

HAGELSICHERE FLACHDÄCHER - NUR WAS GEPRÜFT IST, IST NACHWEISLICH SICHER

Kann Hagel ein Flachdach so beschädigen, dass es undicht wird? Hagel ist häufig die Ursache für Schäden an Gebäuden. Der Hagelwiderstand von Bauteilen und Materialien kann jedoch in der Praxis getestet und verglichen werden - somit können Schäden verhindert werden.

  Norbert Tholl, Solutions GmbH, Emmen

Mit dem Klimawandel treten nicht nur vermehrt Starkregen, sondern auch Hagelanschlag auf. Hinzu kommt, dass gerade die Bebauung in den hauptsächlich betroffenen Gebieten in den letzten Jahrzehnten stark angewachsen ist, wodurch sich eine wachsende Schadenssumme (im Jahr 2005 über 80 Millionen Franken) ergibt. Heute sind etwa ein Drittel der durch Naturereignisse entstandenen Gebäudeschäden auf Hagel zurückzuführen.

ENTSTEHUNG UND BETROFFENE REGIONEN

Die Hagelgefährdung richtet sich nach Klima, Topografie und Windverhältnisse. Damit Hagel entstehen kann, muss aufsteigende, feuchte Luft in den Wolken auf kalte Luft treffen. Entstehen bei Unwetter vertikale, zirkulierende Luftschichten, de-

ren Temperaturen um den Gefrierpunkt liegen, können Hagelkörner anwachsen. Werden sie zu schwer, fallen sie herab - je grösser, desto schneller.

In der Schweiz sind insbesondere die Regionen östliches und zentrales Mittelland, östlicher Jura und die Zentralschweiz betroffen. Nähere Aussagen geben die Hagelgefährdungskarten in der SIA 261/1.

Im «Bericht zur nationalen Risikoanalyse - Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020» wird Hagelschlag neu als eine der 44 Gefährdungen in der Schweiz aufgeführt (publiziert unter Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS: www.risk-ch.ch).

PRÜFVERFAHREN

Da nicht alle Bauteile und Baustoffe gleich auf Hagelschlag reagieren, hat man diese vergleichend untersucht. Dazu benötigte

man ein Prüfverfahren, welches ausreichend breit einsetzbar ist.

Peter Flüeler von der EMPA in Dübendorf widmete sich diesem Thema intensiv. Bereits 1976 konnte eine Methode mit einer «Hagelkanone» zur Simulation des Hagelschlages publiziert werden. Diese Erkenntnisse flossen in die spätere Prüfnorm EN 13583 «Abdichtungsbahnen - Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen - Bestimmung des Widerstandes gegen Hagelschlag»



Hagelkanone der p+f Sursee über zu prüfendem Systemaufbau



Canon à grêle de p+f Sursee au-dessus de la structure du système à tester.

DES TOITS PLATS RÉSISTANT À LA GRÊLE - SEULS LES TESTS PERMETTENT DE PROUVER QU'UN MATÉRIAU EST SÛR

Et si oui, comment peut-on le protéger? La grêle est souvent la cause des dommages causés aux bâtiments. Cependant, la résistance à la grêle des éléments de construction et des matériaux peut être testée et comparée dans la pratique - et les dommages peuvent ainsi être éliminés.

  Norbert Tholl, Solutions GmbH, Emmen

Suite au changement climatique, il n'y a pas seulement plus souvent de fortes pluies, mais aussi davantage de grêle. À cela s'ajoute le fait que l'urbanisation des principales zones touchées par la grêle a connu une croissance forte au cours des dernières décennies, ce qui entraîne une augmentation de la somme des dommages (plus de 80 millions de francs en 2005). Aujourd'hui, environ un tiers des dommages subis par des bâtiments suite à un phénomène naturel sont dus à la grêle.

