

Ersetzt SIA 261/1:2003

Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires
Azioni sulle strutture portanti – Disposizioni complementari
Actions on structures – Supplementary Specifications

Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen

261/1

**Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.**

Referenznummer
SN 505261/1:2020 de

Gültig ab: 2020-11-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen	5
0.3 Abweichungen	5
1 Verständigung	6
1.1 Begriffe und Definitionen	6
1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten	7
2 Gravitative Naturgefahren	11
2.1 Allgemeines	11
2.2 Bauwerksklassen	12
3 Hochwasser	13
3.1 Allgemeines	13
3.2 Bedeutungsbeiwerte und Höhen- zuschläge	13
3.3 Einwirkungen	14
3.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	15
4 Rutschungen	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 Bedeutungsbeiwerte	16
4.3 Einwirkungen	17
4.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	18
5 Murgänge	19
5.1 Allgemeines	19
5.2 Bedeutungsbeiwerte und Höhen- zuschläge	19
5.3 Einwirkungen	20
5.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	21

In der vorliegenden Publikation gelten die männlichen Funktions- und Personenbezeichnungen sinngemäss auch für weibliche Personen.

Allfällige Korrekturen zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

	Seite		Seite
6 Stein-, Block-, Eisschlag	22	12 Einwirkungen auf Schalungen	39
6.1 Allgemeines	22	12.1 Allgemeines	39
6.2 Bedeutungsbeiwerte	22	12.2 Charakteristische Werte	39
6.3 Einwirkungen	23	13 Ortstemperatur	40
6.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	26	14 Strassenverkehr – Ausnahmetransporte	41
7 Lawinen	27	14.1 Allgemeines	41
7.1 Allgemeines	27	14.2 Lastmodelle und charakteristische Werte	41
7.2 Bedeutungsbeiwerte	27	14.3 Einwirkungsgruppen	44
7.3 Einwirkungen	27	15 Kranbetrieb	45
7.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	30	15.1 Allgemeines	45
8 Schneedruck auf Hängen	31	15.2 Lastmodelle und charakteristische Werte	45
8.1 Allgemeines	31	15.3 Beiwerte	47
8.2 Bedeutungsbeiwerte	31	15.4 Ermüdung	48
8.3 Einwirkungen	31	16 Reibungs- und Rückstellkräfte von Lagern	50
8.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	32	16.1 Allgemeines	50
9 Hagel	33	16.2 Charakteristische Werte	50
9.1 Allgemeines	33	17 Silo- und Behälternutzung	52
9.2 Hagelwiderstandsklassen	33	Anhang	
9.3 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen	34	A (normativ) Hochwasser	53
10 Wind	35	B (informativ) Rutschungen	55
10.1 Dynamisches Verhalten von Tragwerken	35	C (normativ) Murgänge	57
10.2 Dynamischer Faktor	35	D (informativ) Stein-, Block-, Eisschlag	59
11 Erdbeben – Anforderungen an spektrale Standort- und Mikrozonierungsstudien	37	E (normativ) Lawinen	63
11.1 Geltungsbereich	37	F (normativ) Sneedruck auf Hängen	65
11.2 Referenzgefährdung	37	G (normativ) Hagel	66
11.3 Methodik	37	H (normativ) Kranbahnen	67
11.4 Definition der elastischen Antwortspektren und mitzuliefernde Ergebnisse	38	J (informativ) Publikationen	68
		K (informativ) Verzeichnis der Begriffe	69

VORWORT

Die Norm SIA 261/1 ergänzt die Norm SIA 261 *Einwirkungen auf Tragwerke*.

Die vorliegende Ausgabe der Norm SIA 261/1 ist eine Revision der Ausgabe 2003. Die erkannten Fehler redaktioneller und technischer Art wurden korrigiert und die Norm auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Der Inhalt wurde neu gegliedert. Die Kapitel Gravitative Naturgefahren und Hagel wurden vollständig überarbeitet und massgeblich ergänzt. Sie nehmen Bezug auf die Gefahrengrundlagen, welche die Kantone im Auftrag des Bundes erstellen.

Kapitel 2 legt die Grundsätze und die Bauwerksklassen für die Kapitel 3 bis 9 fest. Die Einwirkungen zu den Naturgefahren sind wie folgt gegliedert:

- Kapitel 3, Hochwasser: Einwirkungen infolge von Überschwemmungen und Ufererosionen.
- Kapitel 4, Rutschungen: Einwirkungen infolge von spontanen und permanenten Rutschungen und infolge von Dolinen.
- Kapitel 5, Murgänge: Einwirkungen infolge von Murgängen in Gerinnen und von Hangmuren.
- Kapitel 6, Stein-, Block-, Eisschlag: Einwirkungen infolge der Sturzgefahren.
- Kapitel 7, Lawinen: Einwirkungen infolge von Fliess- und Staublawinen.
- Kapitel 8, Schneedruck: Einwirkungen infolge von Gleiten und Kriechen der Schneedecke auf Hängen.
- Kapitel 9, Hagel: Definition der Hagelwiderstandsklassen.

Das Kapitel 10, Wind, wurde lediglich mit einem Verweis zur Europäischen Norm ergänzt. Das Kapitel 11, Erdbeben, definiert neu die Anforderungen an spektrale Standort- und Mikrozonierungsstudien. Im Kapitel 12, Einwirkungen auf Schalungen, wurden die charakteristischen Werte präzisiert. Das Kapitel 13, Ortstemperatur, wurde an die aktuellen Messreihen angepasst. Beim Kapitel 14, Strassenverkehr, wurden die Lastmodelle an den Stand der Technik angepasst. Beim Kapitel 15, Kranbetrieb, wurde der Bezug zu den Lastspektrumsklassen gemäss den Europäischen Normen hergestellt. Im Kapitel 16, Reibungs- und Rückstellkräfte von Lagern, wurden die Festlegungen von Reibungsbeiwerten für Gleitlager erweitert. Das Kapitel 17, Silo- und Behälternutzung, wurde lediglich redaktionell überarbeitet.

Der Anhang wurde massgeblich erweitert mit den Anhängen A bis F, die Bezug nehmen zur Bemessung unter Einwirkungen aus gravitativen Naturgefahren. Der Anhang G bildet die Karte der Hagelzonen ab. Der Anhang H, Kranbahnen, wurde nicht geändert.

Arbeitsgruppe SIA 261/1

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

Die vorliegende Norm gilt in Verbindung mit der Norm SIA 261 *Einwirkungen auf Tragwerke* und ergänzt sie in Bezug auf besondere Einwirkungen und Tragwerke.

0.2 Normative Verweisungen

Im Text dieser Norm wird auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen verwiesen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe (bei SN EN einschliesslich aller Änderungen), bei datierten Verweisungen die entsprechende Ausgabe der betreffenden Publikation.

0.2.1 SIA-Normen

SIA 260:2013	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
SIA 261:2020	Einwirkungen auf Tragwerke
SIA 262:2013	Betonbau
SIA 263	Stahlbau
SIA 264	Stahl-Beton-Verbundbau
SIA 265	Holzbau
SIA 266	Mauerwerk
SIA 267:2013	Geotechnik
SIA 271	Abdichtungen von Hochbauten
SIA 272	Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau

0.2.2 Europäische Normen

SN EN 1991-1-4	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten
SN EN 1991-1-4/NA:2016	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten – Nationaler Anhang NA zu SN EN 1991-1-4:2005
SN EN 1991-3	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen
SN EN 1991-4	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter
SN EN 1998-4	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen

0.3 Abweichungen

0.3.1 Abweichungen von der vorliegenden Norm sind zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.

0.3.2 Einwirkungen, die in dieser Norm nicht oder für eine spezifische Nutzung nicht genügend erfasst werden, sind entsprechend den vorliegenden Bestimmungen sinngemäss festzulegen. Das zwischen Projektierenden, Bauherrschaft und allfälligen Genehmigungsinstanzen abgesprochene Vorgehen ist stufengerecht in der Nutzungsvereinbarung und in der Projektbasis zu dokumentieren.

0.3.3 Abweichungen von der Norm sind in den Bauwerksakten nachvollziehbar und mit Begründung zu dokumentieren.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung der vorliegenden Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen. Diese Begriffe sind in Anhang K in alphabetischer Reihenfolge in vier Sprachen aufgelistet. Allgemeine Fachausdrücke werden in SIA 260 und SIA 261 definiert.

1.1.1 Wiederkehrperiode

Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert im Durchschnitt einmal erreicht oder überschreitet.

1.1.2 Referenzwiederkehrperiode

Bezug zur Wiederkehrperiode des Schutzziels.

1.1.3 Bedeutungsbeiwert

Beiwert zur Gewichtung der Bauwerksklasse.

1.1.4 Höhenzuschlag

Zuschlag zur Gewichtung der Bauwerksklasse.

1.1.5 Intensitätskarte

Karte, welche die räumliche Ausdehnung eines Naturereignisses mit einer bestimmten Wiederkehrdauer zeigt und auf der verschiedene Intensitätsstufen unterschieden werden.

1.1.6 Mobile Schutzmassnahme

Zeitlich befristet vorhandene Schutzmassnahme.

