

1

2

3

4

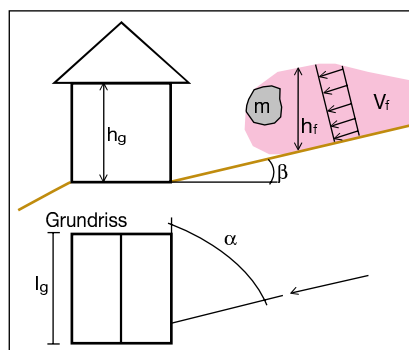


5

6

7

1 Bezeichnungen



v_f [m/s] Fließgeschwindigkeit des Murganges

h_f [m] Fließhöhe des Murganges

h_a [m] Höhe des abgelagerten Murgangmaterials

h_{stau} [m] Stauhöhe von Murgängen

m [t] Masse des grössten transportierten Blockes

l_g [m] Länge der betroffenen Gebäudewand

l_h [m] Dicke der Stahlbetonwand

l_s [m] Spannweite der Stahlbetonwand

ρ_f [t/m³] Dichte des Murganges

α [°] Ablenkwinkel

β [°] Hangneigung

γ [°] Öffnungswinkel des Spaltkeils

g [m/s²] Erdbeschleunigung (10 m/s²)

q_f [kN/m²] Druck des Murganges

q_a [kN/m²] Auflast von Murgängen

$q_{f,r}$ [kN/m²] spezifische Reibung

q_e [kN/m²] statischer Ersatzdruck einer Einzellast (Anprall)

a [-] Druckkoeffizient

A [m²] Anprallfläche einer Einzellast

Q_e [kN] statische Ersatzkraft einer Einzellast (Anprall)

2

3

Charakterisierung

Volumen:

Bei den grösseren Murgängen in den Alpen werden Geschiebemen- gen von einigen 100'000 m³ talwärts transportiert. Kleine Murgänge weisen lediglich ein Geschiebe- volumen von einigen hundert bis tausend Kubikmetern auf.

Fließhöhe und -geschwindigkeit:

Es handelt sich um einen sehr gefährlichen Prozess, da die Fließ- geschwindigkeit von Murgängen in Gerinnen höher als bei Über- schwemmungen ist und einen Bereich von 15 bis 20 m/s erreichen kann. Im Bereich flacherer Gefälle und seitlicher Ausbreitung ver- ringert sich die Geschwindigkeit auf

2 bis 7 m/s. Die Fließhöhe des Murganges liegt in einem Bereich von rund 0.5 bis 3 m. Bei einer Ausbreitung des Murganges reduziert sich diese Fließhöhe ent- sprechend. Es ist zu beachten, dass sich während eines Nieder- schlagereignisses mehrere Muren- schübe aus demselben Gerinne ereignen können. Dies wird bei Hangmuren weniger häufig beobachtet.

Vorwarnung:

Der Zeitpunkt des Auftretens eines Murganges oder einer Hangmure ist vorgängig nicht bestimmbar. Eine Vorwarnung ist nur in speziel- len Fällen möglich.

4

5

6

Intensitätsparameter zur Bemessung

Zur Bemessung von Objektschutz- massnahmen bedarf es Angaben zu *Fließhöhe* und *Fließ- geschwindigkeit* des Murganges / der Hangmure.

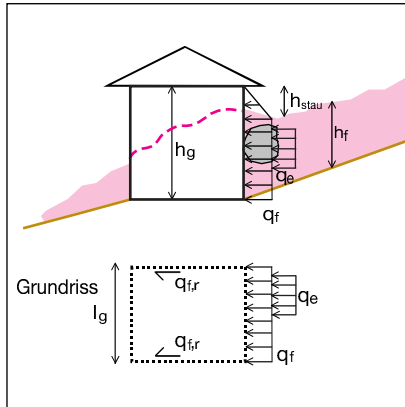
Diese Angaben können den Inten- sitätskarten sowie dem techni- schen Bericht entnommen werden. Existieren keine Intensitätsan- gaben, so sind diese durch einen Gefahrenfachmann zu bestimmen.

7

Die folgenden Gefährdungsbilder beschreiben den Anprall und das Umfließen von Wasser-/Feststoffgemischen bezogen auf Gebäude.

Diese Einwirkung kann durch Murgänge, Hangmuren und durch oberflächlich abgleitende Spontanrutschungen entstehen. Als Vereinfachung wird im Text ausschließlich der Begriff Murgang verwendet.

