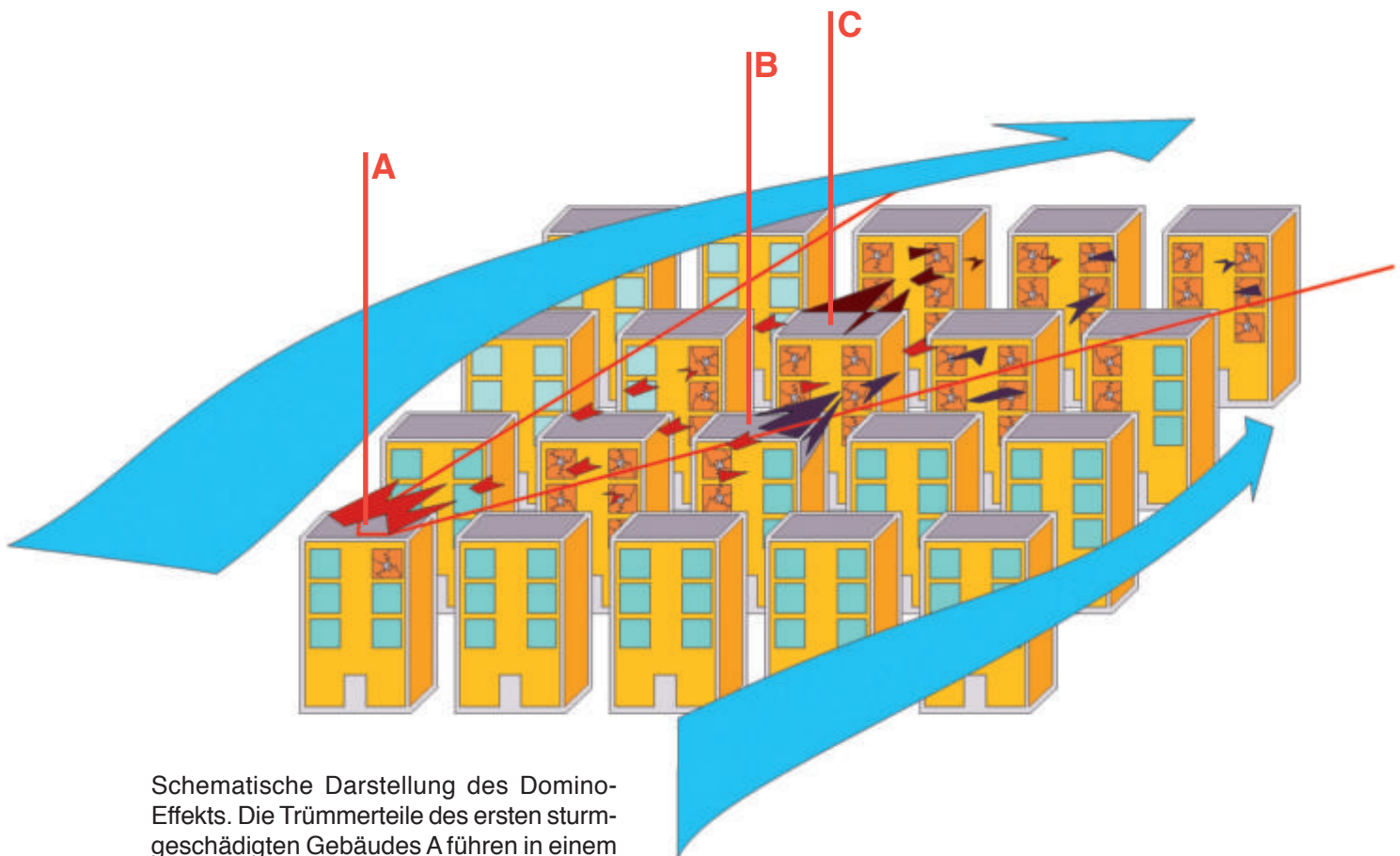
7.2 Wenn Sturmschäden sich fortpflanzen: Der Domino-Effekt

Wenn Sturmböen ein Gebäude erfassen und beschädigen, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass sie Gegenstände mit sich reissen: Dachziegel, Eternitplatten, Fassadenelemente, Blechabdeckungen, Blumentöpfe, Trümmer.

Wenn diese Objekte vom Sturm an benachbarte, unversehrte Gebäude geschleudert werden und dadurch zu weiteren Schäden führen, spricht man von einem «Domino-Effekt». Von diesem Effekt sind vor allem Fenster, Schaufenster und Fassaden- oder Dachbekleidungen betroffen.

Je grösser die Zahl der benachbarten Gebäude und je geringer ihr Abstand, desto weiter kann sich der Domino-Effekt fortpflanzen. Die Ausbreitung eines Schadens, welcher beispielsweise vom Rand einer Überbauung ausgeht, kann sich exponentiell vergrössern und zu hohen Gesamtschäden führen.

In den letzten hundert Jahren hat nicht nur die Siedlungsdichte im Schweizerischen Mittelland stark zugenommen, sondern auch die Verletzlichkeit von modernen Dächern und Fassaden; dementsprechend hat sich der Domino-Effekt zu einem wichtigen Grund für hohe Sturmschäden entwickelt. Quellen: [09], [12]



Schematische Darstellung des Domino-Effekts. Die Trümmerteile des ersten sturmschädigten Gebäudes A führen in einem Sektor von ungefähr 30° bei Gebäude B und C zu weiteren Schäden, welche ihrerseits wieder Schäden generieren können.



12. März 2008: Sturm im Kanton Nidwalden. In diesem Dallenwiler Wohnquartier kommt es zu einem klassischen Domino-Effekt: Gegenstände, die von

Dächern weggeweht werden, führen zu Schäden an den Fassaden benachbarter Gebäude (rote Kreise).



Nahaufnahmen von beschädigten Gebäude-Fassaden. Das Bild links zeigt eine Fassade, in welcher Bruchstücke von losgerissenen



Faserzement-Wellplatten stecken. Diese Bilder zeigen, dass der Domino-Effekt auch für Menschen sehr gefährlich sein kann.



Alle Bilder auf dieser Seite: Nidwaldner Sachversicherung

8.1 Wie ist ein «Sturmwind» definiert?

Der Interkantonale Rückversicherungsverband (IRV) der 19 Kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV), geht von einer versicherungstechnischen Definition aus, bei dem das Schadenbild eines Kollektivschadens im Vordergrund steht:

Ein versicherter Sturm hat sich dann ereignet, «... wenn in der Umgebung eines beschädigten Objekts an einer Mehrzahl von ordnungsgemäss erstellten und unterhaltenen Gebäuden insbesondere Dächer ganz oder zum Teil abgedeckt wurden oder gesunde Bäume erheblich beschädigt wurden.»

Bei einem versicherten Sturmwind werden also gleichzeitig mehrere Gebäude vom selben Ereignis betroffen.

Wo ein Gebäude in einem gewissen Gebiet weder von Gebäuden noch von Bäumen umgeben ist und dementsprechend auch kein Kollektivschadenbild möglich ist, hat sich ein versicherter Sturm dann ereignet, wenn

- eine Windgeschwindigkeit von mindestens 63 km/h (10-Minuten-Mittel) gemessen wurde (ab 63 km/h hat Wind gemäss Beaufort-Skala die Kraft, Schäden zu verursachen; siehe Seiten 6/7)

- oder wenn Böenspitzen von mindestens 100 km/h gemessen wurden (Böenspitzen mit über 100 km/h sind keinesfalls selten – bei den meisten meteorologischen Messstationen treten sie mindestens einmal in zehn Jahren auf, zum Teil auch häufiger; siehe Seiten 10/11).



