

VERLETZLICHKEIT VON GEBÄUDEN UND WIRKSAMKEIT VON OBJEKTSCHUTZMASSNAHMEN

BUILDING VULNERABILITY AND THE EFFECTIVENESS OF PROPERTY PROTECTION MEASURES

Pierre Vanomsen¹, Thomas Egli²

ZUSAMMENFASSUNG

Das Hochwasserereignis 2005 liefert zahlreiche Fallbeispiele, um die Verletzlichkeit der Gebäude und die Wirksamkeit von Objektschutzmassnahmen an Gebäuden zu untersuchen.

Die Gebäudeverletzlichkeit wird in Bezug auf den Prozess Hangmuren anhand von Fallbeispielen dargestellt. Mit einfachen Modellen wird die Einwirkung des Prozesses abgeschätzt und mit Berechnungen der Gebäudestatik verglichen. Die Untersuchung liefert folgendes Bild: Die herkömmlichen, einfachen Abschätzungen der Prozesseinwirkung liefern keine befriedigenden Resultate. Die Ergebnisse der baustatischen Berechnung und die Abschätzungen der Prozesseinwirkung liefert eine grosse Streuung.

In dieser Untersuchung werden Objektschutzmassnahmen anhand erfolgreicher und fehlgeschlagener Vorkehrungen dargestellt, die Schlüsselfaktoren und das Kosten-Nutzen-Verhältnis ermittelt. Es stellt sich heraus, dass eine Schutzmassnahme erfolgreich ist, wenn das Gefahrenzenario richtig eingeschätzt und die Schutzmassnahme eine hohe Zuverlässigkeit besitzt. Die Zuverlässigkeit hängt ab von der Tragsicherheit (ist die Massnahme richtig bemessen?), der Gebrauchstauglichkeit (temporärer oder permanenter Bau?) und der Dauerhaftigkeit (ist die Zuständigkeit für den Unterhalt und den Einbau im Ereignisfall geregelt?).

Keywords: Hochwasser, Hangmuren, Verletzlichkeit, Objektschutz, Wirksamkeit

ABSTRACT

The flooding in 2005 provides many examples for an analysis of building vulnerability and the effectiveness of property protection measures. Case studies of buildings exposed to debris flow will be examined to address the issue of building vulnerability. Simple models will be used to evaluate the impact of the debris flow process and then compared to structural calculations. The analysis yields the following results: basic, conventional evaluations of process impact do not provide satisfactory results. The results of the structural calculations and the appraisal of the process impact demonstrate very significant variations.

¹ Dr. Ing. ETH, Egli Engineering, Gutenbergstrasse 20, 3011 Bern, Schweiz, vanomsen@naturgefahr.ch

² Dr. Ing. ETH, Egli Engineering, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen, Schweiz, egli@naturgefahr.ch

During this investigation, examples of successful and unsuccessful provisions will be used to illustrate protection measures; we will establish the key factors and determine the cost-benefit ratio. It becomes clear that protection measures are successful if the hazard scenario is correctly appraised and the measures employed possess a high degree of reliability. Reliability depends upon structural safety (is the protective measure correctly dimensioned?), the fitness for purpose (is the installation temporary or permanent?) as well as its durability (has someone been assigned to maintain the protection measures and install them when they are needed?).

Keywords: flooding, flow slide, vulnerability, property protection, effectiveness

AUSGANGSLAGE

Beim Hochwasserereignis 2005 wurden zahlreiche Gebäude beschädigt, doch nur wenige Gebäude waren auf die Einwirkungen konstruktiv vorbereitet [2]. Ein wichtiger Grund dafür stellt das fehlende Wissen im Bereich des Gebäudeschutzes dar:

Betreffend der Grössen der Einwirkungen sind viele Unbekannte vorhanden und eine Dimensionierung der Objektschutzmassnahme ist schwierig. In dieser Untersuchung soll die Verletzlichkeit von Gebäuden in Bezug auf die aufgetretenen Intensitäten der Gefahrenprozesse überprüft werden (Kapitel ‚Verletzlichkeit der Gebäude‘).