FORMATION DE LA GRÊLE ET RÉGIONS CONCERNÉES

Le risque de grêle dépend du climat, de la topographie et du vent. La grêle se forme

lorsque l'air humide montant rencontre de l'air froid dans les nuages. Quand des couches d'air verticales dont les températures avoisinent zéro degrés se forment et circulent lors d'un orage, cela peut engendrer la croissance de grêlons. Lorsqu'ils deviennent trop lourds, ils finissent par tomber - plus ils sont gros, plus ils tomberont vite.

En Suisse, cela concerne plus particulièrement les régions du centre et de l'est du Plateau suisse, l'est du Jura et la Suisse centrale. Les cartes des risques de grêle de la norme SIA 261/1 donnent des indications plus précises.

Dans le «Rapport de l'analyse nationale des risques de catastrophes ou de situa-

tions d'urgence Suisse 2020», la grêle est désormais mentionnée comme l'un des 44 risques en Suisse (publié par l'Office fédéral de la protection de la population OFPP: www.risk-ch.ch).

MÉTHODES D'ESSAI

Comme tous les éléments de construction et matériaux ne réagissent pas de la même façon à la grêle, on les a étudiés de manière comparative. Il fallait pour cela une méthode d'essai utilisable sur un spectre suffisamment large.

Peter Flüeler de l'EMPA à Dübendorf s'est penché en profondeur sur ce sujet. Déjà en 1976, il a été possible de publier une méthode impliquant un «canon à grêle»

ein. Dabei werden Bauteile und Baustoffe mit einer 40 mm Polyamidkugel («künstlicher Hagel») beschossen und die Schädigungsenergie (Messung der Masse und der Geschwindigkeit) ermittelt.

Die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) als Dachorganisation der Kantonalen Gebäudeversicherungen übernahm ein weiterentwickeltes Prüfverfahren. Die geprüften Bauteile werden seit 2008 im Schweizer Hagelregister gelistet und sind bezüglich ihrer Hagelwiderstandsfähigkeit klassifiziert: www.hagelregister.ch

PRÜFUNG DER HAGELWIDERSTANDSFÄHIGKEIT NACH VKF

Gegenüber der Europäischen Norm weist die Schweizer Prüfung nach VKF-Prüfbestimmung ein paar Änderungen auf:

- Es wird ein Flachdachmodell mit Dämmstoff, Befestigung und Aufbordanagement aufgebaut.
- Anstelle einer Systemprüfung erfolgt eine Produktprüfung, wobei die Fläche an mehreren, auch kritischen Stellen sowie an der Kehle und der Aufbordanagement «beschossen» werden.
- Der «Beschuss» erfolgt mit porenarmen, rissfreien, massiven Eiskugeln

pour simuler la grêle. Ces résultats ont été intégrés à la future norme de test EN 13583 «Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles bitumineuses, plastiques et élastomériques d'étanchéité de toiture - Détermination de la résistance à l'impact de la grêle». Ce procédé consiste à tirer une sphère en polyamide de 40 mm («grêle artificielle») sur des éléments de construction et matériaux, pour ensuite déterminer l'énergie d'endommagement (en mesurant la masse et la vitesse).

L'association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) comme organisation faîtière des établissements cantonaux d'assurance des bâtiments a adopté une méthode d'essai plus perfectionnée. Les éléments de construction ayant fait l'objet de tests sont listés au registre suisse nommé répertoire grêle et ils