Klassisches Schadenbild eines Kollektivschadens: mehrere beschädigte Gebäude in Dallenwil NW (12. März 2008; siehe auch Seite 45).
Bild: Nidwaldner Sachversicherung

Diese Sturmdefinition des Interkantonalen Rückversicherungsverbandes gilt für alle Gebäudeteile – für das Tragwerk, das Dach und die Fassade.

Grundsätzlich vergüten die Kantonalen Gebäudeversicherungen nicht nur die Behebung von Gebäudeschäden, die durch Sturm entstanden sind, sondern auch die dabei anfallenden Abbruch-, Aufräum- und Entsorgungskosten (in der Regel mit einer maximalen Begrenzung in Prozent der Versicherungssumme).

Die konkrete Versicherungsdeckung richtet sich nach den gesetzlichen Grundlagen der 19 Kantonalen Gebäudeversicherungen.



Beschädigte Gebäude nach einem Tornado im Jahr 2004. Bild: Gebäudeversicherung Freiburg

A1.1 Sturmsicher planen, bauen und unterhalten: Wer ist wofür zuständig, verantwortlich, haftbar?

Architekt

Bei einem Neubau fungiert er als **Projektverfasser**.

Im Rahmen dieser Funktion

- berücksichtigt er den Wind bei der Wahl von Gebäudeform und -ausrichtung
- ist er zuständig für die Materialwahl (diese muss vor der Ausschreibung festgelegt werden). Somit liegt auch die geeignete Produktwahl bezüglich Fassaden in seiner Verantwortung.
- ist er zuständig für das Unterhalts- und Schutzkonzept.

Bei einem Neubau kontrolliert er als **Bauleiter** die Bauausführung.

Der Ausführungsplaner bzw. der Projektierende (abhängig vom Vertrag) haftet für die korrekte Bemessung.

Bei der Planung sollte sich der Planer an die Normen und Vorgaben der Hersteller halten.

Ingenieur

Der Ingenieur ist verantwortlich für die **Bemessung des Tragwerks und die Befestigungen der Gebäudehülle**. Er berücksichtigt den Wind als äussere Einwirkung und kennt die Mechanismen der Windeinwirkung sowie die mathematischen und physikalischen Grundlagen, mit denen man tragende Elemente und Befestigungen bemessen kann.

Der Bauingenieur ist für die Gesamtstabilität des Gebäudes (Foundation, Tragwerk, Decken- und Wandscheiben) zuständig. Er bemisst die Lagerungen und die Befestigungen. Der Fassadeningenieur und der Fassadenbauer sind zuständig für die konstruktiven Details.

Unternehmer

Die Unternehmer sind zuständig für die **Ausführung**. Befestigungen sind gemäss Vorgaben des Ingenieurs / Herstellers der Befestigungen vorzusehen.

Die Unternehmer übernehmen oft die alleinige Verantwortung gegenüber dem Architekten und dem Bauherrn bezüglich der Art und Anzahl der Befestigungen pro Flächeneinheit.

Von den Unternehmern hängt die Qualität der Erstellung (und auch das Niveau des Unterhalts) eines Gebäudes ab; dies spielt eine entscheidende Rolle bezüglich des Risikos von Sturmschäden am Dach und an der Fassade.

Bezüglich Bemessung auf Wind sind die Planer verantwortlich.

Der Projektleiter muss die entsprechenden Nachweise einfordern. Viele Schadenfälle sind auf Nachlässigkeiten bei diesen Nachweisen oder auf Lücken im Bereich der Schnittstellen zurückzuführen.

Bauherrschaft / Eigentümer

Bei einem **Neubau** wählt der **Bauherr** den Anbieter für Planung und Ausführung aus.

Die Verantwortung der Unternehmer, welche Dächer und Fassaden ausführen, ist riesig. Pfusch am Bau ist oft die Folge von gewaltigem Kostendruck und extremem Zeitdruck, bei dem kaum Zeit für Kontrollen bleibt. Eine gute Bauqualität lässt sich nur erreichen, wenn der Kostendruck bei der Ausführung reduziert wird und die Ausführung der Arbeiten vom Fachmann kontrolliert wird.

Der Bauherr sollte die Wahl des Unternehmers nicht nur vom offerierten Preis abhängig machen. Die Mehrkosten guter Bauqualität sind in den meisten Fällen erheblich geringer als die Schadenskosten, welche bei einem Sturm wegen schlechter Bauqualität entstehen können.

Der Bauherr sollte sich auch bewusst sein, dass die primäre Aufgabe der Gebäudehülle darin besteht, das Gebäude und seinen Inhalt vor Wind und Wetter zu schützen. Diese Funktion muss sie auch dann noch einwandfrei erfüllen, wenn auf Ästhetik und Design Wert gelegt wird.

Bei einem bestehenden Gebäude ist der Eigentümer verantwortlich für den **Unterhalt** seines Gebäudes (Checklisten siehe Seiten 33 und 41).

Es gibt verschiedene gute Gründe, um ein Gebäude sturmsicher zu unterhalten:

- Sturmschäden haben Aufwand und Umtriebe zur Folge
- Sturmschäden ziehen oftmals Folgekosten nach sich (Beispiel: Während heftigem Regen führt ein Sturmschaden am Dach zu Wasserschäden im Gebäude-Inneren)
- Sturmschäden können rechtliche Folgen haben; zum Beispiel dann, wenn Personen, die sich während des Sturms in unmittelbarer Umgebung des Gebäudes aufhalten, von Trümmerteilen getroffen werden; oder wenn ein Domino-Effekt (siehe Seite 44/45) entsteht. Der Gebäudeeigentümer haftet, wenn Teile seines Gebäudes während eines Sturmes Dritten Schaden zufügen!

Die Verantwortung für die Verhinderung von Schäden an Sonnenstoren liegt in jedem Fall beim Gebäudeeigentümer (Sorgfaltspflicht).

Für das richtige Verhalten vor einem Sturm (Sonnenstoren rechtzeitig einziehen; Fenster, Türen und Tore schliessen) sowie nach dem Sturm (Kontrolle bezüglich Schäden) sind nicht nur die Eigentümer, sondern auch die Mieter zuständig. Quellen: [09], [12]



Dieses Dach eines Neubaus wurde von einer Sturmböe abgehoben und auf den Vorplatz geworfen, weil es unzureichend befestigt war. Wer haftet nun? Grundsätzlich gilt: Die Verantwortung liegt beim Bauherrn (Kausalhaftung, wenn sein Werk Schaden anrichtet). Bild: Aargauische Gebäudeversicherung

A1.2 Zuweisung der Verantwortung bei den Fachspezialisten

Bei der Auswahl der Fachleute muss der Bauherr darauf achten, dass die verschiedenen Spezialisten (Architekt, Ingenieur, Konstrukteur und Unternehmer) als Team im seinem Interesse auftreten.

Häufig entstehen Sturmschäden wegen Mängeln im Übergangsbereich zwischen Tragkonstruktion und Gebäudehülle. Diese Mängel sind vielfach darauf zurückzuführen, dass während der Planung und Ausführung des Übergangsbereiches nicht sauber geregelt war, welche Fachleute dafür zuständig sind. Deshalb ist es bei einem grösseren Objekt wichtig, dass das Planungsteam die Windprobleme gemeinsam löst, um Mängel an den Planungs-Schnittstellen zu vermeiden.