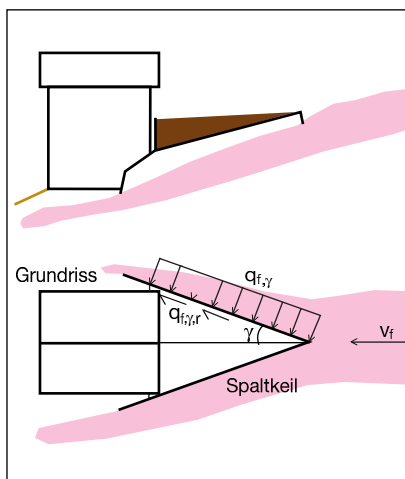
Gefährdungsbild 1



Murgang prallt auf Gebäude
Das Wasser- und Feststoffgemisch prallt auf die Stirnseite eines Gebäudes. Durch den Aufprall entsteht eine Stauhöhe h_{stau} , welche zusammen mit der Fließhöhe h_f des Murganges die Gebäudehöhe h_g nicht überragt.

Auf die Dachkonstruktion wird daher keine direkte Beanspruchung ausgeübt. Der Druck q_f auf der Gebäudeaussenseite stellt die massgebende Einwirkung dar. Diese wird durch die Gebäudeform, die Dichte und die Geschwindigkeit des Murganges beeinflusst. Die Murganggeschwindigkeit v_f wird als konstant über die Fließhöhe angenommen. Für die Seitenwände und alle schräg angeströmten Wände ist ein um den entsprechenden Ablenkwinkel α reduzierter Druck zu berücksichtigen. Im weiteren wirken auf diese Wände Kräfte infolge Reibung. Mittels eines statischen Ersatzdruckes q_e wird der Anprall von grösseren Einzelkomponenten (Blöcke, Baumstämme) berücksichtigt.

Gefährdungsbild 2



Murgang umfließt Gebäude mit Ablenkmaßnahmen (Spaltkeil)

Auf den Spaltkeil wirken (als Einwirkung) Drücke infolge Umfließung und Reibung. Auf den Keil wirkt der um den Ablenkwinkel γ reduzierte Druck $q_{f,\gamma}$. Der Ablenkwinkel γ darf höchstens 30° betragen, da sonst die Ablenkwirkung verloren geht und es sich um einen Anprall handelt (Gefährdungsbild 1). Der Spaltkeil muss überdies ausreichend in seiner Höhe bemessen sein. (Dieses Gefährdungsbild entspricht der Einwirkungsart, wie sie bei Leitmauern und -dämmen auftritt.)

1 Stauhöhe des Murganges bei Anprall

Die Stauhöhe errechnet sich bei Murgängen, welche auf Objekte aufprallen, zu:

$$h_{\text{stau}} = (v_f^2) / (2 * g) \quad [\text{m}]$$

Stauhöhe von Murgängen

2 Druck aus dynamischer Beanspruchung

Der Druck q_f aus dynamischer Beanspruchung ist abhängig von der Murganggeschwindigkeit v_f , der Dichte ρ_f , dem Ablenkwinkel und einem empirischen Druckkoeffizienten a (vgl. GEO 2000).

$$q_f = a * \rho_f * v_f^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Druck von Murgängen

Typische Richtwerte für a sind:

$a = 2$ für feinkörnige Murgänge

$a = 4$ für grobblockige Murgänge

Die Dichte von Murgängen beträgt:

$$\rho_f = 1.8 \quad [\text{t/m}^3]$$

Dichte von feinkörnigen Murgängen

$$\rho_f = 2.2 \quad [\text{t/m}^3]$$

Dichte von grobblockigen Murgängen

Für Flächen, welche nicht senkrecht zur Fließrichtung stehen, ist die Ablenkung um α zu berücksichtigen:

$$q_{f,\alpha} = q_f * \sin^2 \alpha \quad [\text{kN/m}^2]$$

Druck bei schräger Anströmung

Parallel zur Fließrichtung stehende Seitenwände sind mit einem Druck zu bemessen, welcher sich bei einer Ablenkung des Feststoffmaterials um $\alpha = \pm 20^\circ$ ergibt.