Weiter werden bereits vor dem Hochwasser 2005 bestehende Objektschutzmassnahmen auf ihre Funktionstüchtigkeit beim Ereignis 2005 geprüft und die Schlüsselfaktoren für einen erfolgreichen Objektschutz ermittelt (Kapitel ‚Objektschutz an Gebäuden‘).

VERLETZLICHKEIT DER GEBÄUDE

Die Verletzlichkeit von Gebäudeträgwerken wird in Bezug auf die aufgetretenen Einwirkungen durch die Gefahrenprozesse überprüft. Die Einwirkung wird mit verschiedenen einfachen Modellen abgeschätzt und mit baustatischen Berechnungen verglichen. Daraus ergibt sich eine Bandbreite der möglichen Belastungen.

Fallbeispiel Vitznau



Am 22. August 2005 beschädigte eine Hangmure die bergseitige Fensterfront einer Schreinerei. Das langsame Losrutschen der Erdmasse kurz vor Arbeitsende wurde bemerkt und Sofortmassnahmen konnten eingeleitet werden. Diese bestanden darin, dass Schalungstafeln vertikal, im Doppel und von aussen vor die Fensterfront gestellt wurden. Der Erfolg war gering; mit Ausnahme des dritten, nur wenig angestauten Fensters, wurden die beiden anderen eingedrückt (Abb. 1 und 2).

Abb. 1: Aufstauung der Erdmassen an der Prallwand. Gut sichtbar ist das linke und mittlere Fenster (Foto: Egli Engineering).

Fig. 1: Accumulation of earth at the impact surface. The middle and left-hand windows can clearly be seen (photo: Egli Engineering)

Method

The impact is due to the extremely low velocity of the debris with the earth pressure characteristic; this represents the lowest admissible value.

With the help of static calculations, it is estimated how large the pressure values are at the failure of the formwork panels. The pressure values depend on the accumulation heights, which are different for all three windows. The resistance moment of the windows is neglected.

Result

The static earth pressure is the minimum pressure acting on the retaining wall, the dynamic component is not taken into account. The calculation results in a maximum pressure on the ground level [5].

$$e_0 = \rho \cdot g \cdot h \cdot K_0$$

e_0 : Earth pressure on the ground level [kN/m²]

ρ : Density of the water-saturated soil, 1800 kg/m³

g : Earth acceleration, 9.81 m/s²

h : Accumulation height, retaining wall 2.2 m, window left 2.1 m, window middle 1.6 m, window right 1.1 m

K_0 : Coefficient, 0.5. According to [5] $K_0 \approx 1 - \sin(\varphi)$ and $\varphi = 30^\circ$

The static earth pressure on the retaining wall is 19 kN/m². The window front is located about 0.2 m above the terrain height, the maximum earth pressure is 17 kN/m² for the left window, 12 kN/m² for the middle window, 8 kN/m² for the right window.

For the static calculations, the average bending stress of the formwork panel is estimated with $\sigma_{Br} = 36 \text{ N/mm}^2$. The failure of the formwork panels on the left window and the middle window must be at a pressure of more than 45 kN/m² to be found. At a pressure of 75 kN/m² a failure of all panels must be calculated.

From the static calculations, it can be concluded that the debris with a pressure greater than 45 kN/m² and less than 75 kN/m² acted on the retaining wall. The pressure values from the earth pressure without consideration of the dynamic component are too low, so that the failure of the left and middle windows would not have occurred.

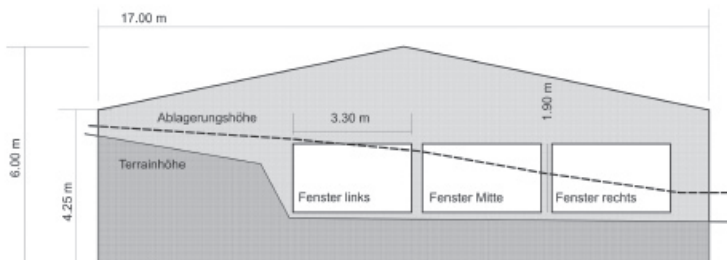


Abb. 2: Prallwand mit Ablagerungshöhe

Fig. 2: Impact surface showing the height of the accumulated deposits

Fallbeispiel Schüpfheim



Abb. 3: Vollständig zerstörtes Wohnhaus in Schüpfheim (Foto: Egli Engineering).