Für den Bauherrn ist auch wichtig, dass er sich über die Organisationsform im Planungsprozess auf der Baustelle Klarheit verschafft.

Schnittstellen zwischen den verschiedenen Beteiligten am Bau müssen gerade auch im Falle der Gebäudehülle (Dach, Fassade) klar definiert werden. Dabei ist «definierte Schnittstelle» gleichbedeutend mit:

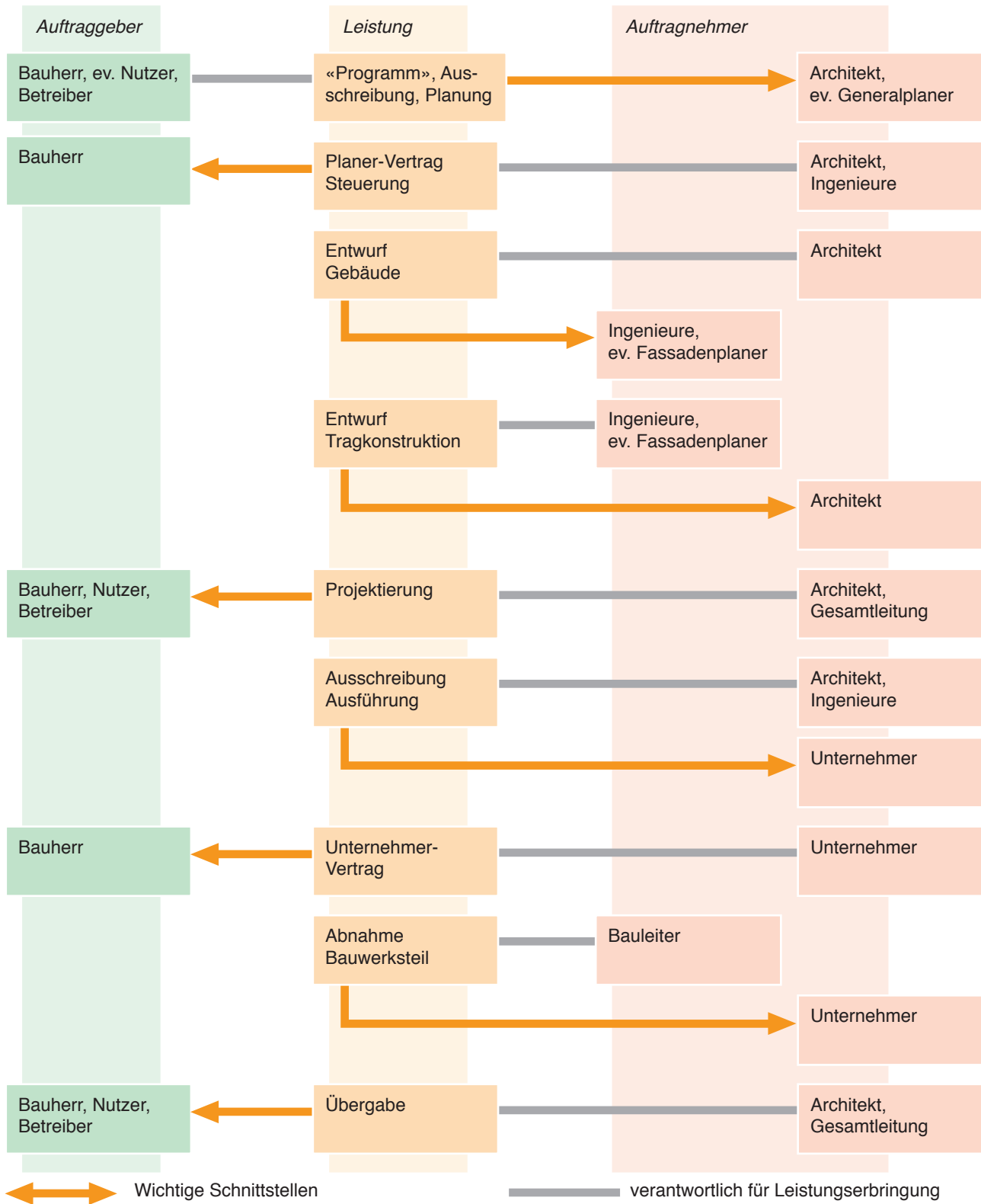
- der klaren Zuweisung der Bemessungsverantwortung für die verschiedenen Teilbereiche
- der gemeinsamen Bearbeitung einer Übergangszone durch die verschiedenen Fachleute
- der Weitergabe der Informationen an die Ausführenden.

Nur so lassen sich unterschiedliche Interpretationen der Beteiligten frühzeitig erkennen und auf einen gemeinsamen Nenner bringen. Quelle: [27]



Während gewissen Bauphasen ist ein Gebäude besonders verletzlich bezüglich schadenverursachendem Wind; diese beiden Aufnahmen von Mauerwerk, welches von Windböen umgeworfen wurde, illustrieren dies auf eindruckliche Weise. Dementsprechend beginnt die konkrete Windschaden-Prävention eines Gebäudes bereits mit der Grundsteinlegung. Bilder: Gebäudeversicherung Graubünden





Organisationsform Einzelleistungsträger (bzw. Einzelleistungs-Erbringer) und Aufgabenverteilung.
 In dieser Organisationsform wirkt der Architekt als

Gesamtleiter. Die Grafik zeigt, wo sich die Schwachpunkte bezüglich Verantwortung der Beteiligten für die Realisierung eines Gebäudes befinden. Grafik aus [27]

A1.3 Das Projekt «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung»: Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Projekt-Autoren

Jacques-André Hertig, Dr. sc. techn. Dipl. Bauing.
ETH, Wind Engineering EFLUM – EPFL, Lausanne
Bruno Zimmerli, Prof. Dr. sc. techn. Dipl. Bauing.
ETH, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Die Bemessung von Gebäudehüllen (Fassaden und Dächer) für Windeinwirkungen ist ein wesentlicher Kostenpunkt für die Gebäudeversicherungen. Schuld sind die sehr hohen Aufwendungen, welche bei Windschäden abzudecken sind.

Tragsysteme

Effektiv hat die Überprüfung der Schäden bei den grossen Sturmereignissen (Vivian, Lothar, Martin), welche die Schweiz am Ende des 20. Jahrhunderts durchquert haben, gezeigt, dass alle Tragsysteme, die nach den Normen der SIA 160 (neu SIA 260 und 261) bemessen worden sind, eine gute Qualität aufweisen und sich sowohl bezüglich Tragsicherheit als auch Gebrauchstauglichkeit einwandfrei verhalten haben. Für die Versicherungen und die Gesellschaft ergeben sich an den erwähnten Tragsystemen keine Schadenskosten.

Gebäudehüllen

Die gleiche Überprüfung zeigt hingegen, dass die Windstürme in erster Linie in Wäldern, an isoliert stehenden Bäumen und an Gebäudehüllen Schäden verursachen. Bei den Gebäudehüllen handelt es sich zum einen um Schäden, die durch ungenügende Befestigungen von Dach- und Fassadenelementen entstehen sowie Fehler im Konzept, in der Ausführung und im Unterhalt. Zum andern lösen auch Domino-Effekte grössere Schäden aus. Es handelt sich um Trümmer und andere Schadensobjekte, welche durch den Wind transportiert werden und auf ihrem Weg unversehrte Konstruktionen treffen und beschädigen. Betroffen sind vor allem Fenster, Schaufenster und Fassaden- oder Dachbekleidungen.