1.1.7 Teilmobile Schutzmassnahme

Die beweglichen Massnahmen am Objekt sind fest montiert.

1.1.8 Permanente Schutzmassnahme

Permanent vorhandene Schutzmassnahme.

1.1.9 Objektschutzmassnahmen

Schutzmassnahmen am oder direkt vor dem Bauwerk.

1.1.10 Schutzgrad

Mit Schutzmassnahmen erreichter Schutz.

1.1.11 Saltationsschicht

Bodennahe, fluidisierte Schicht der Staublawine, die auch grössere Schneeklumpen transportieren kann. Die Wirkung der Saltationsschicht ist mit einer Fließlawine vergleichbar.

1.1.12 Suspensionschicht

10 m bis mehr als 100 m hohe Staubwolke, die aus aufgewirbelten Schneeteilchen besteht und deren Wirkung ähnlich ist wie eine Windeinwirkung.

1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten

In Ergänzung zu den Bezeichnungen der SIA 260 und SIA 261 werden die nachfolgenden spezifischen Bezeichnungen definiert.

1.2.1 Lateinische Grossbuchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
A_d	Bemessungswert der Anprallkraft	kN
A_k	statische Ersatzkraft bei Anprall	kN
E	Energie	kJ
E_{kin}	kinetische Energie der Sturzkomponente	kJ
E_{rot}	Rotationsenergie	kJ
E_{trans}	Translationsenergie	kJ
F_{max}	maximale dynamische Einwirkung	kN
HW	Hagelwiderstandsklasse (Einheit 1 bis 5)	–
$Q_{k,L}$	charakteristischer Wert der Horizontalkraft längs zur Kranbahn	kN
$Q_{k,max}$	Eigengewicht und Nennlast am Kranhaken, Krankatze in nächster Stellung zum betrachteten Kranbahnträger	kN
$Q_{k,min}$	Eigengewicht und leerer Kranhaken, Krankatze in entferntester Stellung zum betrachteten Kranbahnträger	kN
$Q_{k,T}$	charakteristischer Wert der Horizontalkraft quer zur Kranbahn	kN
Q_{nom}	Nennlast des Krans	kN
Q_{Rk}	charakteristischer Wert der Reibungskraft von Gleit- und Rollenlagern	kN
Q_1	charakteristischer Wert der halben Achslast des Normfahrstems	kN
R	Auflagerkraft infolge charakteristischer Werte der ständigen Einwirkungen	kN
S_{aSED}	Medianwert der horizontalen spektralen Beschleunigung für eine Schwingzeit von 0,15 s und für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren aus den Gefährungsdaten des Schweizerischen Erdbebendienstes	m/s ²
T_b	Grundschwingzeit des Bauteils	s

1.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
a	Radstand des Laufkrans	m
$a_{gd,act}$	aktualisierter Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung	m/s ²
a_{max}	maximale Verzögerung	m/s ²
a_{konst}	konstante Verzögerung	m/s ²
b	mittlerer äusserer Kamindurchmesser; für den Strassenverkehr zugängliche Breite der Fahrbahn	m
c	Länge des Normfahrstems	m
c_A	Amplifikationsbeiwert für S_{aSED} zwischen dem vom Schweizerischen Erdbebendienst definierten Referenzfels und der Baugrundklasse A	–
c_b	Konstruktionsbeiwert für dynamische Baustofffestigkeit	–
c_d	Widerstandsbeiwert; dynamischer Faktor	–

Symbol	Begriff	Einheit
c_p	Druckbeiwert	–
d	Hagelkorndurchmesser	cm
d	statische Höhe; Durchmesser des als Stab idealisierten Tragwerks	m
d_s	Durchmesser der Sturzkomponente	m
e	Exzentrizität des Normfahrstreckens zur Fahrbahnachse	m
e_{rk}	Erddruck infolge der Rutschung	N/m ²
f_{cd}	Betondruckfestigkeit	N/mm ²
f_{sd}	Fliessgrenze Betonstahl	N/mm ²
h	Dicke der Betonplatte; Höhe Betonbalken; Kaminhöhe	m
h_a	Ablagerungshöhe der Feststoffe	m
h_e	Einbindetiefe des Bauwerks im Baugrund	m
h_f	Fliesshöhe	m
h_{fs}	freie Fallhöhe der Sturzkomponente	m
h_g	Gebäudehöhe	m
h_k	Kolktiefe	m
h_m	Mächtigkeit der mobilisierbaren Masse	m
h_n	Schneehöhe	m
h_{ps}	Sprunghöhe der Sturzkomponente	m
h_r	Tiefe der Gleitfläche	m
h_{ru}	Tiefe der Gleitfläche der Ufererosion	m
h_{salt}	Höhe der Saltationsschicht der Staublawine	m
h_{stau}	Stauhöhe am Hindernis	m
h_{susp}	Höhe der Suspensionsschicht der Staublawine	m
h_u	Tiefe der Ufererosion	m
h_{wellen}	Wellenhöhe	m
h_{wi}	Wirkungshöhe	m
h_{wsp}	Tiefe des Hang- bzw. Bodenwasserspiegels	m
h_y	Höhenzuschlag	m
k_φ	Kriechbeiwert	–
k_T	Gleitbeiwert	–
l	Spannweite	m
l_{gw}	Länge der Gebäudewand	m
m	Masse in Kapitel 6	kg
m	mittlere Masse pro Längeneinheit in Kapitel 10	kg/m
n	Anzahl der Achsen des Normfahrstreckens	–
q_f	hydrodynamischer Druck (Hochwasser, Murgänge)	N/m ²
$q_{f,\beta}$	um den Ablenkwinkel β reduzierter hydrodynamischer Druck	N/m ²
q_{fa}	Druck infolge Feststoffablagerungen	N/m ²

Symbol	Begriff	Einheit
q_{fn}	Druck der Fliesslawine	N/m ²
$q_{fn,k}$	charakteristischer Wert des Drucks der Fliesslawine	N/m ²
q_{fr}	spezifische Reibung	N/m ²
q_{kh}	charakteristischer Wert des horizontalen Betondrucks	kN/m ²
q_{kv}	charakteristischer Wert des vertikalen Betondrucks	kN/m ²
q_{nk}	charakteristischer Wert des Schneedrucks	N/m ²
q_{salt}	Druck der Saltationsschicht der Staublawine	N/m ²
q_{susp}	Druck der Suspensionsschicht der Staublawine	N/m ²
q_w	hydrostatischer Druck	N/m ²
q_{we}	hydrostatischer Druck auf Höhe der Einbindetiefe	N/m ²
q_{wf}	hydrostatischer Druck auf Höhe des Terrains	N/m ²
r_e	Radius der Ersatzkugel mit gleichem Volumen und gleicher Masse	m
s	Spurweite des Laufkrans	m
s_h	Horizontalverschiebung pro Ereignis der Spontanrutschung	mm
s_r	Setzung der Rutschung	mm
s_s	schiefe Sprungweite der Sturzkomponente	m
t_d	Stossdauer	s
t_i	Interventionszeit	h
t_v	Vorwarnzeit (Dauer von Gefahrenerkennung bis Überschwemmungsbeginn)	h
u_p	Porenwasserdruck	N/m ²
v_f	Fliessgeschwindigkeit	m/s
v_h	Horizontalgeschwindigkeit der Permanententrutschung	mm/Jahr
v_n	nominale Geschwindigkeit der Sturzkomponente	m/s
v_s	Geschwindigkeit der Sturzkomponente (Translationsgeschwindigkeit)	m/s
v_{salt}	Geschwindigkeit der Saltationsschicht der Staublawine	m/s
v_{susp}	Geschwindigkeit der Suspensionsschicht der Staublawine	m/s
v_v	Vertikalgeschwindigkeit der Permanententrutschung	mm/Jahr
v_v	Hubgeschwindigkeit	m/s
w	Verformung	mm
w_{el}	elastische Verformung	mm
w_{pl}	plastische Verformung	mm
x	Höhe der Betondruckzone	mm

1.2.3 Griechische Grossbuchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
Λ	Energieumwandlungskonstante	–
χ_{el}	elastische Krümmung	1/m
χ_{pl}	plastische Krümmung	1/m

1.2.4

Griechische Kleinbuchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
α	Anprallrichtung	°
β	Öffnungswinkel des Spaltkeils, Hangneigung	°
γ_{ck}	charakteristische Raumlaster von Beton	kN/m ³
η_{pl}	Plastifizierungsgrad	–
λ	Seitenkraftbeiwert	–
μ	Reibungsbeiwert von Gleit- oder Rollenlagern	–
μ_{fr}	Reibungsbeiwert	–
ξ	mechanischer Dämpfungsbeiwert; Hubbeiwert	–
ρ	Dichte; Luftdichte	kg/m ³
ρ_f	Dichte der Fliesslawine	kg/m ³
ρ_{fa}	Dichte der Feststoffablagerung	kg/m ³
ρ_{hw}	Dichte des Hochwassers	kg/m ³
ρ_m	Dichte des Murgangs	kg/m ³
ρ_n	Schneedichte	kg/m ³
ρ_s	Dichte der Sturzkomponente ($\approx 2700 \text{ kg/m}^3$)	kg/m ³
ρ_{susp}	Dichte der Suspensionsschicht	kg/m ³
τ_{cd}	Bemessungswert der Schubspannungsgrenze	N/mm ²
ω	Eigenrotation der Sturzkomponente (Rotationsgeschwindigkeit)	rad/s

