Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Universität für Bodenkultur, Wien

Entwicklung von Kriterien zur Bestimmung von Gebäudeschutzklassen

Sammlung und Analyse von durch Steinschlag und Lawinen beschädigten Gebäuden

Masterarbeit zur Erlangung
des akademischen Grades
Diplomingenieur (Dipl.-Ing.)

Eingereicht von:
Jan Kobald, BSc

Betreuung: Univ.Prof.DI Dr. nat.techn. Johannes Hübl

Wien, März 2015

DANKSAGUNG

Bedanken möchte ich mich in erster Linie bei meinem Betreuer Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johannes Hübl, der während des gesamten Schaffungsprozesses dieser Masterarbeit, aber auch bereits in den Lehrveranstaltungen während des Studiums, einem mit seinen lehrreichen Worten beiseite stand.

Für seine tatkräftige Hilfe bei der Wahl des Themas für die Masterarbeit möchte ich mich bei Bruno Mazzorana bedanken.

Bei der Erstellung der Datengrundlage und der Suche nach den beschädigten Gebäuden möchte ich mich gleich an mehreren Stellen bedanken. Zum einen ist da Christian Tollinger von der Stabstelle Schnee und Lawinen der Wildbach- und Lawinenverbauung, Michael Mölk von der Stabstelle Geologie der Wildbach- und Lawinenverbauung und Doris Hofer vom Amt für Geologie und Baustoffprüfung – Autonome Provinz Bozen Südtirol, welche viel Zeit opferten, um mir bei meiner Suche nach beschädigten Gebäuden zu helfen. Christian Tollinger und Michael Mölk als Experten in ihrem jeweiligen Gebiet standen mir zudem fachlich bei und gaben mir interessante Inputs zu dieser Thematik.

Ein großer Dank gilt meinen Eltern, welche mir das Studium erst ermöglicht haben und mich während der Studienzeit stets unterstützt haben, sei es in finanzieller als auch in emotionaler Hinsicht. An dieser Stelle will ich auch meinen Bruder erwähnen, welcher mir vor allem in der Schlussphase der Masterarbeit durch sein gutes Auge für übersichtliche Formatierungen weiterhalf und immer Motivator und moralische Stütze war.

- An alle ein Danke -

KURZFASSUNG

Der technische Gebäudeschutz und der damit verbundene Gebäudeschutzausweis ist ein Thema, das im Bereich Schutz vor Naturgefahren immer mehr behandelt wird. Diese Masterarbeit hat sich zum Ziel gesetzt, eine Datenbank mit Gebäuden, welche durch Steinschlag und Lawinen beschädigt wurden, zu schaffen und mit Hilfe dieser Gebäude Parameter auf ihre Eignung für die Definition von Gebäudeschutzklassen zu prüfen. Die für die Datenbank gesammelten Gebäude und ihre Schäden wurden, soweit vorhanden, mit Fotos ergänzt und dazu jeweils Ereignisinformationen in verschiedener Datenqualität dokumentiert. Daraufhin wurde für verschiedene Bauweisen der Zusammenhang zwischen der Ereignisgröße und der daraus resultierenden Schadensintensität bzw. Schadensklasse aufgezeigt. Zum Schluss wurden die aufgezeigten Ereignisgrößen, welche zu den verschiedenen Schadensintensitäten auftraten, in die Matrix der Gebäudeschutzklassen implementiert. Dabei wurde versucht, Klassen der Ereignisintensität zu finden, nach welchen die Gebäudeschutzklassen, zusätzlich neben den Schadensklassen, unterteilt werden können.

ABSTRACT

The technical protection of buildings and the allocation categories of building protection related to it is a subject that is frequently discussed in the field of research of mountain risk engineering. This master thesis has the aim of developing a databank on the base of buildings that have been damaged by rockfall or avalanches. With the help of these buildings the thesis wants to examine parameters in relation to their efficiency regarding the definition of categories for the protection of buildings. The collected buildings for the databank and the damage related to them were also visualized by photographs and additionally described with information regarding the event. Thereafter the relation between the intensity of the event and the resulting damage was analyzed for the different building techniques. As a result the evidenced intensities of the events were implanted in the matrix of the categories of building protection. In this context the thesis includes the attempt to find categories of event-intensities in which the categories of building protection can be subdivided additionally to the damage categories.

INHALTSVERZEICHNIS

Danksagung I
Kurzfassung II
Abstract II
Inhaltsverzeichnis III
Tabellenverzeichnis VI
Abbildungsverzeichnis VI
Diagramme VII
1 Einleitung 1
2 Theoretische Grundlagen 3
2.1 Naturgefahren 3
2.1.1 Lawine 3
2.1.1.1 Definition 3
2.1.1.2 Klassifikation von Lawinen 4
2.1.1.3 Prozess Lawine 7
2.1.2 Steinschlag 7
2.1.2.1 Definition 7
2.1.2.2 Auslösemechanismen 8
2.1.2.3 Prozess 10
2.2 Gefahrenzonenplanung in Österreich 11
2.2.1 Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung 11
2.2.1.1 Inhalt des Gefahrenzonenplans 11
2.2.1.2 Abgrenzung der Gefahrenzonen 13
2.3 Technischer Gebäudeschutz und Gebäudeschutzklassen 14
2.3.1 Technischer Gebäudeschutz 14
2.3.1.1 Gefährdungsbilder 16
2.3.1.2 Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes 19
2.3.1.2.1 Maßnahmen gegen Lawinen 20
2.3.1.2.2 Maßnahmen gegen Steinschlag 22
2.3.2 Gebäudeschutzausweis und Gebäudeschutzklassen 26
2.3.2.1 Einwirkungsklassen 28
2.3.2.2 Schadensklassen 28
3 Kriterien zur Bestimmung von Gebäudeschutzklassen 30

3.1 Einflussfaktoren auf die Gebäudeschutzklasse 30
3.1.1 Größe des Ereignisses 31
3.1.1.1 Lawine 31
3.1.1.2 Steinschlag 31
3.1.2 Schadensintensität 32
3.1.2.1 Schadensklassen Lawine 32
3.1.2.2 Schadensklassen Steinschlag 34
3.1.3 Bauweise und Gebäudeelemente 35
3.1.3.1 Lawine: Gebäude und ihre Bauweise 35
3.1.3.2 Steinschlag: Gebäudeelemente und Baumaterialien 38
3.2 Datengrundsatz 41
3.2.1 Fotos 41
3.2.2 Ereignisinformation 42
3.2.2.1 Lawine 42
3.2.2.2 Steinschlag 46
3.3 Auswertung 50
3.3.1 Statistik 50
3.3.1.1 Arithmetisches Mittel 50
3.3.1.2 Minimalwert 52
3.3.2 Implementierung in die Matrix der Gebäudeschutzklassen 52
3.3.3 Besonderheiten 52
4 Ergebnisse 53
4.1 Datenbank 53
4.2 Schadenskatalog 54
4.2.1 Mögliche Schäden der Schadensklassen - Lawine 54
4.2.2 Mögliche Schäden der Schadensklassen - Steinschlag 55
4.3 Auswertung der Gebäude - Lawine 56
4.3.1 Leichtbauweise 57
4.3.2 Gemischte Bauweise 58
4.3.3 Massivbauweise 60
4.3.4 Verstärkte Bauweise 61
4.4 Auswertung der Gebäude - Steinschlag 61
4.4.1 Holz 62
4.4.2 Dachkonstruktion 62

4.4.3 Mauerwerk 64
4.4.4 Stahl und Beton 65
4.5 Implementierung in die Gebäudeschutzklassen 66
4.5.1 Lawine 66
4.5.2 Steinschlag 67
5 Diskussion 69
5.1 Daten als Basis 69
5.2 Die ermittelten Richtwerte und ihre Bedeutung 70
5.3 Eignung für Gebäudeschutzklassen 72
6 Fazit 74
7 Ausblick 76
8 Literaturverzeichnis 77
Anhang VIII

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Die bedeutendsten im Alpenraum auftretenden Naturgefahren 3
Tabelle 2: Morphologische Lawinenklassifikation 5
Tabelle 3: Vereinfachte genetische Lawinenklassifikation 6
Tabelle 4: Definition der Gefahrenzonen 12
Tabelle 5: Abgrenzung der Gefahrenzonen für Lawinen 13
Tabelle 6: Datenquellen und Datenqualität der Lawinendrücke 42
Tabelle 7: Lawinendrücke und Schäden 45
Tabelle 8: Datenquellen und Datenqualität der Lawinendrücke 46
Tabelle 9: Schätzung von Sturzenergien von Steinschlägen anhand des Zerstörungspotentials 48
Tabelle 10: Häufigkeitstabelle 51
Tabelle 11: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks - Leichtbauweise 58
Tabelle 12: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks – gemischte Bauweise 59
Tabelle 13: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks - Massivbauweise 61
Tabelle 14: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Holz 62
Tabelle 15: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Dachkonstruktion 63
Tabelle 16: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Mauerwerk 65
Tabelle 17: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie – Beton und Stahl 66

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematisches Hangprofil 8
Abbildung 2: Mögliche Ablösetypen von Steinschlagkomponenten 10
Abbildung 3: Gefahrenzonenplan von Valzur – links *vor* und rechts *nach* der Überarbeitung aufgrund des Lawinenereignisses 1999 13
Abbildung 4: Tramin 2014 – bei Großereignissen stößt auch der technische Gebäudeschutz auf seine Grenzen 14
Abbildung 5: Risikokreislauf 15
Abbildung 6: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Staublawine 16
Abbildung 7: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Fließlawine: 17
Abbildung 8: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Steinschlag 18
Abbildung 9: Vorhersehbarkeit von Naturgefahren 19
Abbildung 10: Die Gebäudeschutzklassen 26
Abbildung 11: Matrix der Gebäudeschutzklassen 27
Abbildung 12: Leichtbauweise - Bauernhof und Wirtschaftsgebäude im Schnalstal 36
Abbildung 13: Gemischte Bauweise: Bait de la Freita, Chalet in Livigno 37
Abbildung 14: Massivbauweise bzw. Mauerwerk: Zufallhütte im Martelltal 37
Abbildung 15: Verstärkte Bauweise - Kirche in Davos, die lawinenzugewandte Seite wurde in Form eines Spaltkeils ausgeführt 38
Abbildung 16: Steinschlag in Proleb (2007) - getroffener Holzschuppen 39
Abbildung 17: Steinschlagereignis am Ritten (2008) – zerstörtes Dach 40
Abbildung 18: Wohngebäude in Mauerwerk - Steinschlagereignis in Wolkenstein (2004) 40
Abbildung 19: Haus in verstärkter Bauweise, der dunkelfarbige Zubau besitzt einen 30cm starken Stahlbeton-Kern - Gries am Brenner (2011) 41

Abbildung 20: Alter (rot und gelb gestrichelte Linie) und neuer (rote und gelbe Flächen) Gefahrenzonenplan 44
Abbildung 21: Galtür nach dem Lawinenabgang 1999 56
Abbildung 22: Implementierung der Ergebnisse vom Naturgefahrenprozess Lawine in die Matrix der Gebäudeschutzklassen 67
Abbildung 23: Implementierung der Ergebnisse vom Naturgefahrenprozess Steinschlag in die Matrix der Gebäudeschutzklassen 68

DIAGRAMME

Diagramm 1: Leichtbauweise 57
Diagramm 2: gemischte Bauweise 59
Diagramm 3: Massivbauweise 60
Diagramm 4: Dachkonstruktion 63
Diagramm 5: Mauerwerk 64
Diagramm 6: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie – Beton und Stahl 65

1 Einleitung

Lawinen und Steinschläge sind in den Alpen und auch in anderen Bergregionen seit jeher bekannte Bedrohungen für die Menschen. Das Sesshaft-werden und die damit verbundene Wahl von Siedlungsorten verdeutlicht uns immer wieder, dass die Menschen seit jeher mit Naturgefahren konfrontiert wurden. Die Talböden wurden von Hochwässern heimgesucht oder waren versumpft und exponierte Orte am Hang waren von Lawinen und Steinschlägen bedroht. Historische Ortskerne sind somit stets dort positioniert worden, wo die Bewohner am sichersten waren und nicht von Gefahren durch Wasser, Schnee oder Steinen bedroht wurden. Die Fläche in den Alpen, die für die Besiedlung geeignet ist (aufgrund von Neigung, Klima, usw.), ist also nicht uneingeschränkt nutzbar, da sie unter anderem durch die genannten Naturgefahren in ihrer Ausdehnung begrenzt ist (Braun 2014).

Durch das in jüngster Zeit beobachtete Phänomen der Landflucht sind jene als sicherer Bauplatz geeigneten Orte in der Nähe von Siedlungsgebieten noch rarer geworden. Die Alpenstädte liegen oft an internationalen Transitachsen. Durch diese sehr gute Erreichbarkeit im europäischen Rahmen verzeichnen sie derzeit ein starkes Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum (Bätzing 2010). Dasselbe gilt auch außerhalb der Städte, sprich in den Dörfern. Dort verlassen sehr viele Menschen die Bauernhöfe und ziehen in die umliegenden Dorfzentren. Das heißt, dass die Siedlungsgebiete in Orte und Expositionen vorstoßen, welche in früherer Zeit nicht besiedelt waren. Die Gründe einer Nicht-Besiedelung waren Verschiedene. Ein Grund war, dass es sich dabei um Gebiete handelte bzw. handelt, welche durch Wasser- oder Schneegefahren oder Steinschlägen bedroht werden und somit nicht für die dauerhafte Bewohnbarkeit geeignet sind. Städte und größere Dörfer werden aber heutzutage wegen der erwähnten Landflucht in solche gefährdete Gebiete erweitert. Dadurch steigt das Risiko eines Gebäudes, durch ein Ereignis beschädigt oder zerstört zu werden. Es wäre somit das Beste, solche Gebiete gar nicht für eine dauerhafte Besiedelung zu erwägen.

Um jedoch die Bewohner solcher gefährdeter Gebiete im Nachhinein – sprich, nachdem solche Gebiete schon besiedelt wurden - zu schützen, sind die folgenden zwei Maßnahmen die gängigsten:

- Schutzbauwerke der Wildbach- und Lawinenverbauung im klassischen Sinn
- Technischer Gebäudeschutz

In jüngster Zeit wird neben den klassischen Schutzbauwerken der Wildbach-und Lawinenverbauung auch intensiver im Bereich des technischen Gebäudeschutzes bzw. Objektschut-

zes gearbeitet und geforscht. Zu Problemen wie z. B. die immer weniger werdenden finanziellen Mittel für große Schutzbauwerke, bilden Maßnahmen in Form des technischen Gebäudeschutz eine ideale Alternative, um trotzdem genügend Schutz vor Naturgefahren zu gewährleisten.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich nun weniger mit den Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes, sondern mehr noch davor, mit der Verletzlichkeit bereits bestehender Gebäude. Es geht also um die Schadensanfälligkeit von Gebäuden gegenüber Lawine und Steinschlag und der Implementierung dieser Schadensanfälligkeit in die Thematik des Gebäudeschutzausweises.

Ziel der Masterarbeit ist es somit, eine Basis in Form einer Datenbank mit Gebäuden, welche durch Lawinen und Steinschlag getroffen wurden, zu schaffen. Dazu werden zu jedem Gebäude Fotos der Schäden zusammengetragen und Schadensbeschreibungen erstellt. Zusätzlich werden noch Informationen zum Ereignis und vor allem der Ereignisgröße gesammelt.

Die Datenbank soll dazu dienen, weitere Untersuchungen anstellen zu können. Es werden anhand der Gebäude also Analysen zur Schadensanfälligkeit von verschiedenen Gebäudetypen gemacht. Im Speziellen heißt das, dass jedem beschädigten Gebäude die Ereignisgröße gegenübergestellt wird und danach die Gebäude und die dazugehörigen Ereignisse untereinander verglichen werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten aufzeigen, welche Schadensbilder bei einer gewissen Ereignisgröße zu erwarten sind. Zusätzlich werden die verschiedenen Schadensintensitäten gewissen Schadensklassen zugeordnet und zu jeder Schadensklasse wird eine Art Schadenskatalog mit den möglichen Schäden durch Steinschläge oder Lawinen erstellt.

Julia Braun hat in ihrer Masterarbeit mit dem Titel „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements“ ein Instrument vorgeschlagen, welches als eine neue Maßnahmenvariante, langfristigen Schutz und Werterhaltung von Gebäuden in Gefährdungsgebieten ermöglichen soll. Objekte werden im Zuge des Bauvorhabens – je nach Gefahrenexposition, Gefährdungsgrad und Nutzungskategorie – in sogenannte Gebäudeschutzklassen eingeteilt (Braun 2014). Diese Masterarbeit soll schlussendlich auch dazu dienen, die erhofften Ergebnisse der Analysen zu den Schadbildern bei einer gewissen Ereignisgröße auf ihre Eignung zur Einteilung von den Gebäudeschutzklassen zu testen. Es werden also nicht endgültige Grenzen und Definitionen der Klassen aufgestellt, sondern Faktoren auf ihre Eignung zur weiterführenden Definition der Gebäudeschutzklassen geprüft.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Naturgefahren

Gemäß ONR 24 800 sind Naturgefahren Ereignisse in der Natur, die zu einer Bedrohung von Menschen, Umwelt, Sach- und Vermögenswerten führen können. Die Gefahr allgemein wird durch die Häufigkeit ihres Auftretens und ihrer Intensität bzw. Amplitude charakterisiert. (Austrian Standards Institute 2014)

Die Naturgefahren im Alpenraum können dabei verschiedenen Ursprungs sein und folgendermaßen klassifiziert werden:

Tabelle 1: Die bedeutendsten im Alpenraum auftretenden Naturgefahren

Klasse	Gefahrenarten
Gravitative Gefahren	Lawine, Steinschlag, Blockschlag, Felssturz, Bergsturz, Eisschlag Hochwasser, Rutschung, Murgang
Klimatische Gefahren	Trockenheit, Hitze, Kälte, Sturmwind, Hagelschlag
Tektonische Gefahren	Erdbeben

Quelle: Egli 1999

In dieser Arbeit wird ein Hauptaugenmerk auf Schadensbilder gelegt, welche durch Lawinen und Steinschlag verursacht werden. Es handelt sich also um gravitative Naturgefahren.

2.1.1 Lawine

2.1.1.1 Definition

Als Lawinen werden in der Regel mit hoher Geschwindigkeit gleitende, fallende, stürzende Schnee-, Eis-, Gesteins- oder Schlammmassen mit einem Volumen von mehr als 100 m³ und einer Lauflänge von mehr als 50 m bezeichnet. In dieser Arbeit wird im Folgenden als Lawine stets die Schneelawine verstanden, die bewegte Masse ist also Schnee. Lawinen sind demnach große Massen von Schnee oder Eis, die sich von Berghängen ablösen und zu Tal gleiten oder stürzen. Sie zählen zu den schnellen Massenbewegungen und erreichen hohe Geschwindigkeiten - trockene Fließlawinen 20-40m/s, Staublawinen 30-70m/s. Im Gegensatz dazu sind Schneekriechen und -gleiten langsame Massenbewegungen mit Geschwindigkeiten von einigen mm bis m pro Tag. (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

Die Lawine und ihr Bewegungsvorgang kann in drei Bereiche unterteilt werden (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011):

- Anbruchgebiet
- Sturzbahn
- Ablagerungsgebiet

Das Anbruchgebiet ist das Entstehungsgebiet der Lawine, also jenes Gebiet wo die Lawine abbricht. Eines der wichtigsten Merkmale dabei ist die Hangneigung. Hänge mit einer Geländeneigung zwischen 30° und ca. 50° können Anbruchgebiete darstellen. Lawinenanbrüche unter 30° sind selten und über 45° lösen sich hauptsächlich Lockerschneelawinen. Die absolute Höhenlage und die Exposition beeinflussen die Wahrscheinlichkeit der Schneeakkumulation. Zusammen mit der Rauigkeit des Untergrunds bilden sie ebenfalls einen wichtigen Faktor für die Charakterisierung eines Anbruchgebiets. Große, einheitliche Flächen ohne Geländerauigkeiten bilden gefährlichere Anbruchgebiete als Flächen mit starker Geländerauigkeit (z.B. Wald, große Steinblöcke). (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

Die darauffolgende Sturzbahn ist der Bereich, in dem sich die Lawine zu Tal bewegt. Morphologisch kann man zwischen flächiger und kanalisierter Sturzbahn unterscheiden. Flächige Sturzbahnen haben ungefähr die Breite des Anbruchgebiets, während kanalisierte Sturzbahnen infolge von Gräben, Geländemulden, usw. verengt werden. Kleine Sturzbahnen haben eine Länge von ca. 100 m, während große Sturzbahnen auch mehrere Kilometer lang sein können. (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

Das Ablagerungsgebiet befindet sich in Hangbereichen mit einer Neigung kleiner als ca. 10°. Die 10° markieren jene Neigungsstufe, bei der trockene Fließlawinen in eine verzögerte Bewegung übergehen und zu bremsen beginnen. Kleinere Lawinen können sich aber auch bei größeren Hangneigungen bereits ablagern oder Ablagerungsbereiche überfahren, wenn es sich um eine Großlawine handelt. Der potentielle Auslaufbereich einer Lawine ist also umso weiter, je größer die Masse der Lawine ist. (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

2.1.1.2 Klassifikation von Lawinen

Lawinen werden bevorzugt durch ihre Morphologie klassifiziert. Dabei erfolgt die Einteilung nach der Art des Anrisses, der Art der Bewegung, der Form der Sturzbahn und der Art und Form der Ablagerung.

Tabelle 2: Morphologische Lawinenklassifikation

Zone	Kriterium	Alternative Merkmale, Bezeichnung	
Anbruchgebiet	Form des Anrisses	Von einem Punkt ausgehend: *Lockerschneelawine*	Von einer Linie anreißend: *Schneebrettlawine*
	Lage der Gleitfläche	Innerhalb der Schneedecke: *Oberlawine*	Auf der Bodenoberfläche: *Bodenlawine*
	Flüssiges Wasser im Lawinenschnee	Trocken: *Trockenschneelawine*	Nass: *Nassschneelawine*
Sturzbahn	Form der Sturzbahn	Flächig: *Flächenlawine*	Runsenförmig: *Runsenlawine* (kanalisierte Lawine)
	Form der Bewegung	Stiebend, als Schneewolke durch die Luft: *Staublawine*	Fließend, dem Boden folgend: *Fließlawine*
		Gemischte Bewegungsform *Mischlawine*	
Ablagerungsgebiet	Oberflächenrauigkeit der Ablagerung	Grob (über 0,3 m): Grobe Ablagerung	Fein (unter 0,3 m): Feine Ablagerung
	Flüssiges Wasser in der Ablagerung	Trocken: Trockene Ablagerung	Nass: Nasse Ablagerung
	Fremdmaterial in der Ablagerung	Fehlend: Reine Ablagerung	Vorhanden (Steine, Erde, Äste, Bäume): Gemischte Ablagerung

Quelle: vgl. Lawinenatlas 1981 und ONR 24805; Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011

Neben der morphologischen Klassifikation gibt es noch die genetische Lawinenklassifikation, für welche die veränderlichen (nicht ortsgebundenen) Rahmenbedingungen für die Lawinenbildung die Grundlagen sind. Streng genommen müsste daher eine Lawine nach ihrer Bildungsursache bezeichnet werden. Die meisten Lawinen sind aber ein Ergebnis mehrerer

zusammenwirkender Ursachen, wodurch in der genetischen Klassifikation versucht wurde ein Überblick über die ortsfesten und veränderlichen Rahmenbedingungen wiederzugeben. (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

Tabelle 3: Vereinfachte genetische Lawinenklassifikation

Veränderliche Rahmenbedingungen für die Lawinenbildung	**Auswirkung auf Lawinenintensität**
1 Laufendes Wetter (Periode ca. 5 Tage zurück)	
1.1 Schneefall	Zunehmende Belastung, zunehmende Masse geringer Stabilität; wichtigster Faktor der Lawinenbildung
1.2 Regen	Förderung nasser Lockerschneelawinen oder weicher Schneebrettlawinen. Gemischte Schnee- und Erdrutsche
1.3 Wind	- örtlich erhöhte Schneeablagerung - erhöhte Sprödigkeit des Schnees
2 Altschneebedingungen Vergangene Wettereinflüsse über den ganzen bisherigen Winter integriert	
2.1 Gesamtschneehöhe	Nicht vorherrschender Faktor für die Lawinengefahr. Mitbestimmend für Masse von Bodenlawinen. Wichtig für die Verfestigung und die Umwandlung der Schneedecke
2.2 Schichtung Festigkeitsprofil	Stabilität bestimmt durch schwächste Schicht bezüglich Spannungszustand
3 Auslösebedingungen	
3.1 Natürliche Auslösung	- innere Einflüsse, Spontanlawine - äußere (nicht menschliche) Einflüsse, natürlich ausgelöste Lawine
3.2 Auslösung durch Menschen	- unbeabsichtigt ausgelöste Lawine (Skifahrer) - künstlich ausgelöste Lawine (Sprengung)

Quelle: vgl. UNESCO-Lawinenatlas 1981; Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011

Wegen der einfacheren Handhabung und Übersichtlichkeit wird die morphologische Lawinenklassifikation der genetischen Klassifikation meist vorgezogen. In vielen wissenschaftlichen Arbeiten und vor allem in allgemeiner Literatur zu Lawinen wird nur die morphologische Klassifikation vorgestellt.

2.1.1.3 Prozess Lawine

Lawinen gehören wie schon erwähnt zu den schnellen Massenbewegungen und können Geschwindigkeiten von 20-40 m/s im Falle von Fließlawinen und 30- 70 m/s im Falle von Staublawinen erreichen. Dadurch wirkt ein Lawinendruck auf getroffene Gebäude. Der Lawinendruck variiert je nach Lawinenart, Schneeeigenschaften und der Geschwindigkeit und wird in Kilonewton pro Quadratmeter (kN/m²) angegeben. An Objekten, welche in der Sturzbahn oder im oberen Auslaufbereich situiert sind, können bei hohen Geschwindigkeiten extreme Druckkräfte auch über 100 kN/m² auftreten. (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011)

2.1.2 Steinschlag

2.1.2.1 Definition

Stein- und Blockschlag gehören zu den Sturzprozessen. Stürze sind Massenbewegungen im Fels. Neben Stein- und Blockschlag gehören auch noch Felssturz und Bergsturz zu den Stürzen. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

Stürze können also wie folgt unterteilt und beschrieben werden (vgl. Kienholz et al. 1998; Suda und Rudolf-Miklau 2012):

- Steinschlag, Blockschlag: Fallen, Springen und Rollen von einzelnen, isolierten Steinen mit ø < 0,5 m und Blöcken ø > 0,5 m
- Felssturz: Sturz einer Felsmasse, die im Flug oder beim Aufprall in Blöcke und Steine fraktioniert wird. Interaktionen zwischen den fraktionierten Komponenten haben keinen großen Einfluss auf den Prozess und dessen Dynamik.

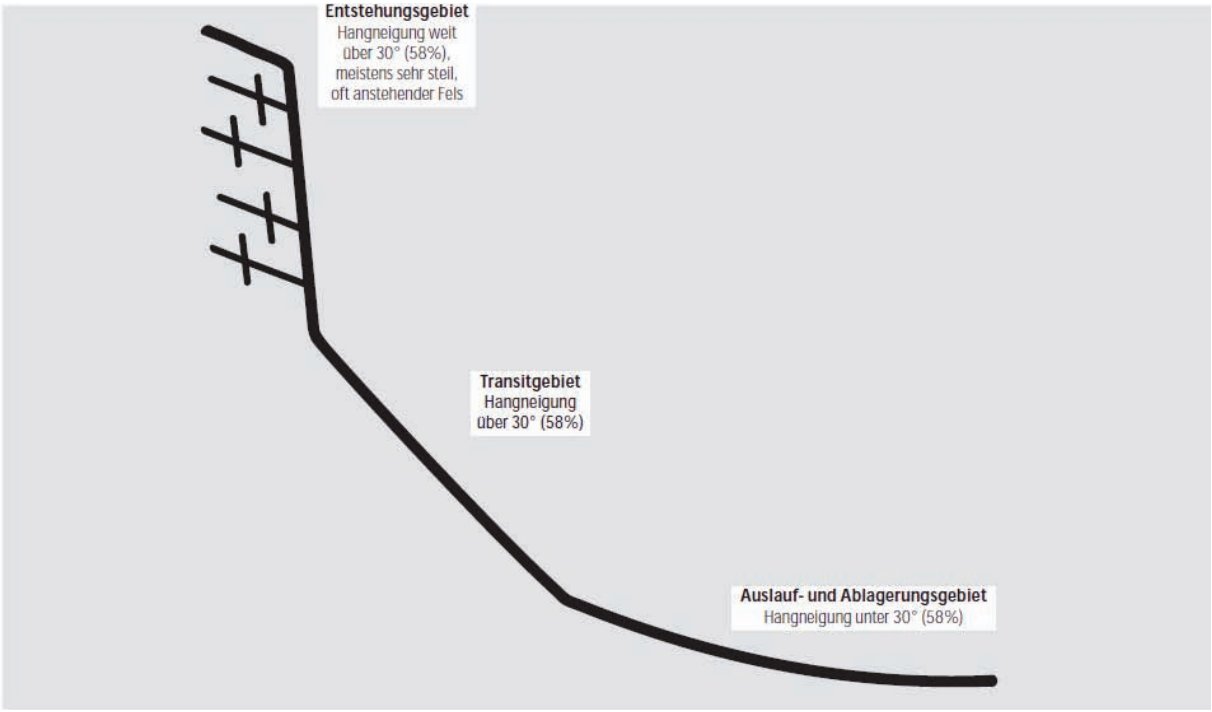
  Sturzvolumen>100 m³ (Kanton Bern - Fachstellen Naturgefahren o. J.)
- Bergsturz: Absturz sehr großer ursprünglich kohärenter Felsmassen mit hoher Geschwindigkeit. Der Transportmechanismus ist durch eine starke Wechselwirkung zwischen den Sturzkomponenten gekennzeichnet -> "Sturzstrom"

  Sturzvolumen>1 Mio. m³ (Kanton Bern - Fachstellen Naturgefahren o. J.)