Schäden an der Gebäudehülle durch Windeinwirkungen haben einen grossen ökonomischen Einfluss, da die Versicherungen eine grosse Anzahl kleiner und mittlerer Schäden zu begleichen haben.

Auswirkungen und Lage (Exposition) des Gebäudes

Die Studie hat auch daran erinnert, dass die Auswirkungen des Windes sehr unterschiedlich und von der

Lage (Exposition) des Gebäudes abhängig sind. Es resultiert eine grosse räumliche Variation verbunden mit der Topographie der Schweiz und den unterschiedlichen Überbaumungsmustern. So spielen die lokale und regionale Ausgangslage, Abschattungs- und Schutzwirkungen der verschiedenen Hindernisse und der Wälder eine wichtige Rolle, wenn es um den Umfang der potenziellen Schäden geht. Es gilt noch hervorzuheben, dass nicht alle Konstruktionen, welche Mängel aufweisen, auch tatsächlich während grosser Windereignisse durch extreme Windeinwirkungen beansprucht sind.

Bemessung der Fassaden

Die Antworten sind komplex und verlangen einen gezielten Zugang durch mehrere Akteure aus dem Bereich der Konstruktion.

Die Bemessung der Fassaden wird durch die Unsicherheit in der Bestimmung der Innendrucke und der Drucke zwischen den verschiedenen Konstruktionselementen bestimmt (Auswirkungen der Windgeschwindigkeiten im Innern). Tatsächlich ergeben sich infolge des Windes vernünftige räumliche Verteilungen der äusseren lokalen Drucke auf die Gebäudehülle. Windkanalversuche, welche für sehr grosse Bauten ausgeführt werden, ergeben vernünftige Druckverteilungen für die Bemessung von Fassaden. Dagegen erlauben diese Studien kaum Angaben von gültigen inneren Druckverteilungen und vor allem von deren zeitlichen Schwankungen.

Berechnungsmodelle überprüft und mit neuen ergänzt

Die Modelle, welche in den verschiedenen Normen und auch wissenschaftlichen Publikationen vorgeschlagen werden, haben sich diesbezüglich als mangelhaft erwiesen. Deshalb sind im Projekt «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung» bestehende Modelle überprüft und mit neuen ergänzt worden. Es sind drei Berechnungsmodelle entwickelt worden, welche die Einwirkungen auf die Fassadenelemente bestimmen. Berücksichtigt wird die Gleichzeitigkeit der inneren und äusseren Drucke, die Porosität der Fassaden und das Volumen der Hohlräume sowie deren innere Unterteilung. Das gilt sowohl bezüglich der Abschnitte als auch der Zwischenräume zwischen den verschiedenen Schalen oder Oberflächen der Fassaden.

Untersuchung des Innendrucks

Der Innendruck ist im Projekt Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung mit hoher Priorität untersucht worden. Die entwickelte Methodik erlaubt es, die Drücke und Befestigungen aller in der Wirklichkeit angetroffenen Fälle zu berechnen. Es ist gezeigt worden, dass die inneren Drücke primär von den Öffnungen auf der Gebäudehülle, von ihrer Lage und auch von ihrer Grösse abhängig sind. Sie sind auch vom inneren Volumen abhängig. Wenn die Abmessungen der Öffnungsquerschnitte im Vergleich mit dem inneren Volumen bedeutend sind, ist der innere Druck das Mittel der äusseren Drücke, welche auf die Öffnungen wirken.

Wenn die Öffnungsquerschnitte gering sind, hängen die inneren Drücke vom Volumen hinter der Fassadenhaut ab. Hier sind die Bedingungen am unterschiedlichsten und stark variabel. Es ist zu unterscheiden zwischen einfachen Fassaden ohne frei zirkulierendes Luftvolumen zwischen der äusseren und inneren Haut und den belüfteten Fassaden oder Sandwichfassaden mit einem frei zirkulierenden Luftvolumen zwischen zwei oder mehreren Schalen.

Im Falle der einfachen Fassaden folgen die inneren Drücke den klassischen Modellvorstellungen. Im andern Fall der hinterlüfteten Fassade hängt der Druckausgleich von der Porosität der Fassaden, dem Volumen des hinterlüfteten Raumes, von der Lage der Öffnungen und auch dem Öffnungsquerschnitt ab. Das Volumen spielt eine bedeutende Rolle. Wenn es gross ist, beansprucht der Druckausgleich eine bedeutende Zeitspanne und ist deshalb nicht mehr in Phase mit dem äusseren Druck. Daraus entstehen bedeutende Einwirkungen auf die äussere Fassadenhaut.

Wenn das Volumen klein ist, geschieht der Druckausgleich sehr rasch. Der resultierende Druck auf die Fassade bleibt für alle äusseren Druckbedingungen schwach. Dabei darf allerdings der Druck nicht über die Kanten des Gebäudes oder zwischen Öffnungen auf verschiedenen Seiten kommunizieren.

Versuche an Lamellen

Es sind auch noch Versuche an Lamellen (von Sonnen- und Wetterschutzanlagen) durchgeführt worden, um die extremen Einwirkungen zu bestimmen, welche durch den Wind hervorgerufen werden. Dem Ingenieur werden Hilfsmittel für die Berechnung der Einwirkungen auf Elemente, welche horizontal vor der Fassade montiert sind, zur Verfügung gestellt.

Massnahmen: drei Richtungen beschriftet

Das Projekt hat die grosse Komplexität der Reduktion von Windschäden auf Gebäudehüllen aufgezeigt. Im Angesicht dieser Komplexität sind drei Richtungen bei den Massnahmen beschriftet worden.

- Die erste befasst sich mit der Analyse der Schäden bedingt durch die vergangenen Windstürme, den Vorschriften der Normen und den geltenden Empfehlungen und auch den Kenntnissen aus der Literatur sowie den durchgeführten Messungen im Windkanal.
- Die zweite hat darin bestanden, die vorhandenen Daten aus früheren Messungen erneut zu analysieren und die Kenntnisse über die Windeinwirkung auf Fassaden zu verbessern. Diese Verbesserung ist mit neuen theoretischen Entwicklungen und mit Modellberechnungen begleitet worden.
- Als dritte Massnahme sind zusätzliche Versuche an Elementen, welche an der Fassade befestigt sind, durchgeführt worden. Dazu gehören Lamellenstoren, für die entsprechende Windeinwirkungen bestimmt worden sind.

Die Kenntnisse sind mit dem Bericht zum Projekt Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung für die Bauingenieure in die Praxis umgesetzt worden. Mit dem vorliegenden Bericht sollen vor allem Architekten und Planer angesprochen werden. Der Architekt muss dem Bauherrn mit überzeugenden Argumenten zeigen können, dass die Qualität für eine erfolgreiche Gebäudehülle ihren Preis hat.

Übersicht über die Projekt-Dokumente

Schlussbericht

Hertig, J.-A.; Zimmerli, B.: Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung. 2009

Kurzfassung für Bauherren

Zimmerli, B.; Hertig, J.-A.: Schadenprävention gegen Wind – Anliegen an die Bauherren. 2009

Schulungsunterlage für Praktiker

Boog, P.: Schadenprävention gegen Wind – Schulungsunterlage für Praktiker. 2009

Diese Dokumente sind im Internet abrufbar auf www.praeventionsstiftung.ch

A2.1 Winterstürme (Westwind-Stürme)

Winterstürme (auch Westwind-Stürme genannt) dringen aus Richtung West (Nordwest bis Südwest) in die Schweiz ein (Winterstürme werden sie genannt, weil sie im Winterhalbjahr zwischen Oktober und April auftreten).

