



K.A.R.L.[®] INSIGHTS

kompakt - informativ - wissenschaftlich fundiert

Schneelast

Globale Informationen, Lokale Analysen

Schneelast - Globale Informationen, Lokale Analysen

Die Last mit der weißen Pracht

In den Tropen erübrigt sich die Frage, aber bereits in den gemäßigten Breiten wird sich das Problem in den nächsten Wintermonaten mit Sicherheit wieder stellen: Mit welchen Schneelasten ist zu rechnen und hält das Dach möglichen Extrembelastungen Stand?

Insbesondere international operierende Unternehmen stehen vor diesen Fragen, wenn fernab der Firmenzentrale Lagerhallen angemietet oder neu errichtet werden müssen. Die behördlichen Vorgaben streuen weit von Land zu Land und wirken oft wenig zuverlässig.

Die KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH hat sich dieser Probleme angenommen und Lösungen gefunden.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu anderen Naturgefahren ist das Thema Schneelast eine verkannte Größe. Rund um den Globus kam und kommt es wiederholt zu bedrohlichen Situationen und schweren Katastrophen bedingt durch Schneelast. Hierzu hat insbesondere die Tatsache beigetragen, dass offizielle Vorgaben zur Traglast von Dachkonstruktionen eher ökonomischen als wissenschaftlichen Prinzipien folgen. Vor diesem Hintergrund ist es nahezu unmöglich, das tatsächlich bestehende Unfallrisiko realistisch einzuschätzen.

Das Informationssystem K.A.R.L. der KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH schließt diese Lücke, indem über K.A.R.L.-Analysen globale Orientierungswerte möglicher maximaler Schneelasten angeboten werden.

Darüber hinaus können für einzelne Standorte detaillierte Risikoanalysen auf der Grundlage regionaler Wetterdaten in Auftrag gegeben werden. Hierzu wird ein Beispiel anhand der Stadt New York vorgestellt.

Gefahr von oben - Traglast überschritten

Unheimliches widerfuhr im Winter 2011 den Arbeitern in einer osteuropäischen Lagerhalle: Elektrokabel, die noch am Vortag straff gespannt waren, hingen plötzlich schlaff von der Wand. Die Ursache war schnell entdeckt: Der Last der Schneemassen, die sich über Nacht auf dem Dach aufgetürmt hatten, waren die Wände der Stahl-Leichtbauhalle nicht mehr gewachsen und krümmten sich von Minute zu Minute mehr. Es bestand höchste Einsturzgefahr. In aller Eile wurde das Dach vom Schnee geräumt und die Gefahr gebannt. Kurze Zeit später zeigten die Kabel wieder das gewohnte Bild.

Nicht immer endet eine solche Situation glimpflich. So gilt der Winter 2005/2006 nach wie vor als ein besonders düsteres Kapitel in der Historie der durch Schneelast hervorgerufenen Unfälle. Es begann am 2. Januar 2006 mit dem Einsturz der Eissporthalle in bayrischen Bad Reichenhall, bei dem 15 Menschen ums Leben kamen. Wie sich später herausstellte, war die Last des auf dem Dach der Halle liegenden Schnees nur mittelba-



Abb. 1: Die Fotos wurden der KA freundlicherweise von einem Kunden zur Verfügung gestellt.

rer Auslöser der Katastrophe, denn das Gewicht des Schnees hatte den Grenzwert, für den das Hallendach konstruktiv ausgelegt war, noch nicht überschritten. Jedoch in Kombination mit Baumängeln, die von Experten bei nachfolgenden Untersuchungen festgestellt wurden, war das Unglück gewissermaßen vorprogrammiert.