Fig. 3: House in Schüpfheim completely destroyed (photo: Egli Engineering).

Das Wohngebäude wurde durch eine Hangmure getroffen, dadurch entstanden an der einfachen Holzkonstruktion starke Schäden am Tragwerk (Abb. 3, Fig. 3). Die mächtige Hangmure wies eine Anrisstiefe von 2.2 m auf; das Gebäude befand sich 150 m bis 200 m unterhalb der Anrisstelle. Das Gebäude war zum Zeitpunkt des Ereignisses bewohnt.

Methode

Die Einwirkung der Hangmure auf das Gebäude wird mit den Erdspritzern an der Prallwand abgeschätzt [1]. Für die baustatischen Nachrechnungen wird eine einfache Holzkonstruktion angenommen.

Ergebnis

Die Spritzer der Hangmure an der Prallwand ergeben folgende Geschwindigkeit [1]:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_s}$$

v: Geschwindigkeit Hangmure [m/s]

g: Erdbeschleunigung, 9.81 m/s²

h_s: Höhendifferenz der Spritzerhöhe (3.5 m) und der Fliesshöhe (1.3 m), 2.2 m

Daraus ergibt sich eine Geschwindigkeit von 6.6 m/s. Aus der Geschwindigkeit und der Dichte der Hangmure lässt sich der Druck auf die Prallwand aus der dynamischen Einwirkung abschätzen [1]:

$$q_f = a \cdot \rho_f \cdot v_f^2$$

q_f: Druck [kN/m²]

a: Druckkoeffizient für feinkörnigen Murgang, 2

ρ_f: Dichte der Hangmure, 1800 kg/m³

v_f: Geschwindigkeit Hangmure, 6.6 m/s

Daraus ergibt sich ein Druck von 157 kN/m². Dieser Druck stellt wahrscheinlich die Obergrenze der Bandbreite dar.

Baustatische Rückrechnungen sind aufgrund der fehlenden Datenlage schwierig. Ausgehend von einem beidseitig verschalten Holzständerbau wird angenommen, dass die Holzbalken einen Querschnitt von 12 x 12 cm aufwiesen und im Abstand von 70 cm verbaut wurden. Die mittlere Biegebruchspannung der Balken beträgt 36 N/mm^2 . Die Berechnungen der Einzelbauteile ergeben, dass die Prallwand bei maximal 30 kN/m^2 versagt. Die Holzkonstruktion ist jedoch kaum auf horizontale Einwirkungen konstruiert und weist aufgrund des fehlenden Eigengewichtes einen deutlich geringeren Widerstand auf (weniger als 20 kN/m^2).

OBJEKTSCHUTZ AN GEBÄUDEN

Der Objektschutz an Gebäuden wird exemplarisch anhand erfolgreicher und fehlgeschlagener Vorkehrungen dargestellt und die Schlüsselfaktoren für einen funktionierenden Schutz bestimmt. Untersucht werden folgende Faktoren:

- **Gefahrenszenario:** Stimmt das Szenario beim Hochwasser 2005 mit dem erwarteten Gefahrenszenario überein?
- **Zuverlässigkeit:** Die Zuverlässigkeit erfolgt aufgrund der Beurteilung der Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit nach den SIA Normen 260 und 261 [4]. Die Zuverlässigkeit wird klassiert in hohe, eingeschränkte oder geringe Zuverlässigkeit. Die Tragsicherheit nimmt eine übergeordnete Rolle ein.
- **Wirtschaftlichkeit:** Die Objektschutzmassnahmen werden als wirtschaftlich erachtet, wenn das Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner oder gleich 1 ist. Das heisst der Nutzen der Objektschutzmassnahme ist grösser oder gleich der Kosten.