4 Druck aus hydrodynamischer und -statischer Beanspruchung

Im Falle von Murgängen aus Gerinnen ist nachfolgend zur dynamischen Beanspruchung durch den Murganganprall eine Beanspruchung durch das nachfließende Wasser zu erwarten. Es ist zu

prüfen, ob diese zeitlich nachfolgenden hydrodynamischen und hydrostatischen Beanspruchungen für einzelne Gebäudeteile massgebend werden. Bezüglich der Ermittlung dieser Drücke vergleiche man das Kapitel Hochwasser.

5 Vertikale Auflast

Die Auflast des Feststoffmaterials auf überdeckten Bauten ist:

$$q_a = \rho_f * g * h_a \quad [\text{kN/m}^2]$$

Auflast von Murgängen

6 Druck durch Reibung

Reibungskräfte sind insbesondere bei Ablenkmaßnahmen wie Spaltkeil und Leitmauern zu berücksichtigen.

Eine Abschätzung der dabei auftretenden Kräfte kann für Murgänge mit der Schleppspannungsformel für Flüssigkeiten erfolgen:

$$q_{f,r} = \rho_f * g * h_f * \tan \beta \quad [\text{kN/m}^2]$$

Spezifische Reibung

Anprallkraft von Einzelkomponenten

Die Stosskraft von Einzelkomponenten (Grossblöcke an der Murgangfront) stellt neben der Druckkraft q_f die wichtigste Einwirkung bei Übermürungen dar. Anhand der Berechnungsannahmen unter Kapitel Steinschlag kann mit folgenden statischen Ersatzkräften Q_e gerechnet werden, welche auf eine Betonwand mit Dicke $l_h = 0.3 \text{ m}$ und Spannweite $l_s = 2.5 \text{ m}$ einwirken: (Annahmen: duktiles Bruchverhalten, max. Durchbiegung 25mm, keine Einspannung, $C_k = 0.4$, $\gamma_Q = 1.0$, $\gamma_R = 1.0$)

net werden, welche auf eine Betonwand mit Dicke $l_h = 0.3 \text{ m}$ und Spannweite $l_s = 2.5 \text{ m}$ einwirken: (Annahmen: duktiles Bruchverhalten, max. Durchbiegung 25mm, keine Einspannung, $C_k = 0.4$, $\gamma_Q = 1.0$, $\gamma_R = 1.0$)

Masse der Einzellast m	Murganggeschwindigkeit v_f	Anprallfläche A	statische Ersatzkraft Q_e
0.1 t	3 m/s	0.30 m x 0.30 m	7 kN
0.5 t	3 m/s	0.50 m x 0.50 m	36 kN
1.0 t	3 m/s	0.65 m x 0.65 m	72 kN
0.1 t	6 m/s	0.30 m x 0.30 m	29 kN
0.5 t	6 m/s	0.50 m x 0.50 m	144 kN
1.0 t	6 m/s	0.65 m x 0.65 m	288 kN

Die statische Ersatzkraft kann für andere Wanddicken l_h und Spannweiten l_s folgendermassen ermittelt werden:

$$Q_e' = (Q_e * 2.5 * l_h) / (0.3 * l_s)$$

Diese Einzellast ist gleichzeitig wirkend mit der Belastung q_f des Murganges anzunehmen. Sie kann an beliebiger Stelle der Fliesshöhe des Murganges auftreten und verteilt sich gleichmässig über die Anprallfläche A:

$$q_e = Q_e / A \quad [\text{kN/m}^2]$$

statischer Ersatzdruck einer Einzellast (Anprall)

Verhält sich die betroffene Wand nicht duktil sondern spröd (Durchstanzen der Einzellast), so sind entsprechend höhere statische Ersatzkräfte für die Bemessung massgebend (vgl. Kapitel Steinschlag).

1 Einpassung in das Terrain

Eine gute Einpassung in das Terrain schützt die Baute vor dem direkten Murgangangriff. Dies geschieht durch eine erhöhte Anordnung des Gebäudekörpers bei kleinen Murgängen.

Bei grossvolumigen Murgangschüben ist eher eine vertiefte Anordnung mit Anschüttungen zu wählen. Die zu schützende Aussenwandfläche verringert sich mit dieser Massnahme.

