



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

EINWIRKUNGEN VON NATURGEFAHREN AUF GEBÄUDE

GRUNDLAGEN EINER SYSTEMATISCHEN GESAMTSCHAU

IMPACTS TO BUILDINGS OF NATURAL HAZARDS

BASICS OF A SYSTEMATIC APPROACH

Thomas Egli¹

ZUSAMMENFASSUNG

Naturgefahren stellen massgebende Einwirkungen dar bei der Bemessung und Ausgestaltung von Gebäuden. Die folgende Gesamtschau zeigt für die gravitativen und klimatischen Gefahren die möglichen Beanspruchungen in systematischer Weise. Die Einwirkungen unterteilen sich in die Leiteinwirkung, die Begleiteinwirkungen und die veränderlichen Einwirkungen. Das Erkennen des massgebenden Gefährdungsbildes mit seinen Einwirkungen in Betrag und Richtung ist zwingend für den Nachweis einer ausreichenden Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit.

Key words: Objektschutz, Einwirkungen, Gefährdungsbilder

ABSTRACT

Natural hazards are determining factors when buildings are calculated and constructed. The synopsis below provides a systematic demonstration of the possible demands for gravitational and climatic hazards. The determining factors can be subdivided into the leading impact, the secondary impacts and the variable impacts. It is imperative that an overall picture of the relevant hazards be identified along with the implications in terms of load and direction, to prove that the structural safety and operational suitability are adequate.

Key words: Building protection, impacts, endangerment pictures

¹ Inhaber, Egli Engineering, Lerchenfeldstrasse 5, CH – 9014 St. Gallen, Schweiz, www.naturgefah.ch/
Mitglied der Kommission für Elementarschäden (KES), Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bundesgasse 20, CH - 3001 Bern, www.vkf.ch

EINLEITUNG

Naturgefahren sind als aussergewöhnliche Einwirkung auf Gebäude zu berücksichtigen. Die folgenden Ausführungen konkretisieren die Leit-, Begleit- und die veränderlichen Einwirkungen durch Naturgefahren auf Gebäude (ohne Erdbeben). Die Leiteinwirkung L stellt die Haupteinwirkung eines Lastfalles dar. Die Begleiteinwirkungen B sind je nach Situation zu wählende Einwirkungen, welche die Haupteinwirkung begleiten. Bei den veränderlichen Einwirkungen handelt es sich um nicht ständig vorhandene, nicht konstante oder nicht monoton sich ändernde Einwirkungen. Es wird unterschieden zwischen quasi-ständigen V_2 , häufigen V_1 und seltenen V_0 Grössen dieser veränderlichen Einwirkungen.

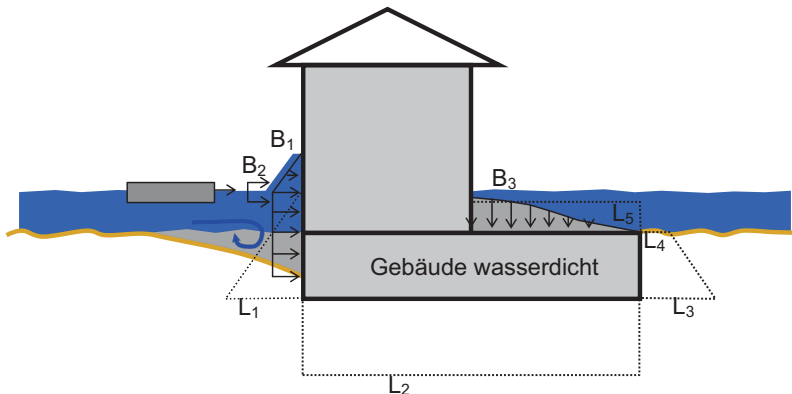
Von grundlegender Bedeutung ist die Erkennung der massgebenden Gefährdungsbilder am Objekt vor Ort. Hierzu ist es empfehlenswert, neben der Konsultation von Gefahrenbeurteilungen auch den Kontakt zu den zuständigen Fachpersonen zu suchen.

Die Einwirkungen in der Tabelle 1 stellen eine Gesamtschau dar. Die effektiv zu berücksichtigenden Einwirkungen müssen vor Ort aufgrund der vorhandenen Gefährdungssituation und in Bezug zum betroffenen Objekt ermittelt werden.

Typische Gefährdungsbilder in Bezug auf Gebäude für die gravitativen Naturgefahren sind in der „Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen aufgezeigt (Egli, 1999).