Tabelle 1: Prüfung der Hagelwiderstandsfähigkeit

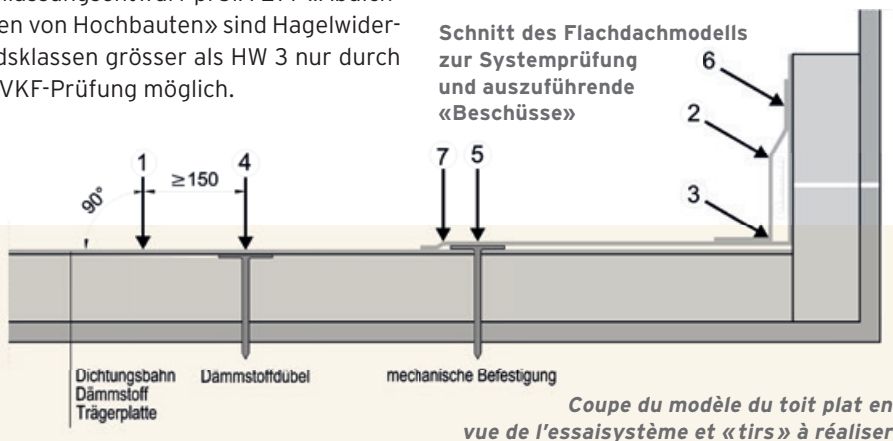
Durchmesser Hagelkorn (mm)	10	20	30	40	50	80
Hagelwiderstandsklasse	HW 1	HW 2	HW 3	HW 4	HW 5	
Masse Hagelkorn (g)	0,46	3,64	12,3	29	57	233
Fallgeschwindigkeit (m/s)	13,77	19,48	23,85	27,54	30,79	38,95

Prüfung der Hagelwiderstandsfähigkeit. Die VKF Prüfbestimmung Nr. 9 für Dichtungsbahnen lässt bei der Masse eine Toleranz zu. Berechnungen der Fallgeschwindigkeit erfolgte nach SIA 261/1, Abschnitt 6.3.3.

(deren Herstellung eine Wissenschaft für sich ist) anstatt mit einer Polyamidkugel. Die Grösse der Eiskugeln und die Fallgeschwindigkeit variieren. Damit ergeben sich fünf Klassen, die sich in der einwirkenden kinetischen Energie unterscheiden (siehe Tabelle).

Nach dem «Beschuss» muss die Abdichtung des Flachdachmodells an allen beschossenen Stellen weiterhin dicht bleiben, um diese Klasse zu bestehen. Überprüft wird dies mit einer sechsfachen Lupe und einem Vakuumtest. Gemäss Vernehmlassungsentwurf prSIA 271 «Abdichtungen von Hochbauten» sind Hagelwiderstandsklassen grösser als HW 3 nur durch eine VKF-Prüfung möglich.

Aus diesem Grund heraus entschloss sich die Firma swisspor AG, ihre Polymerbitumen-Dachbahnen als Systemprüfung nach VKF auf Hagelwiderstand prüfen zu lassen. Der Systemaufbau bestand aus einer typischen, zweilagigen Bitumenabdichtung über einer EPS-Wärmedämmung. Diese Prüfungen konnten im Prüf- und Forschungsinstitut p+f Sursee durchgeführt werden, welches von der EMPA in Dübendorf die geeignete Prüfeinrichtung übernehmen konnte. Beide Systemprüfungen erreichten prob-



sont classifiés selon leur résistance à la grêle: www.hagelregister.ch

ESSAI DE LA RÉSISTANCE À LA GRÊLE SELON AEA I

Comparé à la norme européenne, le test suisse conforme aux conditions d'essai AEA I présente quelques modifications:

- On construit un modèle du toit plat avec l'isolation, la fixation et le relevé.
- Au lieu de l'essai système, on procède à un essai des produits en «ouvrant le feu» sur la surface à plusieurs endroits,

y compris les endroits critiques, ainsi qu'au niveau de la noue et du relevé.

- Les «tirs» se font avec des billes de glace présentant peu de pores, exemptes de fissures et massives (dont la fabrication est une science en soi) au lieu de la boule en polyamide. La taille des billes de glace et leur vitesse de chute vont varier. Cela donne cinq classes qui diffèrent par l'énergie cinétique qui agit sur le toit (voir tableau).