Nur wenige Wochen später stürzte das Dach einer Messehalle im polnischen Kattowitz ein und begrub sogar 65 Menschen unter sich. Auch hier standen Baumängel als Ursache der Tragödie in Verdacht. Wurden diese Ereignisse noch als Einzelfälle betrachtet, so änderte sich die Situation schon wenig später, als in vielen Orten Bayerns, Oberösterreichs, der Steiermark und Niederösterreichs zahlreiche Dachstühle unter größeren Schneemassen einbrachen. Der Winter 2005/2006 ist vielen

Hilfskräften, der Feuerwehr und dem Militär in ungueter Erinnerung geblieben und hat überdies gezeigt, dass die tatsächlichen Schneelasten die maximal erwarteten Werte erheblich überschreiten können.

Leider sieht man den Schneemassen, die sich über Nacht auf den Dächern aufgetürmt haben, ihr Gewicht nicht auf Anhieb an. Insbesondere die Dichte des Schnees, die zwischen 100 kg/m³ bei frisch gefallenem Pulverschnee und 900 kg/m³ bei klarem Wasser-Eis variieren kann, spielt hierbei eine wichtige Rolle. Die Lawinenzentrale im Bayerischen Landesamt für Umwelt hat die nachfolgenden Richtwerte und Rechenbeispiele veröffentlicht, mit denen sich aktuelle Schneelasten abschätzen lassen.

Ein halber Meter trockener Altschnee auf dem Dach

		mittlere Dichte im kg/m ³	
Neuschnee	Die Schicht lässt sich mit der Faust oder der flachen Hand eindrücken	100	
Gut gesetzter, verdichteter, trockener oder leicht feuchter Altschnee	Die Schicht lässt sich nur mit einem spitzen Bleistift oder einem Messer eindrücken. Aus dem Schnee lassen sich kompakte Blöcke ausstechen.	300	
Stark durchnässter Altschnee	Beim leichten Drücken einer Probe (Schneeball) läuft sofort Wasser heraus.	500	
Schnee-Eis (trüb)		800	
Wasser-Eis (klar)		900	

Zur Bestimmung der Auflast ermittelt man die jeweilige Schichtstärke (in m) und multipliziert sie mit der zugehörigen mittleren Dichte. Die Ergebnisse für die einzelnen Schichten werden anschließend zusammengezählt. Das Ergebnis ist die Auflast pro m² der Schneedecke auf eine ebene Fläche.

Beispiel:
Schneedecke aufgebaut (von unten nach oben) aus 5 cm Schnee-Eis, darüber 50 cm gut gesetzter Altschnee, darauf 30 cm Neuschnee.

Schneeart	Mittlere Dichte (kg/m ³)	x	Schichtstärke (in m)	=	Auflast (kg/m ²)
Neuschnee	100	x	0,30	=	30
Altschnee trocken	300	x	0,50	=	150
Schnee-Eis	800	x	0,05	=	40
Summe:					220

Die Auflast der Beispiels-Schneedecke beträgt 220 kg/m².

Abb. 2: Beispielberechnung einer Schneelast.

einer etwa 10 qm großen Garage kann mit rund 1,5 t schon in der Größenordnung des Gewichts des darunter stehenden Autos liegen.

Bestandsaufnahme - Offizielle Vorgaben variieren stark

Aus wirtschaftlichen Erwägungen liegen die in den nationalen und regionalen Baunormen vorgeschriebenen Schneelasten, für die die Tragwerke von Gebäuden ausgelegt werden sollen, oft deutlich unterhalb der sehr selten vorkommenden maximal möglichen Schneelasten. In vielen Gegenden ist sogar unklar, ob die Maximalwerte überhaupt bekannt sind oder ob man sich jemals der Mühe unterzogen hat, sie wissenschaftlich nachvollziehbar zu berechnen. Im Fall der oben erwähnten Lagerhalle, deren Wände sich unter der Last des Schnees verbogen hatten, wurden die regionalen zulässigen Schneelasten nach dem Winter 2011 kurzerhand um knapp 30 Prozent heraufgesetzt. Ob das für die Zukunft ausreichen wird oder ob es sich hierbei nur um eine politisch motivierte Aktion handelte, ist unklar.