Winterstürme wirken sehr grossflächig – ihre Zugbahn kann 1000 bis 2000 km lang sein und über mehrere Länder verlaufen. In der Regel dauern sie ein bis mehrere Tage. Sie betreffen grundsätzlich die ganze Schweiz, jedoch den Süden und Osten etwas seltener als den Norden und Westen.

Keine andere Form von Sturm vermag in der Schweiz im Rahmen eines einzelnen Ereignisses so hohe Schadenssummen zu verursachen wie ein Wintersturm.

Im Dezember 1999 zog der Wintersturm Lothar in etwa zweieinhalb Stunden über die Schweiz hinweg. Vom Jura her überquerte er das Mittelland, die Zentralschweiz und die Nordostschweiz; die inneren Alpentäler sowie die Süd- und die Südostschweiz blieben verschont. Er erreichte selbst in einigen Tallagen Böengeschwindigkeiten von über 140 km/h.

Im Berner Oberland traten starke Föhnwinde auf, die ähnlich hohe Windgeschwindigkeiten wie der Wintersturm selbst aufwiesen. Quellen: [09], [11]



Grössere Schäden am Dach und an der Fassade eines Stalles durch Lothar, 1999. Bild: Gebäudeversicherung Freiburg



Armierter Betonmast bei Stans NW – von Lothar «gefällt». Bild: Andreas Walker

A2.2 Gewitterstürme

Gewitterstürme entstehen dort, wo die Aufwärtsbewegung von warmer, feuchter Luft zur Bildung von grossen Wolkentürmen führt. Sie kommen zu jeder Jahreszeit vor. Hitzegewitter treten hauptsächlich im Sommer in den frühen Abendstunden auf.

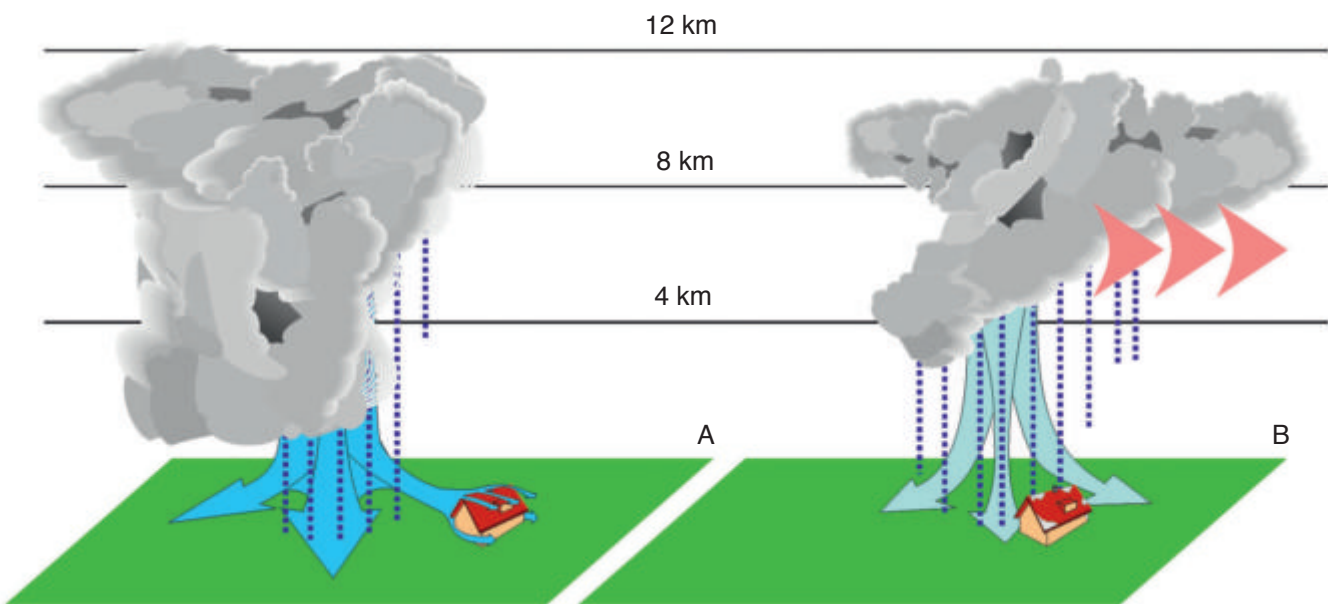
Gewitter können innerhalb einer halben Stunde entstehen und sich über mehrere Stunden weiterentwickeln und weiterziehen. In heftigen Gewitterstürmen kann es zu Fallwinden, Hagel und Tornados kommen.

Im unteren Teil der Wolken kommt es während des Gewitters auch zu einer Abwärtsbewegung der Luftmasse; diese wird durch die fallenden Wassertropfen, welche die umgebende Luft durch Reibung mitschleppen, verstärkt.

Die kalte, abwärts strömende Luftmasse breitet sich auf der Erdoberfläche aus wie Wasser, das man aus einem (Wolken-)Eimer auf den Boden giesst (Bild A).

Sie strömt in eine praktisch stehende Luftmasse hinein – in die sprichwörtliche «Ruhe vor dem Sturm». Zwischen strömender und ruhender Luft kommt es zu einem plötzlichen Geschwindigkeitsanstieg des Windes («erste Böe») – ein für einen Gewittersturm charakteristisches Phänomen.

Die kalte, abwärts strömende Luftmasse erzeugt während etwa 5 bis 30 Minuten einen äusserst böigen Wind. Die Gewitterwolke zieht währenddessen weiter (Bild B) oder löst sich auf.



Entwicklung eines Gewittersturms. Darstellung gemäss Grafik in [26]



15:20:17 Uhr



15:25:29 Uhr



15:27:19 Uhr



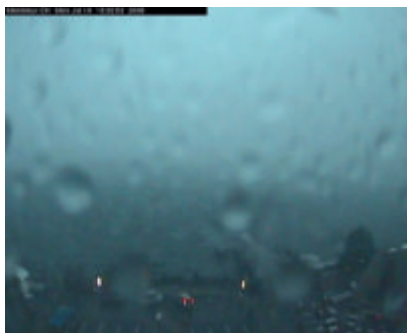
15:28:20 Uhr



15:29:41 Uhr



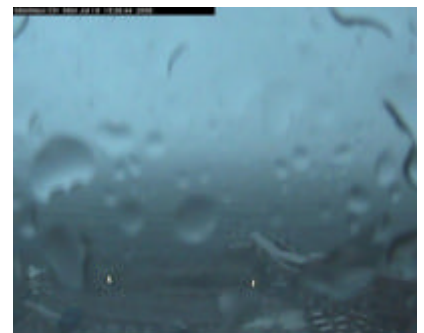
15:30:43 Uhr



15:32:53 Uhr



15:34:23 Uhr



15:38:44 Uhr



15:49:05 Uhr

Gewittersturm Montreux, 2005

18. Juli 2005: Ein heftiger Gewittersturm bewegt sich vom Genfersee auf Montreux zu und überquert die Stadt. Die Webcam des Hotels «Splendid» zeichnet auf, wie der Sturm auf sie zukommt und über sie hinwegfegt. Innerhalb einer halben Stunde ist der Spuk vorbei.