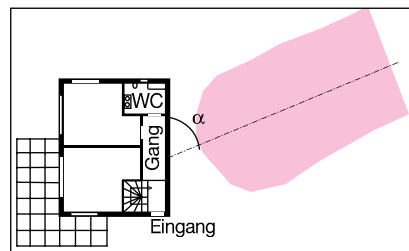
2 Formgestalt der Baute

Die Formgestalt der Baute bestimmt die effektiv wirkenden Drücke der betroffenen Aussenwände. Keilförmige oder zumindest abgewinkelte Grundrissformen sind in Bezug auf die Hauptzuflussrichtung des Murganges günstig. Sehr ungünstig wirken sich einspringende Ecken und Auswölbungen wie zum Bei-

spiel Erker oder Kamine aus. Im Weiteren ist zu beachten, dass sich an der direkt betroffenen Aussenfassade keine Leitungen befinden (Dachwasserleitung, Öltankentlüftung u.a.). Diese würden beim Murganganprall beschädigt oder abgerissen.

3 Nutzungskonzept der Innenräume

Das Personenrisiko in Gebäuden wird durch eine angepasste Raumnutzung reduziert. Im Bereich der direkt betroffenen Aussenwand werden Räume mit allgemein kurzer Aufenthaltsdauer von Personen angeordnet. So zum Beispiel Verbindungsgänge oder Nasszellen.



4 Ort und Höhenlage von Öffnungen



Gebäudeöffnungen wie Fenster und Türen stellen die markanteste Schwachstelle bei der Murgangseinwirkung dar.

Daher werden Fenster im Bereich der gefährdeten Aussenwand vermieden oder zumindest klein gehalten. Solche Öffnungen bedürfen immer einer Verstärkung (vgl. weiter hinten). Murgangseitige Eingänge sind zu vermeiden oder durch geeignete Massnahmen permanent zu schützen.

5 Nutzungskonzept des Aussenraumes

Intensive Nutzungsformen im Bereich des Aussenraumes werden mit Vorteil in den durch die Baute geschützten Partien angeordnet. Sitzplätze und Balkone sind daher im Bereich der seitlichen oder murgangabgewandten Aussenwänden anzuordnen.

Verstärkung von Aussenwänden



Die gefährdeten Aussenwände sind nach dem wirkenden Druck und der Reibung des Murganges zu bemessen. Dies erfordert in der Regel eine Verstärkung dieser Aussen-

wände (vgl. detaillierte Angaben im Kapitel Steinschlag). Die wirkende Reibung verhindert in der Regel die Verwendung von Fassadenverkleidungen (Schindeln aus Holz oder Kunststoff).

Durch eine Anschüttung kann die direkt betroffene Aussenwandfläche verringert werden. Im Bereich der Anschüttung wirkt lediglich ein reduzierter Druck, dagegen ist der zusätzliche Erd- druck zu berücksichtigen.

Schutz von Öffnungen

Gefährdete Fenster und Türen sind gemäss dem wirkenden Druck zu bemessen. Türen sind von aussen anzuschlagen. Bei Fenstern muss die auftretende Last über die Scheibe auf den Rahmen und von diesem auf die angrenzende Konstruktion abgetragen werden. Bei seitlich angeordneten Fenstern und geringen Drücken ist mittels ausreichend bemessenen Verbund- sicherheitsgläsern ein Schutz mög- lich. Fenster, welche frontal zur Murgangfliessrichtung angeordnet sind, müssen zusätzlich mittels

Sprossen, Prallplatten oder Damm- balken vor Einzellasten (Blöcke) geschützt werden. Solche Schutz- schilder können saisonal während der Murgangsaision (Frühjahr bis Herbst) eingesetzt werden.

Während den Wintermonaten ist der Lichteinfall über die betreffen- den Öffnungen somit nicht be- hindert. Die folgende Tabelle ver- mittelt eine Übersicht empfohlener Glasprodukte mit ihren Mindest- dicken sowie der entsprechenden Bemessung (Quelle: Schweiz. Insti- tut für Glas am Bau, Zürich):

Einfachglas 4-seitig gelagert Abmessungen	Druck q_f des Murganges		
	5 kN/m ²	10 kN/m ²	30 kN/m ²
60x60 cm	VSG aus 2x5 mm Float	2x8 mm	2x12 mm
100 x 100 cm	VSG aus 2x8 mm Float	2x12 mm	--
100 x 200 cm	VSG aus 2x12 mm Float	2x19 mm	--


VSG: Verbundsicherheitsglas nach EN 12543 Teil 2

Float: Spiegelglas nach EN 572-Teil 2

Bei der Verwendung von Isolierglas sollte die äussere Scheibe ent- sprechend dem Einfachglas nach obiger Tabelle gewählt werden mit einer Gegenscheibe von mindes- tens 8 mm Dicke.