HOCHWASSER

Beim Hochwasser ist der hydrostatische Druck der Überschwemmung als Leiteinwirkung zu berücksichtigen. Bei geneigtem Terrain (Wildbachkegel u.ä.) sind zusätzlich der hydrodynamische Druck des fließenden Wassers, sowie anprallende Objekte (Blöcke, Stämme etc.) als Begleiteinwirkung einzuführen. Feststoffablagerungen können zu einer massgeblichen Auflast führen (z.B. auf Tiefgaragen), welche ebenfalls als Begleiteinwirkung örtlich zu prüfen ist.



Leiteinwirkungen	L ₁ bis L ₅ : Druck aus hydrostatischer Belastung
Begleiteinwirkungen	B ₁ : Druck aus hydrodynamischer Belastung
	B ₂ : Anprall von Blöcken oder Treibholz
	B ₃ : Auflast durch Feststoffablagerung

Abb. 1: Einwirkungen bei Überschwemmung

Fig. 1: Impacts due to flooding

Bei den veränderlichen Einwirkungen ist die Nutzlast in Gebäuden speziell zu beachten. Im Falle von Hochwasservorhersagen kann es zu einer Umlagerung von Mobilien aus Untergeschossen in geschützte Obergeschosse kommen. Diese Belastung ist im Nutzungsplan der Normalbemessung zu berücksichtigen.

Die Wirksamkeit der Bemessung auf Hochwasser reduziert das Schadenpotenzial um 20 bis 90 %. Entsprechende Untersuchungsergebnisse sind im Synthesebericht „Hochwasservorsorge – Massnahmen und ihre Wirksamkeit“ ausführlich dargestellt (Egli 2002).

RUTSCHUNG

Die Gefährdungsbilder bei Rutschungen sind sehr vielfältig. Als Leiteinwirkung tritt in der Regel eine Setzung und / oder Verschiebung des Untergrundes auf. Ein erhöhter Erddruck, Erdreibung entlang der Fassade und Feststoffablagerungen können Begleiteinwirkungen darstellen. Der Wasserdruck ist als veränderliche Einwirkung mit seinem häufigen Wert einzuführen, da Nässeperioden und Rutschungsbewegungen abhängige Grössen darstellen.

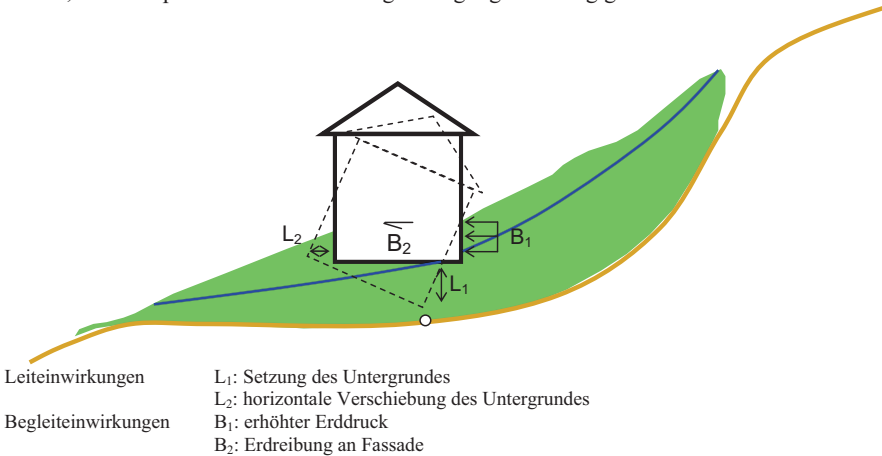
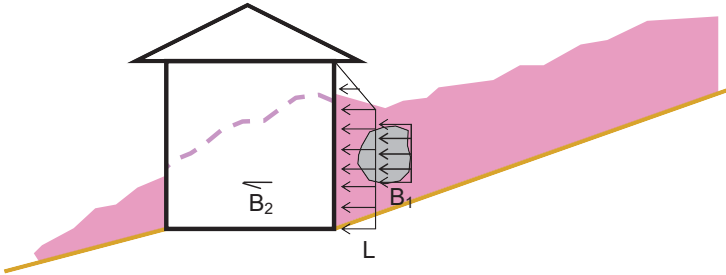


Abb. 2: Einwirkungen bei Rutschungen

Fig. 2: Impacts due to landslides

MURGAN

Als Murgangeinwirkung werden solche aus Gerinnen und aus Hängen (Hangmuren) verstanden. Die Leiteinwirkung stellt der Stossdruck bei Murgangaufprall auf das Gebäude dar (vgl. Armanini et al. 1992). Begleiteinwirkungen sind der Anprall von Blöcken und Stämmen, Erdreibung entlang der Fassade, Feststoffablagerungen und nachfliessendes Wasser, welches ähnlich wie bei einer Überschwemmung wirkt. Die veränderlichen Einwirkungen werden alle als quasi-ständige Werte eingeführt.