Wie sich im Rahmen einer von der KA durchgeführten globalen Recherche herausstellte, sind die Ansätze, nach denen die statische Auslegung von Gebäuden hinsichtlich der Schneelast festgelegt werden sollen, im internationalen Vergleich höchst unterschiedlich. Zu finden sind: Erfahrungswerte bzw. maximal beobachtete Lasten, „charakteristische Schneelasten“ (was immer das bedeuten mag), aus Wetterdaten statistisch ermittelte 50jährige Schneelasten sowie Kartenwerke mit Schneelastzonen, aus denen sich dann die konkreten

Werte für einzelne Orte - teilweise jedoch mit etlichen Ausnahmeregelungen - berechnen lassen. Diese Methode wird z.B. in Deutschland verwendet.

In vielen Fällen sind die Hintergründe und Methoden, nach denen bei diesen Festlegungen vorgegangen wurde, nicht mehr rekonstruierbar. Vereinzelt trifft man allerdings auch auf wissenschaftlich fundierte Ansätze, nach denen zu erwartende maximale Schneelasten auf der Basis konkreter Wetterdaten und nachvollziehbaren Modellvorstellungen ermittelt wurden.

Das Fazit dieser Bestandsaufnahme lässt sich leider wie folgt zusammenfassen: Neben ernst zu nehmenden wissenschaftlichen Berechnungsmethoden spielen ganz offensichtlich politische und ökonomische Einflüsse, Leichtsinns ebenso wie übertriebene Vorsicht oder auch schlechte bzw. gänzlich fehlende Erfahrungen eine große Rolle. Weltweit gesehen ist das Spektrum der zulässigen maximalen Schneelasten deshalb außerordentlich breit gestreut und unübersichtlich.

Was ist zu erwarten? - Ein globaler Lösungsansatz

Auf der Basis globaler Klimadaten (langjährige mittlere Monatsniederschläge sowie monatliche Maximal- und Minimaltemperaturen) wurde bei der KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH ein globales Analysemodell für die Schneefall-relevanten Gebiete entwickelt, mit dem die mutmaßlich zu erwartenden maximalen Schneelasten für jeden Punkt der Erde ermittelt werden können. Zur

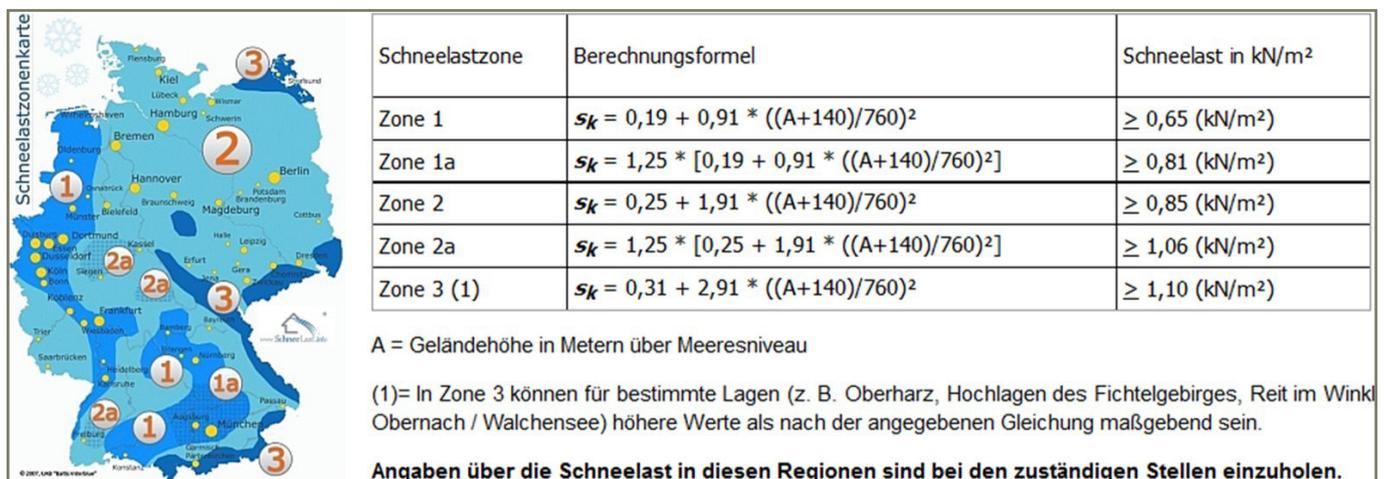


Abb. 3: Schneelastzonen in Deutschland (Quelle: www.SchneeLast.info).