1

Einzelne Abschirmungsmassnahmen können einen massgebenden Einfluss auf die Ausbreitung der Gefährdung ausüben. Solche Massnahmen dürfen nur

ergriffen werden, wenn sich durch deren Einsatz die Gefährdung von benachbarten Objekten nicht erhöht. Dieses Symbol  soll auf diese Problematik hinweisen.

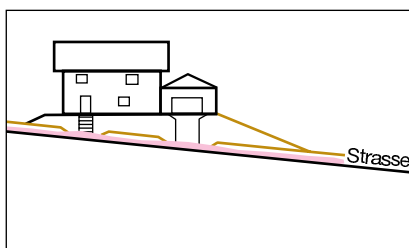
2 Auffangdamm



Ein Auffangdamm kann im Objektschutz als Massnahme gegen kleine Murgänge eingesetzt werden. Die dazu erforderliche Dammhöhe muss grösser sein als die Summe aus Fließshöhe h_f und Stauhöhe h_{stau} des Murganges. Der ausreichende Ablagerungsraum für das Volumen des Murganges resp. der möglichen Murenschübe während eines Ereignisses muss ebenfalls nachgewiesen werden. Die statische Bemessung richtet sich nach dem wirkenden Druck und dem Nachweis bezüglich Gleiten.

3

4 Erhöhte Anordnung

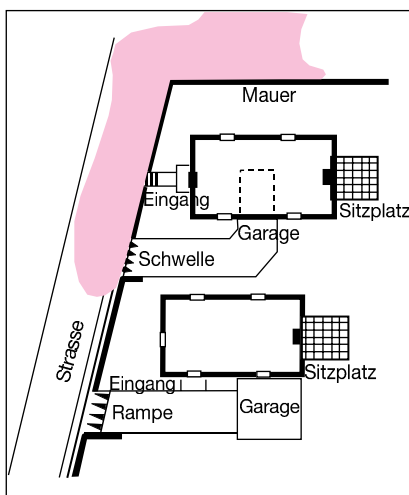


Die Anschüttung des Terrains stellt in vielen Fällen bei Neubauten die kostengünstigste und risikowirksamste Massnahme dar.

Das gefährdete Objekt kann so gänzlich von der Übermuring geschützt werden. Bei Stellen mit hohen Fließgeschwindigkeiten muss die Anschüttung gegen äussere Erosion geschützt werden. Bei dieser Massnahme ist auf eine gute landschaftsplanerische Einfügung ins Terrain zu achten.

5

6 Ablenkmauer/-damm



Mit Hilfe einer Ablenkmauer oder eines Ablenkdammes kann der Murgang in eine gewünschte Richtung umgelenkt werden. Ablenkbauwerke mit Ablenkwinkeln von 20° bis 30° können noch mit einem vertretbaren Aufwand erstellt werden. Sind die Umlenkwinkel grösser, so werden die erforderlichen Bauwerkshöhen gross und zudem ist das Abfliessen des Murganges nicht mehr gewährleistet.

7

Als Objektschutzmassnahme kommen Ablenkmauern oder -dämme insbesondere am Rande von Siedlungen zum Einsatz oder im Bereich von Ausbruchstellen aus dem Gerinne. Die Höhe des Ablenkdammes

bemisst sich analog zum Auffangdamm, wobei die Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Bauwerksachse massgebend ist. Bei der Bemessung der Höhe des Dammes oder der Mauer sind mögliche Ablagerungen vor dem Bauwerk zu berücksichtigen.

Spaltkeil →

Spaltkeile dienen als Objektschutz von Gebäuden und Masten. Der Keil wird direkt am Objekt oder in unmittelbarer Nähe davon angeordnet. Die Geschiebemassen werden geteilt und links und rechts am zu schützenden Objekt vorbeigeleitet. Der maximale Öffnungswinkel darf 60° nicht überschreiten. Die statische Belastung des Keiles ist in Gefährdungsbild 2 dargestellt. Der Keil muss ausreichend hoch ausgebildet sein, damit er nicht überflossen wird.