Trotz des kleineren Sturzvolumens im Vergleich zu Fels- und Bergstürzen, können Steinschläge, durch ihre Fähigkeit größere Mengen an kinetischer Energie freizusetzen, zu größeren Schäden an Infrastrukturen und Gebäuden führen (Rochet 1987). Für den technischen Gebäudeschutz und somit auch für diese Arbeit ist der Prozess Steinschlag bzw. Blockschlag von zentraler Bedeutung. Gebäudeschutzmaßnahmen oder Vulnerabilitätsreduktionen von Gebäuden gegenüber Felssturz oder Bergsturz sind aufgrund der großen Massen dieser Prozesse wirkungslos.

Der Prozessraum des Steinschlags kann in Entstehungs-, Transit-, und Auslauf- und Ablagerungsgebiet unterteilt werden (Frehner et al. 2005).

Abbildung 1: Schematisches Hangprofil



Quelle: Frehner et al. 2005

2.1.2.2 Auslösemechanismen

Die Auslösung von Steinschlägen hängt einerseits von hangrelevanten Parametern des steinschlaggefährdeten Hanges und andererseits von externen Faktoren ab (Volkwein et al. 2011).

Die hangrelevanten Parameter sind (vgl. Jaboyedoff and Derron, 2005; Volkwein et al. 2011):

- Geländemorphologie
- Geologie
- Fraktionierung des Gesteins
- Mechanische Eigenschaften des Gesteins und des Bodens
- Geologische Aktivitäten (Hangbewegungen, usw.)
- Hydrogeologie (Durchlässigkeit des Gesteins, usw.)

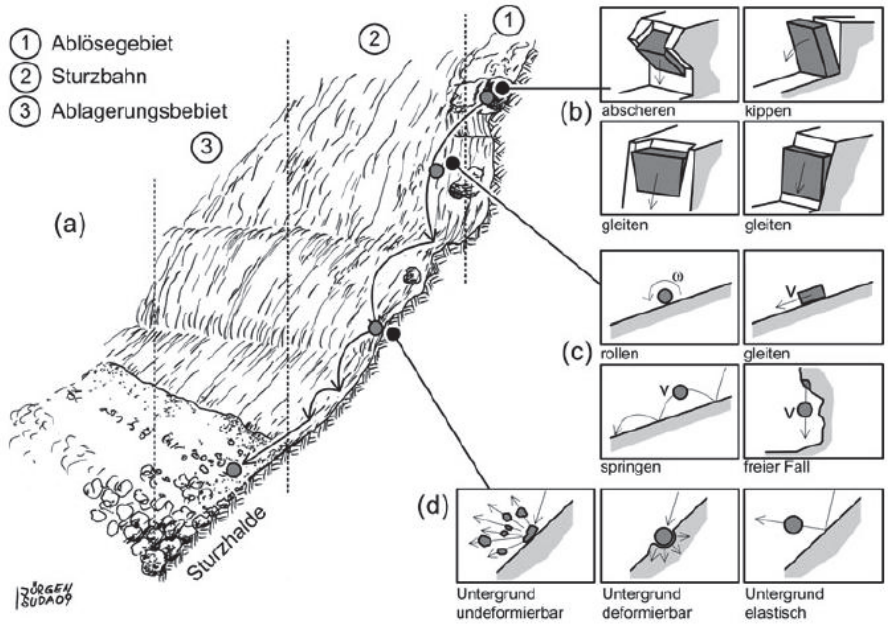
Die externen Faktoren zur Steinschlagauslösung sind (vgl. Jaboyedoff and Derron, 2005; Volkwein et al. 2011):

- Gravitation
- Klima
- Wetter
- Mikroklima (beinhaltet Frostsprengung, Sonnenexposition, usw.)
- Erosion
- Tektonische Aktivitäten
- Menschliche Aktivitäten (Bergbau usw.)
- …

Es gibt noch weitere Einflüsse, die ebenfalls bei der Auslösung von Steinschlägen mitwirken. Dies sind jedoch die wichtigsten hangrelevanten Parameter und externe Faktoren. (Volkwein et al. 2011)

Als mögliche Auslösetypen können Abscheren, Kippen, und Gleiten genannt werden (Suda und Rudolf-Miklau 2012).

Abbildung 2: Mögliche Ablösetypen von Steinschlagkomponenten



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

2.1.2.3 Prozess

Steinschläge werden maßgeblich durch die Gravitation beeinflusst. Nachdem sich ein Block gelöst hat, wird die Bewegungsart des Steines von folgenden Parametern beeinflusst (Suda und Rudolf-Miklau 2012):

- Rauigkeit des Untergrundes
- Rollwiderstand
- Tangentiale Dämpfung und normale Dämpfung (beeinflussen den Austrittswinkel bzw. die Rückprallhöhe nach dem Bodenkontakt)
- Gleitreibungswinkel des Blockes auf dem Untergrund

Der Stein besitzt an jedem Punkt seiner Sturzbahn eine gewisse Sturzenergie. Die Sturzenergie wird in Kilojoule (kJ) angegeben. Sie hängt vom spezifischen Gewicht des Ausgangsgesteins und seiner Geschwindigkeit am jeweiligen Punkt der Sturzbahn ab. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

2.2 Gefahrenzonenplanung in Österreich

Der Gefahrenzonenplan ist laut BMFLUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2014) „… ein flächenhaftes Gutachten über die Gefährdungen und soll als Grundlage für die Raumplanung, das Bau- und das Sicherheitswesen dienen“. Es ist ein Kartenwerk, welches verschiedensten Institutionen als Planungshilfe und Informationsquelle bezüglich Naturgefahren dienen soll. Der Gefahrenzonenplan kann also als eine Art Gutachten mit Prognose-Charakter beschrieben werden (Hübl et al. 2007).

In Österreich gibt es aufgrund der Kompetenzgrenze zwischen der Bundeswasserbauverwaltung und der Wildbach- und Lawinenverbauung 2 Gefahrenzonenpläne. Da der Gefahrenzonenplan der Bundeswasserbauverwaltung nur Überflutungen, Vermurungen und Rutschungen beinhaltet (Hübl et al. 2007), wird im Folgenden nur der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung behandelt.

2.2.1 Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung

Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung wird für alle Gemeinden in Österreich erstellt, welche durch Wildbäche, Lawinen oder Erosionsgebiete gefährdet werden. Gesetzliche Grundlage dazu bildet das Forstgesetzes 1975 (i.d.g.F.), § 11. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2014)

Dabei erheben Diplomingenieure der Wildbach und Lawinenverbauung alle relevanten Daten und bewerten diese. Es werden Chroniken und alte Aufzeichnungen eingesehen, um über Katastrophen und Jährlichkeiten Wissen zu sammeln. Experten aus der Geologie oder Bodenmechanik werden für Detailuntersuchungen beauftragt und unter der Leitung der Wildbach- und Lawinenverbauung koordiniert. Einzugsgebiete der Naturgefahren werden begangen und Geländeverhältnisse und Gefahrenherde vor Ort inspiziert. Dazu gehört auch die Auffindung und Untersuchung von „stummen Zeugen“ im Gelände. Des Weiteren werden Bewohner der betroffenen Gebiete und Ortskundige über beobachtete Ereignisse befragt. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2005)

Den Gemeinden werden die fertigen Gefahrenzonenpläne für die örtliche Flächenwidmung und Bauplanung zur Verfügung gestellt. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2014)

2.2.1.1 Inhalt des Gefahrenzonenplans

Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung beinhaltet einen kartographischen und einen textlichen Teil (Österreichischer Bundestag 03.07.1975).

Der kartographische Teil beinhaltet (Hübl et al. 2007):

- eine Gefahrenkarte im Maßstab 1:50.000 bis 1:20.000 mit Planungsgebiet, Einzugsgebiete von Wildbächen und Lawinen und besonderen Gefahrenursachen
- eine Gefahrenzonenkarte im Maßstab 1:5.000 bis 1:1.000 mit den ermittelten Wirkungen und Größen des Bemessungsereignisses und den Vorbehalts- und Hinweisbereichen

Der textliche Teil beinhaltet (Hübl et al. 2007):

- eine Beschreibung der Grundlagen
- eine Beschreibung der Gefahrenzonen und eine dazugehörige Begründung zur Bewertung und Darstellung der Gefahrenzonen
- Hinweise für die Planung auf den Gebieten der Raumplanung, des Bauwesens und des Sicherheitswesens

Die Gefahrenzonen sind wie in folgender Tabelle definiert:

Tabelle 4: Definition der Gefahrenzonen

Rote Zone	Die ständige Benützung der Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist wegen der voraussichtlichen Schadenswirkungen des Bemessungsereignisses für Wildbäche und Lawinen oder wegen der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich.
Gelbe Zone	Alle übrigen durch Wildbäche und Lawinen gefährdete Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist.
Vorbehaltsbereich (Blau)	Bereiche, die für die Durchführung und Aufrechterhaltung von technischen oder forstlich-biologischen Maßnahmen benötigt werden, sowie Bereiche, die zur Sicherstellung einer Schutzfunktion oder eines Verbauungserfolges einer besonderen Art der Bewirtschaftung bedürfen.
Hinweisbereich (Violett)	Bereiche, deren Schutzfunktion von der Erhaltung der Beschaffenheit des Bodens oder des Geländes abhängt.
Hinweisbereich (Braun)	Jene Bereiche, die vermutlich anderen als von Wildbächen und Lawinen hervorgerufenen Naturgefahren (Steinschlag oder Rutschung, die nicht im Zusammenhang mit Wildbächen und Lawinen stehen) ausgesetzt sind.

Quelle: Hübl et al. 2007

2.2.1.2 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Den Gefahrenzonen liegt stets die Größe eines Ereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 150 Jahren (Bemessungsereignis) zugrunde. Zusätzlich zum Bemessungsereignis wird für die Abgrenzung der Gefahrenzonen, vor allem im Bereich Wassergefahren, auch die Häufigkeit von Ereignissen herangezogen. Ein häufiges Ereignis wird als solches bezeichnet, wenn seine Wiederkehrdauer bei 10 Jahren oder darunter liegt. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2011)

Die Gefahrenzonen für Lawinen:

Die Gefahrenzonen für Lawinen werden in Österreich folgendermaßen ausgewiesen:

Tabelle 5: Abgrenzung der Gefahrenzonen für Lawinen

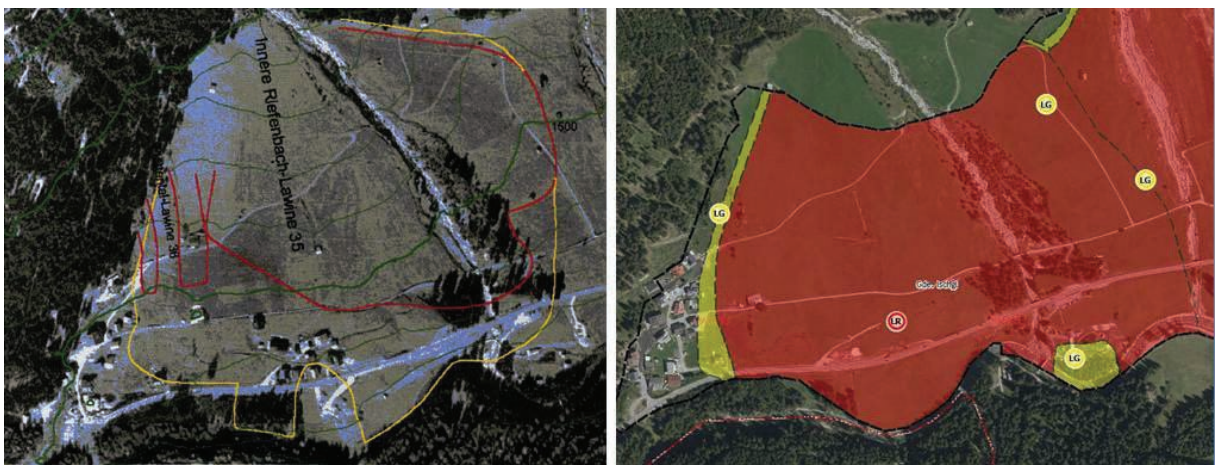
Kriterien	Zonen	Bemessungsereignis	Häufiges Ereignis
Druck (p)	LR	p ≥ 10 kN/m²	p ≥ 10 kN/m²
	LG	1< p < 10 kN/m²	1< p < 10 kN/m²
LR = Rote Gefahrenzone Lawine, LG = Gelbe Gefahrenzone Lawine			

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft 2011

Häufigere Ereignisse (1-10 Jahre) werden hierbei immer vom Bemessungsereignis überlagert (Fellin 2013).

Die Katastrophenlawine in Galtür und Valzur vom Winter 1999 mit 31 Todesopfern hatte eine Überarbeitung der Gefahrenzonenpläne in Österreich zur Folge. Der für die die Grenze zwischen roter und gelber Zone maßgebender Lawinendruck wurde von 25 kN/m² auf die heutigen 10 kN/m² herabgesetzt. (Fellin 2013)

Abbildung 3: Gefahrenzonenplan von Valzur – links ***vor*** und rechts ***nach*** der Überarbeitung aufgrund des Lawinenereignisses 1999



Quelle: Magthuber 2002, Land Tirol 2015

Die Gefahrenzonen für Steinschlag:

Steinschlaggefahren werden in den braunen Hinweisbereichen ausgewiesen. Diese Hinweisbereiche beinhalten jene Bereiche, bei welchen im Zuge der Erhebungen eine andere als von Wildbächen und Lawinen ausgehende Gefahr festgestellt wurde.

Es wird also auf die Steinschlaggefahr hingewiesen, jedoch ohne auf das genaue Gefahrenausmaß oder vermutliche Ereignisgrößen einzugehen. Folglich gibt es auch keine rote oder gelbe Zone für Steinschlag.

2.3 Technischer Gebäudeschutz und Gebäudeschutzklassen

2.3.1 Technischer Gebäudeschutz

Um ein oder mehrere Gebäude vor Naturgefahren zu schützen, kann entweder durch klassische Wildbach- und Lawinenverbauungen auf den Prozess eingewirkt werden, oder die Gebäude direkt durch technischen Gebäudeschutz geschützt werden.

Abbildung 4: Tramin 2014 – bei Großereignissen stößt auch der technische Gebäudeschutz auf seine Grenzen



Quelle: http://blogs.agu.org/landslideblog/files/2014/01/14_01-Sud-Tirol-5.jpg (19.01.2015)

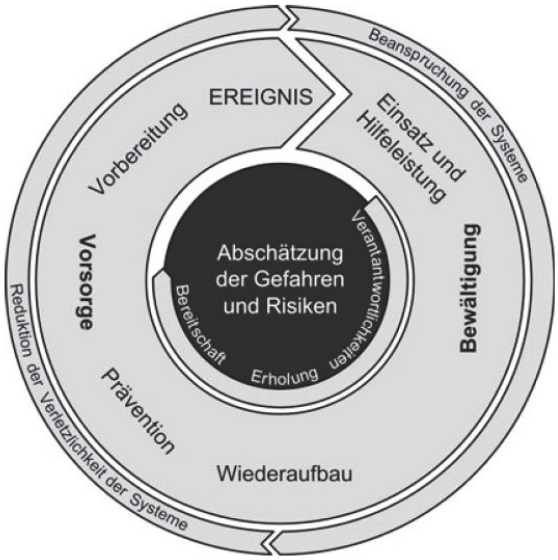
In "Bauen und Naturgefahren" (Suda und Rudolf-Miklau 2012) wird der technische Gebäudeschutz folgendermaßen definiert: „Gebäudeschutz (Objektschutz) ... bezeichnet die Planung,

Bemessung und Ausführung von Bauwerken in Gefahrengebieten entsprechend den vorherrschenden Einwirkungen durch Naturprozesse (naturgefahrensicheres Bauen) sowie die Anpassung von bestehenden Bauwerken (Ertüchtigung und Sanierung) an die Gefahrensituation."

Ziel des technischen Gebäudeschutzes ist es also, das Gebäude durch konstruktive Maßnahmen an eine eventuelle Gefährdung anzupassen (Institut für alpine Naturgefahren 2006).

Der technische Gebäudeschutz ist jedoch nicht als isoliertes Schutzkonzept anzusehen sondern ist, wie alle Maßnahmen gegen Naturgefahren, ein Teil des gesamten integralen Naturgefahren-Managements. Das Grundprinzip des Naturgefahrenmanagements wird gern im Risikokreislauf veranschaulicht. Der Risikokreislauf bildet den Zyklus vom Katastrophenereignis, über die Hilfeleistung und Wiederaufbau bis hin zur Vorsorge ab. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

Abbildung 5: Risikokreislauf



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

Unter dem Bereich Vorsorge - welcher die Verbesserung des Schutzes vor Gefahren und der Reduktion der Verletzlichkeit der Systeme beinhaltet - fällt neben der Errichtung von klassischen Schutzbauwerken gegen Naturgefahren auch der technische Gebäudeschutz. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

2.3.1.1 Gefährdungsbilder

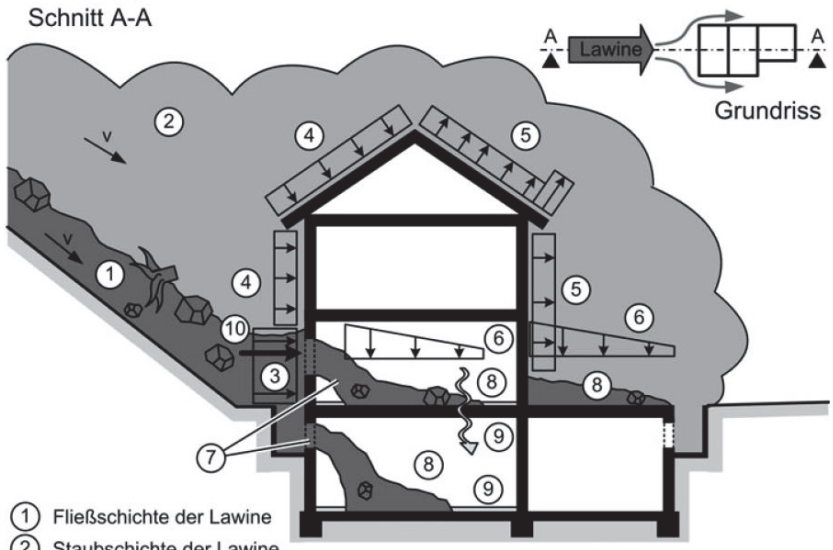
Beim technischen Gebäudeschutz gegen Lawinen und Steinschlag ist ein Gebäude gegen mehrere Gefährdungsbilder zu schützen, da die Naturgefahr an mehreren Stellen am Gebäude angreifen und dadurch verschiedene Schäden verursachen kann.

Die Gefährdungsbilder sollen somit helfen, Gefahrenpotentiale für Gebäude zu beurteilen. Ein Gefährdungsbild trifft dabei Aussagen über Gefahrenart, deren Wirkungsweise und deren Auswirkungen bzw. eventuellen Schaden. Es ist somit eine wichtige Grundlage für die Planung und Bemessung eines Gebäudes. Aus Gefährdungsbildern können Folgerungen auf konstruktive Schutzmaßnahmen, Einwirkungskombinationen und Bemessungssituationen geschlossen werden. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

<u>Gefährdungsbild Lawine (Suda und Rudolf-Miklau 2012):</u>

Lawinen können als Fließlawinen oder als Staublawinen bzw. Mischlawinen auftreten. Je nach Lawinenart resultieren daher verschiedene Gefährdungsbilder. Es wird deshalb zwischen Gefährdungen durch den Fließanteil und Gefährdungen durch die Staubschicht einer Lawine unterschieden.

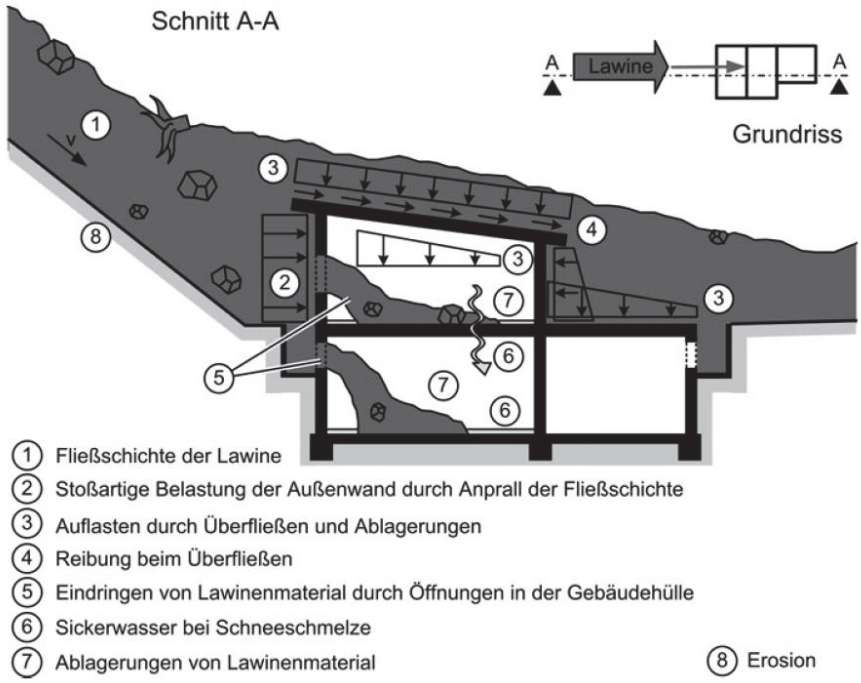
Abbildung 6: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Staublawine



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

Der Staubanteil von Lawinen beansprucht das Gebäude und vor allem auskragende Gebäudeteile durch die Druck- und Sogkräfte des Aerosols. Zum Staubanteil wird in diesem Kapitel auch noch die fluidisierte Übergangsschicht – auch Saltationsschicht – gezählt und bildet die Grenze zum Fließanteil. Die Staubschicht und Saltationsschicht besitzen zwar eine bedeutend geringere Dichte als der Fließanteil, bewegen sich jedoch mit hoher Geschwindigkeit an der Spitze der Lawine. Dadurch kommt es zu einer unregelmäßigen Druckverteilung in der Längs- und Querrichtung einer Staublawine. Mit den zusätzlich turbulenzbedingten Druckunterschieden können durch den Staubanteil Spitzendrücke entstehen, die bis um einen Faktor 2 über den Mittelwerten liegen können.

Abbildung 7: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Fließlawine:



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

Der Fließanteil bzw. die Fließlawine beansprucht ein Gebäude anders. In den meisten Ereignisfällen kommt es zu einem Umfließen des Gebäudes durch die Lawine. Die Höhe der Fließschicht liegt dabei deutlich unter der Traufhöhe.

Nachdem Aufprall der Lawine an die prozesszugewandte Seite des Gebäudes kommt es innerhalb von Millisekunden zu einer plastischen Verdichtung und einem Aufstau des Schnees durch das Strömungshindernis. Mit der Lawine mitgeführte Einzelkomponenten, wie Baumstämme und Steine, erzeugen punktförmige Anprallkräfte. Durch den Aufprall wird zu-

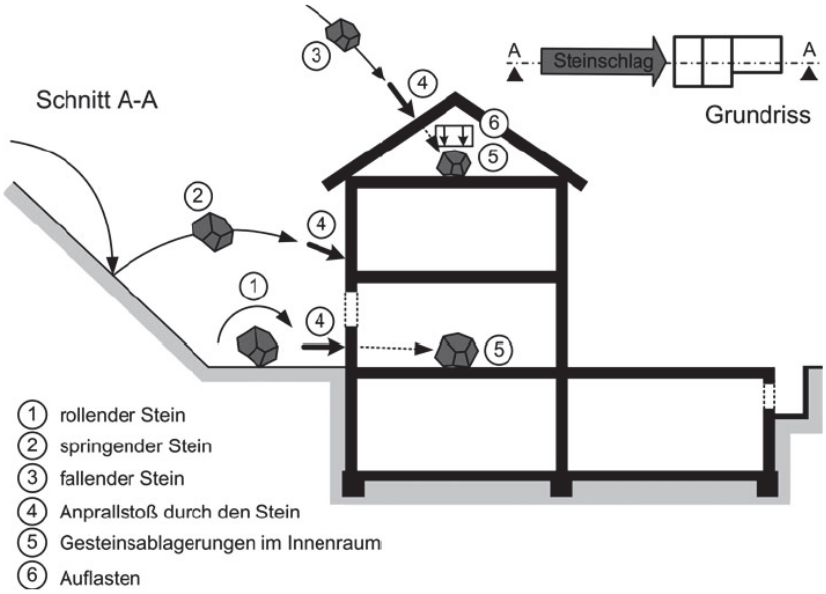
dem ein flächiger Staudruck, ähnlich einer Mure verursacht. Gebäudeöffnungen oder Durchbruchstellen im Baukörper bilden Eindringstellen für Schnee ins Innere des Gebäudes. Die Seitenwände und schräg angeströmte Wände werden nicht so stark beansprucht. Druck und Reibung werden durch den schrägen Anströmwinkel reduziert.

Niedrige Gebäude können vom Fließanteil einer Lawine überflossen werden. In diesem Fall sind die Beanspruchungen durch den Staubanteil nicht von Relevanz. Zu den Gefahrenbildern des Umfließens kommt noch die Auflast und Reibung am Dach hinzu.

Gefährdungsbild Steinschlag (Suda und Rudolf-Miklau 2012):

Das Gefährdungsbild Steinschlag ist von Sturzkomponenten, welche in unterschiedlichen Höhen und Geschwindigkeit auf das Gebäude prallen, geprägt. Das Zerstörungspotential der Steinschläge hängt vor allem von der Steingröße, der Sturzbahn, deren Beschaffenheit und der daraus resultierenden Energie des Ereignisses ab. In dem entsprechend großem Maße streut auch der Zerstörungsgrad.

Abbildung 8: Gefährdungsbild durch Einwirkung von Steinschlag



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

Für die Gefährdung sind also die Höhe des Einschlagpunktes und die Sturzenergie relevant. Im steilen Gelände können Blöcke von oben auf die Dachkonstruktion fallen. In weniger steilem Gelände sind eher exponierte Gebäudewände gefährdet, da bodennahe Bewegungsformen - wie Springen, Gleiten und Rollen - vorherrschen.

2.3.1.2 Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes

Wie schon erwähnt dient der technische Gebäudeschutz als konstruktive Maßnahme zur Abwehr von Naturgefahren am Gebäude. Solche Maßnahmen können in verschiedenster Form ausgeführt werden. Man kann dabei zwischen 3 Arten von Maßnahmen unterscheiden (Egli 1999):

- Konzeption des Gebäudes und Umgebung
- Verstärkungsmaßnahmen an der Struktur und Außenhülle des Gebäudes
- Abschirmungsmaßnahmen vor dem Gebäude

Bei der Wahl der Maßnahmen muss jedoch berücksichtigt werden, dass Naturgefahrenprozesse Schadwirkungen besitzen können, welche *vermeidbar* oder auch *unvermeidbar* sind. Dies hängt hauptsächlich von der Einwirkung durch den Prozess ab, welche Gebäudeschutzmaßnahmen folglich *möglich* oder *unmöglich* macht. Eine große Rolle bei der Auswahl der Gebäudeschutzmaßnahme spielt auch die Vorhersehbarkeit der Naturgefahr. Die Zeit zwischen dem Erkennen der Gefahr und dem Eintritt des Ereignisses, sprich die Vorwarnzeit ist maßgebend. Schnell ablaufende Naturgefahrenprozesse haben dabei eine kurze Vorwarnzeit und umgekehrt. Manche Prozesse, wie z.B. Steinschlag, haben keine Vorwarnzeit. Bei kurzer oder keiner Vorwarnzeit können nur permanent gesetzte Maßnahmen angewendet werden. Längere Vorwarnzeiten ermöglichen auch die Installation von temporären Gebäudeschutzmaßnahmen. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

Abbildung 9: Vorhersehbarkeit von Naturgefahren



Quelle: Suda und Rudolf-Miklau 2012

2.3.1.2.1 Maßnahmen gegen Lawinen

Fließ- und Staublawinen besitzen durch ihre potentielle extreme Einwirkung (Lawinendruck) ein großes Zerstörungspotential. Es können also Einwirkungen auftreten, welche schutzbietende Maßnahmen in Form des technischen Gebäudeschutzes unmöglich machen. Somit kommt der Auswahl des Standortes und der Anordnung im Gelände eine große Bedeutung zu und sollten in der Planung des Gebäudes noch vor den klassischen Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes stehen. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

<u>Konzeption des Gebäudes und Umgebung (Egli 1999):</u>

1. *Einpassung in das Terrain:*

Durch die Optimierung des Standortes und einer guten Einpassung im Gelände kann die Einwirkung durch einen direkten Lawinenangriff schon verringert werden. Diese Wirkung wird durch eine vertiefte Lage des Gebäudekörpers erzielt.