2 GRAVITATIVE NATURGEFAHREN

2.1 Allgemeines

- 2.1.1 Die gravitativen Naturgefahren umfassen Hochwasser, Rutschungen, Murgänge, Hangmuren, Steinschlag, Blockschlag, Eisschlag, Lawinen und Schneedruck.
- 2.1.2 In der vorliegenden Norm werden die Einwirkungen auf Tragwerke und die Schutzmassnahmen für Bauwerke behandelt.
- 2.1.3 Die Einwirkungen auf Verkehrsachsen (inkl. deren Kunstbauten), Seilbahnanlagen, Hochspannungsleitungen und dergleichen sowie die Schutzmassnahmen dafür werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt, weil dazu anlagenspezifische Normen und Richtlinien existieren.
- 2.1.4 Die gravitativen Naturgefahren sind bereits in den frühen Phasen des Entwurfs zu berücksichtigen.
- 2.1.5 Das angestrebte Schutzziel umfasst in hierarchischer Reihenfolge den Personenschutz, die Begrenzung von Sachschäden, den Schutz der Umwelt und für bestimmte Einwirkungen und Bauwerke die Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit im Ereignisfall.
- 2.1.6 Art und Grösse der Einwirkungen infolge gravitativer Naturgefahren hängen von der Topografie, dem Standort des Bauwerks, der Boden- und Felsstruktur und den hydrogeologischen Verhältnissen ab und können durch bauliche Eingriffe verändert werden. Orte mit hoher Gefährdung und Orte ohne Gefährdung können dabei sehr nahe beieinanderliegen.
- 2.1.7 In der vorliegenden Norm werden für gravitative Naturgefahren rechnerische, konzeptionelle und konstruktive Massnahmen sowohl an den Bauwerken als auch in deren naher Umgebung behandelt (Objektschutzmassnahmen), einschliesslich der Schutzbauwerke (Schutzdämme, Schutzmauern, Keilbauweisen, usw.).
- 2.1.8 Massnahmen im Einzugs-, Anbruch- oder Transitgebiet sind nicht Gegenstand der vorliegenden Norm.
- 2.1.9 Einwirkungen infolge gravitativer Naturgefahren werden mittels Intensitätskarten dargestellt. Wenn keine solchen Grundlagen zur Verfügung stehen bzw. diese Informationen nicht ausreichen, sind die Einwirkungen in Zusammenarbeit mit einer Fachperson zu ermitteln.
- 2.1.10 In den Intensitätskarten wird der charakteristische Wert einer Einwirkung in Abhängigkeit von der Wiederkehrperiode dargestellt.
- 2.1.11 Einwirkungen infolge gravitativer Naturgefahren sind in der Regel als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln.
- 2.1.12 Bei Behandlung als aussergewöhnliche Einwirkung wird die Einwirkungsgrösse bezüglich des Nachweises der Tragsicherheit für eine Referenzwiederkehrperiode von 300 Jahren festgelegt. Für Hochwasser wird die Einwirkungsgrösse für die Referenzwiederkehrperiode des Extremereignisses (EHQ) ebenfalls berücksichtigt.
- 2.1.13 Ausnahmsweise können Einwirkungen infolge gravitativer Naturgefahren zusätzlich als veränderliche Einwirkung behandelt werden (z. B. bei Bauwerken in besonders exponierter Lage).
- 2.1.14 Bei Behandlung als veränderliche Einwirkung wird der charakteristische Wert der Einwirkungsgrösse bezüglich des Nachweises der Tragsicherheit für eine Referenzwiederkehrperiode von in der Regel 50 Jahren festgelegt.
- 2.1.15 Schutzmassnahmen dürfen das Risiko von benachbarten Bauwerken nicht unverhältnismässig erhöhen.
- 2.1.16 Die gewählten Schutzziele, die akzeptierten Risiken, der Schutzgrad und Abweichungen infolge von Risikoabwägungen sind in der Nutzungsvereinbarung zu umschreiben. Das Schutzkonzept ist in der Projektbasis festzuhalten.

2.2 Bauwerksklassen

- 2.2.1 Der Schutzgrad wird durch die Einteilung des Bauwerks in eine Bauwerksklasse gemäss SIA 261:2020, Ziffer 16.3, festgelegt.
- 2.2.2 Die Abstufung des Schutzgrades erfolgt durch eine Skalierung der für die Referenzwiederkehrperiode von 300 Jahren gültigen Einwirkungsgrössen mit einem Bedeutungsbeiwert γ_f sowie durch die Verwendung eines Höhenzuschlages h_γ für Hochwasser und Murgänge. Der Bedeutungsbeiwert γ_f ist in den Werten der Einwirkungen in den Intensitätskarten nicht enthalten.
- 2.2.3 Für Hochwasser bei Bauwerken der Bauwerksklassen II und III ist auch das Extremereignis zu berücksichtigen.
- 2.2.4 Für Bauwerke im Geltungsbereich der Störfallverordnung, für die eine Risikoermittlung verlangt wird, sind die Einwirkungen infolge gravitativer Naturgefahren und die Regeln der gefahrengerechten Projektierung im Rahmen der Risikoermittlung festzulegen.

3 HOCHWASSER

3.1 Allgemeines

3.1.1 Es werden folgende Arten von Hochwasser unterschieden:

- Seehochwasser,
- Flusshochwasser,
- Bachhochwasser,
- Hochwasser durch Oberflächenabfluss.

3.1.2 Grundwasser ist nicht Gegenstand der folgenden Bestimmungen. SIA 261 und SIA 267 enthalten Bestimmungen zum Grundwasser.

3.1.3 Hochwasser stellen sowohl durch Überschwemmungen wie auch durch Ufererosionen entlang von Gerinnen eine Gefährdung dar.

3.1.4 Neben der Wirkung des Wassers sind auch die mitgeführten Feststoffe wie Geschiebe, Sedimente und Treibholz von Bedeutung.

3.1.5 Folgende Arten von Einwirkungen infolge Überschwemmung sind zu unterscheiden:

- statische Überschwemmung,
- dynamische Überschwemmung.

3.1.6 Folgende Arten von Einwirkungen infolge Ufererosion sind zu unterscheiden:

- Ufererosion als direkter Strömungsangriff,
- Ufererosion als Erosion am Böschungsfuss und Abgleiten der Uferböschung.

3.2 Bedeutungsbeiwerte und Höhenzuschläge

3.2.1 Für Bauwerke der Bauwerksklassen II und III ist neben dem Bemessungsereignis mit Wiederkehrperiode von 300 Jahren auch das Extremereignis mit grösserer Wiederkehrperiode (EHQ) abzuklären. Es ist dabei das massgebende Bemessungsereignis unter Berücksichtigung der in Tabelle 1 aufgeführten Bedeutungsbeiwerte und Höhenzuschläge für HQ300 respektive EQH zu ermitteln. Der höhere Wert ist zu verwenden.

3.2.2 Die Bedeutungsbeiwerte und die Höhenzuschläge für Hochwasser sind in Tabelle 1 in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) und der Nachweise festgelegt.

Tabelle 1 Bedeutungsbeiwerte γ_f und Höhenzuschläge h_γ für Hochwasser

BWK	Tragsicherheit γ_f	Gebrauchs- tauglichkeit γ_f	Tragsicherheit und Gebrauchs- tauglichkeit h_γ	Bemerkungen
I	1,0 ¹⁾	1,0 ¹⁾ für Dichtigkeit	0,0 m ¹⁾	Die Wasserdichtigkeit kann beim Neubau effizient bewerkstelligt werden. Die Überprüfung von Verformungen ist für die BWK I nicht erforderlich, da deren Anforderungen implizit durch die Vorgaben der Dichtigkeit und der Tragsicherheit erfüllt sind.
II	1,2 ¹⁾ 1,0 ²⁾	1,0 ¹⁾²⁾ für Dichtigkeit	0,3 m ¹⁾ 0,0 m ²⁾	In gewissen Fällen sind die Verformungen zu prüfen.
III	1,5 ¹⁾ 1,2 ²⁾	1,0 ¹⁾²⁾ für Dichtigkeit	0,5 m ¹⁾ 0,3 m ²⁾	In gewissen Fällen sind die Verformungen zu prüfen.