Kalibrierung des Modells wurde eine Stichprobe von 90 offiziellen Schneelast-Vorgaben aus den USA, Kanada, Europa, China, Korea und Japan herangezogen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Stichprobenelemente sowohl möglichst viele unterschiedliche Klimazonen und topographischen Höhenbereiche abdecken als auch aus zuverlässigen amtlichen Quellen stammen. Aufgrund der vorangegangenen Erhebungen war trotz der sorgfältigen Stichprobenauswahl nicht zu erwarten, dass sich die modellgerechneten Schneelasten eindeutig mit den ihnen gegenübergestellten offiziellen Schneelast-Vorgaben korrelieren lassen. Vielmehr zeigt sich ein relativ breiter Variationsbereich, für den mit großer Wahrscheinlichkeit die oben beschriebenen, nicht-wissenschaftlichen Einflussfaktoren verantwortlich sein dürften. Das bedeutet: Unter vergleichbaren Klimabedingungen können die behördlich vorgegebenen Schneelasten um bis zu 30 % von den modellgerechneten Mittelwerten abweichen. In Gebieten, wo von Natur aus entweder nur sehr wenig oder besonders viel Schnee fällt, sind sogar noch größere prozentuale Abweichungen festzustellen.

Um diese Bedingungen vollständig abbilden zu können, haben wir drei Schneelast-Modelle erstellt, die sich jeweils an den Unter- und Obergrenzen sowie dem Mittelwert der Korrelation zwischen den einerseits von uns berechneten und andererseits den offiziell vorgegebenen Schneelasten orientieren. Die Ergebnisse dieser Modellrechnungen lassen sich als Weltkarten zu er-

wartender maximaler Schneelasten wiedergeben (Abb. 4). K.A.R.L. greift bei seinen Angaben auf die dort dargestellten Datensätze zurück. Die Modellvarianten sind folgendermaßen zu verstehen:

Unterer Grenzwert (Lower Limit):

95 % der aus verschiedenen Weltregionen stammenden, offiziell vorgeschriebenen, Grenzlaster überschreiten diesen Wert. Die Tragfähigkeit von Dachkonstruktionen sollte sich also auf jeden Fall oberhalb dieser unteren Grenzlaster bewegen.

Mittelwert (Mean):

Dieser gibt den Konsens zwischen den gefundenen Empfehlungen wieder. Je nach Klimabedingungen an einem untersuchten Standort lägen ca. 50 % der behördlich vorgegebenen Schneelasten darüber und 50 % darunter. Sollten die offiziellen Vorgaben oder die Tragfähigkeit eines Hallendaches unterhalb dieses Wertes liegen, ist auf alle Fälle Vorsicht geboten. Liegen sie dagegen höher, kann man zumindest davon ausgehen, dass die betreffende Schneelast nur selten erreicht oder überschritten wird, denn der berechnete Mittelwert tendiert aufgrund einzelner eingerechneter sehr hoher Schneelastvorgaben bereits deutlich zur sicheren Seite. Absolute Sicherheit ist damit aber immer noch nicht gegeben.