Fallbeispiel Stansstad

Das Mehrfamilienhaus in Stansstad war sowohl vom Seehochwasser des Vierwaldstättersees 1999 als auch vom Hochwasser 2005 betroffen (Abb. 4). Vor dem Ereignis 2005 wurden umfangreiche Objektschutzmassnahmen ergriffen: Der Untergrund des Parkplatzes und der Einfahrt bestand vor 2004 aus Verbundsteinen. Diese wurden durch eine Betonbodenplatte ersetzt und das Gebäude, Parkplätze und Zufahrt mit einer Betonmauer umfasst. Zusätzlich wurden Pumpenschächte und Rückstauklappen eingebaut. Die Einfahrt und der Eingang werden im Ereignisfall mit Dammbalken abgedichtet.

Gefahrenszenario

Der Objektschutz ist auf eine statische Überschwemmung durch den Vierwaldstättersee ausgerichtet. Das Ereignis 2005 entsprach dem erwarteten Gefahrenszenario.

Zuverlässigkeit der Objektschutzmassnahmen

Die Objektschutzmassnahme weist eine hohe Zuverlässigkeit auf:

- **Tragsicherheit:** Die Mauerhöhe ist bis auf einen maximalen Seespiegel von 435.25 m über Meer plus 25 cm Wellenzuschlag dimensioniert. Beim Ereignis 2005 stieg der Vierwaldstättersee auf eine Kote von 435.23 m über Meer und war somit knapp unter dem Maximalpegel der Objektschutzmassnahme.
- **Gebrauchstauglichkeit:** Der Objektschutz setzt sich aus permanenten und temporären Massnahmen zusammen. Die Bodenplatte und die Mauer waren dicht. Die

Dammbalken für die Absperrung der Einfahrt zu den Parkplätzen und der Eingang konnten, dank der langen Vorwarnzeit und der Überwachungsmannschaft, welche sich spontan bildete, rechtzeitig und fachgerecht eingesetzt werden. Die Überwachungsmannschaft beobachtete das Geschehen und griff notfalls ein.

- **Dauerhaftigkeit:** Die Dammbalkensysteme brauchen nur ein geringes Mass an Unterhalt. Bedeutend aufwendiger ist die personelle Betreuung: Im entscheidenden Moment muss fachkundiges Personal die temporären Massnahmen einsetzen können. Im Mehrfamilienhaus Stansstad bildete sich eine solche Organisation aus engagierten Bewohnern des betroffenen Hauses; diese sind auch in Zukunft für den Einbau der Schutzmassnahmen zuständig.



Abb. 4: Mehrfamilienhaus in Stansstad geflutet beim Seehochwasser 1999 (links) und die Situation mit Objektschutz beim Hochwasser 2005 (rechts) (Foto: Nidwaldner Sachversicherung).

Fig. 4: Comparative photo of an apartment building in Stansstad during the lake floods of 1999 (left) and then with protection measures during the flooding in 2005 (right) (photo: Nidwaldner Sachversicherung).

Kosten-Nutzen-Analyse

Durch den Objektschutz ist ein Gesamtschaden von rund CHF 290'000.- verhindert worden. Denn bei einer Flutung des Gebäudes hätte das Untergeschoss (Bodenbelag und Wand) mit der Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Elektroinstallation, Lüftung, Kellerräume) Schaden genommen. Dazu wäre ein mehrmonatiger Mietzinsausfall von rund CHF 40'000.- gekommen (Angaben des Gebäudeeigentümers).

Ohne Objektschutzmassnahmen ist bereits ab einer Kote von 434.52 m über Meer (plus 25 cm Freibord für den Wellenschlag) mit einem Wasserschaden zu rechnen. Diese tiefe Kote (Wiederkehrperiode 10 Jahre) wird mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit innerhalb der Lebensdauer des Gebäudes einmal überschritten. Mit den Objektschutzmassnahmen ist ein Schutz bis zu 435.25 m über Meer plus 25 cm Wellenzuschlag garantiert: dieses Ereignis weist eine Wiederkehrdauer von mehr als 300 Jahren auf. Die Lebensdauer der Bodenwanne beträgt schätzungsweise 50 Jahre.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Hochwasser während der Lebensdauer der Objektschutzmassnahme eintritt, dass die Bodenwanne also innerhalb ihrer Lebensdauer auch tatsächlich gebraucht wird, ist mit 84% sehr gross [1].