¹⁾ Referenzwiederkehrperiode von 300 Jahren

²⁾ Referenzwiederkehrperiode des Extremereignis (EHQ)

- 3.3.8 Der hydrostatische Druck infolge Hochwasser wird wie folgt ermittelt:
- $$q_{wf} = \rho_{hw} \cdot g \cdot h_{wi} \quad \text{hydrostatischer Druck auf Höhe der überfluteten Terrainoberfläche} \quad (3)$$
- $$q_{we} = \rho_{hw} \cdot g \cdot (h_{wi} + h_e) \quad \text{hydrostatischer Druck auf Höhe der Foundation} \quad (4)$$
- 3.3.9 Es gelten folgende Richtwerte der Dichte von Hochwasser ρ_{hw} :
- $$\rho_{hw} = 1100 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Dichte von Hochwasser mit geringem Feststoffanteil,}$$
- $$\rho_{hw} = 1400 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Dichte von Hochwasser mit hohem Feststoffanteil.}$$
- 3.3.10 Der hydrodynamische Druck auf eine angeströmte Wand beträgt:
- $$q_f = \gamma_f \cdot 0,5 \cdot c_d \cdot \rho_{hw} \cdot v_f^2 \quad (5)$$
- 3.3.11 Richtwerte für den Widerstandsbeiwert c_d sind:
- $$c_d = 1,25 \text{ bis } 1,50 \quad \text{wenn angeströmte Wandlänge/Fliesshöhe} < 40,$$
- $$c_d = 1,50 \text{ bis } 2,00 \quad \text{wenn angeströmte Wandlänge/Fliesshöhe} \geq 40.$$
- 3.3.12 Durch die Ablagerung von Feststoffen können vertikale und horizontale Erddrücke auf das Bauwerk entstehen. Der vertikale Erddruck (Auflast) beträgt:
- $$q_{fa} = \gamma_f \cdot \rho_{fa} \cdot g \cdot h_a \quad (6)$$
- q_{fa} Auflast infolge Feststoffablagerungen
 $\rho_{fa} = 2000 \text{ kg/m}^3$, Richtwert der Dichte von Feststoffablagerungen
- 3.3.13 Falls Felsblöcke oder andere Einzelkomponenten mitgerissen werden können, ist zusätzlich zum hydrostatischen und hydrodynamischen Druck eine Anprallkraft zu berücksichtigen.
- 3.3.14 Der Anprall von Einzelkomponenten kann gemäss 6.3.16 ermittelt werden.

3.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 3.4.1 Zum Schutz vor Hochwasser stehen folgende vier Schutzkonzepte oder Kombinationen davon zur Wahl:
- Erhöhte Anordnung: Das Bauwerk wird über der Wirkungshöhe angeordnet.
 - Abdichtung: Das Bauwerk wird bis zur Wirkungshöhe wasserdicht ausgebildet (wasserdichte Betonkonstruktionen gemäss SIA 272). Öffnungen sind so auszubilden, dass der Hochwasserschutz gewährleistet ist.
 - Abschirmung: Das Bauwerk wird mittels Barrieren vor Hochwasser abgeschirmt.
 - Nasse Vorsorge: Die Überschwemmung des Bauwerks oder von Teilen davon wird bewusst in Kauf genommen. Durch Verwendung wasserunempfindlicher Materialien des Innenausbau und durch angepasste Bauwerksnutzungen wird der Schaden geringgehalten. Die Sicherheit von betroffenen Personen muss gewährleistet sein.
- 3.4.2 In vielen Fällen stellen Terrainveränderungen die kostengünstigste und wirksamste Schutzmassnahme dar, mit denen das gefährdete Bauwerk gänzlich vor Hochwasser geschützt werden kann.
- 3.4.3 Es wird zwischen permanenten, teilmobilen und mobilen Schutzmassnahmen unterschieden.
- 3.4.4 Bei Bachhochwasser oder Hochwasser durch Oberflächenabfluss ist eine Vorwarnung in der Regel nicht gewährleistet. In solchen Fällen sind ausschliesslich permanente Schutzmassnahmen vorzusehen.
- 3.4.5 Für Einwirkungen infolge von Ereignissen mit Wiederkehrperioden von bis zu 100 Jahren sind stets permanente Schutzmassnahmen vorzusehen.
- 3.4.6 Als teilmobile Schutzmassnahme können hochziehbare, bewegliche Konstruktionen vorgesehen werden. Bei ausreichender Vorwarnzeit sind zudem mobile (nicht ortsgebundene) Schutzsysteme einsetzbar.
- 3.4.7 Mobile Schutzmassnahmen können vorgesehen werden, falls die Vorwarnzeit t_v länger ist als die Interventionszeit t_i und die Montage des Schutzsystems jederzeit, also auch bei Abwesenheit der für die Montage zuständigen Person, gewährleistet ist.
- 3.4.8 Zudem dürfen mobile Schutzmassnahmen nur eingesetzt werden, falls permanente Schutzmassnahmen nachweislich nicht verhältnismässig sind.

4 RUTSCHUNGEN

4.1 Allgemeines

- 4.1.1 Rutschungen sind hangabwärts gerichtete Bewegungen von Hangteilen aus Fest- und/oder Lockergestein auf einer Gleitfläche.
- 4.1.2 Rutschungen sind das Ergebnis eines Scherbruchs im Untergrund. Oft spielt das Hangwasser eine grosse Rolle und ist der auslösende Faktor.
- 4.1.3 Rutschungen werden bezüglich der Tiefe ihrer Gleitfläche und ihrer Aktivität unterschieden.
- 4.1.4 In Bezug auf die Gleitflächentiefe werden folgende Arten von Rutschungen unterschieden:
- flachgründige Rutschungen < 2 m,
 - mittelgründige Rutschungen 2 m bis 10 m,
 - tiefgründige Rutschungen 10 m bis 30 m,
 - sehr tiefgründige Rutschungen > 30 m.
- 4.1.5 In Bezug auf die Aktivität werden folgende Arten von Rutschungen unterschieden:
- spontane Rutschungen,
 - permanente Rutschungen (inkl. inaktive Rutschungen).
- 4.1.6 Dolinen (Einstürze, Absenkungen) treten auf, wenn unterirdisch Feststoffmaterial entfernt wird. Dies geschieht durch Auslaugung eines löslichen Untergrunds oder durch Ausschwemmung feiner Kornfraktionen.
- 4.1.7 Art und Grösse der Einwirkung hängen von der Topografie, dem Standort des Bauwerks innerhalb oder unmittelbar neben der Rutschung, der Boden- und Felsstruktur sowie den geologisch-geotechnischen und den hydrogeologischen Verhältnissen ab.
- 4.1.8 Betreffend permanente Rutschungen wird generell auf SIA 267:2013 und für die Festlegung der Einwirkungen speziell auf die dortige Ziffer 14.2.2 verwiesen. Bei permanenten Rutschungen sind folgende Zusammenhänge zu beachten:
- Das Gelände und die Bauwerke im Projektperimeter sind hinsichtlich Anzeichen von permanenten Rutschungen zu erkunden. Gegebenenfalls existierende Grundlagen, Messungen und Dokumentationen der angetroffenen permanenten Rutschung sind zu konsultieren.
 - Der Baugrund ist hinsichtlich der Lage und Ausrichtung potenzieller Gleitflächen, der Ausdehnung, der Mächtigkeit und dem Verschiebungsverhalten der Rutschmasse sowie der hydrogeologischen Verhältnisse zu erkunden. In der Regel sind dazu mehrjährige Messreihen erforderlich.
 - Das Bauwerk soll weder im Bauzustand noch während seiner Nutzung das grossräumige Verhalten der permanenten Rutschung nachteilig beeinflussen.
 - Für den Bauzustand empfiehlt sich die Anwendung der Beobachtungsmethode. Für die Nutzungsdauer ist ein Überwachungs- und Interventionskonzept (mit Sofortmassnahmen) zu definieren und anzuwenden.
 - Die zu berücksichtigenden Einwirkungen resultieren aus dem gewählten Tragwerkskonzept sowie der vereinbarten Nutzungsdauer.

4.2 Bedeutungsbeiwerte

Die Bedeutungsbeiwerte für spontane Rutschungen sind in Tabelle 3 in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) festgelegt.

Tabelle 3 Bedeutungsbeiwerte γ_f für spontane Rutschungen

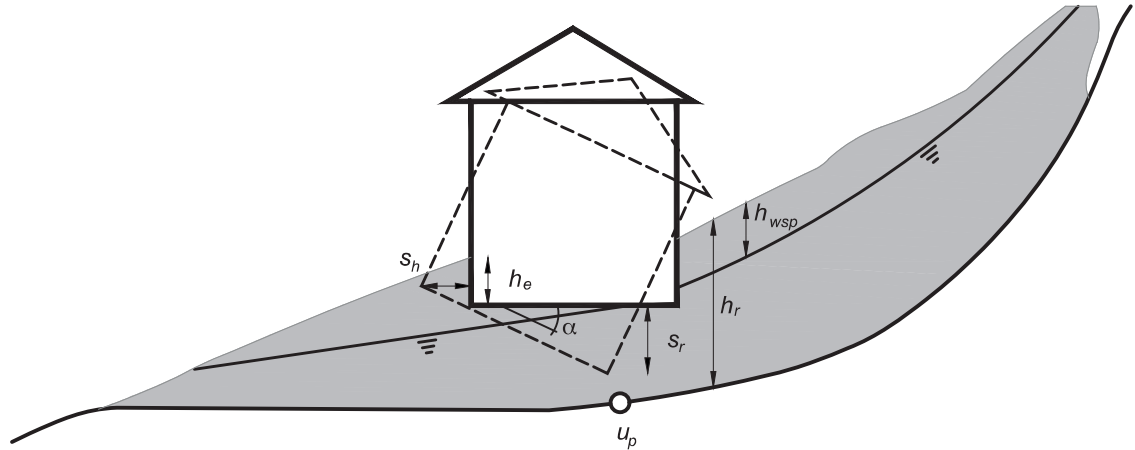
BWK	Tragsicherheit γ_f
I	1,0
II	1,2
III	1,5

4.3 Einwirkungen

4.3.1 Spontane Rutschungen sind als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln.

4.3.2 Permanente Rutschungen sind als ständige Einwirkungen zu behandeln.

Figur 2 Übersicht über die Einwirkungen infolge Rutschungen



Zu beachten sind überdies die Ausführungen in Anhang B.