Suite à ces «tirs», l'étanchéité du toit plat doit continuer d'être étanche à tous les endroits ayant essuyé des tirs pour être admis dans cette classe. On vérifie cela à l'aide d'une loupe qui grossit 6 fois et d'un essai de vacuum. Selon le projet mis en consultation de la SIA 271 «Étanchéité des bâtiments», les classes de résistance à la grêle supérieures à la classe HW 3 ne peuvent être obtenues que suite à un essai AEA I.

C'est pour cette raison que la société swisspor AG a décidé de faire tester la résistance à la grêle de ses lés de toit en bi-

Tableau 1: Essai de la résistance à la grêle

Diamètre du grêlon (mm)	10	20	30	40	50	80
Classe de résistance à la grêle	HW 1	HW 2	HW 3	HW 4	HW 5	
Masse du grêlon (g)	0,46	3,64	12,3	29	57	233
Vitesse de chute (m/s)	13,77	19,48	23,85	27,54	30,79	38,95

Essai de la résistance à la grêle. Les conditions d'essai AEA I N° 9 pour lés d'étanchéité autorisent une tolérance pour la masse. Calculs de la vitesse de chute effectués selon SIA 261/1, par. 6.3.3.

lemlos die beste Hagelwiderstandsklasse HW 5, sodass auf Vorschlag von p+f Sursee der hochwertigere Aufbau verschärft geprüft wurde, indem man den «Beschuss» mit 80mm dicken Eiskugeln durchführte (in Anlehnung an VKF). Diese Verschärfung bedeutet gemäss Tabelle 1 eine 6,5-fach grössere kinetische Energie. Dass dies nicht praxisfremd ist, beweisen historische Hagelereignisse mit 13cm Hagelkugeln 1927 in Rothenburg (LU) oder 8cm grossen Hagelkugeln 2012 in Mendrisiotto (TI).

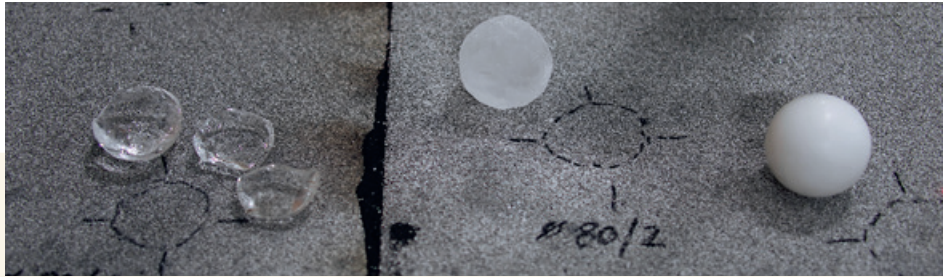
Auch diesen Extremtest bestand das getestete Flachdach ohne Schaden. Die «Hagelkanone» des p+f Sursee ist mit 80 mm Durchmesser am Limit, so dass das Gewicht der Kugel noch erhöht wer-

Zustand des zweilagigen Bitumendachs nach dem Extremtest:

Links: PBD ist dicht, 80mm Eiskugel ist zerbrochen

Mitte: PBD ist dicht, ungebrauchte, noch nicht polierte 80mm Eiskugel zum Vergleich

Rechts: PBD ist dicht, schwerere 80mm Polyamidkugel



État du toit à deux couches de bitume après l'essai extrême:

Gauche: ét. bit. pol. étanche, boule de glace de 80 mm brisée

Centre: ét. bit. pol. étanche, boule de glace de 80 mm non utilisée, pas encore polie, à titre de comparaison