Das Schadenpotenzial beträgt bei einem HQ 300 CHF 290'000.-. Mit der Annahme eines linearen Anstiegs der Schadenssumme ergibt sich ein Nutzen von CHF 121'800.-. Der jährliche Nutzen der Objektschutzmassnahme ist damit CHF 2'436.- [1].

Tab. 1: Allgemeine Angaben zum Objektschutz des Mehrfamilienhauses in Stansstad

Tab. 1: General information about the Stansstad apartment block protection measures

Schadensgrenze ohne Objektschutz [m ü. M.]	434.52 + 25 cm (HQ 10)
Schadensgrenze mit Objektschutz [m ü. M.]	435.25 + 25 cm (HQ >300)
Schadenpotenzial bei HQ 300 [CHF]	290'000.-
Lebensdauer Objektschutzmassnahme [Jahre]	50
Kosten Objektschutzmassnahme [CHF]	350'000.-

Die Kosten für den Bau der Wanne belaufen sich nach Angaben des Eigentümers auf CHF 350'000.-. Die jährlichen Kosten für den Objektschutz berechnen sich aufgrund des Zinses des investierten Kapitals. Bei einer Lebensdauer des Bauwerks von 50 Jahren und der Verzinsung der Investition mit 3% betragen die jährliche Kosten CHF 13'605.- .

Die jährlichen Kosten für den Objektschutz sind mit CHF 13'605.- deutlich höher als der jährliche Nutzen aus der Schadensverhinderung von CHF 2'436.-. Aus wirtschaftlicher Sicht lohnt sich die Investition in den Objektschutz in diesem Fallbeispiel nicht, die Investitionskosten sind 5.6-mal höher als der Nutzen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Hochwasser grösser als das 10-jährliche innerhalb der Lebensdauer des Gebäudes auftritt ist jedoch sehr gross und Objektschutzmassnahmen müssen daher ergriffen werden.

Fallbeispiel Stans

Die intensiven Niederschläge im August 2005 führten dazu, dass der Kniribach über die Ufer trat und dass Oberflächenwasser aus dem Lauigraben einen Bach bildete. Das Wasser mit einem hohen Schlammanteil drang in das Kantonsspital in Stans und verursachte massive Schäden.

Das Wasser drang über die Lüftungsschächte und teilweise durch Türen in das Spital ein. Der Schaden im Erdgeschoss und dem ersten Untergeschoss war gering. Doch das zweite Untergeschoss wurde geflutet und damit die Trafoanlage mit Elektroverteiler und Notstromgeneratoren; in der Folge kam es zum Stromunterbruch. [3].

Neben der Stromverteilung und -versorgung wurden beim Ereignis die Heizung und die Warmwasseraufbereitung beschädigt.

Die getroffenen Objektschutzmassnahmen vor 2005 waren temporär und umfassen Dammbretter, welche an den Eingängen eingesetzt werden müssen. Zusätzlich waren im Kellerbereich in Eingangsnähe Sandsäcke eingelagert.

Gefahrenszenario

Die Objektschutzmassnahmen bieten Schutz gegenüber einer Überschwemmung, wie sie im August 2005 auch tatsächlich eingetreten ist. Doch erwartet wurde, dass die Einwirkung das Spital im westlichen Teil treffen würde. Die hohen Niederschlagsmengen führten jedoch zu einem Wasserabfluss, welcher das Spital im südlichen Teil traf.



Abb. 5: Spital Stans und Überschwemmung durch Oberflächenwasser (Foto: Kanton Nidwalden).

Fig. 5: Stans hospital and surface water flooding (photo: Canton Nidwalden).