Oberer Grenzwert (Upper Limit):

95 % der im Rahmen der Stichprobe ausgewerteten Empfehlungen liegen unterhalb dieses Wertes, d.h. man

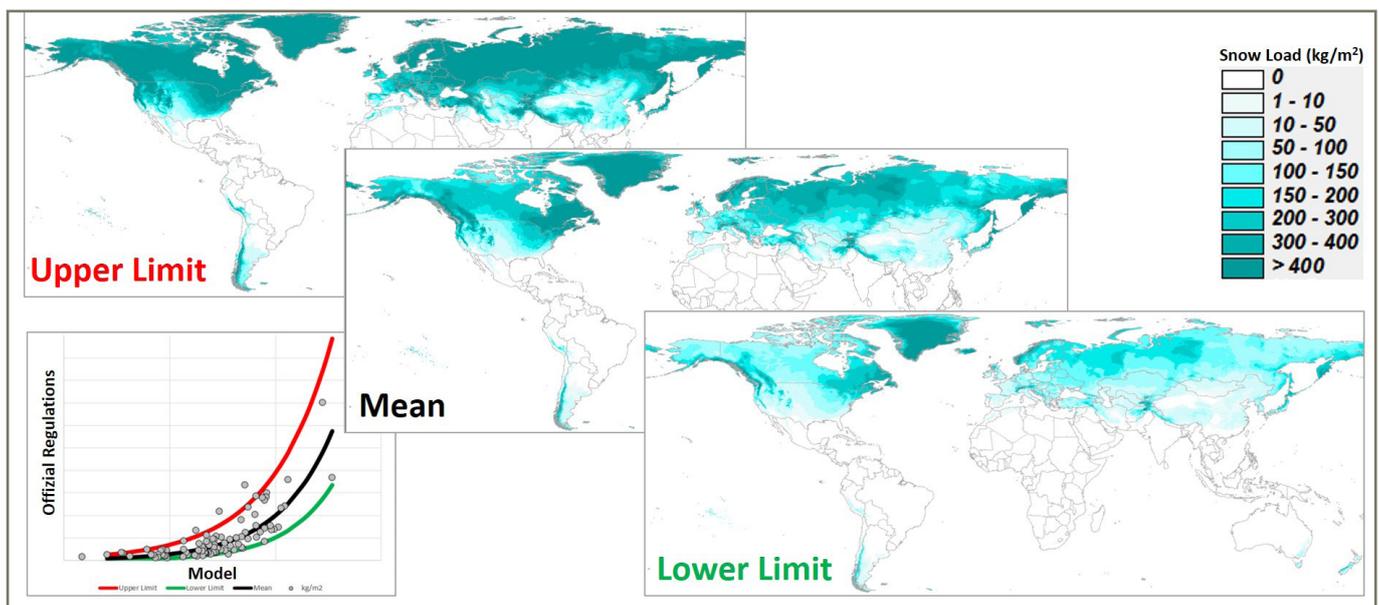


Abb. 4: Schneelastberechnung weltweit.

Location	official Snow Load (kg/m ²)	Lower Limit (kg/m ²)	Mean (kg/m ²)	Upper Limit (kg/m ²)
Köln (Germany)	65	57	132	290
Zugspitze (Germany)	1400	348	809	1782
München-Freising (Germany)	92	83	193	424
Innsbruck (Austria)	210	48	110	243
New York (USA)	96	96	224	492
Beijing (China)	65	14	32	70

Abb. 5: Beispielhafte Berechnung für verschiedene Standorte.

befindet sich damit schon sehr weit auf der sicheren Seite. Behördliche Vorgaben, die diese Schneelast erreichen oder sogar noch überschreiten, bewegen sich im Bereich von Worst-Case-Annahmen bzw. sind entweder Ausdruck besonders schlechter Einzelerfahrungen oder einer übergroßen Vorsicht.

Die Tabelle (Abb. 5) zeigt einige Vergleiche offizieller Schneelast-Annahmen und der K.A.R.L.-Resultate für die entsprechenden Orte.

Wie leider an vielen Orten der Welt bewegen sich die offiziell vorgegebenen Schneelasten in Köln, München und New York nahe der Untergrenze dessen, was im internationalen Vergleich andernorts unter ähnlichen Klimabedingungen als möglich angesehen wird. Etwas vorsichtiger scheint man sich hingegen in Innsbruck, Beijing und auf der Zugspitze dem Problem genähert zu haben, denn dort liegen die Vorgaben eher im Bereich des zu erwartenden Maximums.