15:20 Uhr: kaum Wellen auf dem See, noch scheint in Montreux die Sonne
15:29 Uhr: Die Böenfront des Gewittersturms erreicht Montreux
15:34 Uhr: Der über Montreux hinwegziehende Sturm überschüttet die Stadt mit Hagel.

Bilder: Hotel «Splendid», Montreux

A2.3 Föhnstürme

Föhn ist ein warmer, trockener Fallwind, der auf der Alpennordseite durch ganz bestimmte «Föhntäler» (siehe Grafik) mehr oder weniger heftig vom Innern der Alpen zum Alpenrand strömt. In seltenen Fällen vermag er bis ins Mittelland vorzudringen; die weitesten Vorstösse gelangen ihm im Bodensee-Gebiet. Er tritt vor allem im Frühjahr (März, April, Mai) auf, aber auch im Herbst und Winter.

Gemäss MeteoSchweiz erreichen Föhnstürme in den Alpentälern Böenspitzen von 130 bis 160 km/h. In Gipfellagen sind 200 km/h, in sehr exponierten Kamm-lagen sogar mehr als 250 km/h möglich – Geschwindigkeiten, welche sich mit Winterstürmen wie Vivian und Lothar durchaus vergleichen lassen.

Strömt der Föhn auf der Alpensüdseite von Norden her zu Tal, bezeichnet man ihn als «Nordföhn». Quellen: [03], [09], [17].

Spitzengeschwindigkeiten von Föhn-Böen

Adelboden BE	17.12.1983	133 km/h
Aldorf UR	13.12.1981	158 km/h
Brienz BE	27.5.2008	132 km/h
Elm GL	16.1.2008	124 km/h
Engelberg OW	8.11.1983	158 km/h
Evionnaz VS	17.12.1997	126 km/h
Giswil OW	8.11.1983	148 km/h
Glarus GL	10.10.1987	141 km/h
Meiringen BE	17.12.1997	139 km/h
Vaduz	6.1.1994	149 km/h

Quelle: [25]



Im rötlich hinterlegten Gebiet ist der Föhn zu Hause. Die Pfeile geben an, wie er durch die «Föhntäler» in Richtung Alpenrand strömt.

Föhntäler sind beispielsweise in Graubünden das Vorder- und Hinterrheintal, das Oberhalbstein, die Lenzerheide und das Churer Rheintal. Weitere Föhntäler sind ● das St. Galler Rheintal, das Seeztal (Walensee) und das Glarnerland ● das obere und untere Reusstal ● das

Engelberger Tal und der Brünig ● das obere und untere Aaretal ● Kander-, Simmen- und Saanetal ● Wallis. Während stürmischen Ereignissen hat der Föhn oft genügend Energie, um über die kalte Luft im Mittelland hinweg bis zu den Höhenzügen des Juras vorzustossen, wo man ihn als Wind aus südöstlicher bis südlicher Richtung wahrnimmt (rote Pfeile in der Nordwestschweiz). Grafik: J.-A. Hertig, Hertig & Lador SA

A2.4 Tornados

Ein Tornado ist ein äusserst heftiger, vertikaler Luftwirbel mit einem Durchmesser von etwa 200 bis 300 Metern. Er bewegt sich relativ zum Boden mit 30 bis 100 km/h und hat eine durchschnittliche Lebensdauer von ein paar Minuten. Seine Zugbahn ist einige hundert Meter breit, etwa 15 bis 20 km lang, und in der Schweiz primär nach Nordosten ausgerichtet. Tornados entstehen innerhalb eines Gewittersturms mit fallendem Wind. Während heissen Sommertagen mit ausgeprägter Gewitterneigung ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie entstehen, am grössten. Am häufigsten treten sie im August auf, etwas weniger häufig im Juni. Tornados sollte man nicht mit Hurricanes oder Taifunen verwechseln; diese tropischen Stürme verwüsten viel grössere Gebiete als Tornados und können bei uns nicht auftreten.

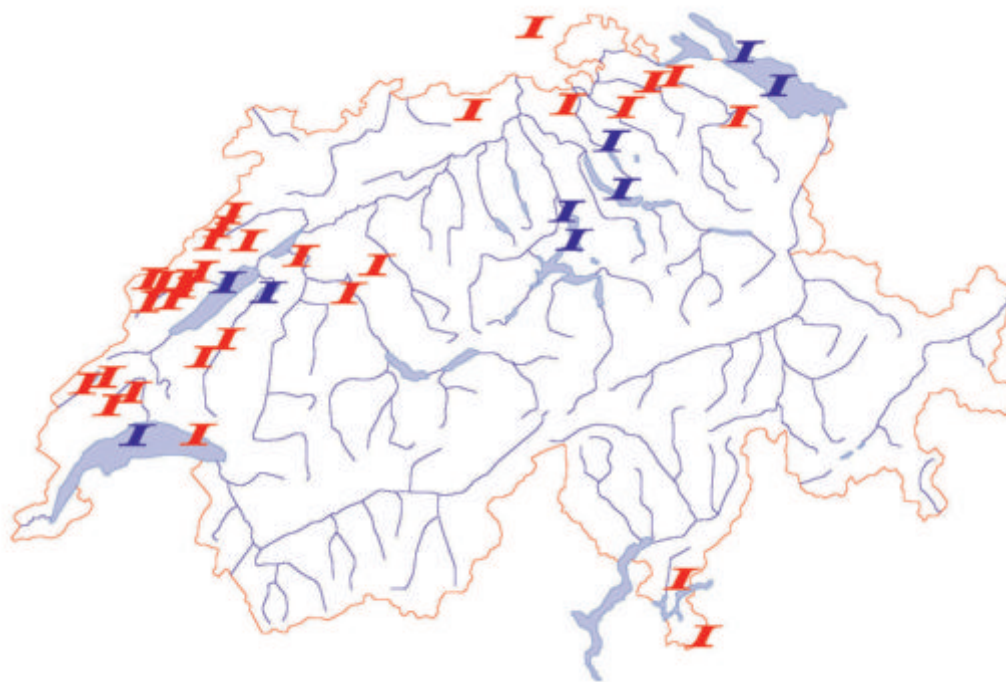
Die stärksten Tornados, die in der Schweiz auftreten, sind generell schwächer als jene, die in den USA übers Land ziehen. In der Schweiz muss man mit ein bis fünf Tornados pro Jahrzehnt rechnen, die zu mehr oder weniger grossen Sachschäden führen.

Da die Fläche, auf der sie sich austoben, selten grösser als einige Quadratkilometer ist, ist der Gesamtschaden, den sie (insbesondere im Vergleich mit Winterstürmen wie Lothar oder Vivian) hinterlassen, gering.

Falls es jedoch der meteorologische Zufall will, dass ein Tornado seine Zugbahn über eine dicht besiedelte Schweizer Stadt zieht, muss man mit Grossschäden rechnen. Quellen: [03], [04], [26].