4.3.3 Einwirkungen infolge Rutschungen können Erddrücke, Wasserdrücke und Verschiebungen sein.

4.3.4 Zur Bestimmung der Einwirkungen müssen die Lage und Neigung allfälliger Gleitflächen, der Verlauf des Hangwasserspiegels, die Bodenkennwerte und allfällige Porenwasserüberdrücke erkundet werden. In der Regel sind bei permanenten Rutschungen mehrjährige Untersuchungen erforderlich.

4.3.5 Bewegungen und differenzielle Bewegungen infolge Rutschungen sind bei der Bemessung des Tragwerks zu berücksichtigen.

4.3.6 Erddrücke, Wasserdrücke und Verschiebungen sind mit dem Bedeutungsbeiwert γ_f zu multiplizieren.

4.3.7 Die Intensitätskarten unterscheiden drei Intensitätsstufen von Rutschungen gemäss Tabelle 4. Zur Einstufung der permanenten Rutschungen sind weitere Kriterien zu berücksichtigen, wie die Tiefe der Gleitfläche, Differenzialbewegungen und die maximale Rutschgeschwindigkeit gemäss Vollzugshilfe UV-1608 (vgl. Anhang J.3).

Tabelle 4 Intensitätsstufen von Rutschungen

	Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
Spontane Rutschung	$h_m \leq 0,5 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < h_m \leq 2,0 \text{ m}$ oder $h_a \leq 1 \text{ m}$	$h_m > 2,0 \text{ m}$ oder $h_a > 1 \text{ m}$
Permanente Rutschung	$v_f \leq 2 \text{ cm/Jahr}$	$2 \text{ cm/Jahr} < v_f \leq 10 \text{ cm/Jahr}$	$v_f > 10 \text{ cm/Jahr}$
Dolinen	Dolinen potenziell vorhanden oder lösungsanfällige Gesteine	Dolinen vorhanden, nachgewiesen	Dolinen und eine Einsturzgefährdung sind nachgewiesen

4.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 4.4.1 In einem rutschungs- oder dolinengefährdeten Gebiet kann die Gefährdung für das Bauwerk mit einer vorsichtigen Standortwahl in der Regel erheblich reduziert werden.
- 4.4.2 Zur Stabilisierung einer Rutschmasse ist in der Regel eine Reduktion der Einwirkungen aus Wasserdruck effizienter als eine Erhöhung der Tragwiderstände mittels konstruktiver Massnahmen.
- 4.4.3 Alle temporären und permanenten Eingriffe und baulichen Massnahmen (wie Terrainveränderungen, Anschnitte, Rammarbeiten, Bohrungen) sind derart vorzunehmen, dass keine Vergrösserung der Einwirkung infolge Rutschung erfolgt (keine Zunahme der Verformungsgeschwindigkeit, keine Verminderung der Gesamtstabilität, Einhaltung von Massen- und Kräfteausgleich).
- 4.4.4 Die Fundation des Bauwerks soll unempfindlich sein auf mögliche Setzungen oder Verschiebungen.
- 4.4.5 Eine monolithische Bauweise und eine hohe Tragwerkssteifigkeit oder aber eine sehr flexible Bauweise sind in der Regel vorteilhaft.
- 4.4.6 Leitungsanschlüsse an das Bauwerk sind nachgiebig zu gestalten.
- 4.4.7 Das Oberflächen- und Meteorwasser soll abgeführt werden und nicht versickern.
- 4.4.8 Bei Rutschungen stehen folgende Schutzkonzepte zur Wahl:
- Lastenabtragung,
 - Verstärkungsmassnahmen,
 - Bauwerksanhebung, Ausrichtung,
 - Stabilisieren der Rutschmasse,
 - Kopffentlastung,
 - Entwässerung und Drainage,
 - Bereitstellen von Verschiebungsraum.
- 4.4.9 Eingriffe, welche die Rutschung ungünstig beeinflussen, sind zu vermeiden, wie z. B.:
- Aushub im stützenden Bereich der Rutschmasse,
 - Schüttungen mit nachteiligen Folgen für die Rutschung,
 - Bohrungen mit Druckluft, Wasserspülung/Jetting,
 - Rammarbeiten,
 - Wasserzufuhr, Aufstau von Hangwasser.
- 4.4.10 Für Bauwerke in permanenten Rutschungen sind immer besondere Gefährdungsbilder zu berücksichtigen. Zudem ist eine Überwachung vor dem Bau, im Bauzustand sowie während der Nutzungsdauer erforderlich.

5 MURGÄNGE

5.1 Allgemeines

- 5.1.1 Ein Murgang ist ein langsam bis schnell fließendes Gemisch von Wasser und Feststoffen mit einem hohen Feststoffanteil, das häufig in mehreren Schüben in steilen Gerinnen niedergeht.
- 5.1.2 Hangmuren sind spontane, flachgründige Lockergesteinsrutschungen mit einem hohen Wasseranteil, die rasch und murgangartig hangabwärts fließen. Sie treten in steilen Hängen auf.
- 5.1.3 Wegen der Ähnlichkeit der Prozesse Murgang und Hangmuren wird im Folgenden, wenn nichts anderes vermerkt ist, nur der Begriff Murgang für beide Erscheinungsformen verwendet.
- 5.1.4 Die massgebliche Einwirkung infolge eines Murgangs ist die Stosskraft der mitgeführten Feststoff-Wasserfracht.
- 5.1.5 In Abhängigkeit von der Topografie und der Gestalt der betroffenen Bauwerke ist die Einwirkung ein Umfließen bzw. Überfließen oder ein Anprall. Der Anprall von Einzelkomponenten (Gesteinsblöcke, Baumstrünke u. Ä.) ist fallweise in Betracht zu ziehen.

5.2 Bedeutungsbeiwerte und Höhenzuschläge

Die Bedeutungsbeiwerte und die Höhenzuschläge für Murgänge sind in Tabelle 5 in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) festgelegt. Der Höhenzuschlag h_y beaufschlagt die Fließhöhe h_f in Abhängigkeit von der Bauwerksklasse.

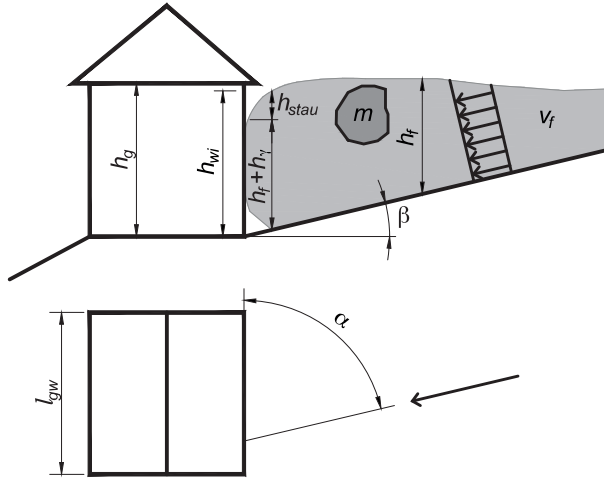
Tabelle 5 Bedeutungsbeiwerte γ_f und Höhenzuschläge h_y für Murgänge

BWK	Tragsicherheit γ_f	Höhenzuschlag h_y in m
I	1,0	0,0
II	1,2	0,3
III	1,5	0,5

5.3 Einwirkungen

5.3.1 Murgänge sind als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Zu beachten sind überdies die Ausführungen in Anhang C.

Figur 3 Übersicht über die Einwirkungen infolge von Murgängen (oben Schnitt, unten Grundriss)



5.3.2 Die Intensitätskarten unterscheiden drei Intensitätsstufen von Murgängen gemäss Tabelle 6.

Tabelle 6 Intensitätsstufen von Murgängen

	Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
Murgang	nicht vorkommend	$h_f \leq 1,0 \text{ m}$ oder $v_f \leq 1,0 \text{ m/s}$	$h_f > 1,0 \text{ m}$ und $v_f > 1,0 \text{ m/s}$
Hangmure	$h_m \leq 0,5 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < h_m \leq 2,0 \text{ m}$ $h_a \leq 1 \text{ m}$	$h_m > 2,0 \text{ m}$ $h_a > 1 \text{ m}$

5.3.3 Für die Bestimmung von Einwirkungen und die Bemessung von Objektschutzmassnahmen bedarf es der folgenden Intensitätsangaben:

- Fliesshöhe h_f ,
- Fliessgeschwindigkeit v_f ,
- Richtung der Einwirkung,
- Mächtigkeit von Feststoffablagerungen,
- Charakteristik von möglichen Einzelkomponenten.