Zuverlässigkeit der Objektschutzmassnahmen

Die Objektschutzmassnahme weist eine geringe Zuverlässigkeit auf:

- **Tragsicherheit:** Das Oberflächenwasser führte zum Einstau an der Südfassade des Spitals von bis zu einem Meter. Eine solch hohe Wassermenge wurde nie erwartet und hätte mit den Dammbrettern nicht abgewehrt werden können. Auch ist davon auszugehen, dass die fehlenden Dichtungen bei den Dammbrettern keine optimale Abschirmung ergeben hätten. Das Druckwasser aus dem Untergrund verursachte massive Probleme. Dieses war 1 – 2 m über dem dimensionierten Maximalpegel (Grundwasserpegel vom Ereignis 1927 + 1 m Reserve). Der Wassereintritt durch das Druckwasser konnte mit den vorhandenen Pumpen abgesaugt werden, leider fehlte ein Pumpschacht. Das Wasser konnte aufgrund der eingeschränkten Wasserableitung nur schwerlich aus dem Spital abgeführt werden [3].
- **Gebrauchstauglichkeit:** Für den Einbau der Dammbretter waren die nötigen Führungsschienen vorhanden. Doch die Abschirmung der Eingänge zum Untergeschoss wäre rund 2 m hoch gewesen. Der Einbau wäre äusserst beschwerlich gewesen und der Eingang wäre nicht mehr nutzbar gewesen. Die fehlende Vorwarnzeit verunmöglichte den Einbau der temporären Schutzmassnahmen. Der Schadenseintritt mitten in der Nacht akzentuierte das Problem.
- **Dauerhaftigkeit:** Die Dammbretter benötigen nur einen geringen Unterhalt und fachkundiges Personal ist einsatzbereit, doch nicht permanent vor Ort.

Kosten-Nutzen-Analyse

Das Schadenpotenzial ohne Objektschutzmassnahmen ist sehr hoch und wird auf CHF 5'000'000.- geschätzt (Angaben Spitalbetreiber).

Die Eintretenswahrscheinlichkeit für das Szenario wird als sehr gering eingestuft (HQ 100 bis 300) und mit einer schwachen Intensität (Wassertiefe < 0.5 m) erwartet worden. Die Schutzmassnahmen haben eine Lebensdauer von rund 50 Jahren.

Tab. 2: Allgemeine Angaben zum Objektschutz beim Spital Stans

Tab. 2: General information about the protection measures at Stans hospital

Schadensgrenze ohne Objektschutz	HQ 100
Schadensgrenze mit Objektschutz	HQ 300
Schadenpotenzial bei HQ 300 [CHF]	5'000'000.-
Lebensdauer Objektschutzmassnahme [Jahre]	50
Kosten Objektschutzmassnahme [CHF]	10'000.-

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Objektschutzmassnahme während der nächsten 50 Jahre zum Einsatz kommt (HQ > 100) und nicht unterdimensioniert ist (HQ < 300), beträgt 24%.

Mit der Objektschutzmassnahme kann ein jährlicher Nutzen von CHF 12'000.- generiert werden [1].

Die Kosten für die temporären Objektschutzmassnahmen betragen rund CHF 10'000.-.

Die jährlichen Kosten für den Objektschutz berechnen sich aufgrund des Zinses des investierten Kapitals von CHF 10'000.-. Bei einer Lebensdauer der Schutzmassnahme von 50 Jahren und der Verzinsung der Investition mit 3% betragen die jährlichen Kosten für die Objektschutzmassnahmen CHF 389.-.

Der Vergleich der jährlichen Kosten von CHF 389.- mit dem jährlichen Nutzen von CHF 12'000.- zeigt ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 0.03, was aus wirtschaftlicher Sicht als sehr lohnend bezeichnet werden kann. Beim Ereignis 2005 zeigten jedoch die Massnahmen keinen Nutzen, trotz dem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis. Bei einem jährlichen Nutzen von CHF 12'000 wären eine Investitionen von über CHF 300'000.- aus wirtschaftlicher Sicht zu rechtfertigen gewesen.