2. *Formgestalt des Gebäudes:*

Durch die Form des Gebäudes werden die effektiv wirkenden Drücke auf die betroffenen Außenwände reduziert. Keilförmige und angewinkelte Grundrissformen wirken sich dabei günstig aus. Auskragende Gebäudeteile sind zu vermeiden, da diese Angriffsflächen für die Lawine bilden.

3. *Nutzungskonzept der Innenräume:*

Im prozesszugewandten Bereich des Gebäudes werden Räume mit allgemein kurzer Aufenthaltsdauer von Personen situiert.

4. *Lage von Öffnungen im Gebäudegrundriss:*

Fenster und Türen werden in der prozesszugewandten Seite des Gebäudes vermieden oder zumindest klein gehalten. Falls sich lawinenseitig Öffnungen befinden, bedürfen diese immer einer Verstärkung.

5. *Nutzungskonzept des Außenraumes*

Bereiche außerhalb des Gebäudes, welche intensiv genutzt werden (Balkon, Zufahrt, Zugang zum Gebäude) sind stets an der lawinenabgewandten Seite des Gebäudes anzuordnen

Verstärkungsmaßnahmen an der Struktur und Außenhülle des Gebäudes (Egli 1999):

1. *Verstärkung und Anschüttung von Außenwänden:*

Die von der Lawine beanspruchten Außenwände sind nach dem dadurch resultierenden Lawinendruck zu bemessen und auszuführen. Auf die Verwendung von Fassadenverkleidungen kann verzichtet werden, da diese durch die Reibung der Lawine abgetragen oder zerstört werden. Durch eine Anschüttung kann die durch die Lawine direkt beanspruchte Außenfläche reduziert werden. Der Lawinendruck wird verringert, es ist jedoch der zusätzliche Erddruck zu berücksichtigen.

2. *Schutz von Öffnungen:*

Auf der lawinenzugewandten Seite des Hauses sind die Öffnungen allgemein klein zu halten. Sprossen, Prallplatten oder Dammbalken reduzieren die Einwirkung auf die Fenster. Diese Schutzvorrichtungen werden nur saisonal in den Wintermonaten eingesetzt, um in den Sommermonaten genügend Lichteinfall zu garantieren. Bei schwachen Lawinendrücken können auch teilvorgespannte Glasfenster die Öffnung schützen. Türen sind auf der lawinenzugewandten Seite von außen anzuschlagen. Allgemein sollten sämtliche lawinenseitigen Fenster und Türen auf den wirkenden Lawinendruck bemessen werden.

3. *Verstärkung des Daches:*

Dachvorsprünge sind zu vermeiden und sind lediglich an den lawinenabgewandten Seiten des Gebäudes in Erwägung zu ziehen, wenn sie genügend geschützt sind. Ist mit Staublawinen zu rechnen, sollte vollkommen auf Dachvorsprünge verzichtet werden oder eine schützende Verschalung vorgesehen werden. Die Dachziegel sollten möglichst schwer sein oder so am Dach befestigt werden, dass sie dem Lawinendruck standhalten. Wird das Gebäude voraussichtlich von der Lawine überflossen, so ist das Dach auf die Belastungen infolge von Druck, Reibung und Auflast zu bemessen.

Abschirmungsmaßnahmen vor dem Gebäude (Egli 1999):

Abschirmungsmaßnahmen werden üblicherweise sehr massiv gebaut und wirken stark auf den Naturgefahrenprozess ein. Sie können somit die Ausbreitung einer Lawine verändern. Deshalb dürfen solche Maßnahmen nur umgesetzt werden, wenn dadurch benachbarte Objekte nicht erhöht gefährdet werden.

1. *Damm:*

Bei Dämmen wird zwischen Auffangdamm und Ablenkdamm unterschieden.

Ein Auffangdamm ist darauf bemessen, eine Lawine vollständig aufzuhalten. Dabei muss die Dammhöhe größer sein als die Summe aus dem natürlich abgelagerten Schnee, der Fließhöhe und der Geschwindigkeitshöhe. Im Gebäudeschutz wird ein Auffangdamm meist als Maßnahme gegen Schneerutsche oder kleineren Lawinen eingesetzt.

Ablenkdämme sollen die Lawine in eine gewünschte Richtung umlenken. Der Umlenkwinkel soll nicht größer als 30° sein, da ansonsten die Bauwerkshöhen sehr groß werden und ein Abfließen der Lawine nicht mehr gewährleistet ist. Ablenkdämme kommen hinsichtlich des Gebäudeschutzes vor allem am Rand von Siedlungen zum Einsatz.

2. *Ebenhöh:*

Ebenhöh sind Gebäude, bei welchen das Dach bergseitig nahtlos an das Terrain oder die Anschüttung anschließt. Das Gebäude besitzt dadurch keine lawinenzugewandte Seite. Die Lawine fließt über das Gebäude hinweg. Bei der Konstruktion muss ein Augenmerk auf die Dachabschlüsse gelegt werden. Kamine in klassischer Ausführung sind zu Schadanfällig, wodurch hierfür eine spezielle Lösung gesucht werden muss (z.B. ein ersetzbarer Leichtaufbau).

3. *Spaltkeil:*

Spaltkeile werden direkt am zu schützenden Gebäude oder in unmittelbarer Nähe situiert. Durch den Keil wird die Lawine geteilt und die Schneemassen fließen links und rechts am Objekt vorbei. Der Öffnungswinkel muss kleiner sein als 60°. Zudem soll der Spaltkeil genügend hoch sein, damit er und das Gebäude nicht überflossen werden.

2.3.1.2.2 Maßnahmen gegen Steinschlag

Gebäude sind gegen den Prozess Steinschlag mit Maßnahmen direkt am Gebäude nur schwierig zu schützen. Grund dafür ist die die dynamische Stoßbelastung eines Steines auf die unelastischen Konstruktionsteile eines Hauses. Die Bauteile können nicht durch elastische Verformung dem dynamischen Stoß entgegenwirken. Es gibt jedoch ausreichend Möglichkeiten die Schadensanfälligkeit eines Gebäudes zu reduzieren. (Institut für alpine Naturgefahren 2006)

Konzeption des Gebäudes und Umgebung (Egli 1999):

1. *Einpassung in das Terrain*

Durch eine gute Anpassung ins Terrain kann das Gebäude vor direktem Angriff durch Steinschlag geschützt werden. Herrscht eine rollende bzw. gleitende Bewegungsform des Steinschlags vor, so muss der Gebäudekörper erhöht angelegt werden. Kann mit springenden Sturzkomponenten gerechnet werden, so muss eine vertiefte Anordnung des Gebäudekörpers gewählt werden.

2. *Formgestalt des Gebäudes*

Um die Trefferwahrscheinlichkeit auf das Gebäude zu verringern, sollte die bergseitige bzw. prozesszugewandte Hausfassade so kurz wie möglich gehalten werden. Zudem sind Tragwerke des Gebäudes geschützt im Bezug auf die Sturzrichtung anzuordnen. Flächige Tragelemente sind Stützen vorzuziehen. Im Falle eines Treffers ist somit ein Versagen des tragenden Elementes unwahrscheinlicher.

3. *Nutzungskonzept der Innenräume*

Hinter den prozesszugewandten Außenwänden sollten sich nur Räume mit allgemein kurzer Aufenthaltsdauer von Personen befinden. Solche Räume wären z.B. Verbindungsgänge, Abstellkammern oder WC. Dadurch wird das Personenrisiko stark minimiert.

4. *Lage der Öffnungen*

Fenster und Türen stellen als Gebäudeöffnungen die größten Schwachpunkte in einer Hausfassade dar. Deshalb sind diese an der prozesszugewandten Seite zu vermeiden oder zumindest klein zu halten. Falls kleine Öffnungen gewählt werden, sind diese unbedingt z.B. durch Gitter zu schützen. Türen und Eingänge sollten nur in Ausnahmefällen bergseitig situiert werden und sind durch permanente Maßnahmen zu schützen.

5. *Nutzungskonzept des Außenbereichs*

Bereiche außerhalb des Gebäudes, welche intensiv genutzt werden (Balkon, Zufahrt, Zugang zum Gebäude) sind stets an der sturzabgewandten Seite des Gebäudes anzuordnen.

Verstärkungsmaßnahmen an der Struktur und Außenhülle des Gebäudes (Egli 1999):

1. *Verschalung von Wänden*

Eine der effizientesten Maßnahmen direkt am Gebäude ist die Verschalung von sturzzugewandten Wänden mit stoßdämpfendem Material. So sind tragende Elemente der Konstruktion vor direkten Einschlägen durch Steine geschützt und das stoßdämpfende Material nimmt über einen möglichst langen Deformationsweg die Sturzenergie auf. Als Dämpfungsmaterial werden normalerweise Holz oder Kunststoffe verwendet.

2. *Anschüttung und Verstärkung von Wänden*

Ähnlich wie bei der Verschalung wird auch bei der Anschüttung die vom Steinschlag betroffene Außenwand mit stoßdämpfendem Material geschützt. Das Material ist in diesem Fall Erde. Erdmaterial besitzt eine hervorragende Dämpfungswirkung, wodurch auch Steinschlägen mit hohen Sturzenergien entgegengewirkt werden kann. Der Nachteil von Anschüttungen liegt in ihrem hohen Platzverbrauch. Durch die Verwendung von bewehrter Erde kann dieser Nachteil etwas kompensiert werden.

Eine Verstärkung von Wänden kann bei Neubauten mit einem höheren Bewehrungsstahlgehalt für Stahlbetonwände umgesetzt werden. Alternativ kann die Wandstärke erhöht werden. Diese Maßnahme erhöht die Widerstandsfähigkeit im Vergleich zu den zusätzlichen Kosten jedoch nur gering. An bestehenden Bauten können nachträglich Klebebewehrungen durch Stahllamellen oder zusätzlicher Wandbewehrung in Gunitschicht oder Vorsatzbeton angebracht werden.

3. *Schutz von Öffnungen*

Fenster können mit Sprossen aus Stahl geschützt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Sprossen genügend Abstand zum Fenster besitzen, damit ausreichend Deformationsweg gegeben ist. Türen werden üblicherweise mit Schutzmauern oder kleineren Schutzdämmen vor Steinschlag geschützt.

4. *Verstärkung und Überschüttung des Daches*

Dachkonstruktionen sind sehr vulnerabel gegenüber Steinschlag. Eine Erdüberdeckung des Daches bildet dabei einen optimalen Schutz. Daher werden Neubauten in steinschlaggefährdeten Gebieten sehr oft mit leicht geneigten Flachdächern gebaut, auf welchen sich eine Erdüberdeckung ideal anbringen lässt.

Abschirmungsmaßnahmen vor dem Gebäude (Egli 1999):

Wie bei Lawinen können Abschirmungsmaßnahmen die Ausbreitung von Steinschlägen verändern. Deshalb dürfen auch solche Maßnahmen nur umgesetzt werden, wenn benachbarte Objekte nicht erhöht gefährdet werden.

1. *Auffangdamm*

In Bezug auf die Energiedissipation stellen Erddämme die effektivste Maßnahme gegen Steinschlag dar. Durch sie können Sturzenergien über 2000 kJ aufgenommen werden. Nachteil der Erddämme ist ihr großer Raumbedarf. Je höher die Sprunghöhen bzw. je höher der Damm konstruiert werden muss, desto mehr Grundfläche wird auch benötigt. Diesem Nachteil kann durch übersteile Böschungen in Form von Zyklopenmauern, bewehrter Erde u. a. entgegengewirkt werden.

2. *Drahtseilnetz*

Drahtseilnetze sind eine sehr häufige Maßnahme, können jedoch nicht so viel Sturzenergie aufnehmen wie Auffangdämme. In den letzten 10 Jahren wurden sie jedoch stetig weiterentwickelt. Heute können Drahtseilnetze bis zu 2000 kJ aufnehmen. Der Nachteil solcher Netzer liegt in der geringeren Energieaufnahme bei kleineren Steinmassen. Der Grund dafür liegt im Deformationsverhalten der speziell auf hohen Energien ausgerichteten Konstruktion bzw. Einzelteile.

3. *Ebenhöh*

Ebenhöh als Maßnahme gegen Steinschlag - wie auch gegen Lawine - sind Gebäude, bei welchen das Dach bergseitig nahtlos an das Terrain oder die Anschüttung anschließt. Der Stein überspringt dadurch das Gebäude. Dächer der Ebenhöh werden wie jene mit Erdüberdeckung bemessen. Kamine in klassischer Ausführung sind auch hier zu schadanfällig und es sollten andere Lösungen gesucht werden.

4. *Stabilisierung*

Wenn sich ein kleinräumiger Abbruchbereich unmittelbar hinter dem zu schützenden Objekt befindet, kann das Abbrechen von Sturzkörpern durch Stabilisierungsmaßnahmen verhindert werden.

Eine Möglichkeit den Abbruchbereich zu stabilisieren ist die Verkleidung oder Begrünung. Falls das Gelände nicht zu steil ist, ist die Felsböschung zu bepflanzen und anzusäen. Stei-

lere Böschungen müssen zusätzlich mit Geotextilien, Stahlnetzen und Ankern gesichert werden. Sehr steile Böschungen sind mit Spritzbeton zu stabilisieren.

Steinschlaggeflechte sind eine Maßnahme in Form von Drahtgeflechten, welche einzelne, sich ablösende Steine am Springen hindern und kontrolliert unter dem Geflecht zum Böschungsfuß geleiten.

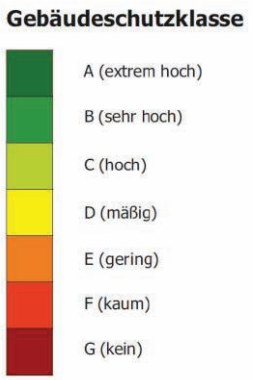
Des Weiteren kann der Abbruchbereich durch Stützelemente bzw. Anker gesichert werden. Überhängende oder unterschnittene Felsmassen werden dabei mit Beton- oder Stahlstützen gestützt. Gegen ein Gleiten oder Kippen bei niederen, senkrechten Böschungen ist es von Vorteil eine Stützmauer zu errichten. Einzelne Blöcke oder Böschungsabschnitte können gut mit Ankern gesichert werden.

Alternative Maßnahmen wären das Abflachen oder die Drainagierung der Böschung. Beim Abflachen wird die Böschung auf 40° Steigung verringert und somit das Gefahrenpotential reduziert. Der Nachteil ist das stärkere Verwittern der veränderten Oberflächenstruktur. Drainagen dienen der Entwässerung und sollen das Eindringen von Wasser in das Felsgefüge reduzieren. Dies ist jedoch nur als Begleitmaßnahme anzusehen.

2.3.2 Gebäudeschutzausweis und Gebäudeschutzklassen

Das Instrument Gebäudeschutzausweises ist eine neue Variante langfristigen Schutz und Werterhaltung von Gebäuden in Gefährdungsgebieten zu ermöglichen. Gebäude werden im Zuge des Bauvorhabens oder anderen planerischen Prozess – je nach Gefahrenexposition, Gefährdungsgrad und Nutzungskategorie – in sogenannte Gebäudeschutzklassen eingeteilt. (Braun 2014)

Abbildung 10: Die Gebäudeschutzklassen



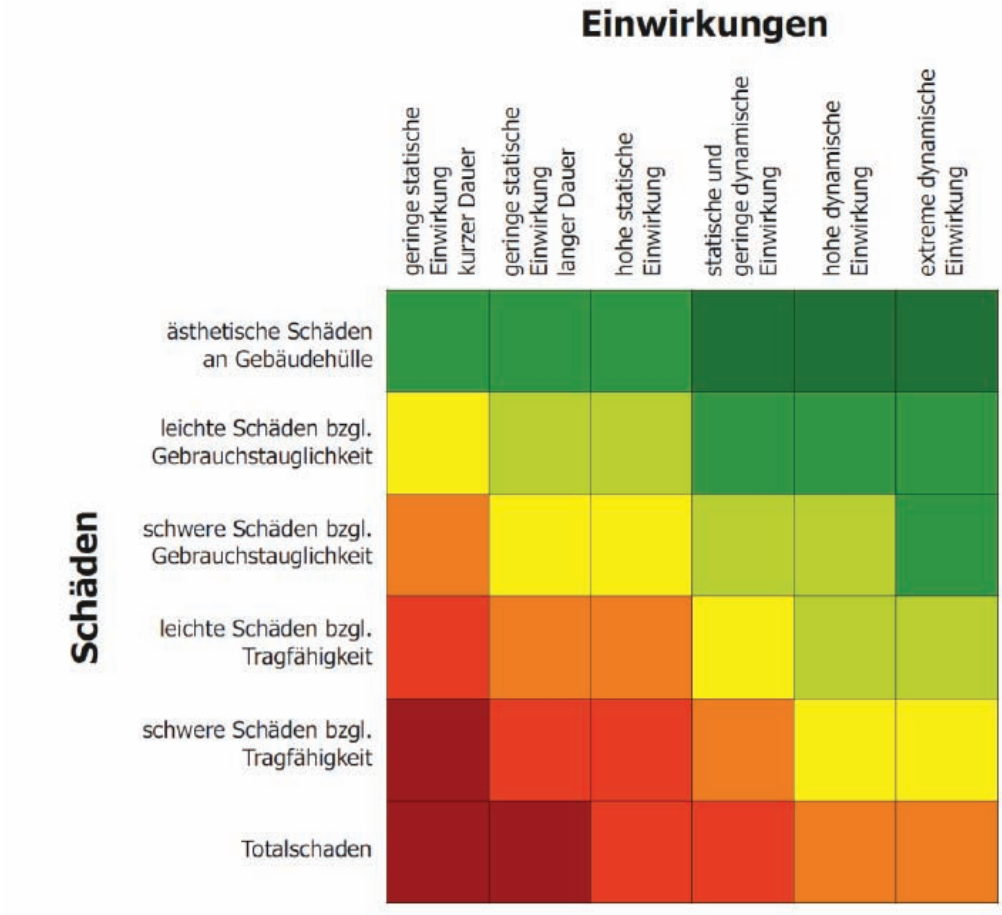
Quelle: Braun 2014

Die Gebäudeschutzklasse ist dabei eine Kennzahl, welche die Schutzwirkung eines Gebäudes gegenüber Naturgefahren angibt. Die Klasse charakterisiert also die Resistenz des Objektes gegenüber der Einwirkung aus dem Naturgefahrenprozess. Wie beim Energieausweis, werden die Klassen, wie folgt, farbig dargestellt. (Braun 2014)

Die Gebäudeschutzklasse A gibt an, dass der Schutzwirkungsgrad des Gebäudes extrem hoch ist. Den geringsten Schutzwirkungsgrad besitzt ein Objekt der Gebäudeschutzklasse G, in welcher kein Schutz vor der Naturgefahr gegeben ist. (Braun 2014)

Zur Bestimmung der Gebäudeschutzklasse werden die Einwirkung aus dem Prozess und das daraus resultierende Schadensausmaß herangezogen. Der Zusammenhang zwischen Einwirkung und Schäden wird mit Hilfe dieser Matrix ersichtlich. Die Matrix soll dem Sachverständigen als Hilfe zur Bestimmung der Gebäudeschutzklasse dienen. (Braun 2014)

Abbildung 11: Matrix der Gebäudeschutzklassen



Quelle: Braun 2014

2.3.2.1 Einwirkungsklassen

In „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements“ (Braun 2014) werden in der Matrix für den Gebäudeschutzausweis 6 Einwirkungsklassen vorgeschlagen, hier von der geringsten zur höchsten Einwirkung aufsteigend angeführt:

- Geringe statische Einwirkung kurzer Dauer
- Geringe statische Einwirkung langer Dauer
- Hohe statische Einwirkung
- Statische und geringe dynamische Einwirkung
- Hohe dynamische Einwirkung
- Extreme dynamische Einwirkung

Diese Klassifizierung ist noch in Worten gefasst und die Klassen wurden nicht beziffert. Sie besitzen also keine dazugehörigen Werte der Einwirkungsgröße.

Für eine Bezifferung der Klassen mit Einwirkungsgrößen wäre es von Vorteil, sich der Abgrenzungen der Gefahrenzonen der BWV und WLV zu bedienen. Die Gefahrenzonierung ist flächendeckend. Folglich können die Grenzen der Gefahrenzonen als Anhaltspunkte für die Unterteilung der Einwirkungsklassen genommen werden. (Braun 2014)

Dies trifft vor allem für Lawinen zu. Die Unterteilung der Gefahrenzonen geschieht hier durch den Lawinendruck. Eine Unterscheidung zwischen statischen und dynamischen Lawinendruck wird im Gefahrenzonenplan jedoch nicht gemacht.

Die Gefahr Steinschlag wird im Gefahrenzonenplan, wie schon erwähnt, nur durch Hinweiszonen ersichtlich gemacht. Dadurch ist eine Anlehnung der Bezifferung an den Gefahrenzonenplan nicht möglich.

2.3.2.2 Schadensklassen

Die Matrix der Gebäudeschutzklassen führt auch 6 Schadensklassen an. Diese sind ebenfalls zu definieren und dabei zu achten, dass die Klassifizierung standardisiert und nach einem einheitlichen System abläuft. (Braun 2014)

Die 6 Schadensklassen lauten wie folgt (Braun 2014):

- ästhetische Schäden an Gebäudehülle
- leichte Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit
- schwere Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit
- leichte Schäden bzgl. Tragfähigkeit
- schwere Schäden bzgl. Tragfähigkeit
- Totalschaden

Für die Schadensklassen wäre es zudem sehr nützlich, wenn für jede der Klassen eine umfangreiche Auflistung der potentiellen Schäden erstellt wird. (Braun 2014)

3 Kriterien zur Bestimmung von Gebäudeschutzklassen

Der Gebäudeschutzausweis und die damit verbundenen Gebäudeschutzklassen für Bauten in durch Naturgefahren gefährdeten Gebieten ist ein Thema im Sektor „Schutz vor Naturgefahren“, das in letzter Zeit vermehrt behandelt wird. In dieser Masterarbeit werden somit Fälle gesucht und zu einer Datenbank verarbeitet, bei denen Wohn- und Wirtschaftsgebäude vom Naturgefahrenprozess Lawine und Steinschlag getroffen und beschädigt wurden. Zusätzlich werden in den folgenden Kapiteln Kriterien und Grenzwerte angedacht, nach welchen Gebäudeschutzklassen definiert werden können.

In „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements“ (Braun 2014) wurde bereits ein Konzept zur grundlegenden Einteilung von Gebäudeschutzklassen entworfen (siehe Kapitel 2.3.2).

Ziel dieser Arbeit ist es nun Gebäude, welche durch Steinschläge und Lawinen getroffen wurden, zu finden und dazu Informationen zu den verursachten Schäden und dem einwirkenden Ereignis zu sammeln. Es geht also primär um die Exploration dieses Fachgebiets. Zusätzlich werden in Anlehnung an die Einteilung der Gebäudeschutzklassen vom Autor in Zusammenarbeit mit dem Betreuer der Masterarbeit versucht, die grundlegenden Resistenzgrenzen von verschiedenen Gebäudearten aufzuzeigen. Diese Resistenzgrenzen werden daraufhin untersucht, ob sie sich für eine Implementierung der Gebäudearten in die Matrix der Gebäudeschutzklassen eignen. Es werden nicht endgültige Grenzen und Definitionen der Klassen aufgestellt. Für eine solche Arbeit sind Experten mit langjähriger Erfahrung und eine Fachkommission mit Mitgliedern aus verschiedenen Disziplinen (Bauingenieure, Raumplaner, Politikexperten, Naturgefahrenexperten, usw.) notwendig. Es werden vielmehr Richtwerte in Bezug auf Lawinen- und Steinschlagereignissen gesucht, bei welchen sich bestimmte Schadens- und Versagensmuster zeigen. Diese Werte werden dann noch auf ihre Eignung als Kriterium für eine in der Zukunft liegende Einteilung von Gebäudeschutzklasse geprüft.

3.1 Einflussfaktoren auf die Gebäudeschutzklasse

Wie bereits aus der Matrix der Gebäudeschutzklassen (Abb. 11) ersichtlich wird, ist die Gebäudeschutzklasse maßgeblich von der **Größe des Ereignisses** und der daraus resultierenden **Schadensintensität** beeinflusst. Diese beiden Faktoren bilden die Grundlage zur Untersuchung der Gebäude.

Die Resistenz des Gebäudes selbst gegenüber der Einwirkung hängt von der **Bauweise** des jeweiligen Bauwerks ab. Deshalb wurden die Untersuchungsobjekte für Lawine getrennt nach ihrer Bauweise behandelt. Beim Prozess Steinschlag ist die gesamte Bauweise in diesem Sinne nicht so wichtig, da Steinschlag nicht flächenhaft am Gebäude ansetzt, sondern punktuell. Vielmehr ist also die Beschaffenheit des Gebäudes direkt am Einschlagpunkt von Relevanz. Deshalb wurde ein Augenmerk auf den **Baustoff** bzw. **Gebäudeelement** am Einschlagpunkt gelegt.

3.1.1 Größe des Ereignisses

Die Größe bzw. die Intensität des Ereignisses ist eine der wichtigsten Eingangsgrößen für die Untersuchungen und Analysen dieser Masterarbeit. Von ihr hängt, je nach Bauweise, die Intensität des Schadens am Gebäude ab. Die Ereignisgröße ist somit die unabhängige Variable der nach Bauweisen getrennten Analysen.

3.1.1.1 Lawine

Die Größe von Lawinen kann auf verschiedene Art und Weise charakterisiert werden (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011):

- Lauflänge
- Lawinenkubatur
- Druckwirkung

Die Intensität von Lawinen wurde in dieser Masterarbeit mittels der physikalischen Größe des Drucks charakterisiert. Der Lawinendruck ist nämlich jene Eigenschaft von Lawinen, bei welcher aufgrund einer Flächenlast Schäden an Gebäuden resultieren. Üblicherweise wird der Lawinendruck in Kilopascal (kPa) oder in Kilonewton pro Quadratmeter (kN/m²) angegeben. In den folgenden Kapiteln wird für den Druck immer *Kilonewton pro Quadratmeter (kN/m²)* verwendet.

3.1.1.2 Steinschlag

Allgemein können Steinschläge und größere Sturzprozesse nach der Größe der stürzenden Masse bzw. des stürzenden Volumens charakterisiert werden. Die Masse des Sturzkörpers ist auch jene Größe zur Prozessintensität, die in den Ereigniskatalogen am häufigsten do-

kumentiert wird. Um jedoch die Einwirkung des Steinschlagereignisses auf das Gebäude beschreiben zu können, eignet sich die dynamische Punktlast auf das Bauwerk besser.

Die physikalische Größe, die dabei oft verwendet wird, ist die statische Ersatzkraft (kN) der Sturzenergie, während die Sturzenergie selbst zur Bemessung und Klassifizierung von Steinschlagnetzen und anderen Maßnahmen gegen Steinschlag verwendet wird. Die Berechnung der Ersatzkräfte ist sehr komplex, da sie von der Dauer der Einwirkung und mehreren Eigenschaften des Sturzkörpers (wie zum Beispiel Steifigkeit) und des Tragwerks abhängt. Häufig wird aus diesem Grund auf Werte aus der Literatur zurückgegriffen, welche jedoch streng genommen nur für die zur Bestimmung dieser Werte festgelegten Umstände gelten. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

In den folgenden Kapiteln wird deshalb zur Charakterisierung der Steinschlagintensität trotzdem die Sturzenergie in *Kilojoule (kJ)* verwendet. Diese beschreibt die Intensität des Steinschlags besser und ist auch die in der Praxis und anderen Untersuchungen am häufigsten verwendete Bemessungseinheit für Steinschläge.

3.1.2 Schadensintensität

Die Schadensintensität am Gebäude ist das Resultat aus der Einwirkung durch das Ereignis. Je nach Größe des Ereignisses treten schwerere oder leichtere Schäden am Bauwerk auf. Um die Intensität der Schäden besser quantifizieren zu können, wurden sie in sogenannte Schadensklassen unterteilt und Schäden einer gewissen Größenordnung in einer dieser Klassen zusammengefasst. Zu jeder Klasse wird im weiteren Verlauf der Arbeit eine Art Schadenskatalog mit einer Auflistung der typischsten Schäden verfasst, um die Zuordnung eines Gebäudes zu einer Schadensklasse zu erleichtern.

3.1.2.1 Schadensklassen Lawine

Die Schadensintensitäten an Gebäuden durch Lawinenereignisse wurden nach dem Vorbild der Matrix der Gebäudeschutzklassen aus der Diplomarbeit von Julia Braun (Braun 2014) in 6 Klassen unterteilt. Zur genaueren Definition einer jeden Schadensklasse wurden die Schadensbeschreibungen von Jürgen Suda und Florian Rudolf Miklau in „Bauen und Naturgefahren“ (Suda und Rudolf-Miklau 2012) verwendet.