Dabei sind die Fliesshöhe des Murganges zu berücksichtigen, sowie die Anzahl möglicher Murenschübe pro Ereignis. Wird der Keil in Form von Flügelmauern seitlich des Objektes verlängert, so sind keine weiteren Objektschutzmassnahmen am Objekt vorzunehmen. Ansonsten sind die üblichen Einwirkungen aus Druck und Reibung für die Seitenwände zu berücksichtigen.

1 Massnahmenkombinationen

Im Folgenden werden für jedes Gefährdungsbild mögliche Massnahmenkombinationen für bestehende Bauten und für Neubauten vorgestellt.

Nur durch die Kombination der vorgestellten Massnahmen der Konzeption, Verstärkung und Abschirmung ergibt sich eine wirkungsvolle Risikoverminderung.

Massnahmenkombination	Gefährdungsbild	Konzeption					Verstärkung		Abschirmung			
		Einpassung in das Terrain	Formgestalt der Baute	Nutzungskonzept Innenräume	Ort und Höhenlage von Öffnungen	Nutzungskonzept Aussenraum	Aussenwände	Öffnungen	Auffangdamm	Erhöhte Anordnung	Ablenkmauern/Ablenkdämme	Spaltkeil
Bestehende Baute												
A	1					•	•	•				
B	1							(•)	•			
C	2							(•)		•		
D	2					•		(•)				•
Neubaute												
E	1	•	•	•	•	•	•	•				
F	1				•	•			•			
G	1									•		
H	2				•	•					•	
I	2	•	•	•	•	•						•

2

3

4

5

6

7

Massnahmenkombination A

An der bestehenden Baute werden die gefährdeten Aussenwände und Öffnungen verstärkt. Insbesondere bei Öffnungen wird zudem auf Wasserdichtigkeit geachtet.

Intensive Aussenraumnutzungen werden im Bereich der durch das Gebäude geschützten Bereiche angesiedelt.

Massnahmenkombinationen B und C

Mittels eines Auffangdammes oder Ablenkdammes wird die Baute und ihre Umgebung weitgehend von der Übermuring geschützt. Ein allfälliges Restrisiko betrifft in der Regel die Gebäudeöffnungen.

Diese müssten entsprechend geschützt werden.

Massnahmenkombination D

Der Spaltkeil leitet die Gesteins-Wassermassen um das Gebäude herum. Öffnungen in den seitlichen Aussenwänden müssen geschützt werden, wenn sie vom Murgang erreicht werden können. Wird der Spaltkeil in Form von

seitlichen Flügelmauern verlängert, so ergibt sich hierdurch ein guter Schutz von seitlichen Öffnungen. Der Eingriff an der bestehenden Baute ist gering, wenn zwischen Spaltkeil und Gebäude ein Abstand verbleibt (Lichteinfall).

Massnahmenkombination E

Bei Neubauten kann von Beginn weg das Baukonzept an die Gefährdung durch Murgänge angepasst werden. Dies geschieht durch eine optimale Einpassung in das Terrain, eine günstige Formgestalt, eine angepasste Nutzung von

gefährdeten Innen- und Aussenräumen, sowie durch eine geeignete Wahl von Ort und Höhenlage von Öffnungen. Bei hohen Drücken müssen die Aussenwände entsprechend verstärkt werden.

Massnahmenkombinationen F und H

Mittels eines Auffangdammes oder Ablenkdammes wird die Baute und ihre Umgebung weitgehend von der Übermuring geschützt. Ein allfälliges Restrisiko betrifft in der Regel die Gebäudeöffnungen.

Dieses Risiko kann durch eine geeignete Wahl von Ort und Höhenlage der Öffnungen minimiert werden.

Massnahmenkombination G

Die erhöhte Anordnung stellt eine kostengünstige und sehr effiziente Massnahme bei Neubauten dar. Das Gebäude wird auf einer Anschüttung erstellt. Zugang und Zufahrt werden als Rampen ausgeführt.

Das Gebäude ist dadurch dem direkten Murgangangriff nicht ausgesetzt und weitergehende Massnahmen erübrigen sich.

Massnahmenkombination I

Die Anordnung eines Spaltkeiles bei Neubauten ermöglicht einen optimalen Schutz vor hohen Drücken bei gleichzeitiger zweckmässiger Anordnung von Öffnungen und Innenraumnutzungen.

Der Aussenraum bleibt gefährdet, so dass diese Nutzungen im Schutz des Gebäudes vorzusehen sind.