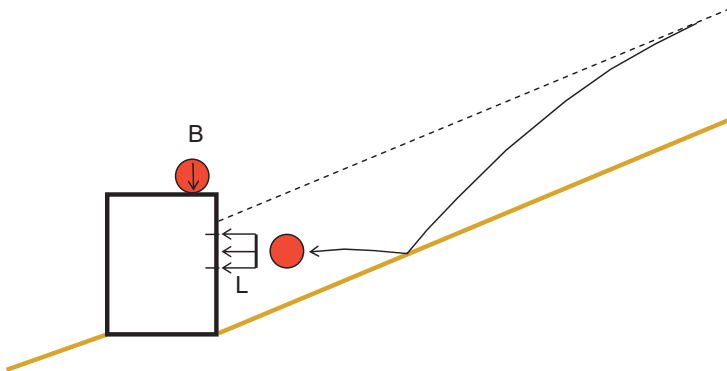


- | | |
|---------------------|--|
| Leiteinwirkung | L: Druck durch Murgang |
| Begleiteinwirkungen | B ₁ : Anprall von Blöcken und Baumstämmen |
| | B ₂ : Erdreibung an Fassade |
| | B ₃ : Feststoffablagerung im oder auf dem Gebäude (nicht dargestellt) |
| | B ₄ : nachfließendes Wasser (nicht dargestellt) |

Abb. 3: Einwirkungen bei Übermurgung
Fig. 3: Impacts due to debris flows

STEINSCHLAG

Der Blockanprall stellt die Leiteinwirkung beim Steinschlag dar. Als Begleiteinwirkung ist die Akkumulation und die dadurch bedingte Auflast der Sturzkomponente einzuführen. Die veränderlichen Einwirkungen werden alle als quasi-ständige Werte eingeführt.



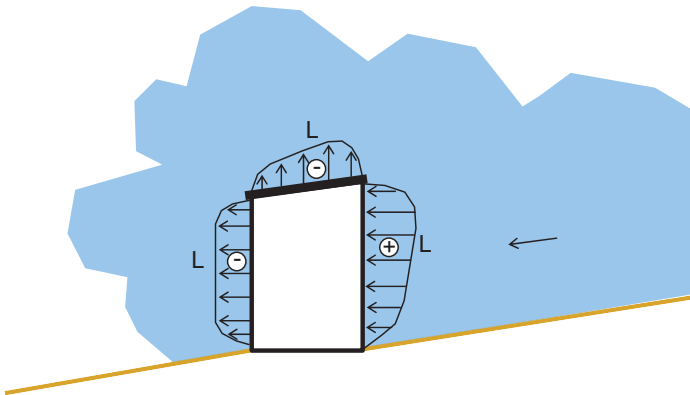
- | | |
|-------------------|--|
| Leiteinwirkung | L: Anprall der Sturzkomponente |
| Begleiteinwirkung | B: Feststoffablagerung in oder auf dem Gebäude |

Abb. 4: Einwirkungen bei Steinschlag
Fig. 4: Impacts due to rock fall

LAWINE

Es ist zu unterscheiden zwischen reinen Staublawinen, Fliesslawinen und Schneegleiten. Bei Staublawinen stellt der entstehende Luftdruck und –sog die Leiteinwirkung dar. Bei Fliesslawinen ist der Luftdruck als Begleiteinwirkung und der Schneedruck infolge Lawinenaufprall als Leiteinwirkung zu berücksichtigen. Im weiteren sind die Reibung an der Gebäudefassade und die Auflast bei überflossenen Bauteilen zu berücksichtigen. Beim Schneegleiten ist der statische Druck infolge Gleitens und Kriechens als Leiteinwirkung zu berücksichtigen.