Existieren keine Intensitätsangaben, sind diese von einer Fachperson zu ermitteln.

5.3.4 Die Wirkungshöhe h_{wi} ist wie folgt definiert:

$$h_{wi} = h_{stau} + h_f + h_y \quad (7)$$

5.3.5 Die Stauhöhe an Bauwerken beträgt:

$$h_{stau} = \frac{v_f^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

5.3.6 Der hydrodynamische Druck q_f auf eine im Winkel α angeströmte Wand beträgt:

$$q_f = \gamma_f \cdot c_p \cdot \rho_m \cdot v_f^2 \cdot \sin^2 \alpha \quad \text{in N/m}^2 \quad (9)$$

$$\rho_m = 1600 \text{ kg/m}^3 \text{ bis } 2100 \text{ kg/m}^3$$

wobei gilt: 1800 kg/m^3 für feinkörnige Murgänge und 2100 kg/m^3 für grobblockige Murgänge

$c_p = 1$ für stark schiessende Murgänge

$c_p = 2$ für schiessende Murgänge

$c_p = 4$ für strömende Murgänge

- 5.3.7 Für parallel zur Fliessrichtung stehende Wände ist ein hydrodynamischer Druck anzusetzen, der einer Ablenkung des Feststoffmaterials um $\alpha = \pm 20^\circ$ entspricht.
- 5.3.8 Der Anprall von Einzelkomponenten ist fallweise als zusätzliche Einwirkung zu berücksichtigen, siehe 6.3.16.
- 5.3.9 Nebst den Einwirkungen infolge von Murgängen sind immer auch die Einwirkungen infolge des nachfließenden Wassers zu beachten, siehe Kapitel 3.
- 5.3.10 Reibungskräfte sind insbesondere bei Ablenkmassnahmen wie Spaltkeilen und Leitmauern zu berücksichtigen. Eine Abschätzung dieser Reibungskräfte kann mit der Schleppspannungsformel für Flüssigkeiten erfolgen:

$$q_{fr} = \gamma_f \cdot \rho_m \cdot g \cdot h_f \cdot \tan\beta \quad (10)$$

- 5.3.11 Die Auflast der Feststoffablagerungen auf Bauwerken beträgt:

$$q_{fa} = \rho_m \cdot g \cdot (h_a + h_v) \quad (11)$$

$$q_{fa} = \rho_m \cdot g \cdot (h_f + h_v) \text{ bei Überströmvorgängen} \quad (12)$$

5.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 5.4.1 Zum Schutz vor Murgängen stehen folgende konzeptionelle Massnahmen zur Wahl:
- Einpassung des Bauwerks in das Terrain,
 - angepasste Formgestaltung des Bauwerks,
 - Nutzungskonzept der Innenräume,
 - Nutzungskonzept des Aussenraums,
 - angepasster Ort und Höhenlage von Öffnungen,
 - erhöhte Lage des Bauwerks.
- 5.4.2 Folgende konstruktive Massnahmen sind zu prüfen:
- Verstärkung von Aussenwänden,
 - Schutz von Öffnungen.
- 5.4.3 In naher Umgebung des Bauwerks sind folgende Abschirmungsmassnahmen zu prüfen:
- Auffangdamm,
 - Auffangmauern,
 - Ablenkmauer oder -damm,
 - Spaltkeil,
 - Netze.

6 STEIN-, BLOCK-, EISSCHLAG

6.1 Allgemeines

- 6.1.1 Es werden folgende Arten von Sturzprozessen unterschieden:
- Steinschlag,
 - Blockschlag,
 - Eisschlag.
- 6.1.2 Als Steinschlag wird das Herabstürzen oder Herunterrollen von Sturzkomponenten in der Grösse von bis zu 0,5 m mittlerem Durchmesser verstanden. Sind die Komponenten grösser, spricht man von Blockschlag.
- 6.1.3 Als Blockschlag wird das Herabstürzen oder Herunterrollen von Sturzkomponenten in der Grösse von bis zu 2,0 m mittlerem Durchmesser verstanden. Dabei ist das Gesamtvolumen je Ereignis auf 100 m³ limitiert; grössere Ereignisse (Felsstürze, Bergstürze) werden in der vorliegenden Norm nicht betrachtet.
- 6.1.4 Eisschlag entsteht, wenn sich Eisablagerungen von Felswänden oder Bauwerken ablösen und abstürzen.
- 6.1.5 Die Einwirkungen infolge von Sturzprozessen hängen ab von der Masse und der Geschwindigkeit der Sturzkomponenten sowie von den Eigenschaften der Sturzkomponenten und des Tragwerks, insbesondere dem Verformungs- und dem Dämpfungsverhalten.
- 6.1.6 Die kinetische Energie der Sturzkomponente wandelt sich um in eine Anprallkraft, die während des Abbremsvorgangs auf das Tragwerk einwirkt. Die Anprallkraft ist nicht konstant, sie wächst während des Abbremsvorgangs auf einen maximalen Wert an und nimmt wieder ab.
- 6.1.7 Bei Stein- und Blockschlag wird nur ein kleiner Teil der kinetischen Energie durch das Verformen der Sturzkomponenten abgebaut, der grösste Teil der Energie muss durch Verformungen des Tragwerks unter entsprechend grossen Anprallkräften abgebaut werden.
- 6.1.8 Bei Eisschlag wird ein grosser Teil der kinetischen Energie durch das Verformen der Sturzkomponenten abgebaut.
- 6.1.9 Die kinetische Energie E_{kin} der Sturzkomponenten setzt sich aus einer Translationsenergie E_{trans} und einer Rotationsenergie E_{rot} zusammen. Je nach Art der Bewegung der Sturzkomponenten (Fallen, Gleiten, Springen, Rollen) resultieren unterschiedliche Werte für die Energieanteile.
- 6.1.10 Die allgemeinen Bestimmungen zu den Einwirkungen infolge Anprall sind SIA 261:2020, Ziffer 14.1, zu entnehmen.

6.2 Bedeutungsbeiwerte

Die Bedeutungsbeiwerte für Stein-, Block- und Eisschlag sind in Tabelle 7 in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) festgelegt.

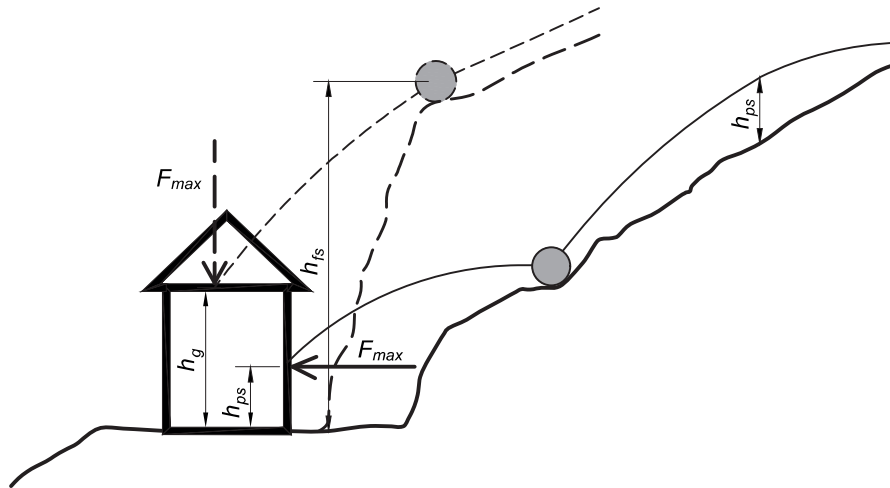
Tabelle 7 Bedeutungsbeiwerte γ_f für Stein-, Block- und Eisschlag

BWK	Tragsicherheit γ_f
I	1,0
II	1,2
III	1,5

6.3 Einwirkungen

- 6.3.1 Stein-, Block- und Eisschlag sind als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Aus dem Anprall resultieren maximale Abbremskräfte, die sich aus der Intensität und der Tragwerkstruktur ableiten lassen. Zu beachten sind überdies die Ausführungen in Anhang D.

Figur 4 Einwirkungen der maximalen Anprallkraft F_{max} infolge von Stein- und Blockschlag



- 6.3.2 Bei der Beurteilung der Intensität werden drei Stufen gemäss Tabelle 8 unterschieden. Diese sind der Gefahrenkarte zu entnehmen.

Tabelle 8 Intensitätsstufen von Stein-, Block- und Eisschlag

	Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
Stein-, Block- und Eisschlag	$E_{kin} \leq 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E_{kin} \leq 300 \text{ kJ}$	$E_{kin} > 300 \text{ kJ}$

- 6.3.3 Der Schutz vor Stein-, Block- und Eisschlag durch die Bemessung von Bauteilen des Bauwerks ist nur für schwache und mittlere Intensitäten geeignet. Für hohe Intensitäten sind andere Massnahmen umzusetzen (z. B. Schutznetze).
- 6.3.4 Zur Bestimmung der Anprallkräfte infolge Stein-, Block- und Eisschlag bedarf es folgender Angaben der Sturzkomponente:
- Masse m und Dichte ρ_s der Sturzkomponente,
 - Translationsgeschwindigkeit v_s ,
 - Rotationsgeschwindigkeit ω ,
 - Sprunghöhe h_{ps} ,
 - Anprallwinkel α .