Die 6 Schadensklassen lauten wie folgt:

***1** - ästhetische Schäden an Gebäudehülle:*

Ästhetische Schäden an der Gebäudehülle umfassen kleinere Schäden, welche durch mitgeführte Feststoffe sowie durch Reibungskräfte verursacht werden. Menschen und Tiere innerhalb des Gebäudes sind nicht gefährdet. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

***2** - leichte Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit:*

Leichte Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit werden hauptsächlich durch Schäden verursacht, welche Gebäudeöffnungen zerstören und ein leichtes Eindringen von Schnee ins Gebäude ermöglichen. Menschen und Tiere sind innerhalb von Gebäuden weniger gefährdet als außerhalb. (Suda und Rudolf-Miklau 2012)

***3** - schwere Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit:*

Die Gebrauchstauglichkeit eines Gebäudes wird vor allem durch Schäden am Dach und schweren Schäden an der Innenausstattung stark beeinträchtigt. Es kommt zu einer Einschränkung der Bewohnbarkeit. Menschen und Tiere sind bei solchen Ereignissen auch innerhalb des Gebäudes nicht mehr sicher. Reparaturen sind mit verhältnismäßigem Aufwand realisierbar (Suda und Rudolf-Miklau 2012).

***4** - leichte Schäden bzgl. Tragfähigkeit:*

Leichte Schäden bzgl. der Tragfähigkeit beinhalten Schäden, bei welchen es zwar zum statischen Versagen von Gebäudeteilen gekommen ist, das Gebäude als Ganzes jedoch noch steht. Reparaturen am Gebäude sind mit großem Aufwand noch realisierbar.

***5** - schwere Schäden bzgl. Tragfähigkeit:*

Schwere Schäden bezüglich der Tragfähigkeit äußern sich durch abgetragene Dächer, teilweise eingestürzte Gebäude oder auch Schäden, welche ein nachträgliches Einstürzen des Gebäudes zur Folge haben. Oft ist ein Abriss und Neubau des Gebäudes rentabler als eine Reparatur der Schäden. Für Menschen und Tiere im Gebäude besteht Lebensgefahr.

***6** - Totalschaden:*

Die Lawine führt zur Totalzerstörung des Gebäudes. Vorzufinden sind eingestürzte Gebäude und weit verstreute Einzelteile. Sehr oft bleibt nichts außer dem Keller unbeschädigt.

3.1.2.2 Schadensklassen Steinschlag

Die 6 Klassen, wie sie in „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements“ (Braun 2014) vorgeschlagen werden, eignen sich nur bedingt für die Unterteilung der Schadensintensitäten von Steinschlägen. Es hat sich herausgestellt, dass die Differenzierung zwischen leichten und schweren Schäden der Gebrauchstauglichkeit oder leichten und schweren Schäden der Tragfähigkeit für Steinschläge zu detailliert ist. Das statische Versagen eines Gebäudeteils oder einer Mauer wird beim Steinschlag stets punktuell sein und kann wegen der fehlenden flächenhaften Ausbreitung nicht in leichte und schwere Schäden der Tragfähigkeit unterteilt werden. Ebenso verhält es sich mit der Gebrauchstauglichkeit. Ein Loch in der Gebäudehülle ist entweder vorhanden, oder nicht. Somit herrscht eine Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit, oder nicht. Eine leichte oder schwere Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit ist dabei schwer zu bestimmen.

Deshalb wurden in Anlehnung an Raetzo und Loup 2009 die 6 Schadensklassen, wie sie bei den Lawinen verwendet wurden, zu 4 Schadensklassen für Steinschlag reduziert. Die Mittlere Intensität ist dabei mit der 2. und 3. Schadensklasse der Lawinen vergleichbar. Die Schwere Intensität kann als Zusammenfassung der 4. und 5. Lawinenschadensklassen gesehen werden.

Die 4 Schadensklassen lauten also:

(modifiziert; vgl. Raetzo, Loup 2009; Suda und Rudolf-Miklau 2012)):

***1** - Schwache Intensität (ästhetische Schäden an Gebäudehülle):*

Steinschläge führen zu Anschlagmarken im Mauerwerk und am Gebäude. Menschen und Tiere innerhalb von Gebäuden sind nicht gefährdet (rechnerischer Nachweis erforderlich), außerhalb von Gebäuden schon.

***2** - Mittlere Intensität (vergleichbar mit Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit):*

Je nach Konstruktion der Wände treten größere Schäden auf, ohne jedoch die Gebäudestabilität zu beeinträchtigen (wenn Gebäude dafür konzipiert und entsprechend geprüft wurden). Einwirkungen führen zu kleinen bis mittleren Löchern im Mauerwerk und Türen werden stark beschädigt oder zerstört. Menschen und Tiere sind innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, außerhalb jedoch erheblich (Stein kommt meistens nicht innerhalb des Gebäudes zum Erliegen). Reparaturen sind mit verhältnismäßigem Aufwand realisierbar.

***3** - Starke Intensität (vergleichbar mit Schäden bzgl. Tragfähigkeit):*

Der Aufprall von Steinen und Blöcken führt zu großen Rissen in tragenden Gebäudeteilen und großen Löchern im Mauerwerk oder Dach. Menschen und Tiere sind auch innerhalb des Gebäudes gefährdet (Stein kommt meistens innerhalb des Gebäudes zum Erliegen). Die Schäden können zudem einen teilweisen oder totalen Einsturz zur Folge haben. Bei Einsturz besteht Lebensgefahr, Reparaturen sind nur mit großem Aufwand zu realisieren.

***4** - Extreme Intensität (Totalschaden):*

Die Einwirkung geht üblicherweise von Fels- und Bergstürzen oder Steinschlägen mit außerordentlichen Blockgrößen aus und ist in der Regel mit der Totalzerstörung des Objektes gleichzusetzen. In dieser Arbeit wird auch von einer Totalzerstörung gesprochen, wenn ca. ein Drittel des Gebäudes oder mehr von der Zerstörung betroffen ist.

3.1.3 Bauweise und Gebäudeelemente

Die Bestimmung der Bauweise und des Baumaterials am Gebäudeabschnitt bzw. des Gebäudeelementes ist notwendig, da, wie schon erwähnt, die Untersuchungsobjekte getrennt nach diesen Faktoren analysiert wurden. Verschiedene Bauarten besitzen verschiedene Resistenzen gegenüber Steinschläge oder Lawinen. Ein Haus in Betonbauweise kann beispielsweise größere Ereignisintensitäten aushalten, als eine Holzhütte. Eine statistische Untersuchung sämtlicher Gebäude in einem einzigen Datengrundsatz wäre folglich wenig aussagekräftig.

3.1.3.1 Lawine: Gebäude und ihre Bauweise

Die Gebäude, welche durch Lawinen beschädigt oder zerstört wurden, sind getrennt nach ihrer Bauweise behandelt worden. In Anlehnung an „Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz – Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmaßnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung“ (Wilhelm 1997) wurde in 4 verschiedene Bauweisen unterschieden:

- Leichtbauweise
- Gemischte Bauweise
- Massivbauweise
- Verstärkte Bauweise

Unter die Kategorie *Gebäude in Leichtbauweise* fallen vor allem landwirtschaftliche Wirtschaftsgebäude, wie Stadel und Schuppen, aber auch leicht gebaute Ferien- und Wohnhäuser oder alte Bauernhöfe. Die verwendeten Baumaterialien sind Holz, Gipsplatten, oder metallische Werkstoffe, wie z.B. Aluminium. Viehstadel, welche das erste Stockwerk in Mauerwerk, den Rest aber in Holz ausgeführt haben, wurden in dieser Masterarbeit als Leichtbauweise kategorisiert. Zumeist ist bei dieser Bauweise maximal ein Viertel des gesamten Gebäudes Mauerwerk. Dadurch ist bei einer Zerstörung des Holzteils durch eine Lawine der Schaden als Totalschaden zu werten und eine Zuordnung des Gebäudes zur Leichtbauweise logischer.

Leichtbauweise ist die Gebäudekategorie, die die geringste Resistenz gegenüber Lawinen aufweist.

Abbildung 12: Leichtbauweise - Bauernhof und Wirtschaftsgebäude im Schnalstal



Quelle: http://www.provinz.bz.it/natur-raum/themen/lebensraum-naturpark-texelgruppe.asp (19.01.2015)

Zur *gemischten Bauweise* gehören Gebäude, welche teils aus Mauerwerk und teils aus Leichtbaustoffen konstruiert wurden. Ein Beispiel für die gemischte Bauweise ist ein Chalet. Dies ist ein Haus, welches aus Mauerwerk und Holz besteht. Die Bauart der Chalets ist eine typische in vielen Alpenregionen, so z.B. in der Schweiz, Norditalien und in Tirol. Moderne mehrstöckige Gebäude in Mischbauweise werden meist so konstruiert, dass der Kern massiv ist (d.h. die Innenwände und Decken sind gemauert oder betoniert) und die Hülle aus einem Holzelementbau besteht (Preisig 2002).

Solche Bauwerke weisen bereits einen höheren Widerstand gegen Lawinendrücke auf als Gebäude in Leichtbauweise. Vor allem wenn sich der Gebäudeteil in Mauerwerk auf der prozesszugewandten Seite befindet.

Abbildung 13: Gemischte Bauweise: Bait de la Freita, Chalet in Livigno



Quelle: http://www.erker.it/de/le-case.html (19.01.2015)

Die meisten Untersuchungsobjekte sind in *Massivbauweise* bzw. Mauerwerk ausgeführt. Es handelt sich dabei meist um Wohngebäude oder Gastbetriebe. Heute wird die Mehrzahl der mehrgeschossigen Gebäude in Massivbauweise bzw. Mauerwerk erstellt (Preisig 2002). Die verwendeten Baustoffe können verschiedenster Herkunft sein. Beispiele zu den Baustoffen sind Ziegel, Steine oder Backstein.

Gebäude aus Mauerwerk sind statisch stabiler und sind im Vergleich zu den vorher behandelten Gebäudekategorien widerstandsfähiger gegen Einwirkungen durch Lawinen.

Abbildung 14: Massivbauweise bzw. Mauerwerk: Zufallhütte im Martelltal



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Zufallh%C3%BCtte (19.01.2015)

Die resistenteste Gebäudekategorie bildet die Betonbauweise bzw. *verstärkte Bauweise*. Es handelt sich dabei um Bauwerke aus dem Baustoff Stahlbeton oder um mit Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes verstärkte Häuser. Die Maßnahmen, durch welche Gebäude verstärkt werden können, wurden bereits in Kapitel 2.3.1.2 beschrieben.

Betonbauwerke oder verstärkte Bauwerke sind die sichersten Häuser, welche in dieser Masterarbeit behandelt wurden. Häuser aus Stahlbeton können beispielsweise bis zu 1000 kN/m² Lawinendruck aushalten, bevor sie zerstört werden.

Abbildung 15: Verstärkte Bauweise - Kirche in Davos, die lawinenzugewandte Seite wurde in Form eines Spaltkeils ausgeführt



Quelle: http://sodis.de/cp/commons/FWU-06600200/6600200_slf1_15.jpg (20.01.2015)

3.1.3.2 Steinschlag: Gebäudeelemente und Baumaterialien

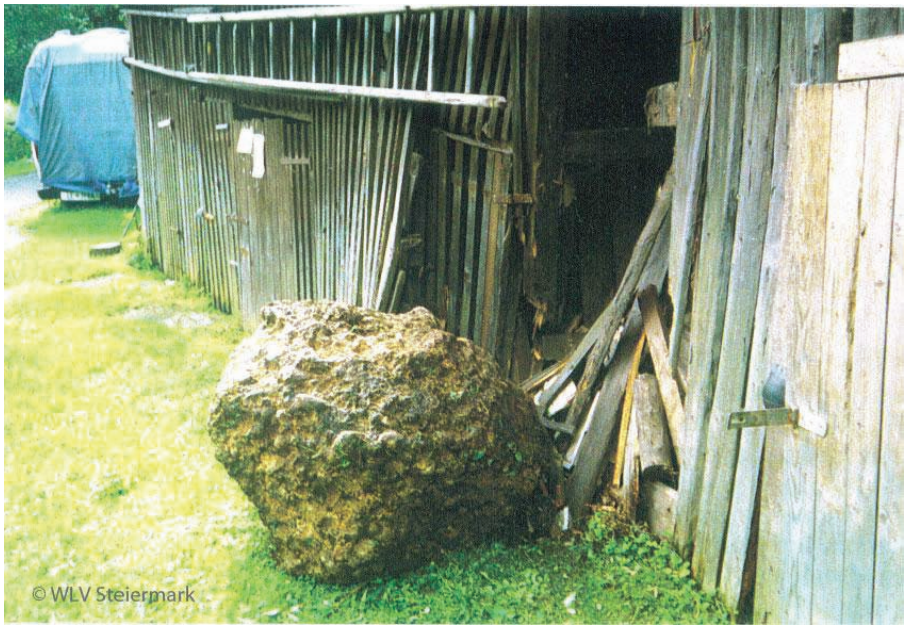
Die durch Steinschlag getroffenen Untersuchungsobjekte bzw. die getroffenen Bereiche der Gebäude wurden nach den Baumaterialen, aus welchen sie bestehen, getrennt. Dabei wurde zwischen folgenden Gebäudeelementen und Baumaterialien unterschieden:

- Holz
- Dachkonstruktion
- Mauerwerk
- Stahl und Beton

Beim *Holz* als Baumaterial handelt es sich meist um Schuppen und Scheunen, welche aus dünnwandigen Holzwänden bestehen. Die Wände wurden dabei meist aus 1cm bis 5cm starken Brettern gefertigt.

Holz ist bei dieser Klassifizierung der schwächste Bauwerkstoff, obwohl dies sehr von der Wandstärke abhängt. Da die meisten Untersuchungsobjekte dieser Masterarbeit jedoch eine niedere Wandstärke aufweisen und der Verbund zwischen den einzelnen Holzelementen nicht sehr stabil ausgeführt wurde, wurde diese Werkstoffklasse als wenig resistent klassifiziert.

Abbildung 16: Steinschlag in Proleb (2007) - getroffener Holzschuppen

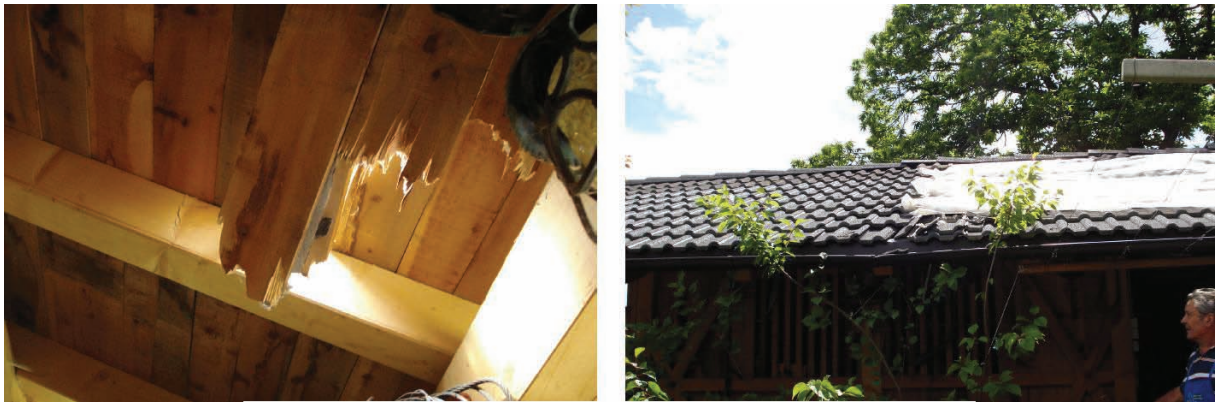


Quelle: WLV Steiermark

Die *Dachkonstruktion* als Gebäudeelement besteht meist aus einem statischen Tragwerk aus Holzsparren, Holzbrettern als Traglattung darauf und der wasserabweisenden Dacheindeckung aus Materialien, wie Dachziegel oder Metall, als oberster Schicht.

Die Dachkonstruktion unterscheidet sich nicht viel von der vorher beschriebenen Kategorie „Holz“, ist jedoch aufgrund der Dacheindeckung als zusätzliche Schicht etwas resistenter gegenüber Steinschlägen. Die Eindeckung in Form von Ziegeln z.B. dämpft den Steinschlag, während eine Eindeckung aus Metall die Dachkonstruktion abspannt, und somit ein Durchschlagen des Steins weniger wahrscheinlich ist.

Abbildung 17: Steinschlagereignis am Ritten (2008) – zerstörtes Dach



Quelle: Autonome Provinz Bozen – Südtirol, Amt für Geologie und Baustoffprüfung

Mauern der Massivbauweise bilden die Kategorie *Mauerwerk*. Dabei handelt es sich um Baumaterialien wie Ziegel, Backstein, Naturstein oder Mörtel und Steinen. Wie beim Prozess Lawine sind auch beim Steinschlag die meisten untersuchten Gebäude aus Mauerwerk, da es sich bei den betroffenen Häusern vielfach um Wohngebäude handelt.

Mauern weisen bereits eine sehr viel höhere Resistenz gegenüber Steinschlägen auf, als Holz- oder Dachkonstruktionen.

Abbildung 18: Wohngebäude in Mauerwerk - Steinschlagereignis in Wolkenstein (2004)



Quelle: Autonome Provinz Bozen – Südtirol, Amt für Geologie und Baustoffprüfung

Stahl und Beton sind Baustoffe, welche man vor allem bei verstärkten Bauweisen und Maßnahmen des technischen Gebäudeschutzes gegen Steinschlag findet. Sehr oft sind solche Maßnahmen Teil der baulichen Auflagen durch den Baubescheid.

Wie bei den Lawinen bilde auch beim Steinschlag „Stahl und Beton“ die resistenteste Gebäudeklasse dieser Masterarbeit.

Abbildung 19: Haus in verstärkter Bauweise, der dunkelfarbige Zubau besitzt einen 30cm starken Stahlbeton-Kern - Gries am Brenner (2011)



Quelle: Stabstelle Geologie der WLV

3.2 Datengrundsatz

Die Datengrundlage für diese Masterarbeit bilden, wie schon erwähnt, Wohngebäude und Wirtschaftsgebäude, welche durch Lawinen oder Steinschläge beschädigt wurden. In der Regel handelt es sich dabei um Fotos der betroffenen Bauten und den dazugehörigen Informationen zum Ereignis. Diese Daten wurden u.a. von der Stabstelle Schnee und Lawinen der WLV, der Stabstelle Geologie der WLV und dem Amt für Geologie und Baustoffprüfung der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol für diese Masterarbeit zur Verfügung gestellt.

3.2.1 Fotos

Die Fotos zu den beschädigten Gebäuden stammen vor allem von den Archiven bzw. Ereigniskatalogen der öffentlichen Ämter. Ein Großteil der Fotos von den durch Lawinen beschädigten Gebäuden sind jedoch aus der Diplomarbeit zum Thema „Dokumentation und Analyse

der Katastrophenlawinen von Galtür und Valzur am 23. und 24. Februar 1999“ von Magthuber Johannes.

Anhand dieser Fotos werden jedem Gebäude eine Bauweise bzw. das Baumaterial zugewiesen. Zusätzlich dienen die Fotos zur Schadensanalyse und der Zuteilung der jeweiligen Schadensintensitäten, wie sie im Kapitel 3.1.2 beschrieben sind.

3.2.2 Ereignisinformation

Die Ereignisintensitäten (kJ für Steinschlag, kN/m² für Lawinen) zu den jeweiligen beschädigten Gebäuden sind in vielen Fällen nicht bekannt oder wurden nicht dokumentiert. Somit wurden sie für diese Masterarbeit durch verschiedene Methoden ermittelt. Die Methode der Ermittlung der Ereignisintensität hat auch unmittelbare Auswirkung auf die Datenqualität.

3.2.2.1 Lawine

Die Ereignisintensität der Lawine wird wie bereits erwähnt in kPa bzw. kN/m² angegeben. Wo sie existierten, wurden für diese Arbeit statische Nachrechnungen zum Versagen eines Gebäudes verwendet. Wo keine Nachrechnungen vorhanden waren, sind Lawinensimulationen der Stabstelle Schnee und Lawine verwendet worden. Waren auch keine Simulationen zu der Lawine vorhanden, so wurde auf Expertenschätzungen, Schätzungen aus dem Gefahrenzonenplan oder Schätzungen mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur zurückgegriffen.

Tabelle 6: Datenquellen und Datenqualität der Lawinendrücke

Datenqualität	Quelle zu Lawinendrücken
Hoch	Statische Nachrechnung
	Simulation
Mittel	Expertenwissen
	Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplan
Niedrig	Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Statische Nachrechnung:

Die statischen Nachrechnungen, die für diese Masterarbeit verwendet wurden, stammen fast alle von Helmut Tschom. Die Lawinenschäden an der Bergstation des „Top Schermer 3000"-Liftes in Hochgurgl und die Nachrechnungen dazu sind von der GEC ZT GmbH im Auftrag der Wildbach- und Lawinenverbauung durchgeführt worden.

Bei den errechneten Lawinenbelastungen handelt es sich immer um Mindestdrücke, die auftreten müssen, dass ein solches Versagen des Baumaterials auftritt und um einen solchen Schaden zu verursachen. So könnten beim jeweiligen Lawinenereignis theoretisch auch höhere Drücke geherrscht haben. Als Werte für die weitere Untersuchung dieser Masterarbeit eigneten sie sich jedoch gut, da bei viel höheren Lawinendrücke auch größere Schäden auftreten müssen.

Helmut Tschom gab bei einigen seiner Nachrechnungen den Lawinendruck auf Terrainhöhe und den Lawinendruck auf Traufhöhe an. Für die in dieser Arbeit folgenden Analysen wurde stets der Druck auf Terrainhöhe herangezogen, da auch die Lawinendrücke aus den Simulationen sich meist auf diese Höhe beziehen.

Simulation:

Die Simulationen zu den Schadlawinen stammen alle von der Stabstelle Schnee und Lawinen (SSL) der Wildbach- und Lawinenverbauung. Wo sie vorhanden waren, wurden stets die Simulationen von Referenzlawinen zur Bestimmung der Lawinendrücke verwendet. Falls keine Referenzlawine vorhanden waren, wurde auf andere Simulationen zurückgegriffen. Bevor diese jedoch in die Datenbank eingingen, wurden sie in Absprache mit den Experten der SSL auf ihre Plausibilität hin geprüft.

Die Programme, welche von der SSL zur Simulation der Lawinen verwendet werden, sind ELBA+ und Samos AT.

Für die Berechnung von Fließlawinen werden ELBA+ und SamosAT DFA verwendet. Dies sind zweidimensionale Modelle, d.h. die Fließhöhe ist nur eine rechnerische Größe. Somit bezieht sich der errechnete Lawinendruck auf Terrainhöhe, wobei in der Realität der Fließlawinendruck sicher nicht nur auf Terrainhöhe einwirken wird.

Staublawinen werden mit SamosAT PSA simuliert. Dabei wird der maximale Staubdruck für 2 m über Terrain berechnet. Das entspricht der halben Höhe des Gitternetzes (4 m Mesh), welches zur Simulation verwendet wird. (Tollinger 2014)

Die Druckverteilung in der Längs- und Querrichtung einer Staublawine kann aber sehr inhomogen sein. Turbulenzbedingte Druckunterschiede können Lawinendrücke verursachen, welche bis um den Faktor 2 über den Mittelwerten liegen können (Rudolf-Miklau und Sauer-

moser 2011). Deshalb wird für diese Masterarbeit der simulierte Staublawinendruck auf 2 m Höhe auch auf Terrainhöhe, sprich über die gesamte Höhe des Gebäudes in gleicher Größe, angesetzt. Eine grobe Unter- oder Überschätzung des Drucks ist durch die Turbulenzen und der großen Höhe der Staubschicht sehr unwahrscheinlich.

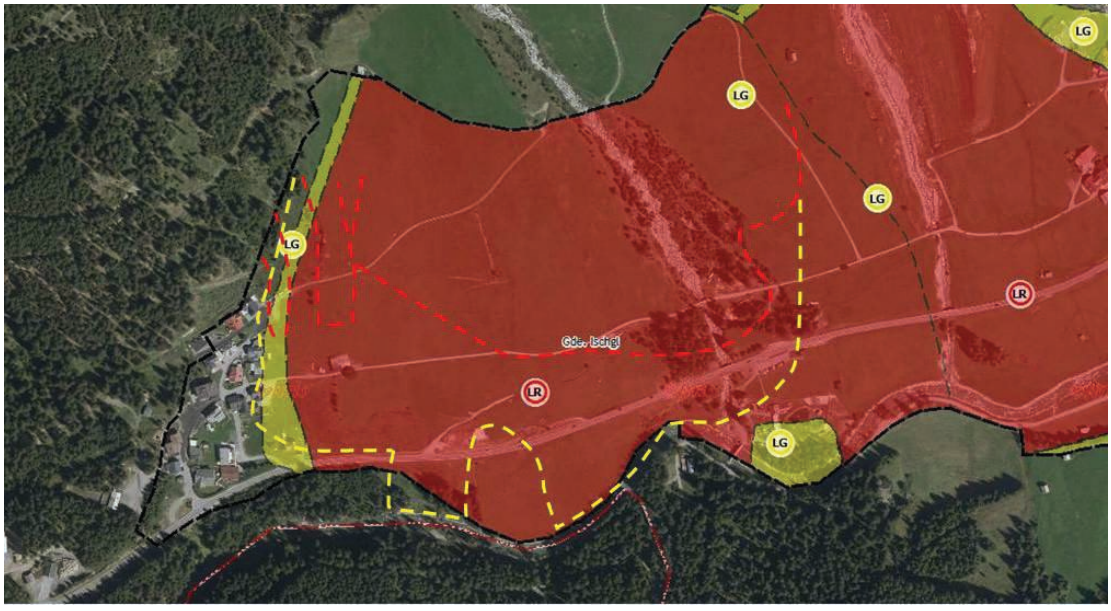
Expertenwissen:

Beim Expertenwissen handelt es sich um versuchte Annäherungen des Lawinendrucks von fachkundigen Personal und Spezialisten der Stabstelle Schnee und Lawinen der WLV. Die Schätzung wurde dabei anhand des Schadbildes aufgestellt. Falls ältere Simulationen zu dieser Lawinenbahn existierten, wurden die Drücke aus dieser zur Prüfung der Plausibilität der Schätzung herangezogen.

Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans:

Lawinendrücke können auch in Abhängigkeit der Gefahrenzonen abgeschätzt werden (Suda und Rudolf-Miklau 2012). Diese Methode der Schätzung war nur für die Katastrophenlawine in Valzur in Tirol notwendig. Dabei wurde der alte GZP aus der Diplomarbeit mit dem Titel „Dokumentation und Analyse der Katastrophenlawinen von Galtür und Valzur am 23. und 24. Februar 1999“ (Magthuber 2002) und der neue GZP aus dem geografischen Informationssystem „tiris“ (Tiroler Rauminformationssystem) herangezogen.

Abbildung 20: Alter (rot und gelb gestrichelte Linie) und neuer (rote und gelbe Flächen) Gefahrenzonenplan



Quelle: Land Tirol 2015; Magthuber 2002

Die Lawinendrücke wurden mit Hilfe der Drücke für die Zonengrenzen und dem Abstand des Gebäudes zu diesen Grenzen bestimmt bzw. interpoliert. Dabei ist die 10 kN/m²-Grenze der Roten Zone des neuen GZPs (in Abbildung 21 die rote gestrichelte Linie) und die 25 kN/m²-Grenze der Roten Zone des alten GZPs (in Abbildung 21 die rot ausgefüllte Fläche mit schwarzer Umrandung) verwendet worden. Die 10 kN/m²-Grenze des neuen GZPs wurden aufgrund der neueren Simulationen herangezogen. Die 25 kN/m²-Grenze dienten als zweiter Wert um eine Interpolation durchführen zu können.

Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur:

Um eine Schätzung mittels Werten aus der Literatur anstellen zu können, wurden die allgemein gehaltenen Lawinendrücke aus dem Lawinenhandbuch des Landes Tirol (Gabl 2000) angewendet. Darin werden folgende Schäden an Konstruktionen bei gewissen Drücken auf:

Tabelle 7: Lawinendrücke und Schäden

Lawinendruck	**Schäden**
0 - 1 kN/m²	Fenster werden eingedrückt
1 - 5 kN/m²	Türen werden eingedrückt
5 - 30 kN/m²	Holzgebäude und gemauerte Gebäude werden eingedrückt
30 - 100 kN/m²	Bäume werden entwurzelt
100 - 1000 kN/m²	Betonkonstruktionen werden beschädigt oder zerstört

Quelle: Gabl 2000

Diese Richtwerte kamen vor allem für die Schätzung des Lawinendrucks bei eingedrückten Fenstern und Türen zum Einsatz.

Waren auf den Fotos der beschädigten Gebäude gebrochene Stämme von Fichten oder anderen Bäumen zu erkennen, so wurden die Richtwerte aus dem Handbuch Technischer Lawinenschutz (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011) verwendet. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Fließlawinen Schneedrücke zwischen 10 und 50 kN/m² notwendig sind, um einen Stamm zu brechen. Bei Staublawinen liegen die für ein Brechen des Stammes 3- 5 kN/m² tiefer (Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011).