Fallbeispiel Dallenwil Wasserkraftwerk



Das Kraftwerk Dallenwil im Kanton Nidwalden wurde am 22. August 2005 von der Engelberger Aa überschwemmt. Die temporären Schutzmassnahmen umfassen die Abriegelung der Türen und Tore mit Betonschutzschilden (Abb. 6). Die Schutzmassnahmen wurden im Frühling 2004 geplant und realisiert.

Abb. 6: Objektschutzmassnahmen am Wasserkraftwerk Dallenwil (Foto: Nidwaldner Sachversicherung)

Fig. 6: Protection measures at the Dallenwil hydro power station (photo: Nidwaldner Sachversicherung)

Gefahrenszenario

Die Schutzmassnahmen sind auf eine dynamische Überschwemmung durch die Engelberger Aa ausgerichtet. Das Ereignis 2005 entsprach den Einschätzungen des Gefahrenszenarios.

Zuverlässigkeit der Objektschutzmassnahmen

Die Objektschutzmassnahme weist eine hohe Zuverlässigkeit auf:

- **Tragsicherheit:** Die Überschwemmungshöhe von 0.6 m blieb unter der maximalen Einstauhöhe der Schutzmassnahmen.
- **Gebrauchstauglichkeit:** Die Betonschilder konnten im August 2005 rechtzeitig installiert werden.
- **Dauerhaftigkeit:** Der langfristige Betrieb der Schutzmassnahme ist gesichert, da der Kraftwerksbetrieb eine eigene Abflussumsstation mit Alarmauslösung besitzt und über einen permanenten Pikettdienst verfügt, der jederzeit einsatzbereit ist.

Kosten-Nutzen-Analyse

Das Schadenpotenzial ist gross: Der verhinderte Schaden beträgt nach Angaben der Nidwaldner Sachversicherung gesamthaft CHF 5'500'000.-. Diese Schadenkosten setzen sich zusammen aus CHF 500'000.- Gebäudeschäden und CHF 5'000'000.- Schäden an den Anlagen (Angaben Nidwaldner Sachversicherung).

Die Schutzmassnahmen wurden auf eine Wiederkehrdauer eines 100 jährlichen Hochwassers bemessen. Wasserbauliche Massnahmen schützen vor einem 30 jährlichen Hochwasser.

Tab. 3: Allgemeine Angaben zum Objektschutz des Kraftwerks Dallenwil

Tab. 3: General information about the protection measures at the Dallenwil power station

Schadensgrenze ohne Objektschutz	HQ 30
Schadensgrenze mit Objektschutz	HQ 100
Schadenpotenzial bei HQ 100 [CHF]	5'500'000.-
Lebensdauer Objektschutzmassnahme [Jahre]	50
Kosten Objektschutzmassnahme [CHF]	15'000.-

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Objektschutzmassnahme während der nächsten 50 Jahre zum Einsatz kommt (HQ > 30 Jahre) und nicht unterdimensioniert ist (HQ < 100 Jahre), beträgt 43% [1].

Mit dem Schadenpotenzial von CHF 5'500'000.- bei einem HQ 100 ergibt sich durch die Objektschutzmassnahme ein jährlicher Nutzen von CHF 23'650.-. Angenommen wird ein linearer Anstieg der Schadensumme von einem HQ 30 bis HQ 100 [1].

Die Kosten für die Schutzmassnahmen belaufen sich auf rund CHF 15'000.-. Die jährlichen Kosten für den Objektschutz berechnen sich aufgrund des Zinses des investierten Kapitals. Bei einer Lebensdauer des Bauwerks von 50 Jahren und der Verzinsung der Investition mit 3% betragen die jährlichen Kosten CHF 583.- [1].

Der Vergleich der jährlichen Kosten von CHF 583.- mit dem jährlichen Nutzen von CHF 23'650.- zeigt ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 0.02, was aus wirtschaftlicher Sicht als sehr lohnend bezeichnet werden kann. Der Miteinbezug der Schadenkosten bei einem Betriebsunterbruch des Kraftwerks machen die Objektschutzmassnahmen noch attraktiver.