Es geht genauer - Detaillierte Wetterdaten-auswertung

Dank einer Vielzahl weltweit betriebener Wetterstationen, an denen die Temperatur- und Niederschlagswerte täglich dokumentiert werden, lässt sich die Genauigkeit dieser Aussagen lokal fast immer beträchtlich verbessern. Die hierfür erforderlichen wissenschaftlichen Auswertungen sind allerdings nicht automatisierbar, weil die infrage kommenden Stationsdaten manuell herausgesucht und auf ihre Qualität überprüft werden müssen. Umfassen die Stationsdaten beispielsweise einen Zeitraum von weniger als 30 Jahren, weisen Lücken auf oder enthalten entweder nur Temperatur- oder nur Niederschlagsdaten, können sie nicht zur Berechnung von Schneelasten herangezogen werden.

An lückenlosen und hinreichend langen Wetterauf-

zeichnungen lässt sich hingegen recht genau verfolgen, wie sich der Schnee zu Beginn des Winters von Tag zu Tag anhäuft, zwischendurch vielleicht ganz oder nur teilweise abtaut, durch erneuten Schneefall wieder ergänzt wird, bis er schließlich im Frühjahr vollständig wegschmilzt. Ob der Schnee zwischendurch geräumt wurde, ob ein Dach der Sonne ausgesetzt ist und der Schnee hier besonders schnell wegtaut, oder ob er sich in einer geschützten schattigen Lage extrem lange halten kann, darüber sagen die Daten einer Wetterstation natürlich nichts aus.

Deshalb müssen auch bei dieser Methode mehrere Varianten durchgerechnet werden, wobei insbesondere diejenige Version von Interesse ist, bei der sich der Schnee unter entsprechenden kleinklimatischen Bedingungen besonders hoch auftürmt und sehr langsam abschmilzt. Damit erhält man die Worst-Case-Lösung. Mehr Schnee, als auf diese Weise berechnet, kann sich auf einem Dach kaum ansammeln.

Beispiel: New York im Winter 1993

In den Monaten Februar und März 1993 traf es die Stadt New York besonders hart: Nachdem es im Januar nur wenig geschneit hatte, türmten sich die Schneemassen im Laufe des Februar immer höher auf. Nur an wenigen Tagen kam die Temperatur über den Gefrierpunkt hinaus, so dass kaum etwas von der weißen Pracht abschmolz. Die eigentliche Katastrophe sollte sich jedoch erst einen Monat später anbahnen. An zwei Tagen, am 13. und 14. März, fielen während eines Schneesturms bei Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt etwa 63 mm Niederschlag. Das entspricht ungefähr zwei Drittel der Niederschlagsmenge, die man in New York normalerweise über den ganzen Monat verteilt zu erwarten hat.

Auf den verharschten Altschnee der Vormonate wurden

an diesen Tagen etwa 60 cm Neuschnee aufgehäuft, so dass die Schneedecke an Stellen, die nicht rechtzeitig geräumt worden waren, auf etwa 1 Meter anwuchs. Auf manchen Dächern lastete der Schnee nun mit mehr als 100 kg/qm.

Der Blizzard, der New York diese Wetterkapriole bescherte, ist in die Geschichte eingegangen, weil er die gesamte Ostküste der USA heimsuchte und selbst noch im tiefen Süden eine Schneedecke von über 20 cm hinterließ. In Florida und auf Kuba gab es zwar keinen Schnee mehr, dafür aber machte sich der Sturm dort mit Windgeschwindigkeiten zwischen 160 und 210 km/h bemerkbar.

In New York war das Ganze nach zwei Wochen fast schon wieder vergessen, denn die Warmluft auf der Rückseite des Sturmtiefs ließ den Schnee dahinschmelzen wie Butter in der Sonne.

Anhand der Wetteraufzeichnungen der Messstation auf dem Flughafen La Guardia lässt sich das Anwachsen der Schneelast im Verlauf dieses Winters Schritt für Schritt nachvollziehen (blaue Kurve, Abb. 6).