3.2.2.2 Steinschlag

Üblicherweise wird bei der Ereignisdokumentation von Steinschlägen die Ausbruchstelle kartiert, die Einschlagpunkte dokumentiert und das Volumen bzw. die Masse der ausgebrochenen Gesteinsmassen bestimmt. Die Intensität von Steinschlägen in kJ wird in den Ereigniskatalogen so gut wie nie angegeben.

Um eine gute Datenbasis zu haben, wurde, wie bei den Lawinen, auch bei den Steinschlagereignissen angestrebt, so viele statische Nachrechnungen wie möglich zu sammeln. Die meisten Energien der Steinschlagereignisse, welche in dieser Masterarbeit behandelt werden, basieren jedoch auf Simulationen mit dem Programm Rocfall. Notfalls wurde auf Expertenwissen und Schätzungen anhand vorgegeben Werten aus der Literatur zurückgegriffen.

Tabelle 8: Datenquellen und Datenqualität der Lawinendrücke

Datenqualität	Quelle zu Steinschlagenergien
Hoch	Statische Nachrechnung
	Simulation der Stabstelle Geologie
Mittel	Simulation des Autors
	Expertenwissen
Niedrig	Schätzung

Statische Nachrechnung:

Für die Steinschläge, welche für diese Masterarbeit gesammelt und analysiert wurden, waren keine statischen Nachrechnungen vorhanden. Sämtliche Sturzenergien stammen aus Quellen, welche eine niedrigere Verlässlichkeit der Daten aufweisen.

Simulation der Stabstelle Geologie der Wildbach- und Lawinenverbauung:

Das Ereignis in Gries am Brenner im Jahre 2011 wurde von der Stabstelle Geologie der WLV mittels Simulationen nachgerechnet. Der Grund für ein Augenmerk auf dieses Ereignis

von Seiten der Stabstelle Geologie war die bauliche Auflage durch den Baubescheid, welche bei der Gebäudeerweiterung angeordnet wurde. Die bergseitige, exponierte Hausfassade musste dabei aufgrund der Steinschlaggefährdung in Stahlbeton ausgeführt werden. Bei der Simulation wurden 1000 Blöcke gerechnet und statistisch analysiert. (Mölk 2014)

Simulation des Autors:

Die Simulationen des Autors zur Erhaltung der Sturzenergien sind, wie bereits erwähnt, mit dem Steinschlagsimulationsprogramm Rocfall durchgeführt worden. Die benötigten Längsprofile der Sturzbahn wurden aus den Geoinformationsportalen der jeweiligen Bundesländer entnommen. Im Speziellen war dies das Geoinformationssystem „Geobrowser 3D“ des Landes Südtirol, der Atlas „VoGIS“ des Landes Vorarlberg und das Tiroler Rauminformationssystem „tiris“. Die Eigenschaften der Oberfläche (Vegetation, Straße, usw.), welche für die Bestimmung der Simulationsparameter notwendig sind, sind ebenfalls den Luftbildern der GIS-Portale entnommen worden.

Das Volumen bzw. die Masse der Sturzkörper wurde aus der Ereignisdokumentation des jeweiligen Steinschlagereignisses entnommen. War weder Volumen noch Masse dokumentiert, so wurde das Volumen des Steins anhand der beigefügten Fotos geschätzt. Mit dem geschätzten Volumen und typischen Dichtewerten für Gesteine aus der Literatur wurde die Masse errechnet ($m = \rho \times V$). Der Dichtewert wurde dabei auf einen Durchschnittswert von 2600 kg/m³ festgelegt.

Für die statistische Auswertung im Simulationsprogramm wurden für jedes Ereignis mindestens 4000 Blöcke simuliert und gerechnet. Daraufhin wurde stets der Mittelwert der aus den Simulationen resultierenden Sturzenergien für die weitere Untersuchung verwendet.

Expertenwissen:

Wie bei den Lawinen handelt es sich auch beim Expertenwissen zum Steinschlag um Annäherungsversuche durch fachkundiges Personal und Spezialisten. Zu Rate gezogen wurden Experten der Stabstelle Geologie der Wildbach- und Lawinenverbauung. Die dadurch ermittelten Sturzenergien sind grobe Abschätzungen, welche auf der Sturzhöhe, der Topographie und den Dämpfungseigenschaften der Sturzbahn sowie dem Volumen und der Masse der Sturzblöcke beruhen (Mölk 2015).

Schätzung:

Schätzungen zu den Sturzenergien sind in dieser Masterarbeit 2 Methoden verwendet worden:

- Schätzung durch Richtwerte aus der Literatur
- Schätzung durch Berechnung eines idealelastischen Stoßes
- Schätzung der Geschwindigkeit und anschließende Berechnung der Sturzenergie

Die Schätzungen mittels der Richtwerte aus der Literatur wurden mit den Annäherungen von Thomas Egli durchgeführt, welche in „Richtline Objektschutz gegen Naturgefahren“ zu finden sind. Die folgende Tabelle zeigt auf, in welchen Energiebereichen welche Schäden auftreten können bzw. wann ein gewisses Baumaterial versagt.

Tabelle 9: Schätzung von Sturzenergien von Steinschlägen anhand des Zerstörungspotentials

Energiebereich [kJ]	Zerstörungspotential
0-10	Zerstörung von Holzschichtwänden
10-30	Zerstörung von Fichtenrundholzwänden
30-100	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke 0,2 – 0,3 m
100-300	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke 0,4 – 0,5 m

Quelle: Egli 1999

Für 2 Einschlagmarken in Gebäuden wurde eine Schätzung durch Berechnung eines idealelastischen Stoßes aufgestellt. Diese Einschlagmarken wurden durch das Weiterstoßen von zwei kleinen Steinen durch einen großen Stein verursacht. Zur Berechnung wurde der elastische Stoß idealisiert, d.h. Reibung und sonstige Energieumwandlungen wurden vernachlässigt.

Beim elastischen Stoß gilt der Impulserhaltungssatz, der besagt, dass die Summe der Impulse vor und nach dem Stoß gleich sein muss. Zusätzlich ist zu beachten, dass die Körper nach dem Stoß verschiedene Geschwindigkeiten v_1‘ und v_2‘ haben. (Fendt 2010)

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Um die zwei Unbekannten berechnen zu können, wird noch der Energieerhaltungssatz als zweite Gleichung herangezogen. Dieser besagt bekanntlich dass die Summe der kinetischen Energien vor und nach dem Stoß gleich ist (Fendt 2010).

$$\frac{m_1}{2}{v_1}^2 + \frac{m_2}{2}{v_2}^2 = \frac{m_1}{2}{v_1}^2 + \frac{m_2}{2}v_2$$

Nach dem Auflösen der Gleichungen nach einer Unbekannten, Einsetzen in die zweite Gleichung und der Umformung erhält man die gesuchten Geschwindigkeiten nach dem Stoß. (Fendt 2010)

$$v_1' = \frac{m_1 v_1 + m_2(2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2} \qquad v_2' = \frac{m_2 v_2 + m_1(2v_1 - v_2)}{m_1 + m_2}$$

Variablen der Formeln:

m_1 ... Masse des ersten Körpers

v_1 ... Geschwindigkeit des ersten Körpers vor dem Stoß

v_1' ... Geschwindigkeit des ersten Körpers nach dem Stoß

m_2 ... Masse des zweiten Körpers

v_2 ... Geschwindigkeit des zweiten Körpers vor dem Stoß

v_2' ... Geschwindigkeit des zweiten Körpers nach dem Stoß

Die dritte Möglichkeit der Schätzung bestand darin, die Geschwindigkeit des Sturzkörpers zu schätzen (Anlehnung an Simulationen, Annahme eines freien Falls, usw.) und anschließend mit der Formel für die kinetische Energie die Sturzenergie zu ermitteln bzw. abzuwägen.

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

3.3 Auswertung

Bei der Auswertung der Daten wurden unter anderem Mittelwerte der Ereignisintensitäten für jede Schadensklasse ermittelt. Das Bauwerk mit seiner Schadensintensität wurde also mit der Ereignisgröße verglichen und geprüft, ob sich Richtwerte der Ereignisgröße für die jeweiligen Schadensintensitäten, getrennt nach den verschiedenen Bauarten, herauskristallisieren.

Diese Ergebnisse wurden dann für eine Implementierung in die Matrix der Gebäudeschutzklassen verwendet.

3.3.1 Statistik

Bei den statistischen Auswertungen der Daten wurden zuerst die Bauwerke nach ihren Bauweisen oder Bauarten in Gebäudekategorien aufgeteilt. Die Gebäudekategorien wurden daraufhin auf verschiedene Arten analysiert.

Es wurden Lagemaßzahlen ermittelt, welche das Zentrum von Verteilungen widerspiegeln. Diese können mit verschiedenen Methoden ermittelt werden, wodurch es auch unterschiedliche Lagemaßzahlen gibt. Die wichtigsten Lagemaßzahlen sind das arithmetische Mittel, der Median und der Modus. Neben diesen Kennzahlen gibt es auch noch das Geometrische Mittel, auf das man zurückgreifen kann, falls die davor genannten Maßzahlen nicht ausreichen. In Hinblick auf die schließende Statistik sind die Quantilen besonders wichtige Maßzahlen. (Duller 2007)

In dieser Masterarbeit wurden für jede Schadensklasse innerhalb der Gebäudekategorien das arithmetische Mittel und der Minimalwert als Analysewerte angeführt. Messwerte, welche extrem hoch oder tief ausfielen und eindeutig nicht in die Messreihe passten, (sogenannte Ausreißer) wurden für die statistische Auswertung aus dem Datengrundsatz genommen.

Ein Boxplot hätte sich für diese Untersuchung nicht geeignet. Mathematisch gesehen lassen sich die Quantilen eines Boxplots auch für kleine Untersuchungsumfänge berechnen, doch ist das nicht immer sinnvoll (Duller 2007). Deshalb wurde aufgrund des relativ geringen Datenumfangs für diese Masterarbeit auf das arithmetische Mittel zurückgegriffen.

3.3.1.1 Arithmetisches Mittel

(Duller 2007)

Das arithmetische Mittel ist aus dem Alltagsleben auch unter den Begriffen Mittelwert oder Durchschnittswert bekannt. Es kann aus einer Urliste von Daten oder einer Häufigkeitsverteilung heraus berechnet werden. Eine Urliste liegt z.B. vor, wenn aus vier Gepäckstücken das

durchschnittliche Gewicht berechnet werden soll und die Gepäcksstücke 30kg, 30kg, 50kg, und 60kg wiegen.

Eine Häufigkeitsverteilung für dasselbe Beispiel würde folgendermaßen aussehen:

Tabelle 10: Häufigkeitstabelle

x_i	h_i	p_i
30	2	0,5
40	1	0,25
50	1	0,25

Quelle: Duller 2007

x_i = kg des Gepäckstücks

h_i = Anzahl der Gepäckstücke – absolute Häufigkeit

p_i = prozentuale Häufigkeit der Gepäckstücke – relative Häufigkeit

Berechnung des arithmetischen Mittels:

Liegt eine Urliste der Daten vor, wird das arithmetische Mittel wie folgt berechnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

Ist die Ausgangslage hingegen eine Häufigkeitsverteilung, wie in Tabelle 10, so lautet die Formel folgendermaßen:

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{r} x_i h_i = \sum_{i=1}^{r} x_i p_i$$

Da in dieser Masterarbeit die Datengrundlage eine Urliste bildet, wurde das arithmetische mittels der Formel für die Urliste berechnet.

In der Analyse der Daten dieser Masterarbeit wurde innerhalb einer Gebäudekategorie für jede Schadenklasse die mittlere Ereignisintensität errechnet.

3.3.1.2 Minimalwert

Das Naturgefahrenmanagement versucht stets das Risiko zu minimieren und die Sicherheit zu erhöhen. In diesem Sinne wurde bei den Ergebnissen der Untersuchungen der Masterarbeit auch noch der Minimalwert angegeben. Der Minimalwert ist laut Definition der niedrigste Wert aus eine Menge von Messwerten (Hnilica 2012).

Wie das arithmetische Mittel wurde auch der Minimalwert der Ereignisintensitäten für jede Schadensklasse innerhalb einer Gebäudekategorie bestimmt.

3.3.2 Implementierung in die Matrix der Gebäudeschutzklassen

Die ermittelten Mittelwerte wurden im weiteren Verlauf der Arbeit dazu verwendet, die verschiedenen Bauweisen in der Matrix der Gebäudeschutzklassen (Abb. 11) zu positionieren.

Zuvor wurde noch auf der Achse der Einwirkungen statt der wörtlichen Einteilung der Ereignisintensität eine numerische Einteilung vorgenommen. Die Achse wurde dabei in 6 Bereiche verschiedener Ereignisintensitäten (in kN/m² bzw. kJ) unterteilt.

Die Achse der Schäden wurde, nach dem Vorbild der in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Schadensklassen, in 6 Bereiche beim Prozess Lawine und in 4 Bereiche beim Prozess Steinschlag unterteilt.

3.3.3 Besonderheiten

Wenn ein Gebäude von mehreren Steinen bei einem Steinschlagereignis getroffen wurde, so wurde jeder Stein und der Schaden, den er verursacht hat, als ein separates „Ereignis“ gewertet.

Ein Stein, der zuerst ein Vordach durchschlug und dann noch eine Mauer beschädigte, wurde auch zweimal erörtert. Für jedes getroffene Gebäudeelement wurde er getrennt behandelt und scheint somit auch als nicht nur ein Ereignis auf.

4 Ergebnisse

4.1 Datenbank

Im Zuge der Recherchen und Untersuchungen dieser Masterarbeit wurden insgesamt 126 Gebäude, welche durch Steinschlag oder Lawinen getroffen wurden, in einer Datenbank zusammengetragen. Die getroffenen Häuser stammen dabei aus allen Bundesländern Österreichs und Südtirol. Beim Prozess Lawine wurden zu jedem Gebäude folgende Parameter bzw. Informationen ermittelt und in die Datenbank aufgenommen:

- Ereignisjahr
- Ereignisort
- Lawinenart
- Ereignisintensität in kN/m²
- Bauweise
- Schadensintensität bzw. Schadensklasse
- Schadensbeschreibung

Für Gebäude, welche durch Steinschlag getroffen wurden, sind es folgende Punkte, die ermittelt wurden:

- Ereignisjahr
- Ereignisort
- Masse/Volumen des Sturzkörpers
- Ereignisintensität in kJ
- Geschwindigkeit des Sturzkörpers
- Bauweise
- Schadensintensität bzw. Schadensklasse
- Schadensbeschreibung

Das Ergebnis in Form einer Datenbank, sprich die gesamte Übersicht zu den Gebäuden und den dazu gesammelten Informationen, ist im Anhang ersichtlich.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse, welche die detailliertere Untersuchung der Gebäude und den dazugehörigen Ereignissen geliefert hat, näher erörtert. Es wurden verschiedene Schäden in Schadensklassen zusammengefasst und zu jeder Schadensklasse die möglichen Schäden aufgezählt. Zusätzlich wurden, wie schon im Kapitel 3.3 erläutert, die Ereignisintensitäten den Schadensintensitäten in Diagrammen gegenüber gestellt und die Mittelwerte bzw. Minimalwerte der Ereignisintensitäten für jede Schadensklasse ermittelt. Zu einer gewissen Bauweise oder zu einem gewissen Baumaterial wurden oft zu

wenige Häuser gefunden. War dies der Fall, so wurde auf die Darstellung der Ergebnisse in Form eines Diagramms verzichtet.

Zuletzt wurde noch versucht, die aufgezeigten durchschnittlichen Ereignisintensitäten in die Matrix des Gebäudeschutzausweises zu implementieren.

4.2 Schadenskatalog

Im Folgenden werden zu sämtlichen Schadensklassen von Lawine und Steinschlag die möglichen Schäden, welche im Laufe der Analyse der Gebäude gesichtet worden sind, in einer Art Schadenskatalog aufgelistet.

4.2.1 Mögliche Schäden der Schadensklassen - Lawine

***1** - ästhetische Schäden an Gebäudehülle:*

- Einschlagmarken mitgeführter Feststoffe an der Hausfassade
- Abgebröckelte Stellen an Gebäudekanten
- Eingedrückte Fensterläden
- Beschädigte Dachrinnen
- Schäden an auskragenden Gebäudeteilen (Kamin, Lüftungsschacht, Dachvorsprung, usw.)

***2** - leichte Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit:*

- Zerstörte Fenster
- Zerstörte Türen
- Zertrümmerte Geländer von Terrassen oder Stiegen
- Zertrümmerte auskragende Gebäudeteile
- Eingedrungener Schnee im Gebäude

***3** - schwere Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit:*

- Teilweise abgetragene Dächer bzw. Dachziegel
- Spuren innerer Explosion durch Lawinendruck
- Zerstörte Innenausstattung
- Ev. zerstörte Zubauten von Gebäuden (leichtere Bauweise als Hauptgebäude)

***4** - leichte Schäden bzgl. Tragfähigkeit:*

- Angebrochene Mauern
- Angehobene Dachstühle
- Risse in den Wänden

***5** - schwere Schäden bzgl. Tragfähigkeit:*

- Abgetragene Dachstühle
- Teilweise eingestürzte Gebäude
- Verschobene Gebäudeteile

***6** - Totalschaden:*

- Eingestürzte Gebäude
- Nur mehr vereinzelt stehende Wände des Gebäudes
- Verschobene Kellerdecken
- Weit verstreute Einzelteile aus Holz oder der Dachkonstruktion
- Mitgeschleppte Häuser

4.2.2 Mögliche Schäden der Schadensklassen - Steinschlag

***1** - Schwache Intensität (ästhetische Schäden an Gebäudehülle):*

- Einschlagmarken an der Fassade
- Eingedrückte Dachrinnen

***2** - Mittlere Intensität (vergleichbar mit Schäden bzgl. Gebrauchstauglichkeit):*

- Durchgeschlagene Löcher in Mauern
- Beschädigte Dachkonstruktionen

***3** - Starke Intensität (vergleichbar mit Schäden bzgl. Tragfähigkeit):*

- Eingedrungener Stein ins Gebäude
- Risse im Mauerwerk

- Einzelne eingestürzte Mauern
- Große Löcher in Dächern

***4** - Extreme Intensität (Totalschaden):*

- Eingestürzte Gebäude
- Abgesackte Gebäude und Gebäudeteile
- Zerstörte massive Tragelemente von Dächern (im Falle des Gebäudeelementes „Dachkonstruktion“)

4.3 Auswertung der Gebäude - Lawine

Zum Naturgefahrenprozess Lawine war es möglich, insgesamt 75 Gebäude, welche durch Staub-, Fließ-, oder Nassschneelawinen beschädigt oder zerstört wurden, zu finden und diese in die Datenbank aufzunehmen. Die meisten dieser Gebäude stammen aus Galtür. Zu jedem Gebäude wurde, wie schon erwähnt, die Ereignisintensität der Schadensintensität am Gebäude gegenübergestellt. Die Ergebnisse wurden dann in den nachstehenden Diagrammen abgebildet.

Abbildung 21: Galtür nach dem Lawinenabgang 1999



Quelle: http://air.droessler.at/berichte/Galtuer/ (30.01.2015)

4.3.1 Leichtbauweise

Die Gebäude in Leichtbauweise besitzen natürlich die geringste Resistenz gegenüber Lawineneinwirkungen. Im Mittel kann bei einem Lawinendruck von 4 kN/m² mit der Schadenklasse 3 gerechnet werden, d.h. es treten schwere Schäden der Gebrauchstauglichkeit auf. Bei einem mittleren Lawinendruck von 10 bis 11 kN/m² wird ein Gebäude bereits total zerstört (Schadensklasse 6). Die Minimalwerte liegen für die Schadensklasse 3 bei 2,5 kN/m² und für die Schadensklasse 6 bei 6 kN/m².

Die 17 erhobenen Gebäude teilen sich nur auf zwei Schadensklassen auf, nämlich 3 und 6. Der Datenumfang lässt sicher keine Aussage zu, dass sich die Leichtbauweise nur auf diese Schadensklassen begrenzt. Doch es fällt auf, dass ein Schwerpunkt auf diesen zwei Klassen liegt, nämlich dem schweren Schaden der Gebrauchstauglichkeit und Totalschaden. Dies könnte mit der geringen Resistenz der Leichtbauweise gegenüber Lawineneinwirkungen zusammenhängen. Dadurch reagieren Gebäude viel stärker auf eine kleine Erhöhung des Lawinendrucks. Wird die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt, geschieht dies sofort in Form einer schweren Beeinträchtigung und sind die Drücke höher, wird das Gebäude leicht total zerstört.

Diagramm 1: Leichtbauweise

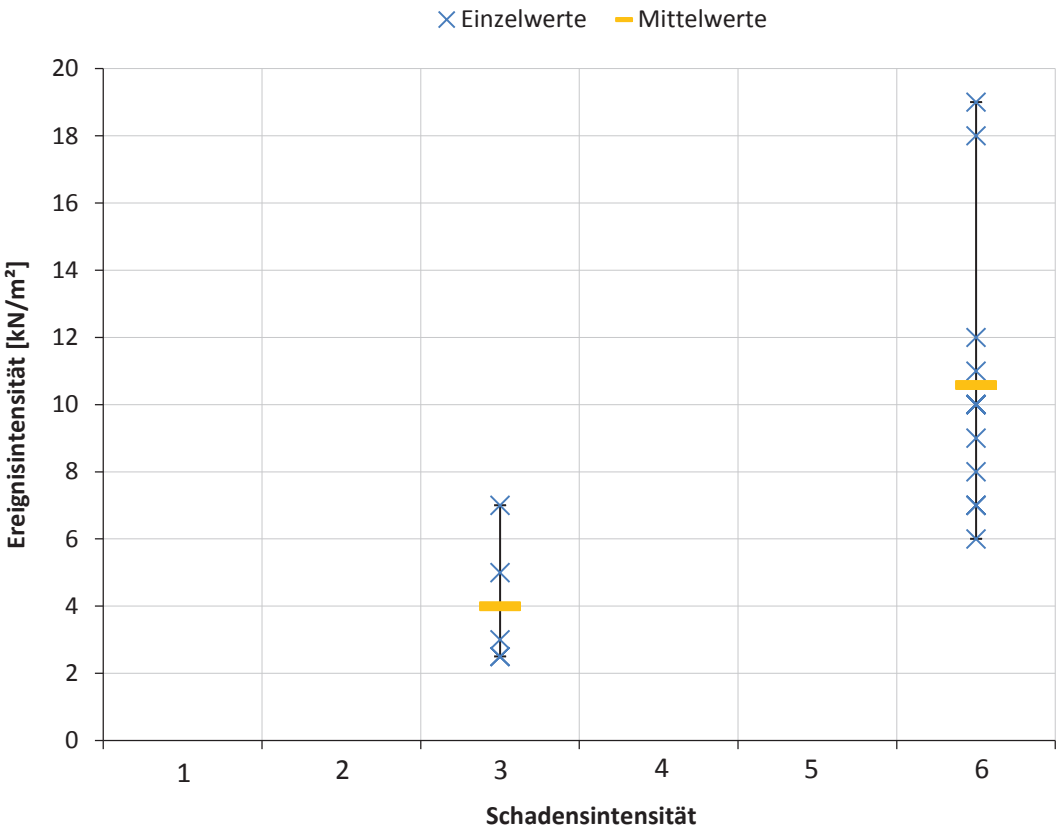


Tabelle 11: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks - Leichtbauweise

		Schadensintensität					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	Anzahl Daten	*-*	*-*	*5*	*-*	*-*	*12*
kN/m²	**Arithmetisches Mittel**	-	-	4	-	-	10,58
	Stabw	-	-	1,97	-	-	4,10
	Minimalwert	-	-	2,5	-	-	6

4.3.2 Gemischte Bauweise

Mit 9 Gebäuden, in gemischter Bauweise ausgeführt, lassen sich keine zuverlässigen Aussagen treffen. Die Ergebnisse werden jedoch trotzdem hier aufgelistet, da sich anhand dieser bereits ein ungefährer Trend der Lawineneinwirkungen erkennen lässt.

Ästhetische Schäden an der Gebäudehülle treten laut diesen Werten ab einem Lawinendruck von 3 kN/m² auf. Im Mittel sind es 3,5 kN/m². Schäden der Schadensklasse 1 treten aber sicher schon durch geringere Drücke auf, was auch der Vergleich mit Werten anderer Bauweisen zeigt. Somit ist ein Mindestdruck von 3 kN/m², um die Gebäudehülle ästhetisch zu beschädigen, sicher zu hoch.

Auch die restlichen Werte der übrigen Schadensklassen können als etwas zu hoch eingestuft werden, lassen jedoch gut den Trend der Werte erkennen. So werden Schäden der Gebrauchstauglichkeit bei ca. 5 kN/m² verursacht. Bei einem Lawinendruck um 10 kN/m² treten schon Schäden bzgl. der Tragfähigkeit auf. Die Werte im Diagramm zu Totalschäden sind sicher zu hoch. Es kann schätzungsweise jedoch schon ab 15 kN/m² mit der Totalzerstörung des Gebäudes gerechnet werden.

Diagramm 2: gemischte Bauweise

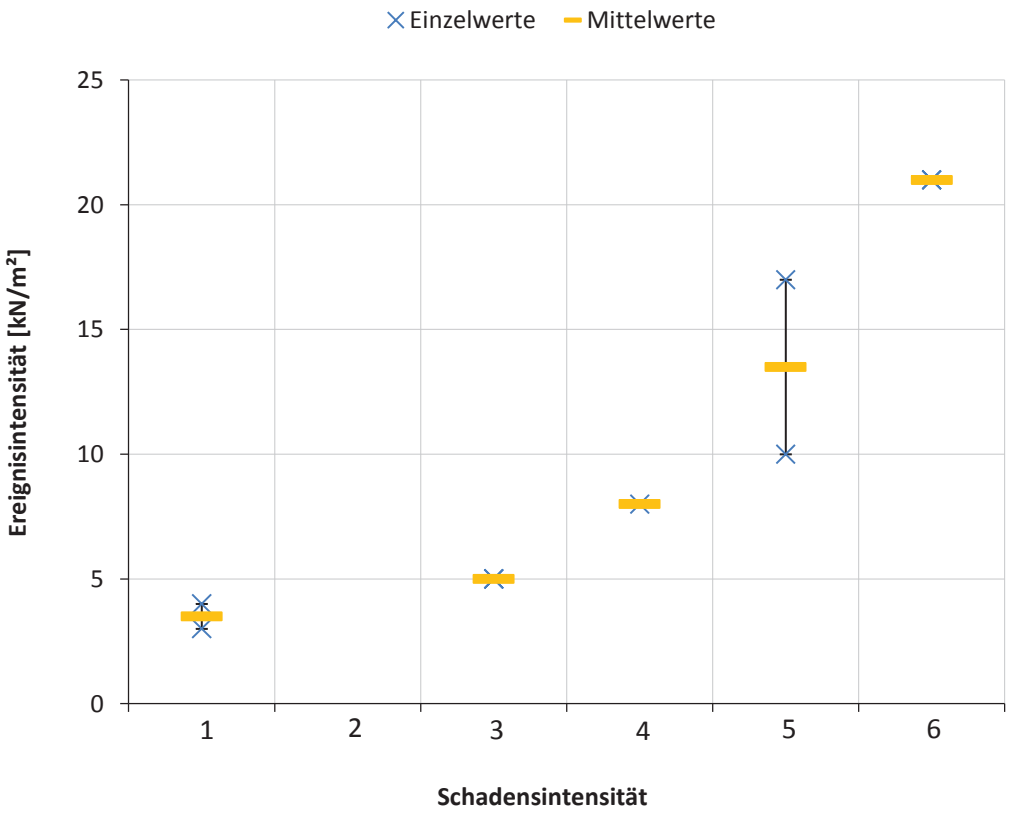


Tabelle 12: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks – gemischte Bauweise

		Schadensintensität					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	Anzahl Daten	*2*	*-*	*2*	*1*	*2*	*2*
kN/m²	**Arithmetisches Mittel**	3,5	-	5	8	13,5	21
	Stabw	0,71	-	-	-	4,95	-
	Minimalwert	3	-	-	-	10	-

4.3.3 Massivbauweise

Mit 47 Gebäuden besitzt die Massivbauweise den größten Datenumfang. Diese Bauweise umfasst auch die meisten Gebäude von der Lawinenkatastrophe in Galtür 1999. Durch die vielen Gebäude, welche in die Massivbauweise fallen, sind diese Mittelwerte auch jene, die am zuverlässigsten sind.