Einen Tornado, der über einer grösseren Wasserfläche entsteht, bezeichnet man als «Wasserhose». Foto: Wasserhosen, die sich am 4. August 2006 über dem östlichen Teil des Bodensees bildeten. Bild: Hans-Peter Milt, Rorschacherberg



Registrierte Tornados (rot) und Wasserhosen (blau) in der Schweiz. Im westlichen Jura scheinen sich Tornados besonders gut zu entwickeln – insbesondere im

Vallée de Joux und in der Region von La Chaux-de-Fonds. Die ältesten Hinweise auf Tornados im Jura stammen aus dem Jahr 1624. Grafik/Quelle: [03]

Die Wirkung eines Tornados ist räumlich sehr begrenzt. Innerhalb dieser Grenzen kann sie aber ein verheerendes Ausmass erreichen – auch in der Schweiz. So haben Tornados schon mehrmals in der Vergangenheit

zu Auswirkungen geführt, wie man sie eigentlich nur aus dem Ausland kennt: kilometerlange Schneisen im Wald, zerfetzte Gebäude, durch die Luft geschleuderte Fahrzeuge. Quelle: [03].

La Chaux-de-Fonds, 1926

Am 12. Juni 1926 bildete sich nordöstlich von La Chaux-de-Fonds ein Tornado und zog nördlich an der Stadt vorbei. Insgesamt legte er eine fast schnurgerade Strecke von 22 Kilometern zurück (Ausrichtung SW-NE), wobei er nach 7 Kilometern vom Boden abhob und 3 Kilometer weiter wieder mit der Erdoberfläche Kontakt aufnahm.

Mehrere Personen wurden vom Tornado erfasst und schwer verletzt; ein achtjähriger Junge erlag den Verletzungen. Unzählige Gebäude wurden beschädigt oder zerstört, ebenso grössere Waldflächen.

Am 23. August 1934 wurde die Region La Chaux-de-Fonds nochmals von mehreren Tornados heimgesucht; dabei wurden drei Menschen getötet.



Weitere Bilder zum Ereignis auf den Seiten 19 und 30. Bildquelle oben: Perrochet-Matile, Lausanne (Postkarte); unten: Arts graphiques Haefeli & Co., La Chaux-de-Fonds (Postkarte).



Vallée de Joux, 1971

Am 26. August 1971 entwickelte sich über dem Vallée de Joux ein Tornado. Bei der Ortschaft Le Brassus nahm er Bodenkontakt auf und zog von da aus mit ungefähr 60 km/h eine schnurgerade und praktisch durchgehende Schneise der Verwüstung von etwa 20 Kilometern Länge.

Bilanz: 79 Gebäude beschädigt, davon 18 schwer. Drei Scheunen sowie mehrere Fahrzeuge wurden vollständig zerstört. Quelle: [03].



Wo immer der Tornado auf Gebäude traf, riss er diesen die Dächer teilweise oder gar vollständig fort.



Übersicht über einen Teil der Tornado-Zugbahn; diese verläuft von der Bildmitte aus zum Bildbetrachter hin. Foto: J.-A. Hertig



Auf diese Weise schuf er weithin sichtbare Symbole für seine Zerstörungskraft. Fotos: J.-A. Hertig



Wo der Tornado gewütet hatte, sah es zum Teil aus wie nach einem Krieg – vor allem dort, wo demolierte Fahrzeuge herumlagen, die der Tornado durch die Luft geschleudert hatte. Foto: J.-A. Hertig

Quellenverzeichnis

[01] Albisser, P.: [Wasserhosen über dem Bodensee](#). MeteoSchweiz, 2006. www.meteoschweiz.admin.ch

[02] Aller, D.; Egli, T.; Rüttimann, D.; Stucki, M.: [PLA-NAT-Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Teil B: Anwendung des Risikokonzepts: Prozess Sturm](#). Vorläufige Version, Februar 2009

[03] Bader, S.: [Klima und Wasserkreislauf](#). Vorlesung, Teil Klima. Geographisches Institut der Universität Zürich, Februar 2009

[04] Bader, S.: [Tornados in der Schweiz](#). MeteoSchweiz, Juni 2001

[05] Barredo, J.I.: [No upward trend in normalised windstorm losses in Europe: 1970-2008](#). Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 97–104, 2010

[06] Boog, P.: [Schadenprävention gegen Wind – Schulungsunterlage für Praktiker](#). 2009

[07] Cook, N.J.: [The Designers Guide to Wind Loading of Building Structures](#), BRE, Butterworths, Part 1, 1985, and Part 2, 1990

[08] Duding, O.: [Stürmische Bise, vor allem am Genfersee](#). MeteoSchweiz, 2010. www.meteoschweiz.admin.ch

[09] Egli, T.: [Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren](#). Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.), Bern, 2007

[10] Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.): [Lothar. Der Orkan 1999. Ereignisanalyse](#). Birmensdorf, Bern, 2001. (Anmerkung des Fachexperten B. Zimmerli: Diese Publikation enthält verschiedene Fehler bezüglich Normen und Bemessung – insbesondere die falsche Aussage, dass die Normen die Böen solcher Stürme nicht berücksichtigen würden.)

[11] Eidg. Forschungsanstalt WSL; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.): [Lothar. Der Orkan 1999. Zusammenfassung](#). download auf www.waldwissen.net

[12] Hertig, J.-A.; Zimmerli, B.: [Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung](#). Schlussbericht, 2009

[13] Lowinski, L.: [Daten und Fakten zu Tornados in Deutschland](#). Info-Blatt, Meteos GmbH, Skywarn Bayern, 2004

[14] Meile-Müller, L.: [Der Sturmwind im Gebäudeversicherungsrecht – Besprechung eines Entscheides des Zürcher Verwaltungsgerichtes. «Sicherheit&Recht»](#), 3/2009, S. 206–209

[15] MeteoSchweiz: [Orkan Lothar](#). MeteoSchweiz, 1999. www.meteoschweiz.admin.ch

[16] Müller, E.; Bader, S.; Hächler, P.: [Orkan Lothar – 10 Jahre danach](#). MeteoSchweiz, 2009. www.meteoschweiz.admin.ch

[17] Norm SIA 261 (2003): [Einwirkungen auf Tragwerke](#). Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich

[18] Stoll, M.; Hostettler, A.; Gerstgrasser, D.: [Wasserhose über dem Zugersee](#). MeteoSchweiz, 2009. www.meteoschweiz.admin.ch

[19] Stoller, P.: [Grundlagen Gebäudehülle](#). 2. Auflage, 2007. erweitert mit Karl Sutter: «Baustoff-Lexikon Gebäudehülle». grafitext-Verlag, Treiten, 2002. www.grafitext.ch

[20] Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden: [Windeinwirkung im Fassadenbau](#). Ventilator 1, Juni 2007

[21] Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden (Hrsg.): [SFHF-Richtlinien für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden. Grundsätze und Hinweise für die Projektierung, Bemessung, Konstruktion und Ausführung](#). 2. Auflage, 2005

[22] Verband Schweiz. Anbieter von Sonnen- und Wetterschutz-Systemen: [VSR Merkblatt über den Einfluss der Windgeschwindigkeiten auf Sonnen- und Wetterschutz-Systeme](#). Version Januar 2010. www.storen-vsr.ch

[23] Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF: [So schützen Sie Gebäude gegen Sturm](#). Leitfaden für Hauseigentümer (Download auf www.kgvonline.ch)

[24] Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF: [Fachtagung «Gebäudeschutz gegen Wind»](#). Tagungsunterlagen, 2009

[25] Z'graggen, L.; Gerstgrasser, D.: [Heftiger Föhnsturm, vor allem im Berner Oberland](#). MeteoSchweiz, 2008. www.meteoschweiz.admin.ch

[26] Zimmerli, B.; Hertig, J.-A.: [Dokumentation D 0188: Wind](#). Kommentar zum Kapitel 6 der Normen SIA 261 und 261/1 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke. SIA Zürich, 2006