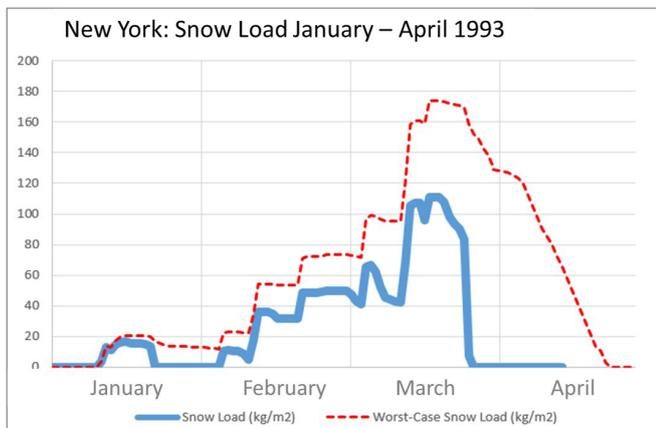


Abb. 6: Beispielrechnung für den Flughafen La Guardia für Januar bis April 1993.

Unter ungünstigen Bedingungen hätte es aber leicht noch schlimmer kommen können. Das zeigt die rote Kurve, bei der die Schneeverhältnisse in New York unter der Annahme der denkbar ungünstigsten Rahmenbedingungen berechnet wurden. Es ist also durchaus möglich, dass einige Dächer sogar einer Last von fast 180 kg/qm standhalten mussten.

Für New York war der Winter 1993 kein Einzelfall, wie sich aus den Wetterdaten der Station La Guardia für die Zeit von 1977 bis 2014 rekonstruieren lässt: Vergleich-

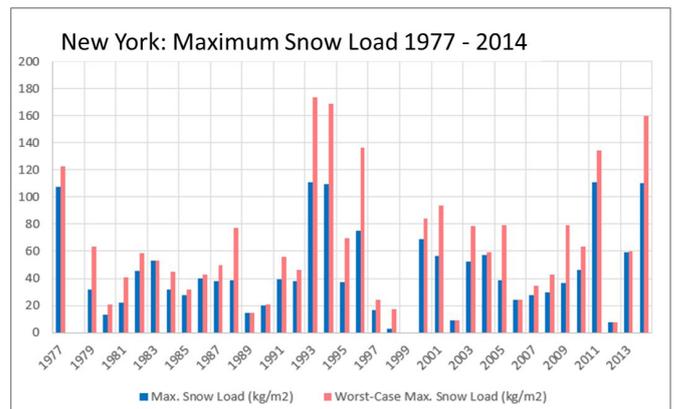


Abb. 7: Beispielrechnung für den Flughafen La Guardia für die Jahre 1977 bis 2014.

bar unangenehme Schneebedingungen gab es auch in den Jahren 1977, 1994, 2011 und 2014. Insbesondere der harte Winter 1994 zog nur ein Jahr später noch weiterreichende Konsequenzen nach sich. Weil dem immensen Streusalzbedarf an der US-amerikanischen Ostküste kaum nachzukommen war, wurde der Salzabbau in einem Bergwerk kurzfristig so rigoros vorangetrieben, dass es instabil wurde und einstürzte. Dabei drangen große Mengen Grundwasser in das Bergwerk ein. Die Salzgewinnung musste daraufhin komplett eingestellt werden und wurde an diesem Platz auch nicht wieder aufgenommen.

Das Schneelast-Risiko ist berechenbar

Einstürzende Dächer sind also nicht die einzigen Probleme, die durch extremes Winterwetter hervorgerufen werden können. Hand in Hand mit unerwartet hohen Schneelasten gehen weitere Risiken, die sich aus unpassierbaren Transportwegen, zugefrorenen Häfen und Flüssen, zeitweiligem Zusammenbruch der Energieversorgung, Unfällen auf glatten Straßen bis sogar hin zum Einsturz ganzer Bergwerke ergeben können.