Ästhetische Schäden an der Gebäudehülle (Schadensklasse 1) treten dabei schon ab 1 kN/m² auf. Im Mittel liegt der Wert bei ca. 3 kN/m². Die Lawinendrücke, welche leichte bzw. schwere Schäden bzgl. der Gebrauchstauglichkeit verursachen, unterscheiden sich nicht sehr. Die Ereignisintensitäten der Schadensklasse 3 sind zwar etwas höher als jene der Schadensklasse 2, bewegen sich jedoch im selben Bereich. So liegt das arithmetische Mittel für die Drücke der Schadensklasse 2 ungefähr bei 6,5 kN/m² und für die Drücke der Schadensklasse 3 bei 7,5 kN/m². Bei den Lawinendrücken für einen Schaden bzgl. der Tragfähigkeit ist der Unterschied zwischen den leichten (Schadensklasse 4) und schweren (Schadensklasse 5) Schäden deutlicher. Leichte Schäden bzgl. der Tragfähigkeit treten dabei im Mittel bei ca. 12 kN/m² auf, schwere Schäden der Tragfähigkeit bei 16 kN/m². Die Totalzerstörung des Gebäudes tritt im Durchschnitt bei 26 kN/m² auf, der Mindestwert liegt bei 17 kN/m².

Diagramm 3: Massivbauweise

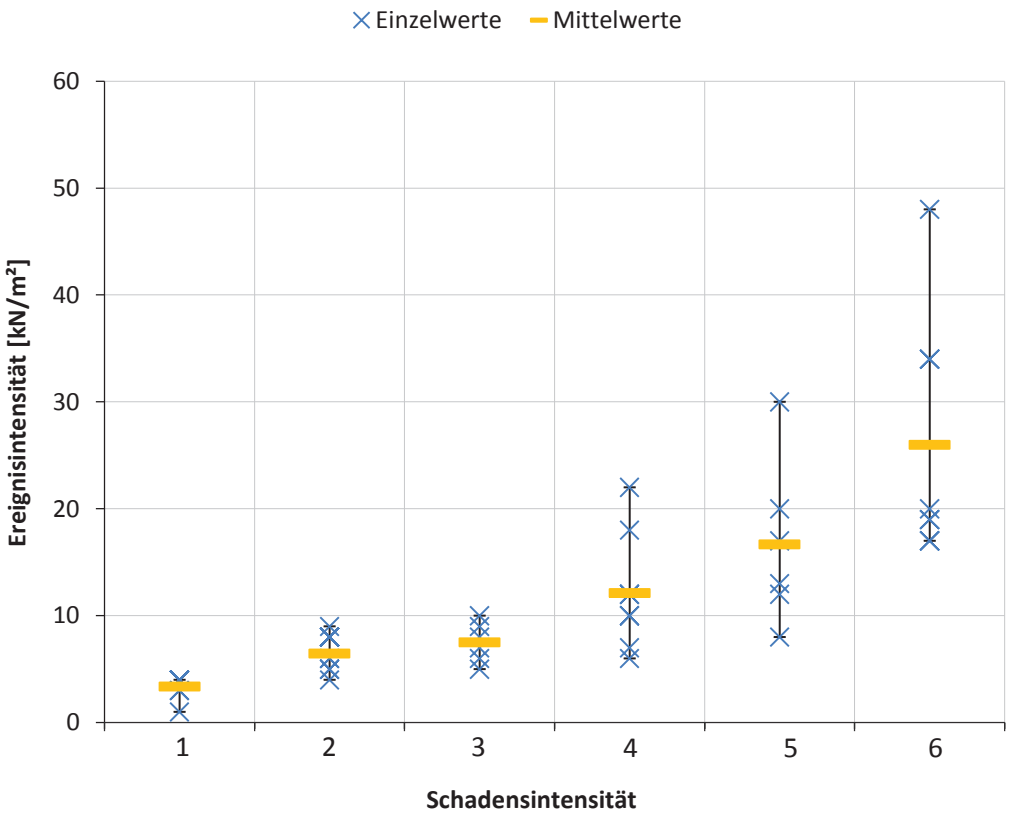


Tabelle 13: Schadensintensitäten und typische Werte des Lawinendrucks - Massivbauweise

		Schadensintensität					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
	Anzahl Daten	*8*	*11*	*6*	*8*	*6*	*8*
kN/m²	**Arithmetisches Mittel**	3,38	6,45	7,5	12,13	16,67	26
	Stabw	1,06	1,81	1,87	5,41	7,74	11,39
	Minimalwert	1	4	5	6	8	17

4.3.4 Verstärkte Bauweise

Gebäude in verstärkter Bauweise bzw. aus Beton, welche von Lawinenereignissen getroffen wurden, sind selten vorhanden oder nur wenige dokumentiert. Für diese Arbeit wurde ein Gebäude gefunden: ein Umspannwerk an der Birkgrabenlawine, Donnersbach. Dabei trat ein Lawinendruck von 25 kN/m² auf und das Gebäude erlitt lediglich leichte ästhetische Schäden an der Gebäudehülle.

4.4 Auswertung der Gebäude - Steinschlag

Beim Naturgefahrenprozess Steinschlag wurden insgesamt 51 Gebäude gefunden, welche durch ein Ereignis getroffen und beschädigt wurden. Obwohl die Unterschiede der mittleren Sturzenergien von den einzelnen Schadensklassen sehr markant sind, streuen die einzelnen Werte sehr. Sturzenergien, welche Schäden starker Intensitäten verursacht haben, können in einem anderen Fall auch nur Schäden mittlerer Intensität als Resultat hervorbringen.

Obwohl es nur ca. 20 Gebäude weniger sind, als beim Prozess Lawine, konnte nicht zu jeder Klasse von Gebäudeelementen bzw. Baumaterialien ein Diagramm abgebildet werden, da entweder der Datenumfang zu gering war oder kein Trend erkennbar war. Die Werte, welche in Form des arithmetischen Mittels und des Minimalwerts ermittelt wurden, sind aber trotzdem aufgelistet worden.

4.4.1 Holz

Zum Baumaterial Holz liegen wenige Fälle von getroffenen Häusern vor. Insgesamt sind es 3 gefundene Gebäude mit Holzelementen, welche durch Steinschläge getroffen wurden. Obwohl es nur sehr wenige Daten sind, können sie als plausibel eingestuft werden. Sie liegen allesamt unter den Werten des Gebäudeelementes „Dachkonstruktion“. Für die Schadensklasse 2 (mittlere Intensität) liegt das arithmetische Mittel bei 3,5 kJ und der Minimalwert bei 3 kJ. Das eine getroffene Gebäude, das in die Schadensklasse 3 fällt, wurde von einem Stein mit einer Sturzenergie von 6 kJ getroffen.

Tabelle 14: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Holz

		Schadensintensität			
		1	**2**	**3**	**4**
	Anzahl Daten	-	*2*	*1*	-
kJ	**Arithmetisches Mittel**	-	3,5	6	-
	Stabw	-	0,71	-	-
	Minimalwert	-	3	-	-

4.4.2 Dachkonstruktion

Es sind insgesamt 16 Dachkonstruktionen, welche durch Steinschläge beschädigt wurden, analysiert und ausgewertet worden. Schäden schwacher Intensität (Schadensklasse 1) traten dabei bei einer mittleren Sturzenergie von 8,5 kJ auf. Dieser Wert ist sicher als zu hoch einzustufen. Die Überschätzung kann jedoch aufgrund des geringen Stichprobenumfangs zustande kommen. Schäden der Schadensklasse 2 wurden im Durchschnitt bei einer Energie von 59 kJ festgestellt. 102 kJ bilden den Mittelwert, bei welchem ein Schaden starker Intensität auftritt. 672 kJ Sturzenergie kann dann zur totalen Zerstörung der Dachkonstruktion führen.

Obwohl die Werte sehr viel streuen, ist auffällig, dass die Sturzenergien mit erhöhter Schadensintensität stark ansteigen. Vor allem der Unterschied zwischen der Schadensklasse 3 und Schadensklasse 4 ist sehr markant.

Diagramm 4: Dachkonstruktion

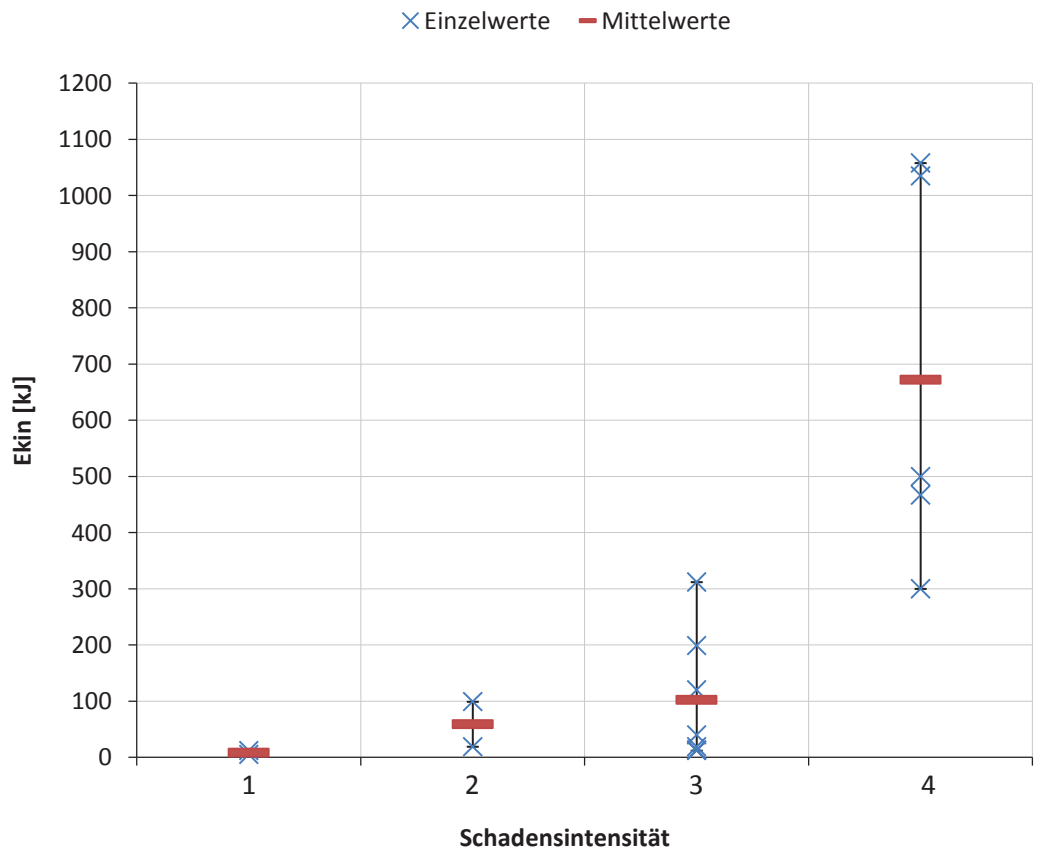


Tabelle 15: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Dachkonstruktion

		Schadensintensität			
		1	**2**	**3**	**4**
	Anzahl Daten	*2*	*2*	*7*	*5*
kJ	**Arithmetisches Mittel**	8,5	59	102,14	672
	Stabw	4,95	56,57	115,89	350,27
	Minimalwert	5	19	12	300

4.4.3 Mauerwerk

Mauerwerke zeigen, wie erwartet, eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber Steinschlägen auf als Holzwände oder Dachkonstruktionen. Es wurden 23 Gebäude der Baumaterial-Klasse „Mauerwerk“ zugeteilt. Somit ist diese Klasse, wie auch bei den Lawinen die Massivbauweise, diejenige mit dem größten Stichprobenumfang.

Auch hier ist ein deutlicher Anstieg der Sturzenergien mit höheren Schadensklassen zu verzeichnen. Während für die Schadensintensität 1 eine durchschnittliche Sturzenergie von ca. 6 kJ ermittelt wurde, steigt sie für die Schadensintensität 2 auf 75 kJ an. Schadensintensität 3 wird bei einer Energie von 308 kJ verursacht. 26961 kJ sind im Mittel aufgetreten, um ein Gebäude bzw. seine Mauern total zu zerstören (Schadensintensität 4).

Auffallend ist auch hier der starke Anstieg der Sturzenergien von der Schadensklasse 3 auf die Schadensklasse 4. Die Sturzenergien machen hierbei einen noch größeren Sprung als beim Gebäudeelement „Dachkonstruktion“. Es kann jedoch damit gerechnet werden, dass bei einem größeren Stichprobenumfang auch dieser große Unterschied zwischen den beiden Schadensklassen kleiner wird, da sicher auch kleinere Sturzenergien ausreichen, um ein Mauerwerk bzw. ein Gebäude total zu zerstören.

Diagramm 5: Mauerwerk

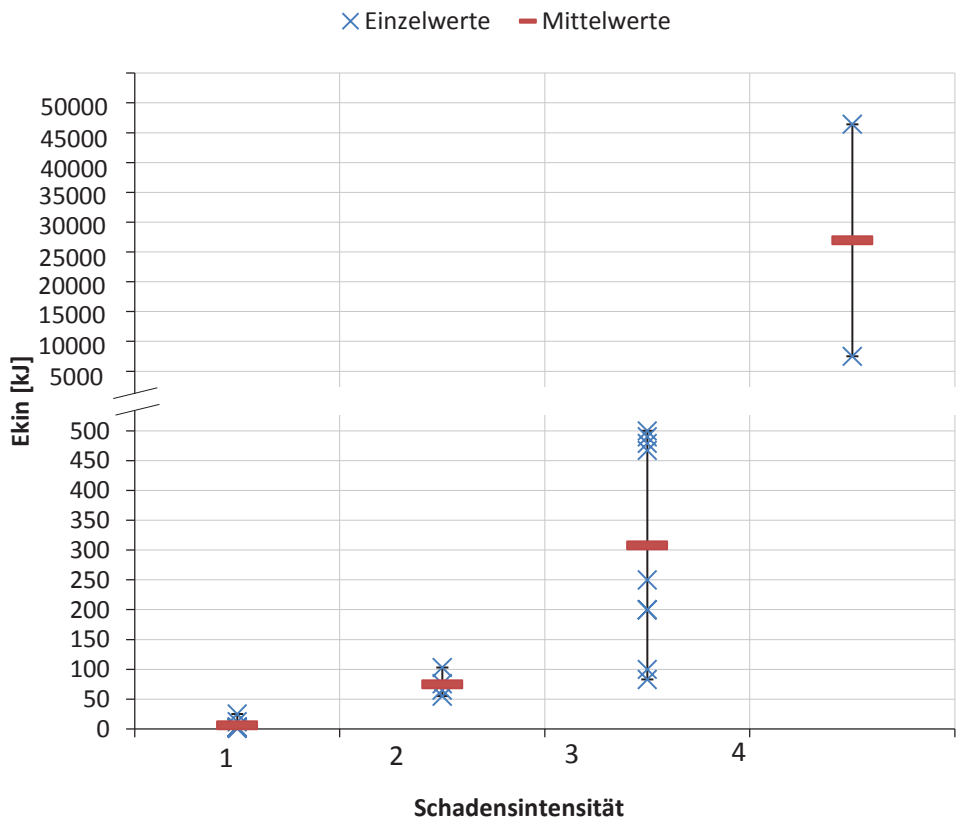


Tabelle 16: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie - Mauerwerk

		Schadensintensität			
		1	**2**	**3**	**4**
	Anzahl Daten	*8*	*4*	*9*	*2*
kJ	**Arithmetisches Mittel**	6,33	74,75	307,67	26961
	Stabw	8,33	20,69	175,03	27522,01
	Minimalwert	0,5	55	83	7500

4.4.4 Stahl und Beton

Bei den Ergebnissen für die Baumaterialien Stahl, Beton und Stahlbeton wird ersichtlich, dass der Stichprobenumfang zu niedrig ist. Die wenigen Werte entsprechen nur in etwa den Erwartungen, da die einzelnen Sturzenergien teilweise zu gering für die jeweilige Schadensklassen sind. Es ist jedoch ein Trend zu erkennen, dass mit höheren Sturzenergien auch der resultierte Schaden steigt.

Der Mittelwert für die Schadensintensität 1 kann als plausibel gelten. So treten geringe Schadensintensitäten, wie Einschlagmarken am Gebäude, im Mittel bei 44 kJ auf. Bei einer Sturzenergie von 155 kJ treten Schäden der Schadensklasse 2 auf. Es ist jedoch darauf zu achten, dass für diese Schadensklasse wenig Gebäude vorhanden sind.

Diagramm 6: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie – Beton und Stahl

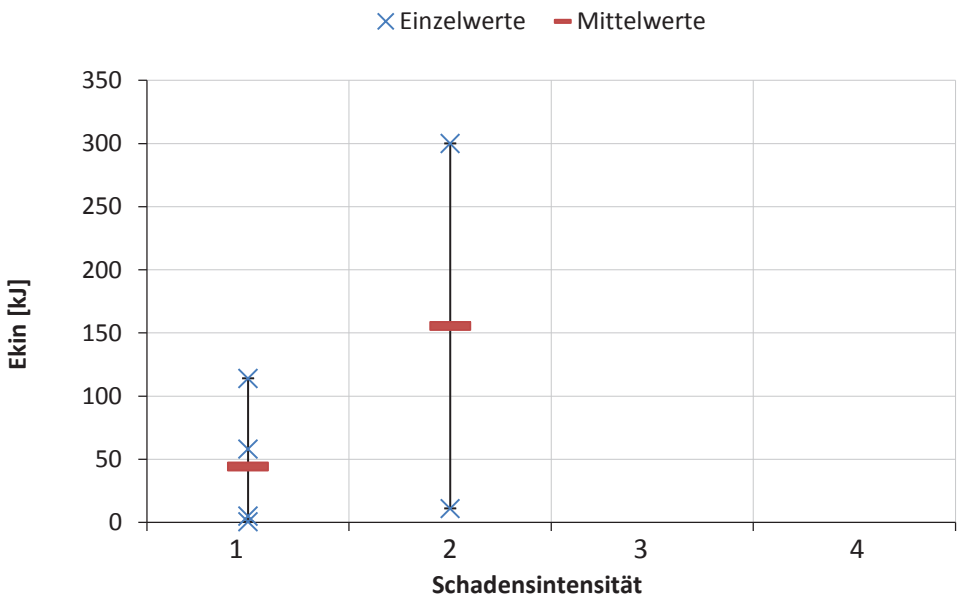


Tabelle 17: Schadensintensitäten und typische Werte der Sturzenergie – Beton und Stahl

		Schadensintensität			
		1	**2**	**3**	**4**
	Anzahl Daten	*4*	*2*	-	-
kJ	**Arithmetisches Mittel**	44,4	155,5	-	-
	Stabw	53,26	204,35	-	-
	Minimalwert	0,5	11	-	-

4.5 Implementierung in die Gebäudeschutzklassen

Für eine Implementierung in die Matrix der Gebäudeschutzklassen musste die Diagrammachse der Ereignisintensität in 6 Klassen unterteilt werden. Dabei wurde versucht, Werte, welche sich öfter in mehreren Gebäudearten bzw. Bauweisen wiederholen, in Bereiche zu fassen und Grenzen zwischen den Klassen zu definieren. Zur Positionierung der Gebäudeklassen wurden die ermittelten Mittelwerte verwendet. Fiel ein Mittelwert einer Bauweise genau auf den Grenzwert zwischen den Ereignisintensitätsklassen, so wurde die Bauweise in der darunter liegenden Klasse positioniert, um auf der sicheren Seite zu stehen.

Beispiel: Eine Bauweise des Prozesses Lawine erfährt bei einer mittleren Ereignisintensität von 5 kN/m² einen ästhetischen Schaden. Die Bauweise wurde folglich in der Klasse von 3-5 kN/m² positioniert, da es sich um einen Mittelwert handelt und ästhetische Schäden an der Gebäudehülle sicher auch bei geringeren Lawinendrücken auftreten können.

Die Schadensintensitäten wurden schon als Klassen von der Matrix der Gebäudeschutzklassen übernommen.

4.5.1 Lawine

Die untere Klassengrenze bildete beim Prozess Lawine meist ein Minimalwert einer Gebäudeart. Die Obergrenze bildete meist ein Zusammentreffen von Minimalwerten zweier oder mehrerer Bauarten. Zusätzlich wurden die Grenzen etwas angepasst. So wurde z.B. versucht, die 1 bzw. 10 kN/m² der Gefahrenzonenpläne für Lawinen herzunehmen.

Die zur Positionierung verwendeten Mittelwerte einer Bauweise wurden jeweils mit den Anfangsbuchstaben der Bauweise in der Matrix markiert. Zusätzlich wurden die Bereiche, welche unter eine gewisse Bauweise fallen, mit signalisierenden Farben versehen, ganz nach

dem Vorbild der Matrix aus (Braun 2014). Bereiche, welche keiner Bauweise zugehörten, wurden vorübergehend mit Zwischenfarben eingefärbt, sind jedoch mit keinem Buchstaben versehen. Das Ergebnis der gesamten Implementierung ist im Folgenden abgebildet.

Legende für die nachstehende Abbildung:

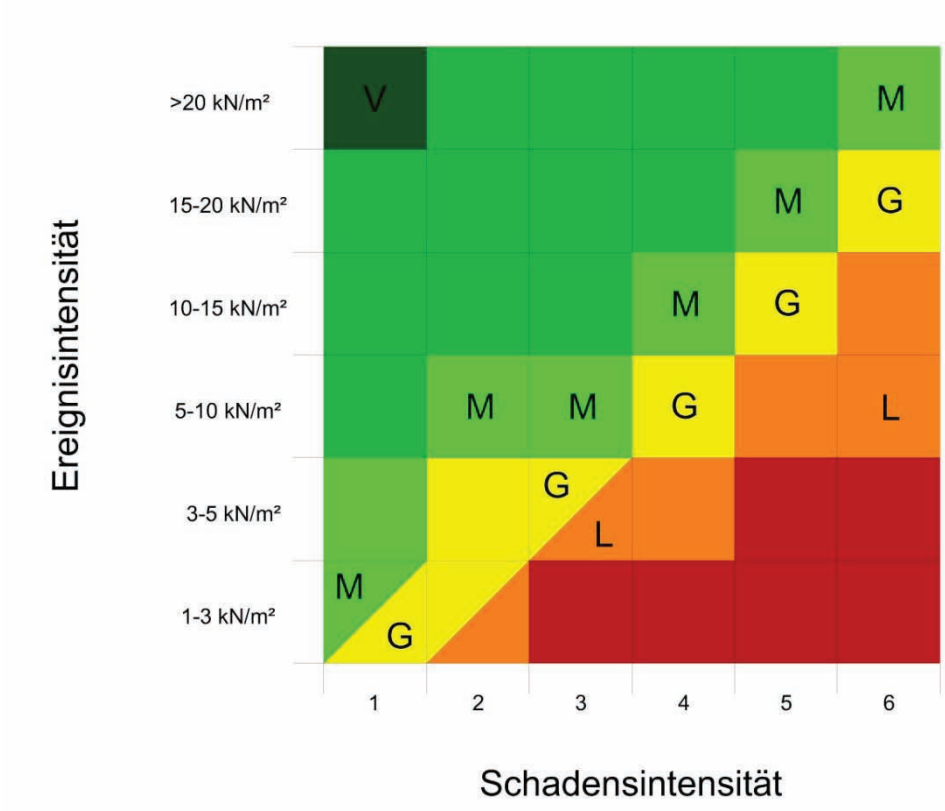
L … Leichtbauweise

G … Gemischte Bauweise

M … Massivbauweise

B … Verstärkte Bauweise

Abbildung 22: Implementierung der Ergebnisse vom Naturgefahrenprozess Lawine in die Matrix der Gebäudeschutzklassen



4.5.2 Steinschlag

Für die Klassenabgrenzung der Steinschlagintensitäten war es nicht möglich, die Minimalwerte der Auswertungen herzunehmen, da die Werte viel mehr streuten, als die Werte der Lawinen. Da jedoch die Mittelwerte viel weiter auseinander lagen, war es auch möglich, gro-

be Grenzen der Intensitätsklassen zwischen den Mittelwerten zu definieren. Die Klassenbreite wurde dabei immer größer, da auch die Sturzenergien mit höheren Schadensklassen immer stärker ansteigen. Eine Anlehnung an den Gefahrenzonenplan war nicht nötig, da für Steinschlag nur Hinweisbereiche ausgewiesen werden.

Wiederum wurden die Mittelwerte mit den Anfangsbuchstaben des Baumaterials in der Matrix positioniert und die Bereiche farblich markiert. Bereiche, welche keinem Baumaterial zugehörten, wurden wieder mit Zwischenfarben eingefärbt.

Legende für die nachstehende Abbildung:

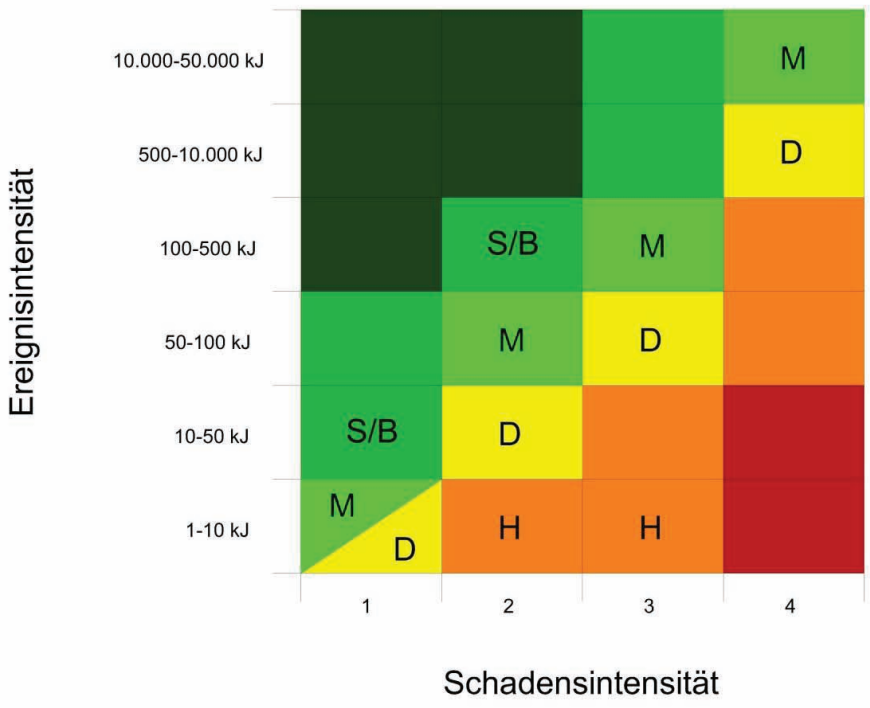
H … Holz

D … Dachkonstruktion

M … Mauerwerk

B/S … Beton und Stahl

Abbildung 23: Implementierung der Ergebnisse vom Naturgefahrenprozess Steinschlag in die Matrix der Gebäudeschutzklassen



5 Diskussion

Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Schaffung einer umfangreichen Datenbank das A und O für die Zukunft der Gebäudeschutzklassen ist. Nur mit genügend Daten von Gebäuden, welche durch Naturgefahrenprozesse getroffen und beschädigt wurden, kombiniert mit Baustoffanalysen und Bruchwerten von Materialien aus Versuchen, lässt sich eine verlässliche Definition der Gebäudeschutzklassen erstellen. Diese Masterarbeit hat aufbauend auf der Arbeit von Julia Braun mit dem ´Titel „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements“ einige weitere Schritte in diese Richtung gemacht, insbesondere durch die Sammlung von 75 Gebäuden, welche durch Lawinen, und 51 Gebäuden, welche durch Steinschlag getroffen wurden. Das Ziel, ein Fundament an Daten zu schaffen, mit welchem man weiter arbeiten kann, und welches in Zukunft auch erweitert werden soll, wurde somit gut erreicht. Die Auswertung dieser Daten lieferte dann Richt- und Schätzwerte, welche eine ungefähre Lokalisierung der verschiedenen Bauweisen in der Matrix der Gebäudeschutzklassen zulässt.

5.1 Daten als Basis

Wie schon erwähnt ist ein umfangreicher Datensatz sehr wichtig, um genügend Ereignisse als Fundament und Kontrolle für die Gebäudeschutzklassen zu haben. Doch eben dieser Umfang an Daten stellt allgemein, und stellte in dieser Masterarbeit ein initiales Problem dar. So sind Gebäude, welche durch Lawinen oder Steinschläge getroffen wurden, nicht einfach zu finden. Genauer gesagt sind nicht die betroffenen Häuser schwer zu finden, sondern die Informationen zu den Ereignissen, welche die Schäden verursacht haben.

Daten zu Schadlawinen sind dabei eher vorhanden, als Daten zu Steinschlägen. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich darin, dass sich Österreich schon sehr lange mit dem Thema Schadlawinen befasst. So gibt es z.B. Nachrechnungen zu Lawinendrücken an beschädigten Gebäuden, bei denen das Ereignis bereits Mitte der 1980er-Jahre stattgefunden hat. Nach Galtür 1999 wurde dieses Thema und auch die Schadensdokumentation intensiviert. Es gibt nun viele Simulationen von Referenzlawinen, aus welchen man nach der Ortung des beschädigten Gebäudes die Lawinendrücke entnehmen kann.