[27] Zimmerli, B.; Hertig, J.-A.: [Schadenprävention gegen Wind – Anliegen an die Bauherren](#). Kurzfassung für Bauherren, 2009

Quellen im Internet

[30] www.kgvonline.ch
Kantonale Gebäudeversicherungen: Objektschutz bei Naturgefahren – Tips für Hauseigentümer bei Sturm

[31] www.naturgefahr.ch
Egli Engineering

[32] www.gvb.ch
Gebäudeversicherung Bern

[33] www.ecab.ch
Gebäudeversicherung Kanton Freiburg

[34] www.gvg.gr.ch
Gebäudeversicherung Graubünden

[35] www.gvasg.ch
Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen

[36] www.gvz.ch
Gebäudeversicherung Kanton Zürich

[37] www.hev-schweiz.ch
Hauseigentümerversand (HEV) Schweiz

[38] www.svv.ch
Schweizerischer Versicherungsverband

[39] www.wikipedia.org
Wikipedia

Übersicht über die Projekt-Dokumente

Hertig, J.-A.; Zimmerli, B.: [Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windeinwirkung](#). 2009

Zimmerli, B.; Hertig, J.-A.: [Schadenprävention gegen Wind – Anliegen an die Bauherren](#). 2009

Boog, P.: [Schadenprävention gegen Wind – Schulungsunterlage für Praktiker](#). 2009

Diese Dokumente sind im Internet abrufbar auf www.praeventionsstiftung.ch.

Normen

Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, Zürich (Herausgeber):

- Norm SIA 180 (1999): [Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau](#)
- Norm SIA 232 (2000): [Geneigte Dächer](#) (ab 2011 Norm SIA 232/1)
- Norm SIA 233 (2000): [Bekleidete Aussenwände](#) (ab 2011 Norm SIA 232/2)
- Norm SIA 260 (2003): [Grundlagen der Projektierung von Tragwerken](#)
- Norm SIA 261 (2003): [Einwirkungen auf Tragwerke](#)
- Norm SIA 261/1 (2003): [Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen](#)
- Norm SIA 329 (2008): [Vorhangfassaden](#)
- Norm SIA 331 (2008): [Fenster und Fenstertüren](#)
- Norm SIA 342 (2009): [Sonnen- und Wetterschutzanlagen](#)
- Norm SIA 343 (2010): [Türen und Tore](#)

SN EN 1991-1-4: 2005 [Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1.4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten](#)

Weiterführende Literatur

Britschgi, H.; Egli, S.; Gadola, M.; Kesselring, S.; Walker, M.; Weyermann, M.: [Fassadenbau. Planung und Ausführung vorgehängter hinterlüfteter Fassaden \(VHF\)](#). Bildungszentrum Polybau, Uzwil, 2. Auflage, 2009

Egli, T.: [Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren](#). Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (Hrsg.), Bern, 2007
download auf www.vkf.ch

Fallot, J.-M.; Roten, M.: [La tempête de foehn des 7 et 8 novembre 1982](#). Cahier de l'Institut de Géographie de Fribourg «UKPIK» N°3, p.63-79, 1985

Gebäudehülle Schweiz: [Wegleitung zur Norm SIA 271 Abdichtung im Hochbau](#), 2010

Hanselmann, B.; Kuster, A.; Stoller, P.: [Abdichtungen am Hochbau. Planung und Ausführung](#). grafitext-Verlag, Treiten, 2. Auflage, 2010. www.grafitext.ch

Heneka, P.: [Schäden durch Winterstürme – das Schadenrisiko von Wohngebäuden in Baden-Württemberg](#). Dissertationsreihe am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe (TH), Heft 2006/4

Herzog, J.-L.; Golaz, C.: [Le cyclone orageux du 12 juin 1926](#). Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1926, Anhang Nr. 3

Kraus, H.; Ebel, U.: [Risiko Wetter – Die Entstehung von Stürmen und anderen atmosphärischen Gefahren](#). Springer Verlag, Berlin, 2003

Piaget, A.: [L'évolution orageuse au nord des Alpes et la tornade du Jura vaudois du 26 août 1971](#). Veröffentlichungen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Nr. 35, 1976

Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden (Hrsg.): [SFHF-Richtlinien für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden](#). Grundsätze und Hinweise für die Projektierung, Bemessung, Konstruktion und Ausführung. 2. Auflage, 2005

Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband (suissetec): [Wegleitung für die Bemessung der Befestigung von Bekleidungen und Deckungen aus Dünoblech](#). CD-ROM, 2003. Erhältlich über den onlineshop auf www.suissetec.ch

Schweizerische Ziegelindustrie VSZ: [Das Tonziegeldach](#). 2. Auflage 2002

Stoller, P.: [Geneigte Dächer](#). Fachkunde für Dachdecker. grafitext-Verlag, Treiten, 2004. www.grafitext.ch

Stoller, P.: [Grundlagen Gebäudehülle](#). 2. Auflage, 2007. erweitert mit Karl Sutter: «Baustoff-Lexikon Gebäudehülle». grafitext-Verlag, Treiten, 2002. www.grafitext.ch

Stucki, M.; Egli, T.: [Elementarschutzregister Hagel](#). Untersuchungen zur Hagelgefahr und zum Widerstand der Gebäudehülle. Synthesebericht. Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen, 2007

Vanomsen, P.: [Windlastprüfung von Rollläden und Raffstoren](#). Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF / Egli Engineering. Abrufbar auf www.kgvonline.ch

Weiterführendes im Internet

www.praeventionsstiftung.ch

Präventionsstiftung der Kantonalen
Gebäudeversicherungen

www.vkf.ch

Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen

www.wetteralarm.ch

Wetter-Alarm

www.meteoschweiz.admin.ch

MeteoSchweiz

www.sia.ch

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SIA

www.webnorm.ch

SIA Online Shop für das schweizerische Normen-
werk des Bauwesens

www.gh-schweiz.ch

Gebäudehülle Schweiz (Verband Schweizer Gebäu-
dehüllen-Unternehmungen)

www.suissetec.ch

suissetec (Schweizerisch-Liechtensteinischer
Gebäudetechnikverband)

www.storen-vsr.ch

Verband Schweizerischer Anbieter von
Sonnen- und Wetterschutz-Systemen VSR

www.tordach.org

TorDACH. Kompetenzzentrum für lokale Unwetter
in Deutschland, Österreich und der Schweiz

www.sturmarchiv.ch

Sturm Archiv Schweiz

www.sturmarchiv.ch/index.php/Tornados

www.tordach.org/ch

Tornados in der Schweiz

www.naturgewalten.de

Thomas Sävert: Naturgewalten

www.hausinfo.ch

Hausinfo: Tips und Rat für alle Fälle

Der nächste Sturm kommt
bestimmt. Ist Ihr Gebäude bereit?
Bild: Gebäudeversicherung Freiburg





Dieser Synthesebericht vermittelt eine Übersicht über die verschiedenen schadenverursachenden Winde, die in der Schweiz auftreten: Wintersturm, Bise, Föhn, Gewittersturm, Tornado.

Er erläutert, warum und auf welche Weise diese Winde und die Böen an Gebäuden zu Schäden führen – und wie man diese Schäden präventiv vermeiden kann.

Er will Architekten, Planern und Bauherrschaften einen verständlichen, anschaulichen Einstieg bieten in die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Schlussberichts zum Projekt «Schadensverminderung an Gebäudehüllen unter extremer Windwirkung».