Die Häufigkeitsstatistik der maximalen Schneelasten aus den Jahren 1977 bis 2014 zeigt, dass es sich bei den Katastrophenwintern in diesem Zeitraum um Ereignisse handelt, mit dem man in New York etwa alle 20 Jahre zu rechnen hat, einschließlich aller Begleiterscheinungen und Folgeschäden. Man sieht aber auch, dass es einen „Jahrhundertwinter“, der demnach zu Schneelasten zwischen 160 und 250 kg/qm hätte führen müssen, zumindest seit 1977 noch nicht gegeben hat.

Die wissenschaftliche Analyse der Wetterdaten am

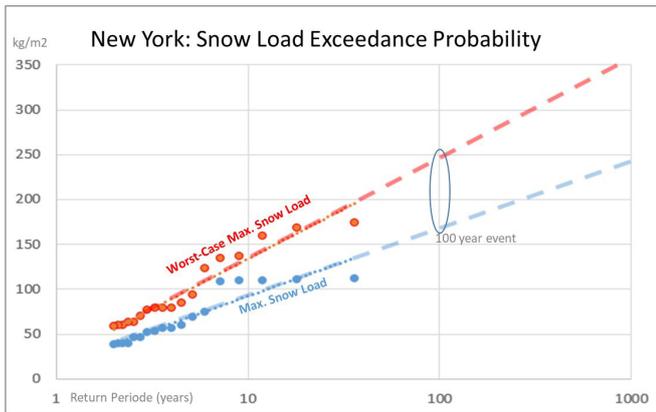


Abb. 8: Überschreitungswahrscheinlichkeit für maximale Schneelasten.

Flughafen La Guardia bestätigt außerdem das bereits oben angeführte K.A.R.L.-Ergebnis, dass die amtlich vorgegebene maximale Schneelast von 96 kg/qm viel zu niedrig ist; ein Manko, das New York leider mit vielen anderen Städten und Regionen der Erde teilt. Laut der oben gezeigten Statistik werden 96 kg/qm hier mindestens alle 10 Jahre erreicht oder sogar überschritten. Viel realistischer erscheint dem gegenüber die von K.A.R.L. aus globalen Erfahrungswerten abgeleitete mittlere maximale Schneelast von 224 kg/qm, die etwa in einem „Jahrhundertwinter“ zu erwarten wäre, der diese Bezeichnung dann tatsächlich verdienen würde und mit dem man auch in der Praxis rechnen sollte.

Das bedeutet: Sorgfältige Beobachtung der Schneeverhältnisse und sofortiges Beräumen der Dachflächen, falls diese - wie in New York - nur auf eine Traglast von knapp 100 kg/qm ausgelegt sein sollten, denn ansonsten läge die Versagenswahrscheinlichkeit bei 10 Prozent (1 Mal in 10 Jahren). Mit einer Tragfähigkeit von 200 kg/qm wäre man hingegen in diesem Beispiel bereits auf einen Jahrhundertwinter vorbereitet und die Versagenswahrscheinlichkeit läge dann nur noch bei 1 Prozent.

Wer nicht von einer Jahrhundertflut oder einem Jahrhundertsturm überrascht werden möchte, der sollte entsprechende Maßstäbe auch dann anlegen, wenn es um die Tragfähigkeit seines Daches geht und sich auf das daraus resultierende Risiko einstellen.

Das Informationssystem K.A.R.L. der KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH unterstützt Sie hierbei, indem für jeden Punkt der Erde Orientierungswerte der maximal möglichen Schneelasten abgefragt werden können. Für

detaillierte Standortanalysen anhand konkreter Wetterdaten steht Ihnen darüber hinaus das Expertenteam der KA zur Verfügung.

KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH
 Hohenzollernring 72, 50672 Köln
 Tel.: +49 221 39761-200
 Fax: +49 221 39761-301
 info@koeln-assekuranz.com
 https://karl.koeln-assekuranz.com

© 2023