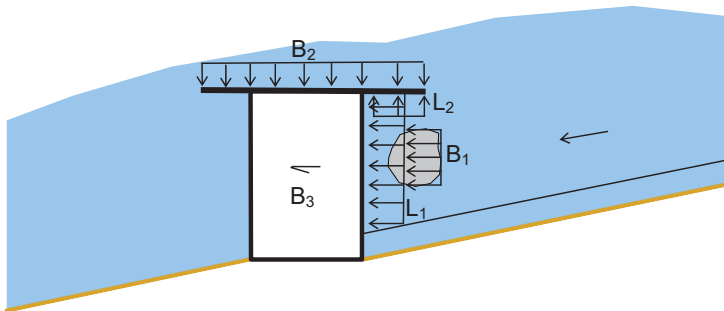
Der Schneedruck als Dachlast ist bei allen Lawinenformen als veränderliche Einwirkung mit seinem seltenen Wert einzuführen. Die Verkehrslast in Gebäuden ist als veränderliche Einwirkung mit ihrem häufigen Wert zu berücksichtigen, da bei Lawinengefahr die Verkehrsmittel auf den geschützten Parkfeldern abgestellt werden.



Leiteinwirkung L: Winddruck oder -sog

Abb. 5: Einwirkungen bei Staublawinen

Fig. 5: Impacts due to powder avalanches



Leiteinwirkung

L_1, L_2 : Druck der Fliesslawine

Begleiteinwirkungen

B_1 : Anprall von Blöcken oder Baumstämmen

B_2 : Schneelast bei Überflossen

B_3 : Schneereibung an Fassade und Dach

Abb. 6: Einwirkungen bei Fliesslawinen

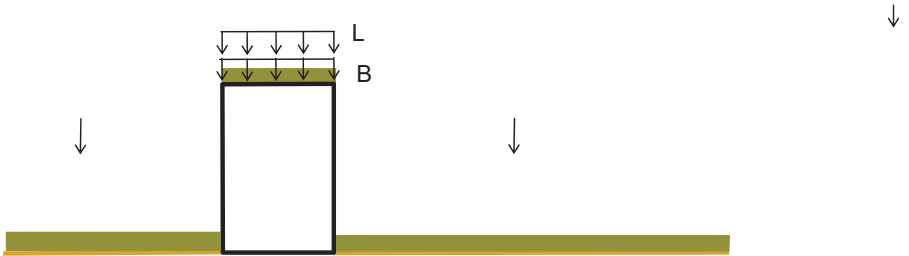
Fig. 6: Impacts due to avalanches

Tab. 1: Leiteinwirkung (L), begleitende Einwirkungen (B) und veränderliche Einwirkungen (V₀, V₁, V₂)
 Tab. 1: Leading impact (L), secondary impacts (B) and variable impacts (V₀, V₁, V₂)

Sturm		Hagel		Lawine		Steinschlag		Murgang		Rutschung		Hochwasser		
Sturmdruck	L	als häufig einführen	V ₁	Lawinendruck (Luft)	B			als quasi-ständig einführen	V ₂			als quasi-ständig einführen	V ₂	Winddruck
als quasi-ständig einführen	V ₂			Dachsnee als selten einführen	V ₀	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	Schneedruck
				als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	nachfließendes Wasser	B	als häufig einführen	V ₁	Hydrostatischer Druck	L	Wasserdruck
				als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	Erhöhter Erd- druck	B	als quasi-ständig einführen	V ₂	Erddruck
				Lawinendruck (Schnee)	L			Murgangdruck	L			Hydro- namischer Druck	B	Stossdruck
Anprall von div. Objekten / Baumsturz	B	Hagelanprall	L	Anprall von Blöcken und Holzstämmen	B	Blockanprall	L	Anprall von Blöcken und Stämmen	B			Anprall von Blöcken und Stämmen	B	Anprall
				Schneereibung an Fassade	B			Erdreibung an Fassade	B	Erdreibung an Fassade	B			Reibung
		Hagelablage- rung und Wasserrückstau	B	Schneelast bei Überfließen	B	Feststoffablage- rung	B	Feststoffablage- rung	B	Feststoffablage- rung	B	Feststoffablage- rung	B	Auflast
										Setzung / Ver- schiebung des Untergrundes	L			Setzung / Verschiebung
		als häufig einführen	V ₁											Temperatur- einwirkung
als quasi-ständig einführen	V ₂			als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	als quasi-ständig einführen	V ₂	Nutzlast
In Gebäuden als quasi-ständig einführen	V ₂			In Gebäuden als häufig einführen	V ₁	In Gebäuden als quasi-ständig einführen	V ₂	In Gebäuden als quasi-ständig einführen	V ₂	In Gebäuden als quasi-ständig einführen	V ₂	In Gebäuden als quasi-ständig einführen	V ₂	Verkehrslast