Droite: ét. bit. pol. étanche, boule lourde en polyamide de 80 mm

tume de polymère sous forme d'essai système selon AEAI. La structure du système était composée d'une étanchéité typique en deux couches de bitume posées sur une isolation thermique en PSE. Ces tests ont pu être réalisés à l'institut d'essai et de recherche p+f Sursee, qui a pu reprendre le dispositif d'essai approprié de l'EMPA à Dübendorf. Les deux essais système ont obtenu sans problème la classe de résistance à la grêle la plus élevée, HW 5, si bien que p+f Sursee a proposé de procéder à un essai plus sévère de la structure plus qualitative en lui «tirant dessus» avec des billes de glaces de 80mm de diamètre (en analogie à AEAI). Cette plus grande sévérité signifie, selon le tableau 1, que l'énergie cinétique a été multipliée par 6,5. Des événements historiques de grêle prouvent que cette démarche est loin d'être déconnectée de la réalité, compte tenu des grêlons de 13cm tombés en 1927 à Rothenburg (LU) ou de 8cm tombés à Mendrisiotto (TI) en 2012.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERKENNTNISSE:

- Hagel ist vielfach Ursache für Gebäudeschäden. Prüfen Sie anhand von Hagelgefährdungskarten (in SIA 261/1) ihr Risiko.
- Der Hagelwiderstand von Bauteilen und Baustoffen ist praxisgerecht prüf- und vergleichbar.
- Flachdächer, richtig geplant und gebaut, stellen im Vergleich zu Steildächern kein erhöhtes Hagelschlagrisiko dar, wenn man widerstandsfähige Produkte wählt.
- Der VKF pflegt ein Hagelregister und bietet diverse weitergehende Informationen an.
- Folgeschäden durch Hagel auf Flachdächern sind Undichtigkeiten. Auch Flachdächer mit Auflast (Begrünung oder Bekiesung) sind gefährdet, wenn ihre Anschlüsse nicht zusätzlich geschützt sind. Folgeschäden von undichten Dächern können mit der Zeit beträchtlich werden.

den konnte, um die kinetische Energie noch einmal um gut 60 Prozent zu steigern. Dies war mit einer Polyamidkugel möglich, da Polyamid eine höhere Dichte als Eis aufweist. Insgesamt erreichte damit die kinetische Energie der aufschla-

genden Kugel gut das Zehnfache im Vergleich zu einer Eiskugel für die höchste Hagelwiderstandsklasse HW 5. Und auch diesen Test bestand das Flachdach ohne Schaden.

Die zweilagige bituminöse Flachdachabdichtung der swisspor AG erfüllt damit die an der p+f Sursee stärkst möglichen Hagelschlagversuche, welche um den Faktor 10 stärkere Einwirkungen aufweisen, verglichen mit der besten Hagelwiderstandsklasse HW 5. Somit bieten solche Flachdachabdichtungen höchste Sicherheit gegenüber Hagelschlag.

plus grande densité que la glace. Au total, l'énergie cinétique de l'impact de la boule a atteint environ dix fois celle d'une boule de glace utilisée pour la plus haute classe de résistance à la grêle, HW 5. Et le toit plat a également réussi ce test sans dommage.

L'étanchéité du toit plat bitumineuse en deux couches de swisspor résiste donc aux essais de grêle les plus forts qu'il est possible de réaliser au p+f Sursee et qui présentent des impacts 10 fois plus forts que la meilleure classe de résistance à la grêle, HW5. Ce type d'étanchéité pour toit plat offre donc un maximum de sécurité contre la grêle.

RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES:

- La grêle est souvent la cause des dégâts subis par des bâtiments. Vérifiez votre risque à l'aide de cartes des risques de grêle (dans SIA 261/1).
- Il est possible de tester et comparer la résistance à la grêle des éléments de construction et matériaux d'une manière adaptée à la pratique.
- Conçus et construits correctement, les toits plats ne représentent pas de risque accru au niveau de la grêle en comparaison aux toits en pente quand on choisit des produits résistants.
- L'AEAI entretient un registre grêle et propose diverses informations plus en détail.
- Les dommages consécutifs à la grêle sont des problèmes d'étanchéité. Tout comme les toits plats supportant une charge (végétalisation ou gravier) encourent un risque si leurs raccords ne bénéficient pas d'une protection supplémentaire. Au fil du temps, les dommages consécutifs à une toiture non étanche peuvent prendre une envergure considérable.