Sind diese Angaben nicht vorhanden, müssen sie durch eine Fachperson ermittelt werden.

Zur Bestimmung der Anprallkräfte infolge Stein-, Block- und Eisschlag bedarf es folgender Angaben zum Verformungsverhalten des Tragwerks:

- Materialeigenschaften (unter dynamischen Einwirkungen),
- Verformung w ,
- Plastifizierungsgrad η_{pl} ,
- Tragsystem.

- 6.3.5 Die Sturzkomponente wird als Ersatzkugel der Masse m , der Dichte ρ_s und des Radius r_e modelliert:

$$r_e = \sqrt[3]{\frac{4}{3} \cdot \frac{m}{\pi \cdot \rho_s}} \quad (13)$$

6.3.6 Der Bemessungswert der Anprallkraft A_d wird in den nachfolgenden Teilschritten ermittelt:

- Ermittlung der auf das Tragwerk wirkenden Energie E ,
- Ermittlung der dynamischen Einwirkung F_{max} infolge Anprall,
- Ermittlung der statischen Ersatzkraft A_k ,
- Ermittlung des Bemessungswerts der Anprallkraft A_d .

6.3.7 Zur Berechnung der dynamischen Einwirkung wird von einer reduzierten Energie E ausgegangen: Bei Stein-schlag wird ein Teil (ca. 17%) der kinetischen Energie E_{kin} in der Sturzkomponente selbst abgebaut; bei Eisschlag kann dieser Anteil auf bis zu 50% ansteigen.

$$E = \frac{E_{kin}}{1,2} \quad \text{bzw.} \quad E = \frac{E_{kin}}{2} \quad (14a, 14b)$$

6.3.8 Eine der Energie E entsprechende nominelle Geschwindigkeit v_n wird verwendet:

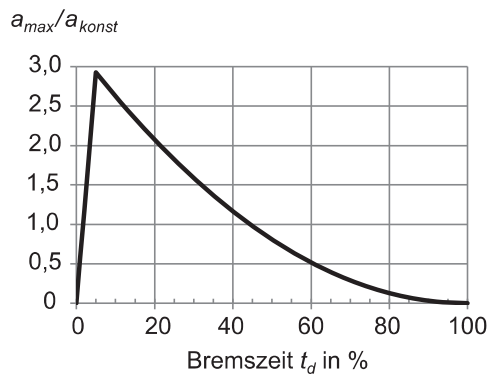
$$v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}} \quad (15)$$

6.3.9 Die maximale dynamische Einwirkung F_{max} infolge Anprall wird in Funktion der maximalen Verzögerung a_{max} und der Masse m berechnet:

$$F_{max} = a_{max} \cdot m \quad (16)$$

6.3.10 Die maximale Verzögerung a_{max} ergibt sich aus der normierten Stossform für Stein-Beton-Kontakte gemäss Figur 5. Dabei wird von einer konstanten Verzögerung $a_{konst} = v_n/t_d$ ausgegangen.

Figur 5 Normierte Stossform für Stein-Beton-Kontakte



$$a_{max} = 2,9 \cdot a_{konst} = 2,9 \cdot \frac{v_n}{t_d} \quad (17)$$

6.3.11 Die Stossdauer t_d wird über die Verformung w des Tragwerks abgeschätzt:

$$t_d = \frac{w}{0,27 \cdot v_n} \quad (18)$$

Hinweise für das Verformungsvermögen bei Durchstanzversuchen sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9 Hinweise für das Verformungsvermögen bei Durchstanzversuchen

Verformungsvermögen	Balken	Platten
Elastisch w_{el}	3 mm	10 mm
Plastisch w_{pl}	9 mm	30 mm

Das Verformungsvermögen von bewehrten Betonbalken und -platten unter Biegebeanspruchung wird in Anhang D hergeleitet.

$$w_{el} = 0,0003 \cdot \frac{l^2}{h} \quad (19)$$

$$w_{pl} = 0,0033 \cdot \frac{l^2}{h} \quad (20)$$

6.3.12 Die maximale dynamische Einwirkung F_{max} wird unter Berücksichtigung des nichtlinearen Trag- und Verformungsverhaltens des Tragwerks mit dem Konstruktionsbeiwert c_b in eine statische Ersatzkraft A_k umgerechnet.

$$A_k = c_b \cdot F_{max} \quad (21)$$

6.3.13 Der Konstruktionsbeiwert für dynamische Baustofffestigkeit c_b hängt ab vom Plastifizierungsgrad η_{pl} , der Stossdauer t_d und der Grundswingzeit T_b des Tragwerks bzw. Bauteils.

Der Plastifizierungsgrad η_{pl} ist definiert als:

$$\eta_{pl} = \frac{w_{pl}}{w_{el}} \quad (22)$$

Bei Biegebeanspruchung ist typischerweise $\eta_{pl} = 11$, beim Durchstanzen in etwa $\eta_{pl} = 3$.

Die Grundsringzeit liegt für übliche Bauteile bei 0,07 s bis 0,01 s, entsprechend einer Eigenfrequenz von 15 Hz bis 100 Hz.

Für eine Stossdauer von 20 ms resultiert $c_b = 0,55$ bei Biegebeanspruchung und $c_b = 0,85$ bei Durchstanzen.

6.3.14 Der Bedeutungsbeiwert γ_f wird auf die statische Ersatzkraft A_k angewendet, um den Bemessungswert der Anprallkraft A_d zu ermitteln:

$$A_d = \gamma_f \cdot A_k \quad (23)$$

6.3.15 Der Anprall von Einzelkomponenten auf eine Stahlbetonplatte mit einer Spannweite $l = 2,5$ m und einer Dicke von $h = 30$ cm erzeugt statische Ersatzkräfte A_k gemäss Tabelle 10.

Tabelle 10 Beispiele von statischen Ersatzkräften infolge Anprall bei Steinschlag

Masse m kg	Geschwindigkeit v_n m/s	Energie E_{trans} kJ	Statische Ersatzkraft A_k in kN	
			Durchstanzen	Biegung
100	10	5	190	50
100	20	20	750	210
500	10	25	950	260
500	20	100	3800	1050
1000	10	50	1900	530
1000	20	200	7500	2100

6.3.16 Bei Anprall von Einzelkomponenten aus Hochwasser und Murgängen gelten für die Dichtigkeit des Bauwerks höhere Anforderungen, da die Tragwerksverformungen im elastischen Bereich bleiben müssen. Die statischen Ersatzkräfte A_k sind dementsprechend höher anzusetzen gemäss Tabelle 11.

Tabelle 11 Beispiele von statischen Ersatzkräften infolge Anprall bei Hochwasser und Murgängen

Masse m kg	Geschwindigkeit v_n m/s	Energie E_{trans} kJ	Statische Ersatzkraft A_k in kN	
			Durchstanzen	Biegung
100	2	0,2	40	2
100	4	0,8	150	9
100	6	1,8	290	14
500	2	1	190	12
500	4	4	770	46
500	6	9	1400	70
1000	2	2	390	23
1000	4	8	1500	90
1000	6	18	2900	140

- 6.3.17 Bei Anprall von Einzelkomponenten in Lawinen sind in der Regel grosse Tragwerksverformungen zulässig, sodass kleinere statische Ersatzkräfte gemäss Tabelle 12 angesetzt werden können.

Tabelle 12 Beispiele von statischen Ersatzkräften infolge Anprall in einer Lawine

Masse m kg	Geschwindigkeit v_n m/s	Energie E_{trans} kJ	Statische Ersatzkraft A_k in kN	
			Durchstanzen	Biegung
100	5	1,2	40	10
100	10	5	150	38
500	5	6,2	190	50
500	10	25	780	190
1000	5	12,5	390	100
1000	10	50	1500	380

6.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 6.4.1 Zum Schutz vor Stein-, Block- und Eisschlag stehen folgende konzeptionelle Massnahmen zur Wahl:

- Einpassung des Bauwerks in das Terrain,
- angepasste Formgestaltung des Bauwerks,
- Nutzungskonzept der Innenräume,
- Nutzungskonzept des Aussenraums,
- Anpassen von Ort und Höhenlage der Öffnungen.

- 6.4.2 Folgende konstruktive Massnahmen sind zu prüfen:

- Verschalung des Tragwerks mit stossdämpfenden Materialien,
- Anschüttung mit Erdmaterial zur Dämpfung grösserer Sturzenergien.

- 6.4.3 In naher Umgebung des Bauwerks sind folgende Abschirmungsmassnahmen zu prüfen:

- Schutznetze,
- Netzabdeckungen,
- Auffangdamm,
- Palisadenwand.

7 LAWINEN

7.1 Allgemeines

7.1.1 Es werden folgende Arten von Lawinen unterschieden:

- Fliesslawinen,
- Staublawinen.

7.1.2 Bei Fliesslawinen stürzen die Schneemassen vorwiegend fliessend oder gleitend auf dem Gelände ab. Die Schneeschollen bleiben während der Bewegung mit der Geländeoberfläche in Kontakt. Die Dichte einer Fliesslawine ist vergleichbar mit jener der winterlichen Schneedecke.