Bei Steinschlägen sind die Daten zu den Ereignissen, wie schon erwähnt, weniger vorhanden. Relevante Informationen, welche für diese Arbeit wichtig waren, fehlten oft, oder wurden erst durch eine intensivere Untersuchung des Ereignisses gefunden, was einen massiven Zeitaufwand bedeutete. So war die für diese Masterarbeit wichtige Ereignisintensität in Form der Sturzenergie nur in den seltensten Fällen vorhanden. Dadurch war es nötig, viele Ereignisse im Nachhinein zu simulieren. Hierbei stieß man jedoch auf das nächste Problem und

zwar, dass in vielen Fällen keine Abbruchstellen erwähnt bzw. dokumentiert wurden. Oft waren zu einem Ereignis keine Fotos oder Schadensbeschreibungen vorhanden, sondern nur der Vermerk eines getroffenen Gebäudes. Diese Ereignisse waren somit nicht zu gebrauchen. Diese Probleme wirkten sich alle zudem negativ auf den Datenumfang des Prozesses Steinschlag aus. Es hätte zu viel Zeit in Anspruch genommen, all diese Informationen zu sammeln. Die Anlaufstellen, bei welchen die Rohdaten liegen sind viele und reichen von Privatpersonen bis zu öffentlichen Ämtern. Dies bestärkt jedoch wieder die Bestrebungen dieser Masterarbeit und des Betreuers Prof. Johannes Hübl, eine Basis in Form einer Datenbank mit allen für den technischen Gebäudeschutz relevanten Informationen zu schaffen.

Durch die intensive Suche und den erhaltenen Einblicken in die Ereignisdokumentation kann man zum Schluss kommen, dass eine detailliertere Schadensdokumentation vor Ort dem Thema Gebäudeschutz sehr zugute kommen würde und deshalb mehr betrieben werden sollte. Die prozessorientierte Ereignisdokumentation sollte dabei aber keine Einschränkungen erfahren. Auch sie ist ein Grundbaustein, um die Arbeit zu den Gebäudeschutzklassen erst möglich zu machen. Doch eine Forcierung der Dokumentation der Schäden wäre kein Nachteil, da auch im Bereich der Öffentlichen Dienstleistungen die Kosten-Nutzen-Frage von Schutzbauwerken für eine Prioritätenliste und anderen Bereichen diese Daten vermehrt eine Rolle spielen und helfen können.

Nichtsdestotrotz war es möglich mit den gefundenen Informationen den Aufbau einer Datenbank zu initiieren und einen guten Grundstein zu legen, indem insgesamt 126 Gebäude zusammengetragen wurden. Zu jedem dieser Häuser wurden die Schäden beschrieben, klassifiziert und das Ereignis charakterisiert und einer Größenordnung zugeteilt. Die typischsten Arten von Schäden wurden zudem in einer Art Schadenskatalog, wo mögliche Schäden für jede Schadensklasse angeführt wurden, zusammengefasst.

5.2 Die ermittelten Richtwerte und ihre Bedeutung

Die statistischen Auswertungen dieser Masterarbeit liefern einen Einblick, welche Schäden bei gewissen Ereignisgrößen zu erwarten sind. Es sind in den meisten Fällen gewisse Trends der Werte zu erkennen, auch wenn zu einigen Bauweisen zu wenig Häuser vorhanden waren. Dies war vor allem bei der gemischten und verstärkten Bauweise der durch Lawinen beschädigten Gebäude ein Problem und im Allgemeinen bei den Gebäuden des Prozesses Steinschlag. Für eine bessere Aussagekraft der Ergebnisse wäre ein Mindestumfang an Daten wünschenswert, so wie er bei der Massivbauweise des Prozesses Lawine vorhanden ist. Ein Minimum von 50 Gebäuden pro Bauweise bzw. Baumaterial wären somit eine gute Anzahl, die es in Zukunft anzustreben gilt, um auch zu den anderen Bauweisen verlässlichere Ergebnisse zu bekommen.

Es war aber trotzdem möglich, erste Analysen und Schätzungen mit diesen Daten anzustellen. Während sich beim Prozess Steinschlag klare Unterschiede zwischen den Ereignisintensität-Mittelwerten der einzelnen Schadensklassen herauskristallisierten, war dies beim Prozess Lawine nicht so stark der Fall. Die Mittelwerte der Lawinendrücke ließen zwar einen steigenden Trend erkennen, lagen bei allen Bauweisen aber nahe beieinander. Ein Beispiel sind die Schadensklassen 2 und 3 der Massivbauweise des Prozesses Lawine. Die mittleren Lawinendrücke dieser beiden Schadensklassen unterschieden sich nur um 1 kN/m². Daraus lässt sich schließen, dass bereits eine kleine Erhöhung der Lawinendrücke eine große Auswirkung auf den resultierenden Schaden hat. Ein Grund für das nahe Beieinanderliegen der Lawinendrücke und das starke Reagieren auf eine kleine Erhöhung des Drucks könnte sein, dass es sich beim Druck um eine Flächenlast handelt. Würde man für die Flächenlast auf eine Hausmauer die Resultierende ermitteln, so wäre der absolute Betrag dieser resultierenden Punktlast auch höher und die mittleren Lasteinwirkungen würden sich vielleicht mehr unterscheiden.

Dieses Problem war beim Prozess Steinschlag nicht vorzufinden. Jedoch streuten die Werte in den Schadensklassen beim Steinschlag viel mehr um den Mittelwert, als jene des Prozesses Lawine. Hohe Werte für Standardabweichungen waren somit keine Seltenheit. Die Gründe für die große Streuung der Werte können mehrere sein. Einerseits könnte die Form der Steine Einfluss auf die Streuung nehmen. Je nachdem, ob die anprallende Fläche des Steins flacher oder spitziger ist, werden bei gleicher kinetischer Energie größere oder kleinere Schäden verursacht. Eine spitze Anprallfläche wird demnach einen größeren Schaden verursachen als eine flache Anprallfläche. Ein weiterer Grund kann die Beschaffenheit des Materials sein. In einer Baumaterial- oder Gebäudeelement-Klasse werden immer mehrere ähnliche Ausführungen eines bestimmten Gebäudeteils zusammengefasst. Das heißt, dass innerhalb einer solchen Klasse sehr wohl noch Unterschiede bzgl. des Baustoffs auftreten können. Ein Mauerwerk kann so zum Beispiel aus verschiedenen Materialien bestehen, wie zum Beispiel Ziegel, Backstein, Naturstein oder Mörtel und Steinen. Zudem spielt die Stärke bzw. Dicke der Mauer noch eine Rolle, welche ebenso wenig in die Analyse dieser Masterarbeit eingegangen ist. Auch beim Stahlbeton verhält es sich mit der Dicke der Wände so. Dachkonstruktionen können ebenfalls in verschiedenen Art und Weisen stärker oder weniger stark ausgeführt werden. Selbst verschiedene Holzarten besitzen unterschiedliche Resistenzen und brechen bei unterschiedlichen Sturzenergien, sprich, sie leisten unterschiedliche Brucharbeit (Egli 1999). Die unterschiedlichen Resistenzen, welche somit in einer Schadensklasse zusammengefasst wurden, können eine Streuung der Werte verursachen. Um jedoch die Baumaterialien oder Gebäudeelemente auch noch nach Dicke oder Ausführung zu unterteilen, ist der Datenumfang zu gering. In dieser Arbeit hätte das nur zu kleinen Stichprobenumfängen geführt, weshalb eine Unterteilung in 4 Bauweisen bzw. Baumaterial-

Klassen am günstigsten erschien. Mit dieser Unterteilung war auch eine statistische Analyse der Schäden und Gebäude möglich und lieferte erste Ergebnisse. Mit einem Fortsetzen der Arbeit und Forschung im Dienste der Gebäudeschutzklassen und dem Weitersammeln von beschädigten Gebäuden kann aber eine feinere Unterteilung der Baumaterialien und Gebäudeelemente angestrebt werden.

Trotz der plausiblen Ergebnisse sind die ermittelten Werte aber als Richtwerte zu sehen, da für sicherere Aussagen der schon erwähnte Datenumfang zu gering ist. 126 Gebäude mögen zwar viel klingen, sind aber für diese Art von Analyse zu wenig. Die Gebäude teilen sich zunächst auf zwei Naturgefahrenprozesse und des Weiteren noch auf vier Gebäudeklassen auf. Es ist durchaus möglich, dass sich die Mittelwerte in Zukunft mit der Ergänzung von mehr beschädigten Gebäuden noch verschieben und etwas andere Werte annehmen. Die Größenordnung, in der sie sich jetzt befinden, scheint jedoch realistisch und eine grobe Unter- oder Überschätzung sollte nicht vorliegen.

5.3 Eignung für Gebäudeschutzklassen

Beim Implementieren der verschiedenen Bauweisen in die Matrix der Gebäudeschutzklassen ergaben sich einige Probleme. Das Resultat der Implementierung entspricht deshalb nicht ganz den Erwartungen. Es bedarf sicher weiterer Forschungsarbeit, um die Gebäudeschutzklassen und die Matrix besser definieren zu können und die Eingangsgrößen so zu wählen, dass daraus bessere Ergebnisse resultieren. Trotzdem wurde in dieser Masterarbeit versucht, die Ergebnisse in die Matrix der Gebäudeschutzklassen zu übertragen und dieser Versuch kann als Bereicherung gesehen werden. Die Schwierigkeiten, welche sich während den Untersuchungen aufzeigten, können zukünftige Arbeiten in diesem Bereich sicher erleichtern.

Eines der Probleme war, dass die Bildung von Einwirkungsklassen nicht so einfach war wie Anfangs gedacht. Beim Prozess Lawine waren die Mittelwerte und Minimalwerte der ersten drei Schadensklassen stets sehr nahe beieinander. Dies machte die Festlegung der Grenzen der Einwirkungsklassen schwierig. Schlussendlich war es aber möglich, einige typische Grenzwerte für die Ereignisklassen festzulegen. Dabei wurde auch der Gefahrenzonenplan nicht außer Acht gelassen. So wurden bevorzugt jene Werte als Klassengrenzen gewählt, welche man auch als Grenzen für die „Rote“ und „Gelbe“ Gefahrenzone im Gefahrenzonenplan für Lawinen findet. Die Grenzen der Gebäudeschutzklassen sollten dieselben Werte wie die Grenzen der Gefahrenzonenpläne beinhalten, da somit eine erleichterte kombinatorische Verwendung von Gefahrenzonenplan und Gebäudeschutzklassen-Matrix möglich ist.

Bei der Implementierung erstreckt sich die Ereignisgröße von 1 bis ins Unbegrenzte. Ein Gebäudeschutzausweis für die Rote Zone wird jedoch von einigen Experten nicht als sinnvoll erachtet, da ein Bauvorhaben in diesem Gefährdungsgebiet den gesetzlichen Regelungen widerspreche. Dieses Instrument wäre somit nur für die Gelbe Zone andenkbar (Braun 2014). Andere Experten sehen hingegen den Gebäudeschutzausweis für Neuwidmungen im Allgemeinen für nicht notwendig. Er wäre jedoch für Altbestände, welche in Gelber und Roter Gefahrenzone stehen, interessant (Braun 2014). Diese Unsicherheit bezüglich der Anwendung des Gebäudeschutzausweises war der Grund, weshalb die Achse der Ereignisgrößen auch allgemein gehalten wurde und sich die Ereignisintensität von 1 bis ins Unbegrenzte erstreckt. Es wurde also nicht nur eine Implementierung der Ergebnisse im Ereignisgrößenbereich von 1 kN/m² bis 10 kN/m² der Gelben Zone für Lawinen durchgeführt.

Die Implementierung der Ergebnisse zum Prozess Steinschlag barg hingegen ein anderes Problem. Durch die große Streuung der Einzelwerte überschnitten sich die Einwirkungsklassen theoretisch sehr. Für die Einteilung der Klassen wurden aber trotzdem die ermittelten Mittelwerte verwendet. Dadurch war eine Zuteilung der Ergebnisse in der Matrix der Gebäudeschutzklassen gut möglich. Diese Übertragung in die Matrix ist jedoch durch die hohe Standardabweichung mit einer großen Unsicherheit behaftet. Im Gegensatz zu Lawinen war es beim Steinschlag nicht nötig, auf die Gefahrenzonenpläne und ihre Regelungen zu achten, da für Steinschlag im Gefahrenzonenplan nur Hinweisbereiche, ohne Angaben zur Ereignisintensität, angegeben werden.

Allgemein kann gesagt werden, dass sich die Baumaterialien und Bauweisen gut als Kriterium für die Bestimmung von Gebäudeschutzklassen eignen. Jedoch sollten sie noch detaillierter behandelt werden und Aspekte, wie Wandstärke und Gebäudeöffnungen, in die Unterteilung der Bauweisen mit einfließen. Wie unschwer zu erkennen ist, liegen die Bauweisen dieser Masterarbeit alle auf einer Linie in dieser Matrix. Würden sie also detaillierter unterteilt werden, würden sie sich wahrscheinlich besser über die gesamte Matrix verteilen. Es würden auch die ermittelten Mittelwerte mehr an ihrer Zahl werden und ein breiteres Spektrum von Schäden und Ereignisgrößen abdecken. Die starke Streuung der Mittelwerte würde sich zudem verringern.

Es wäre also noch nötig, die erwähnten verschiedenen Wandstärken und Lagen der Öffnungen im Gebäude in die Bestimmung der Gebäudeschutzklasse mit einzubeziehen. Somit wären mehrere abgestufte Klassen von Bauweisen möglich. Diese würden auch eine detailliertere und gleichzeitig breiter angelegte Abstufung zwischen den Klassen ermöglichen.

6 Fazit

In dieser Masterarbeit wurde angestrebt, den Anstoß zur Schaffung einer Datenbank für Analysen des technischen Gebäudeschutzes zu geben und die Dokumentierung der Schäden bei Ereignissen und den dazugehörigen Ereignisgrößen zu forcieren. Mit der Schaffung der Datenbank wurde auch begonnen und über 120 Gebäude, die durch Lawinen und Steinschlägen getroffen wurden, gesammelt. Des weiteren wurden diese Gebäude in Bauarten unterteilt und erste Analysen zu den resultierenden Schäden bei gewissen Ereignisintensitäten angestellt. Dies wurde für jene Bauarten durchgeführt, bei welchen auch genügend Daten zur Analyse vorhanden waren. Zu guter Letzt wurde noch versucht, diese ermittelten Orientierungswerte der Ereignisintensitäten in die Matrix der Gebäudeschutzklassen zu übertragen und damit Klassengrenzen auf der Achse „Ereignis“ festzulegen.

Es ist leicht zu erkennen, dass es sich bei dieser Masterarbeit um eine explorative Arbeit handelt. Neben der wichtigen Datensammlung und der näheren Beschreibung der Schadensintensitäten an Gebäuden durch Lawinen- und Steinschlagereignissen, stellt die Masterarbeit eine Methodik vor, wie die verschiedenen Klassen der Ereignisintensitäten der Matrix angedacht werden könnten. Die Unterteilung wurde dabei in numerischer Form, sprich mit Bereichen von Ereignisgrößen durchgeführt (kN/m² bei Lawinen, kJ bei Steinschlägen). Der Ansatz dieser Masterarbeit, die Achse „Ereignis“ der Matrix für Gebäudeschutzklassen numerisch näher zu definieren und die Bauweise als Kriterium zur Unterteilung der Gebäudeschutzklassen zu verwenden, ist ein Versuch bzw. Vorschlag meinerseits, welcher jedoch sicher durch Experten und einer Fachkommission überarbeitet und spezialisiert werden muss.

Die Statistik, welche mittels der Daten erarbeitet wurde, ergab - wo der Datenumfang groß genug war – gute Resultate. Das Ergebnis waren Werte, welche eine Orientierung geben, bei welchen Ereignisgrößen mit welchen Schadensgrößen gerechnet werden kann. Erstrebenswert wäre ein Ergebnis in Form eines „Boxplot“ gewesen. Für eine solche Analyse war jedoch der Stichprobenumfang zu gering, wodurch nur der Mittelwert und die Minimal- und Maximalwerte in den Diagrammen abgebildet wurden. Dennoch kann gesagt werden, dass die Analyse zufriedenstellende Resultate geliefert hat.

Meiner Meinung nach bedarf es wesentlich mehr Gebäude, um eine detailliertere Analyse bzw. Statistik, eine bessere Unterteilung der Klassen der Ereignisgrößen und eine bessere Verteilung der Bauarten in der Matrix zu erzielen. Die Bauweise kann aber für den Anfang als gutes Kriterium zur Einteilung der Gebäudeschutzklassen gesehen werden. Die Erstellung der Datenbank, welche hierfür begonnen wurde, stellt einen großen Aufwand dar, da die

Ereignisdokumentation nicht auf den technischen Gebäudeschutz ausgelegt ist und die relevanten Informationen an mehreren Stellen gesucht und beschaffen werden müssen. Dieser Aufwand reduziert sich jedoch für zukünftige Arbeiten, da die Liste der Gebäude nur mehr erweitert werden muss und die bereits dokumentierten Gebäude in dieser Masterarbeit für weitere Studien verwendet werden können. Durch das Beginnen der Schaffung einer Datenbank wurde somit ein wichtiger Schritt für zukünftige Analysen des technischen Gebäudeschutzes gemacht und eines der wichtigsten Ziele dieser Masterarbeit erreicht.

Ich persönlich kann folgendes Fazit aus der Masterarbeit ziehen. Das Thema wählte ich aus verschiedenen Gründen. Erstens, weil ich persönlich dem technischen Gebäudeschutz als Ganzes eine hohe Wichtigkeit zuschreibe und mein Wissen darüber erweitern wollte. Zweitens sah ich in dieser Masterarbeit die Möglichkeit, ein Gefühl und Erfahrung zu bekommen, mit welchen Schäden bei gewissen Ereignisintensitäten gerechnet werden muss (oder auch umgekehrt, welche Kräfte bei einem Ereignis aufgetreten sein müssen, um einen gewissen Schaden zu verursachen). Die Möglichkeit, eine solche Schätzung anzustellen, kommt einem vor allem dann zugute, wenn zu einem Ereignis zwar Schäden dokumentiert wurden, jedoch keine Ereignisinformationen vorhanden sind.

Diese Erwartungen, die ich persönlich in die Masterarbeit setzte, wurden beide erfüllt. Ich konnte mein allgemeines Wissen zum technischen Gebäudeschutz erweitern und bekam ein Gefühl für den Zusammenhang zwischen Einwirkung und resultierendem Schaden.

Neben diesen persönlichen Zielen konnte ich jedoch auch - vor allem durch die Gespräche mit den Experten aus der Stabstelle Schnee und Lawinen und der Stabstelle Geologie der Wildbach- und Lawinenverbauung - mein Prozessverständnis bezüglich Lawinen und Steinschläge verbessern. Oft war es nämlich nötig, gewisse Prozessabläufe für die Erklärung gewisser Schäden zu rekonstruieren, oder die Plausibilität der Ereignisgröße zu prüfen. Zudem konnte ich durch die vielen selbst durchgeführten Steinschlag-Simulationen das in den Lehrveranstaltungen erlernte Wissen wieder auffrischen und auch erweitern.

Im Großen und Ganzen kann ich sagen, dass ich sowohl die fachlichen als auch meine persönlichen Ziele mit Zufriedenheit erreicht habe.

7 Ausblick

Forschungen und wissenschaftliche Arbeiten, welche sich in Zukunft mit diesem Thema auseinandersetzen, werden an mehreren Punkten zu Erweiterungen ansetzen können. Der wichtigste Punkt ist dabei sicherlich die Ergänzung neuer Häuser zur Liste der durch Steinschlag oder Lawine beschädigten Gebäude. Durch die Erweiterung der Datenbank lassen sich detailliertere und bessere Analysen anstellen und die Ergebnisse werden des Weiteren sicher verlässlicher.

Die erstellte Datenbank liefert jedoch auch die Grundlage für Untersuchungen in anderen Bereichen des technischen Gebäudeschutzes, wie z.B. die Planung von Maßnahmen des Objektschutzes und vielen mehr.

Ein Thema, das in Österreich sicher noch einige Male auf den Tisch kommen wird, ist der Gebäudeschutzausweis. Es werden sicher noch Arbeiten folgen, welche sich mit diesem Steuerungselement des Risikomanagements auseinandersetzen werden, da laut Braun in ihrer Arbeit „Gebäudeschutzausweis – Ein zertifiziertes Steuerungselement des Risikomanagements“ dieses Konzept durchaus in den verschiedensten öffentlichen und privaten Branchen auf Zustimmung stoßen könnte. So wäre der Gebäudeschutzausweis z.B. ein Fortschritt für die Versicherungsunternehmen, da diesen bis jetzt die Zeit fehle, im Privatgeschäft die genaue Gefährdung zu eruieren (Braun 2014).

Diese Zustimmung aus den verschiedensten Bereichen forciert die Möglichkeit, weitere Untersuchungen in diesem Bereich durchzuführen. Falls sich der Gebäudeschutzausweis als politisch und ökonomisch hilfreich auszeichnen sollte, kann auch die hier vorgeschlagene Implementierung von den Ergebnissen zu den Ereignisgrößen und den resultierenden Schäden in die Matrix der Gebäudeschutzklassen weiterentwickelt werden oder eine neue Methodik mit Hilfe der hier begonnen Datenbank ausgearbeitet werden.

Dies unterstreicht wieder, wie wichtig es war, einen Datengrundsatz an beschädigten Gebäuden zu erstellen, und wie wichtig die Erweiterung und stetige Ergänzung von Häusern in diese Datenbank sein wird.

8 Literaturverzeichnis

Austrian Standards Institute (Hg.) (2014): Normensammlung Schutz vor Naturgefahren. Die Normenreihe ONR 24800 über Wildbach-, Lawinen- und Steinschlagschutzbauwerke. Wien: Austrian Standards plus GmbH.

Bätzing, Werner (2010): Die Alpen – periphere Verstädterung einer ländlichen Makroregion in Europa. AlpenForum2010. Online verfügbar unter http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGMacroregionalstrategy/Documents/20111223wba_publ_217_AlpenForum_dt.pdf, zuletzt geprüft am 22.01.2015.

Braun, Julia (2014): Gebäudeschutzausweis. Ein zertifiziertes Steuerungsinstrument des Risikomanagements. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Alpine Naturgefahren.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (2005): Der Gefahrenzonenplan des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung. Broschüre.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (2011): die.wildbach - Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung. Wien.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (2014): Gefahrenzonenplan. Online verfügbar unter http://www.bmlfuw.gv.at/forst/oesterreich-wald/raumplanung/gefahrenzonenplan/Gefahrenzonenplan.html, zuletzt aktualisiert am 01.04.2014, zuletzt geprüft am 17.11.2014.

Duller, Christine (2007): Einführung in die Statistik mit EXCEL und SPSS. Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch. 2., überarbeitete Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag (Physica-Lehrbuch).

Egli, Thomas (1999): Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren. St. Gallen: Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen.

Fellin, Wolfgang (2013): Einführung in Eis-, Schnee- und Lawinenmechanik. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

Fendt, Walter (2010): Elastischer und unelastischer Stoß - Mathematischer Anhang. Online verfügbar unter http://www.walter-fendt.de/ph14d/stossmath.htm, zuletzt geprüft am 16.01.2015.

Frehner, Monika; Wasser, Brächt; Schwitter, Raphael (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Hg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

Gabl, Karl (2000): Lawinenhandbuch. 7., vollst. überarb. Aufl. Innsbruck, Wien: Tyrolia.

GEC ZT GmbH (2009): Lawine - Schermerspitze Hochgurgl. Technische Analysen Topschermer 3000 Lift. Hg. v. Wildbach- und Lawinenverbauung. Schwaz.

Granig, Matthias; Bilek, Hanno; Feda, Thomas; Frandl, Thomas; Gabl, Karl; Gruber, Harald et al. (2009): Ereignisdokumentation Lawinen 2009. Bericht über die Lawinenereignisse im Februar und März 2009. Hg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Wien.

Hagen, Gottfried (1991): Praktische Erfahrungen mit Rechnungen nach Lawinenmodellen, insbesondere mit dem Modell nach "Voellmy". In: *Wildbach- und Lawinenverbau 1991 - Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs* 55, 1991 (117), S. 137–146.

Hnilica, Erich (2012): Minimum, Maximum. Online verfügbar unter http://www.mathe-lexikon.at/statistik/streuungsmasse/minimum-maximum.html, zuletzt geprüft am 22.01.2015.

Hübl, Johannes; Fuchs, Sven; Agner, Peter (2007): Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung. IAN Report Nr. 90. Institut für alpine Naturgefahren. Wien.

Institut für alpine Naturgefahren (2006): Schutz vor alpinen Naturgefahren – Objektschutz. Erstellung der Grundlagen für eine „Sicherheitsfibel Objektschutz“. IAN - Report 107. Institut für alpine Naturgefahren. Wien.

Jörg, Philipp; Granig, Matthias (2013): Entrainmentstudie SamosAT – 2013. Schwaz.

Kanton Bern - Fachstellen Naturgefahren (o. J.): Bergstürze, Felsstürze, Steinschlag. Online verfügbar unter http://www.naturgefahren.sites.be.ch/naturgefahren_sites/de/index/gefahren_risiken/gefahren_risiken/ueber_naturgefahren/bergstuerze.html, zuletzt geprüft am 23.03.2015.

Land Tirol (2015): tiris - Tiroler Rauminformationssystem. Online verfügbar unter https://www.tirol.gv.at/statistik-budget/tiris/tiris-kartendienste-zu-fachthemen/, zuletzt geprüft am 14.01.2015.

Magthuber, Johannes (2002): Dokumentation und Analyse der Katastrophenlawinen von Galtür und Valzur am 23. und 24. Februar 1999. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Wildbach- und Lawinenschutz.

Mölk, Michael (2014): Nachrechnung Gebäudeschaden Lueg/Gries a. Brenner, 2011. Wildbach- und Lawinenverbauung – Geologische Stelle.

Mölk, Michael (2015): Email-Verkehr des Verfassers mit Mag. Michael Mölk am 13.01.2015.

Österreichischer Bundestag (03.07.1975): Forstgesetz. ForstG 1975. Online verfügbar unter https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010371&ShowPrintPreview=True, zuletzt geprüft am 22.11.2014.

Preisig, Hansruedi (2002): Massiv- oder Leichtbauweise? Trends im Passivhausbau. In: *tec21*, 2002 (42), S. 14–17.

Rochet, Louis (1987): Application des modèles numériques de propagation à l'étude des éboulements rocheux. In: *Bulletin de liaison des laboratoires* (150–151), S. 84–95.

Rudolf-Miklau, Florian; Sauermoser, Siegfried (2011): Handbuch - Technischer Lawinenschutz. Berlin: Ernst, Wilhelm & Sohn.

Suda, Jürgen; Rudolf-Miklau, Florian (2012): Bauen und Naturgefahren - Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz. Wien: Springer-Verlag.

Tollinger, Christian (2014): Email-Verkehr des Verfassers mit Ing. Mag. Christian Tollinger am 16.05.2014. Innsbruck.

Tschom, Helmut (2000): Lawinenkatastrophe in Galtür im Feber 1999. Innsbruck.

Volkwein, A.; Schellenberg, K.; Labiouse, V.; Agliardi, F.; Berger, F.; Bourrier, F. et al. (2011): Rockfall characterisation and structural protection – a review. In: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 11 (9), S. 2617–2651.

Wilhelm, Christian (1997): Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung. Mitteilungen Nr. 54. Davos.

ANHANG

In diesem Anhang befinden sich alle gesammelten, durch Lawinen und Steinschläge getroffenen, Gebäude. Bei den Lawinen wurde jedes Gebäude mit einer ID versehen. Bei den Steinschlägen war es jeder Stein, der Schaden verursacht hat, welcher eine ID bekam.