HAGEL

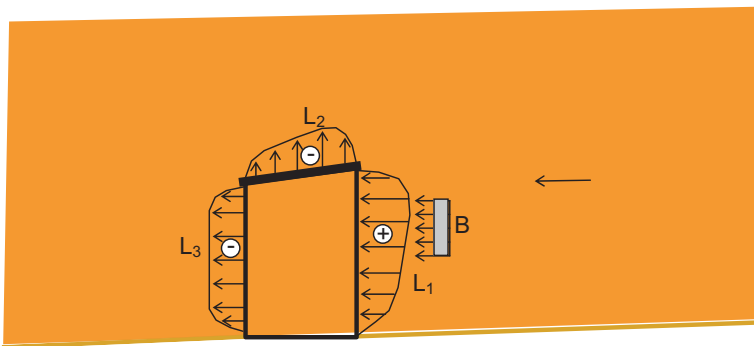
Beim Hagel stellt der Anprall der Hagelkörner die Leiteinwirkung dar. Wie beim Steinschlag führt die Akkumulation zu einer Auflast, welche als Begleiteinwirkung zu berücksichtigen ist. Ein dadurch behinderter Wasserabfluss führt zu einer zusätzlichen Belastung. Die Temperatur reduziert sich bei Hagelschlag auf der Gebäudeoberfläche (nahe Gefrierpunkt). Dieser Effekt ist insbesondere beim Einsatz von Kunststoffen zu berücksichtigen (sprödes Bruchverhalten). Der Winddruck ist mit seinem häufigen Wert als veränderliche Einwirkung zu berücksichtigen, da Hagelschlag und Sturmböen abhängige Grössen darstellen.



Leiteinwirkung	L: Anprall Hagelkörner
Begleiteinwirkung	B: Auflast durch Hagelakkumulation

Abb. 7: Einwirkungen bei Hagel
Fig. 7: Impacts due to hail

STURM



Leiteinwirkung	L ₁ bis L ₃ : Druck und Sog durch Wind
Begleiteinwirkung	B: Anprall von Flugobjekten

Abb. 8: Einwirkungen bei Sturm
Fig. 8: Impacts due to storm

Die Leiteinwirkung bei Sturm ist der Winddruck und Windsog. Als Begleiteinwirkung sind insbesondere bei empfindlichen Sonderobjekten (z.B. Glasbauten mit grösseren Menschenansammlungen) der Anprall von entrissenen Objekten und der Baumsturz zu berücksichtigen.

SCHLUSSFOLGERUNG

Naturgefahrengerechtes Bauen verlangt die Kenntnis über die massgebenden Einwirkungen. Auf der Grundlage von Gefahrenbeurteilungen und im Kontakt mit den Gefahrenfachleuten können die relevanten Gefährdungsbilder ermittelt werden. Diese erlauben es ab Beginn der Projektierung ein geeignetes Tragwerkskonzept und geeignete Baumaterialien zu wählen. So kann das Ziel einer schadenunempfindlichen Baute verfolgt und das Schadenpotenzial beschränkt werden.

Dank

Der Autor dankt der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern sowie dem Bundesamt für Wasser und Geologie, Biel für die Unterstützung und Förderung der Untersuchungen.

LITERATUR

Armanini, A., Scotton, P. (1992): Experimental Analysis on the Dynamic Impact of a Debris Flow on Structures. In: Internationales Symposium Interpraevent, Tagungsband Nr. 6, S. 107 – 116, Bern

CEB (1988): Concrete Structures under Impact and Impulsive Loading. Synthesis Report, Comité Euro-International du Béton, Lausanne

Egli, Th. (in prep.): Richtlinie Objektschutz gegen Sturm, Hagel und Starkregen. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern

Egli Th.(2002): Hochwasservorsorge – Massnahmen und ihre Wirksamkeit. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz, 60 S.

Egli Th.(1999): Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren. Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen, St. Gallen, 120 S.

SIA Norm 465 (1998): Sicherheit von Bauten und Anlagen. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich

USACE (1992): Flood Proofing Regulations. US Army Corps of Engineers, Publication No. 1165-2-314, US Government Printing Office, Washington.