Fallbeispiel Kanton Nidwalden

Neubauten, welche in den Jahren 2000 bis 2005 im Kanton Nidwalden erstellt wurden und bei denen aufgrund gesetzlicher Vorgaben Objektschutzmassnahmen gegenüber Seehochwasser ergriffen werden mussten, weisen eine in Abb. 7 dargestellte Verteilung der Schäden auf. Die Darstellung zeigt, dass in der Regel die Schadenskosten dank der getroffenen Objektschutzmassnahmen gering ausfallen - im Fall des Kantons Nidwalden sind 87% der Schadenfälle tiefer als CHF 10'000.-.

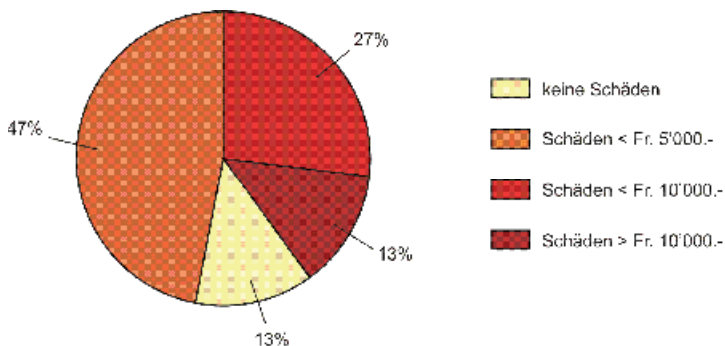


Abb. 7: Schadenklassierung an Neubauten mit Objektschutzauflagen im Kanton Nidwalden (Quelle: Nidwaldner Sachversicherung)

Fig. 7: Loss classification for new buildings required to install protection measures in Canton Nidwalden (source: Nidwaldner Sachversicherung)

Objektschutzmassnahmen reduzieren die Schadensumme wirkungsvoll, dennoch kommt die absolute Schadenfreiheit nur selten vor. Der Grund liegt einerseits beim hohen Seepiegel des Vierwaldstättersees beim Ereignis 2005, der deutlich über dem Seepiegel des Referenzjahres 1999 lag. Andererseits verlangen Objektschutzmassnahmen eine konsequente Kontrolle bei der Planung und Umsetzung, da die realisierten Massnahmen nur im Ernstfall auf ihre Tauglichkeit geprüft werden können und der kleinste Mangel bereits zum Schaden führt.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die untersuchten Fallbeispiele zur Verletzlichkeit der Gebäude gegenüber Hangmuren zeigen, dass die Einwirkung nur schwierig abzuschätzen ist und die verwendeten einfachen Modelle kein befriedigendes Resultat liefern. Entsprechend gross ist die Bandbreite der Druckwerte aus den Rückrechnungen der Hangmure und den baustatischen Berechnung.

Die untersuchten Fallbeispiele mit erfolgreichem Objektschutz weisen eine treffende Einschätzung des Szenarios und eine hohe Zuverlässigkeit der Massnahmen auf (Fallbeispiel Dallenwil und Stansstad). Wird das Gefahrenszenario falsch eingeschätzt, so sind die daraus abgeleiteten Massnahmen wertlos (Fallbeispiel Stans). Daraus kann geschlossen werden, dass der Einschätzung des Gefahrenszenarios und der Zuverlässigkeit eine hohe Wichtigkeit zukommt.

LITERATUR

- [1] Egli (2005): Wegleitung, Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern.
- [2] Egli, Vanomsen (2008): Ereignisanalyse des Hochwassers 2005. In Bearbeitung.
- [3] Regierungsrat Kanton Nidwalden (2006): Protokollauszug Nr. 116. Interpellation von Landrat P. Leuthold.
- [4] Romang, Margreth (2007): Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Umsetzung der Strategie Naturgefahren Schweiz: Einzelprojekt A3. Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern.
- [5] ThyssenKrupp (2007): Spundwand-Handbuch, Berechnungen. ThyssenKrupp GfT Bautechnik GmbH, HSP Hoesch Spundwand und Profil GmbH.