Für jene Gebäude, welche durch Lawinen beschädigt wurden, werden folgende Informationen aufgelistet:

- Ereignisjahr
- Ort bzw. Lawinennamen
- Hauserkennung bzw. Adressnummer des Hauses
- Lawinenart
- Schadensbeschreibung in Textform
- Bauweise
- Schadensintensität
- Lawinendruck in kN/m²
- Quelle des Lawinendrucks
- Quelle des Schadbilds
- Datenqualität des Lawinendrucks

Für die durch Steinschläge beschädigten Gebäude waren es folgende Informationen:

- Ereignisjahr
- Ort des Ereignisses
- Volumen des Sturzkörpers in m³
- Sturzgeschwindigkeit in m/s
- Schadensbeschreibung in Textform
- Gebäudeelement bzw. Baumaterial
- Schadensintensität
- Sturzenergie in kJ
- Quelle des Volumen bzw. der Masse
- Quelle des Schadbilds
- Datenqualität der Ereignisintensität

Datengrundsatz Lawine

2009 | Marchkar - Bucheben/Rauris

ID: 1

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Holzschalung eingedrückt, Druck über Dach entwichen (Ziegel wurden rausgeschossen)

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **2,5**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation

Quelle Lawinendruck:
WLV Stabstelle Schnee und Lawine

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Granig et al. 2009

2009 | Marchkar - Bucheben/Rauris

ID: 2

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dach des kleinen Stadels wurde teilweise abgetragen, Holzschalung teilweise eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **2,5**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation

Quelle Lawinendruck:
WLV Stabstelle Schnee und Lawine

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Granig et al. 2009

2009 | Bruckwieslawine - Mittersill

ID: 3

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fließanteil wurde durch Mauer aufgehalten und hölzerne Öffnungen wurden eingedrückt, Staubanteil trug Teile des Daches ab

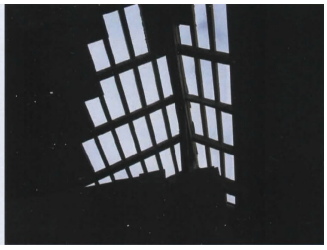
Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **5**





Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Granig et al. 2009

2009 | Bräuningalm

ID: 4

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Fließlawine

Schadensbeschreibung: Kellertür wurde eingedrückt, die ganze Hütte wurde aus der Verankerung gerissen und 15 m verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **11**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Granig et al. 2009

1999 | Galtür

ID: 5

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 17

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: ein Fensterflügel wurde ostseitig eingedrückt, am Wirtschaftsgebäude wurde die Lüftung des Stalles am Dach weggerissen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 6

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 17a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Ostseitig ein Fenster eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **3**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 7

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 18

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wirtschaftsgebäude, Gebäude völlig vernichtet

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 8

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 18

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dachstuhl abgetragen, Balkon zerstört, Wand bis zur Oberkante der Decke des 1. OG abgebrochen, bergseitig Fenster zerstört, Lampen zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 9

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 21

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Nordfassade leicht beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 10

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 22

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wirtschaftsgebäude total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **10**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 11

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 22
Lawinenart: Staublawine
Schadensbeschreibung: Wohnhaus, Nordfassade beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise
Schadensintensität: **1**
Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 12

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 22a
Lawinenart: Staublawine
Schadensbeschreibung: Kellertür ostseitig beim Zubau eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise
Schadensintensität: **2**
Lawinendruck (kN/m²): **8**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 13

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 22b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fenster zerstört, Garage als Zubau völlig zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **10**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 14

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: eine Fensterscheibe eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **3**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 15

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Haus zur Gänze in kleine Teile gerissen, Kellerdecke verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **48**

Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 16

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23c

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wohnhaus, Nordseite völlig zerstört, Dachstuhl weggerissen, im OG Außenmauern und Innenwände großteils eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **34**

Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 17

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23c

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wirtschaftsgebäude, Nordseite sehr stark beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **34**

Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 18

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23d

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Balkone zerstört, Säule aus Betonziegeln eingedrückt, 2 Fenster und Jalousien zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **7**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 19

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23e

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Iglu total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **9**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 20

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23e

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Nordseite stark beschädigt, Fenster und Türen zertrümmert, Personaltrakt zerstört, alle Räume nordseitig durch innere Explosion beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **9**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 21

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 23f

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: nordöstliche Hausecke leicht abgebröckelt, Dachrinnenrohr eingedrückt, Fensterscheibe zertrümmert, Holzüberdachung für Kellerabgang leicht beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 22

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 24d

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Schaufenster zerstört, im OG Mauer angebrochen und Jalousien zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 23

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 25

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: am Wohnhaus Fenster zerstört, Geräteschuppen zerstört, nordseitige Außenwand vom Stadel herausgerissen, Deckenteile liegen teilweise nicht mehr auf tragenden Gebäudeelementen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 24

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 27

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wirtschaftsgebäude total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **10**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 25

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 27

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dachstuhl des Zubaus aus Verankerung gerissen, Zubau vom Altbestand getrennt, Fenster beschädigt, tragende Wand beim Zubau durch den Lawinendruck herausgerissen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **10**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 26

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 27a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fensterfläche aus Glasbaustein herausgerissen, mehrere Fenster beschädigt, im OG Mauer angebrochen, Dachstuhl angehoben, östliche Pfette verdreht, Garage völlig zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **10**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 27

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 27b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fassade beschädigt, Türen und Fenster eingedrückt, Dachstuhl angehoben und aus der Verankerung gerissen, Schnee drang ins Gebäude

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **18**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 28

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 28

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Tischlerei Dach abgedeckt, Fenster (Auflage: Resistenz von 12 kN/m²) und Türen eingedrückt, Schnee in der Tischlerei, Geländer und Balkontüren eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **12**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 29

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 29

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Haustür mit Vordach und Dachrinne beschädigt, Traufe abgerissen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **3**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 30

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 29a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Schaufenster und Türen zertrümmert, Schnee im Parterre

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **5**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 31

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 29b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dach beim Giebel aus der Verankerung gerissen, Dach eingeknickt, Fensterscheiben zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **6**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 32

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Garagentor eingedrückt, Eckfenster mit Türkombination aus Alu beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **4**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 33

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: eine Fensterscheibe zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 34

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: leichte Schäden am südseitigen Wintergarten

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **4**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 35

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30e

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fenster zerstört, Dachstuhl aus Verankerung gerissen, Eindringen von Schnee ins Haus, Schäden an der Fassade

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **10**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 36

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30f

Lawinenart: Staublawine

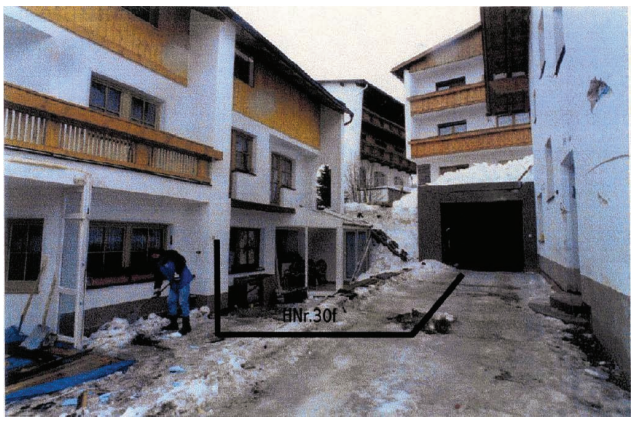
Schadensbeschreibung: Fenster zerstört, Dachrinne weggerissen, Wintergarten teilweise beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **4**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 37

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30g

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dachstuhl aus Verankerung gerissen, Fenster zerstört, tragende Außenwände beschädigt, Zwischenwände im OG zum Teil verschoben und Mauerteile herausgebrochen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **12**

Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 38

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30g

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Garage aus Beton beschädigt und Mauern zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **13**

Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 39

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30h

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Garage total zerstört, Wohnhaus Totalschaden, TMauern eingedrückt oder herausgerissen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **12**



Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 40

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30i

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wohnhaus total zerstört, tragende Wände des EG herausgerissen, das gesamte Gebäude wurde verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **19**



Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 41

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 30j

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: tragende Wände des OG herausgebrochen, Dachgeschoss sackte rund 2 m ab

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **19**



Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
Tschom 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 42

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 31

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Garage, Dach wurde aufgerissen, Türen wurden eingedrückt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **5**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 43

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 31b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wohnhaus, Fenster herausgerissen, Stiegengeländer ausgerissen, Fassade beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **6**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 44

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 31b

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: mehrere Fenster zerstört, Stiegengeländer weggerissen, Fassade beschädigt, Schnee drang ins Gebäude ein, Geräteschuppen wurde zerstört, Dachstuhl der Garage aus der Verankerung gerissen, Tür eingedrückt, Schnee eingedrungen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **6**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 45

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 31c

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Türen und Fenster zerstört, Terassengeländer zertrümmert

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **5**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 46

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 35

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Terassengeländer ausgerissen, Garagentür eingedrückt, Fenster zerstört, Fassade an den Ecken etwas beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **8**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 47

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 35a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: mehrere Fenster zerstört, Fassade beschädigt, Holzträger des Garagendachs abgerissen, Garagenfenster zerstört, Kellervorbau aus Holz weggerissen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 48

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 39

Lawinenart: Staublawine

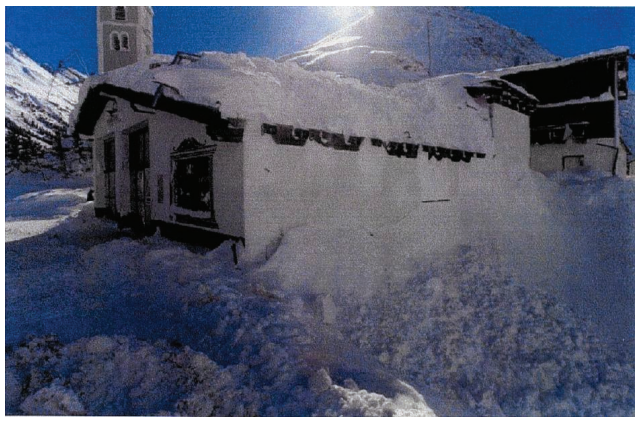
Schadensbeschreibung: Feuerwehr, Dachstuhl am Vordach aufgerissen, Dachrinne weggerissen, Giebel des Turmhauses angehoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **8**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 49

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 37

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: ein Fenster zerstört, Druckwelle ist ohne Schnee ins Gebäude eingedrungen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

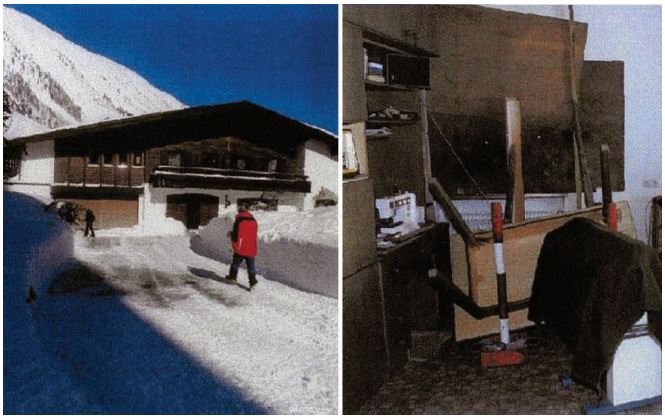
Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **9**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 50

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 40a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Türen eingedrückt, Feldstadel sonnenseitig zerstört, eingestellte Maschinen beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **7**

Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Galtür

ID: 51

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 40a

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Feldstadel zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **7**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 52

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 42

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: mehrere Fenster zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **2**

Lawinendruck (kN/m²): **6**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Galtür

ID: 53

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Terassengeländer zerstört, Fenster und Türen eingedrückt, Schnee drang ins Clublokal ein

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

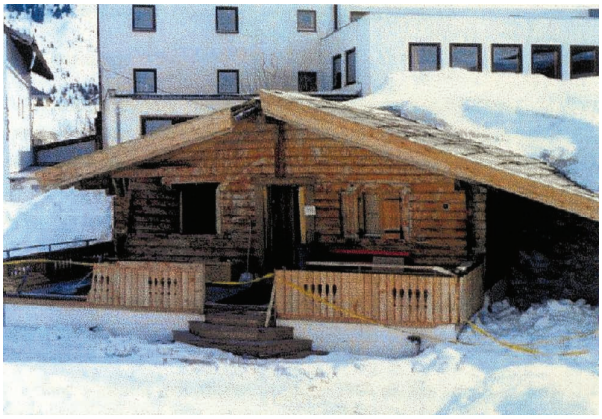
Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **5**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 54

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 34

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wohnhaus, total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **17**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 55

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 35

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Gebäude bergseitig eingestürzt, Schnee im Gebäude

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **20**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Valzur

ID: 56

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 36

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: zertrümmertes Mauerstück an der Nordwestecke, Balkon wurde beschädigt, das Dach wurde beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **22**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1999 | Valzur

ID: 57

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 37

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: alte Hofstelle total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **21**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 58

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 41

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Hofstelle bergseitig zerstört, Stallgebäude zusammengebrochen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **17**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 59

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 79

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Wohnhaus mit Ferienwohnungen total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **20**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 60

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Ferienhaus total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **21**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 61

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: altes Wirtschaftsgebäude total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **18**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 62

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: altes Wirtschaftsgebäude total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **19**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002



1999 | Valzur

ID: 63

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: 100

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Neubau total zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **17**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe des Gefahrenzonenplans

Quelle Lawinendruck:
Land Tirol 2015

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Magdhuber 2002

1951 | Heuberglawine-Häselgehr

ID: 64

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: der hintere Gebäudeteil aus Holz wurde total zerstört, weit zerstreute Einzelteile, das Dach wurde komplett abgetragen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: gemischte Bauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **5**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

2009 | Lawine Schermerspitze Hochgurgl

ID: 65

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Fließlawine

Schadensbeschreibung: FBM-Garage, Stüzenfüße im Beton wurden ausgerissen, Verbindungen zwischen Stahlträgern wurden beschädigt, Garage ist teilweise eingestürtzt, Schnee ist in die Garage eingedrungen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Stahlträger

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **5,85**



Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
GEC ZT Gmbh 2009

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

1951 | Hochlaufen - Angern/Sölden

ID: 66

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Kapelle wurde zerstört, das Dach wurde abgetragen, es stehen nur noch die Grundmauern

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **4**

Lawinendruck (kN/m²): **7**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

1951 | Hochlaufen - Angern/Sölden

ID: 67

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Holzhaus wurde zerstört, es steht nur noch das halbe Haus

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **7**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

1975 | Innere Lehnertallawine - Neustift i.

ID: 68

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Nassschneelawine

Schadensbeschreibung: kleiner Stadel wurde von der Lawine mitgerissen und mitgeschleppt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **6**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

1981 | Rosentallawine - Neustift i. St.

ID: 69

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: kleiner Stadel klappte wie ein Kartenhaus zusammen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **10**

Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Rudolf-Miklau und Sauermoser 2011

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine



1975 | Steinbichelelawine - Neustift i. St.

ID: 70

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Fließlawine

Schadensbeschreibung: Rohbau zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

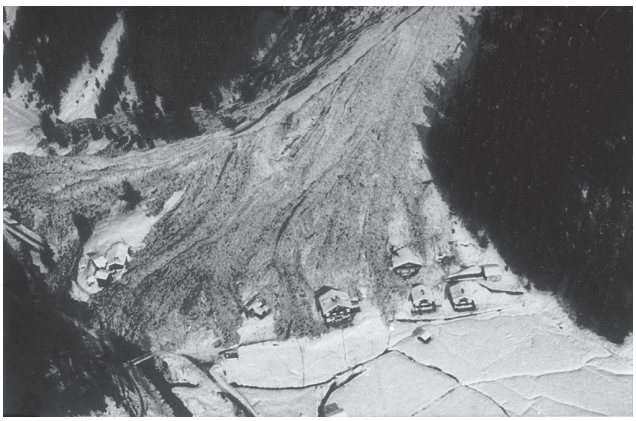
Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **30**

Datenqualität Lawinendruck:
Expertenwissen

Quelle Lawinendruck:
WLV Stabstelle Schnee und Lawine

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine



2005 | Birkgrabenlawine - Donnersbach

ID: 71

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Fließlawine

Schadensbeschreibung: Umspannwerk, geringe Schäden an der Traufe des Dachs

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Betonbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **25**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

2005 | Fleisskarlawine - St. Nikolai

ID: 72

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

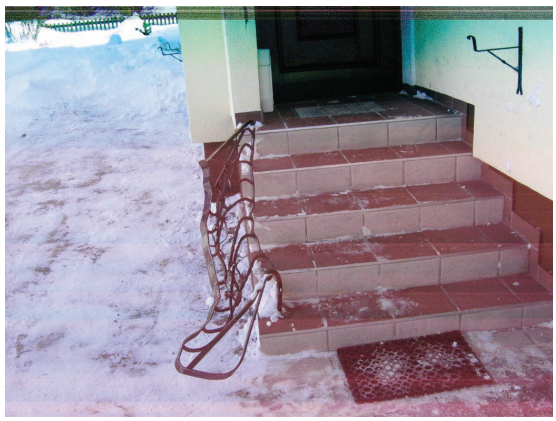
Schadensbeschreibung: Geländer umgebogen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **1**

Lawinendruck (kN/m²): **1**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

2005 | Fleisskarlawine - St. Nikolai

ID: 73

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Fleisskarhof, beim kleinen Häuschen wurde ein Teil des Daches abgetragen (der Lawinendruck drang wahrscheinlich durch die fensterartige Öffnung ins Gebäude ein und der Druck entwich übers Dach)

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **3**

Lawinendruck (kN/m²): **3**



Datenqualität Lawinendruck:
Simulation Referenzlawine

Quelle Lawinendruck:
Jörg und Granig 2013

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

2009 | Bräuningalm

ID: 74

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Fließlawine

Schadensbeschreibung: Hütte wurde verschoben und zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Leichtbauweise

Schadensintensität: **6**

Lawinendruck (kN/m²): **12**



Datenqualität Lawinendruck:
Schätzung mit Hilfe von Richtwerten aus der Literatur

Quelle Lawinendruck:
Gabl 2000

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Aktenvermerk WLV (Mayerl 2009)

1988 | Wolfsgrubenlawine - St. Anton

ID: 75

Allgemeine Informationen

Hauserkennung: -

Lawinenart: Staublawine

Schadensbeschreibung: Dach komplett abgetragen, innere Explosion, Risse in Mauern

Gebäudeschutzrelevante Daten

Bauweise: Massivbauweise

Schadensintensität: **5**

Lawinendruck (kN/m²): **17**



Datenqualität Lawinendruck:
Nachrechnung

Quelle Lawinendruck:
vgl. Tschom 1988; Hagen 1991

Quelle Schadbild/Schadensbeschreibung:
Archiv WLV Stabstelle Schnee und Lawine

Datengrundsatz Steinschlag

2004 | **Wolkenstein**

ID: 1

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1,6

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: Loch mit 1,2 m Durchmesser wurde herausgestanzt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **490**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 50109

2007 | **Schnals**

ID: 2

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,1

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 16

Schadensbeschreibung: Loch in Fließen geschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **58**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 57056

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 57056

2007 | Feldthurns

ID: 3

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: Dach beschädigt sowie der gesamte Dachstuhl ca. 10 cm nach vorne verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **312**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 57416

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 57416

2008 | Martell

ID: 4

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,009

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Einschlagmarke mit 10-20cm Durchmesser in der Wand

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **3,3**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 59278

2008 | **Martell**

ID: 5

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,005

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Einschlagmarke mit 10-20cm Durchmesser in der Wand

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **1,8**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 59278

2008 | **Ritten**

ID: 6

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,25

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 10

Schadensbeschreibung: Holzlatten am Dach mit darauf liegenden Dachziegeln durchgeschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **40**





Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 59327

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 59327

2008 | Partschins

ID: 7

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 4

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 12

Schadensbeschreibung: zerstörter Dachstuhl, 10x10 cm Balken gebrochen, Trockenmauer teilweise zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **1058**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 60237

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 60237

2008 | Partschins

ID: 8

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,004

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 24

Schadensbeschreibung: Einschlagmarke an der alten Schule

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **3**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 60237

2008 | Partschins

ID: 9

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,004

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 24

Schadensbeschreibung: Einschlagmarke an der alten Schule

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **3**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 60237

2009 | Mals

ID: 10

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,27

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: Dachrinne eingedrückt, Traufe geschrammt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **99**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 62102

2009 | Klausen

ID: 11

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,25

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 6

Schadensbeschreibung: Dachrinne eingedrückt, Dachziegel abgetragen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **12**





Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 62474

2010 | Karneid

ID: 12

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,25

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 17

Schadensbeschreibung: auf Erde liegender Betonziegel wurde gebrochen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **114**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 63430

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 63430

2011 | Karneid

ID: 13

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,008

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 16

Schadensbeschreibung: Stein geriet durchs Fenster ins innere des Hauses

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Holz

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **3**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 66462

2013 | Kastelbell

ID: 14

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1,6

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 7

Schadensbeschreibung: gleitender Stein rutscht in die Tür, Mauerwerk wurde beschädigt, Stein dringt nicht in Gebäude ein

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **103**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 70159

2013 | Sand in Taufers

ID: 15

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1,5

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: rollender Stein stanzt sich durch die Ziegelmauer

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **479**

Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 70459



2013 | Sand in Taufers

ID: 16

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,2

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: springender Stein stanzt sich durch die Ziegelmauer

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **55**

Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 70459



2013 | **Brixen**

ID: 17

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,5

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 5

Schadensbeschreibung: tragende Holzbalken der Dachkonstruktion wurden gebrochen, Dachdeckung in Form des Blechs bleibt unbeschädigt, Stein dringt nicht in Gebäude ein

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **19**





Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 70582

2013 | **Kardaun**

ID: 18

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,06

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 10

Schadensbeschreibung: Fließen und ca 5cm Sauberkeitsschicht aus Beton wurden durchschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **11**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 71092

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 71092

2013 | **Kardaun**

ID: 19

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,003

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 10

Schadensbeschreibung: Stein schlug auf Fließen auf, diese bekommen Risse

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **0,5**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 71092

2014 | **Tramin**

ID: 20

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 160

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 12

Schadensbeschreibung: Wirtschaftsgebäude aus Mörtelmauerwerk wurde vollständig zerstört, Block rollte durchs Gebäude

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk-Haus

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **46422**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 72404

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 72404

2014 | Kardaun

ID: 21

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,5

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 19

Schadensbeschreibung: Überdachung aus Stahlträgern und Blech wurde zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **300**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 72511

2001 | Branzoll

ID: 22

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 4

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 22

Schadensbeschreibung: Geräteschuppen wurde vollständig zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion-Haus

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **3280**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 43538

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 43538

2001 | Salurn

ID: 23

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,015

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 26,2

Schadensbeschreibung: Holzlatten am Dach mit darauf liegenden Dachziegeln wurden durchgeschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **13**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 43310

2003 | Stilfs

ID: 24

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,016

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

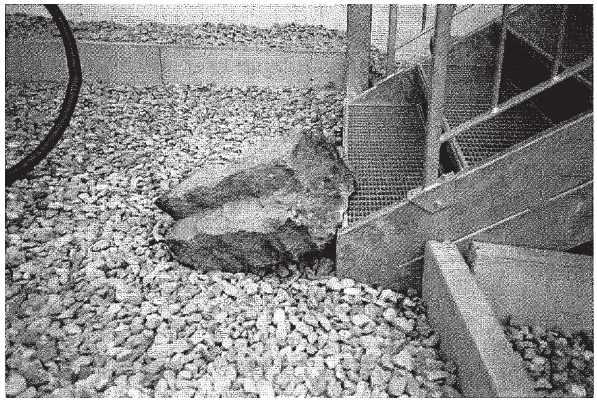
Schadensbeschreibung: ein Stück Stahl ist spröde abgebrochen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **5**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Gemeinde Stilfs - Protokoll 935

2003 | Stilfs

ID: 25

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,006

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

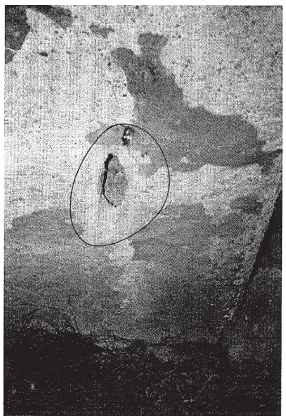
Schadensbeschreibung: Einschlagmarke in die Wand geschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **2**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Gemeinde Stilfs - Protokoll 935

2002 | Partschins

ID: 26

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,25

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 12

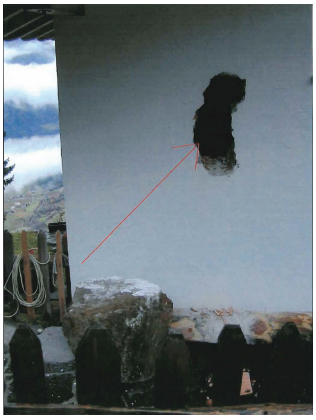
Schadensbeschreibung: Stein durchschlug die Ziegelmauer, blieb jedoch außerhalb des Gebäudes liegen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **76**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 47220

2003 | Burgstall

ID: 27

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,5

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Holzlatten am Dach mit darauf liegenden Dachziegeln wurden durchgeschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **199**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 48288

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 48288

2010 | Meran

ID: 28

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 2

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 6

Schadensbeschreibung: Stein durchschlug die Mauer der Kapelle, blieb jedoch außerhalb des Gebäudes liegen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **83**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 65845

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 65845

2014 | Meran

ID: 29

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 8

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 6

Schadensbeschreibung: Dach wurde durchschlagen, tragende Balken wurden geknickt und Sturzkörper kam im Gebäude zum erliegen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **467**





Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 74249

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 74249

2014 | Meran

ID: 30

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 8

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 6

Schadensbeschreibung: die prozesszugewandte Mauer wurde zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **467**





Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 74249

Quelle Schadbild:
Amt für Geologie und Baustoffprüfung Südtirol - Protokoll 74249

2013 | Gaschurn

ID: 31

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 3

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Stein durchschlug ein Garagendach und verursachte einen Totalschaden im darin geparkten Auto

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **1035**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31764

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31764

2013 | Winklern

ID: 32

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,01

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 20

Schadensbeschreibung: Dachrinne wurde beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **5**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31767

2010 | Kleinzell

ID: 33

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,4

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Dach wurde durchschlagen und Sturzkörper kam im Gebäude zum erliegen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **120**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31057

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31057

2011 | Kleinzell

ID: 34

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,4

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: bergseitige Mauer des an den Wohntrakt anschließenden Wirtschaftsgebäudes wurde durchschlagen und dort eine Mischmaschine wurde zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **100**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31057

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31057

2013 | Kappl

ID: 35

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,02

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 18

Schadensbeschreibung: Dach des Schuppens wurde durchschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **12**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation des Autors

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31852

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31852

2012 | Gries am Brenner

ID: 36

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 20

Schadensbeschreibung: Bruchkörper durchschlug das Dach der Säge Mayr Heinz (Verweis auf das geologische Gutachten vom 12. September 2012, Gzl 3496/47-2012 der Geologischen Stelle)

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **19**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 32347

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 32347

2011 | Arzl im Pitztal

ID: 37

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1,2

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 2

Schadensbeschreibung: Stein durchschlug Holzschuppen und blieb darin liegen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Holz

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **6**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31055

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31055

2011 | Oberperfuss

ID: 38

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,66

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 17

Schadensbeschreibung: Stein traf die westliche Gebäudefront und durchschlug diese, die dahinterliegenden Sanitärräume wurden schwer beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **250**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31053

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31053

2011 | Gries am Brenner

ID: 39

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 2

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 0

Schadensbeschreibung: Stahlbetonwand knickte ein, im Gebäude wurde durch den Stoß ein an der Wand stehender Kühlschrank umgestoßen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **300**



Datenqualität Ereignisintensität:
Simulation der Stabstelle Geologie

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31041

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31041

2011 | Pians

ID: 40

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,01

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 6

Schadensbeschreibung: Fassade des Hauses zeigt leichte Einschlagmarken auf

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **0,5**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31038

2009 | **Dalaas**

ID: 41

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 18

Schadensbeschreibung: Dach wurde geschrammt und dort, wo es getroffen wurde komplett zerstört

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **500**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31032

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31032

2010 | **Dalaas**

ID: 42

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 18

Schadensbeschreibung: Felsplatte durchschlug die Rückwand des Fremdenverkehrbetriebs und zerstörte den Kühlraum

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **500**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31032

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31032

2010 | Maria Saal

ID: 43

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,75

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 14

Schadensbeschreibung: Hauswand des Wohnhauses wurde durchschlagen und das Schlafzimmer der Hausbewohner verwüstet

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **200**



Datenqualität Ereignisintensität:
Schätzung

Quelle Volumen/Masse:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31021

Quelle Schadbild:
WLK.DIGITAL.EREIGNISKATASTER - ID 31021

1977 | Grünburg

ID: 44

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 15

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 2,5

Schadensbeschreibung: Haus bekam durch den Treffer einen Riss auf 1-1,5m Höhe quer durch alle Mauern, das Haus wurde leicht verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **3**

Sturzenergie (kJ): **200**



Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie

1966 | See

ID: 45

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 18

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 17,5

Schadensbeschreibung: Stein zerstörte einen Vorbau und riss ein großes Loch in eine Hälfte des Hauses, was zum teilweisen Absacken und Einstürzen des Gebäudes führte

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk-Haus

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **7500**

Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie



1999 | Halle Kreuzlau

ID: 46

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 12

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 21

Schadensbeschreibung: Sturzkörper schlug sich seine Bahn durch das gesamte Gebäude

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Beton/Stahl Haus

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **7500**

Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie



2001 | Dürnstein

ID: 47

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 1

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 3

Schadensbeschreibung: Stein schlug einige Einschlagmarken in das Gebäude

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **25**

Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie





2005 | Unterburg

ID: 48

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,2

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 15

Schadensbeschreibung: Loch mit ca. 80 cm Durchmesser wurde in das Haus geschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **65**

Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie



2005 | Längenfeld

ID: 49

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 20

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 17,5

Schadensbeschreibung: Stein durchschlug das Dach und blieb im Inneren der Lagerhalle liegen, starke tragende Balken wurden beschädigt

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Dachkonstruktion-Haus

Schadensintensität: **4**

Sturzenergie (kJ): **8000**



Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie

2007 | Proleb

ID: 50

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,1

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 4

Schadensbeschreibung: Stein traf Holzschuppen und blieb vor diesem liegen, ein Loch wurde in die Wand aus Holzlatten geschlagen

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Holz

Schadensintensität: **2**

Sturzenergie (kJ): **4**



Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie

2011 | Außervals

ID: 51

Allgemeine Informationen

Volumen des Sturzkörpers (m³): 0,1

Sturzgeschwindigkeit (m/s): 10

Schadensbeschreibung: der Fensterstock wurde leicht verschoben

Gebäudeschutzrelevante Daten

Gebäudeelement/Material: Mauerwerk

Schadensintensität: **1**

Sturzenergie (kJ): **12**



Datenqualität Ereignisintensität:
Expertenwissen

Quelle Volumen/Masse:
Schätzung

Quelle Schadbild:
Archiv WLV Stabstelle Geologie