7.1.3 Staublawinen bestehen aus einer bodennahen Saltationsschicht (mit einer fluidisierten Fliesslawine vergleichbar) und einer Suspensionsschicht (aufgewirbelte Schneewolke). Die Dichte der Suspensionsschicht ist viel kleiner und die Fliesshöhe grösser als bei einer Fliesslawine.

7.1.4 Fliess- und Staublawinen können gleichzeitig auftreten.

7.2 Bedeutungsbeiwerte

7.2.1 Die Bedeutungsbeiwerte für Lawinen sind in Tabelle 13 in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) festgelegt.

Tabelle 13 Bedeutungsbeiwerte γ_f für Lawinen

BWK	Tragsicherheit γ_f
I	1,0
II	1,2
III	1,5

7.2.2 Bei der Ermittlung der Personenbelegung PB sind saisonale Schwankungen der Nutzung zu berücksichtigen.

7.3 Einwirkungen

7.3.1 Allgemeines

7.3.1.1 Lawinen sind in der Regel als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Zu beachten sind überdies die Ausführungen in Anhang E.

7.3.1.2 Bei der Projektierung von Bauwerken in besonders exponierter Lage, die während ihrer Nutzungsdauer wiederholt von Lawinen betroffen sein werden (bei Wiederkehrperioden der Lawinen unter 50 Jahren) oder wenn entsprechende Vorgaben bestehen, sind Lawinen zusätzlich auch als veränderliche Einwirkung zu behandeln.

7.3.1.3 Die Intensitätskarten unterscheiden drei Intensitätsstufen von Lawinen gemäss Tabelle 14. Die Intensitätsstufen geben einen ersten Hinweis über den am Ort des Bauwerks zu erwartenden Lawinendruck $q_{ln,k}$.

Tabelle 14 Intensitätsstufen von Lawinen

	Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
Lawine	$q_{fn,k} \leq 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < q_{fn,k} \leq 30 \text{ kN/m}^2$	$q_{fn,k} > 30 \text{ kN/m}^2$

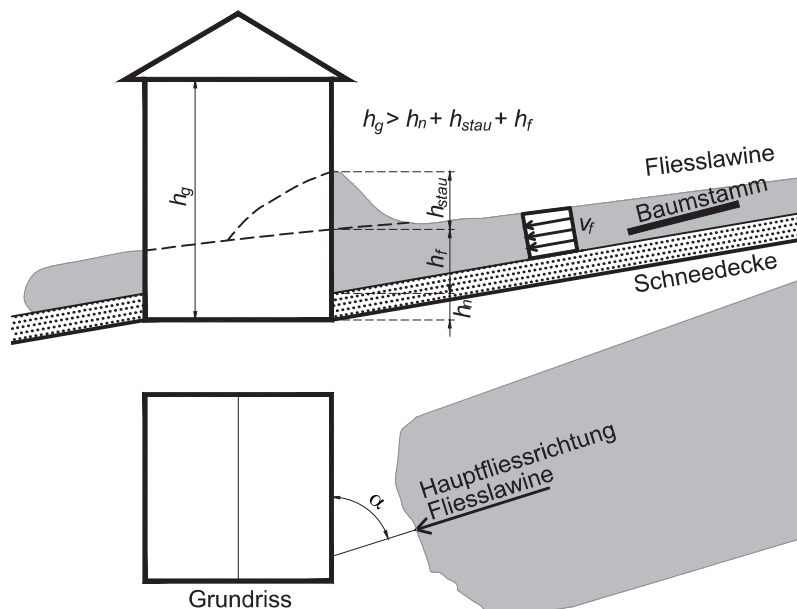
7.3.1.4 Für die Bestimmung von Einwirkungen und die Bemessung von Objektschutzmassnahmen bedarf es der Angaben zu Lawinenart, Fliesshöhe, Fliessgeschwindigkeit, Dichte und Richtung der Lawine.

7.3.1.5 Die dynamischen Lawinendrucke werden gemäss den nachfolgenden Bestimmungen mit statischen Drücken modelliert.

7.3.2 Einwirkungen von Fliesslawinen

7.3.2.1 Der Lawinendruck wird über die Fliesshöhe h_f konstant und über die Stauhöhe h_{stau} linear auf null abnehmend angesetzt, siehe Bemessungssituation 1 in Tabelle 31 und Figur 6.

Figur 6 Einwirkung einer Fliesslawine auf ein Bauwerk (oben Schnitt, unten Grundriss)



7.3.2.2 Die Fliesslawine bewegt sich direkt auf dem Gelände oder auf einer bestehenden Schneedecke. Allfällige über diese Schneedecke übertragene Drücke werden vernachlässigt.

7.3.2.3 Schief angeströmte Wände werden durch einen um den Ablenkwinkel α reduzierten Lawinendruck q_{fn} sowie durch eine Reibungskraft q_{fr} beansprucht, siehe Bemessungssituation 1 in Tabelle 31 und Figur 6.

7.3.2.4 Der senkrecht auf eine Wand wirkende Lawinendruck q_{fn} ist abhängig von der Lawinengeschwindigkeit v_f , der Dichte ρ_f und dem Ablenkwinkel α . Der Lawinendruck der Fliesslawine q_{fn} auf ein grosses, nicht umströmtes Bauwerk (Breite des Bauwerks in der Regel $> 5 \text{ m}$) und die Reibungskraft q_{fr} werden wie folgt ermittelt:

$$q_{fn} = \gamma_f \cdot q_{fn,k} = \gamma_f \cdot \rho_f \cdot (v_f \cdot \sin \alpha)^2 \quad (24)$$

$$q_{fr} = \mu_{fr} \cdot q_{fn} \quad (25)$$

7.3.2.5 Der Richtwert für die Rohdichte ρ_f von trockenen Fliesslawinen beträgt 300 kg/m^3 .

7.3.2.6 Der Reibungsbeiwert bei einem Kontakt mit einer glatten Oberfläche (z. B. Beton) beträgt $\mu_{fr} = 0,3$, bei rauer Oberfläche $\mu_{fr} = 0,4$.

7.3.2.7 Der Lawinendruck auf schmale Objekte ist von einer Fachperson zu ermitteln.

7.3.2.8 Für parallel zur Fließrichtung stehende Wände ist ein Lawinendruck anzusetzen, der einer Ablenkung der Lawine um $\alpha = \pm 20^\circ$ entspricht.

7.3.2.9 Die Wirkungshöhe h_{wi} einer Fließlawine ist wie folgt definiert:

$$h_{wi} = h_f + h_{stau} \quad (26)$$

7.3.2.10 Die Stauhöhe an grossen, nicht umströmten Bauwerken beträgt:

$$h_{stau} = \frac{(v_f \cdot \sin \alpha)^2}{2 \cdot g \cdot \Lambda} \quad (27)$$

Die Energieumwandlungskonstante beträgt $\Lambda = 1,5$ für lockere, trockene Lawinen und $\Lambda = 2$ bis 3 für dichte, nasse Lawinen.

7.3.2.11 Gegebenenfalls ist ein Anprall von Einzelkomponenten (z. B. mitgerissene Baumstämme) mit zu berücksichtigen. Vereinfachend kann eine statische Ersatzkraft A_k mit einer kreisförmigen Anprallfläche von 0,25 m Durchmesser an beliebiger Stelle der Wirkungshöhe der Lawine angenommen werden.

7.3.2.12 Die statische Ersatzkraft eines anprallenden Baumstamms A_k (in kN), die gleichzeitig mit dem Lawinendruck q_{fn} (in kN/m²) wirkt, beträgt:

$$A_k = \frac{q_{fn}}{0,3} \quad (28)$$

Die statische Ersatzkraft beim Anprall eines Felsblocks kann gemäss 6.3.17 bestimmt werden.

7.3.3 Einwirkungen von Staublawinen

7.3.3.1 Die Lawinendrucke in der Saltations- und in der Suspensionsschicht treten gleichzeitig auf, siehe Bemessungssituation 3 in Tabelle 31 und Figur 7.

7.3.3.2 Allenfalls sind Einzellasten Q_{fn} infolge des Aufpralls von Einzelkomponenten (z.B. mitgerissene Steine, Baumstämme, Schneeknollen) mit zu berücksichtigen (siehe 6.3.17).

7.3.3.3 Die Einwirkungen in der Saltationsschicht werden in Analogie zu Fließlawinen ermittelt. In der Saltationsschicht sind die Lawinendrucke q_{salt} über die Höhe h_{salt} konstant verteilt.

7.3.3.4 Der Maximalwert des Lawinendrucks in der Suspensionsschicht q_{susp} beträgt:

$$q_{susp} = \gamma_f \cdot 0,5 \cdot \rho_{susp} \cdot v_{susp}^2 \quad (29)$$

Der Richtwert für die Rohdichte der Suspensionsschicht ρ_{susp} variiert zwischen 1 kg/m³ und 10 kg/m³.

7.3.3.5 Die Staudrucke der Suspensionsschicht q_{susp} sind vergleichbar mit den Einwirkungen infolge Wind.

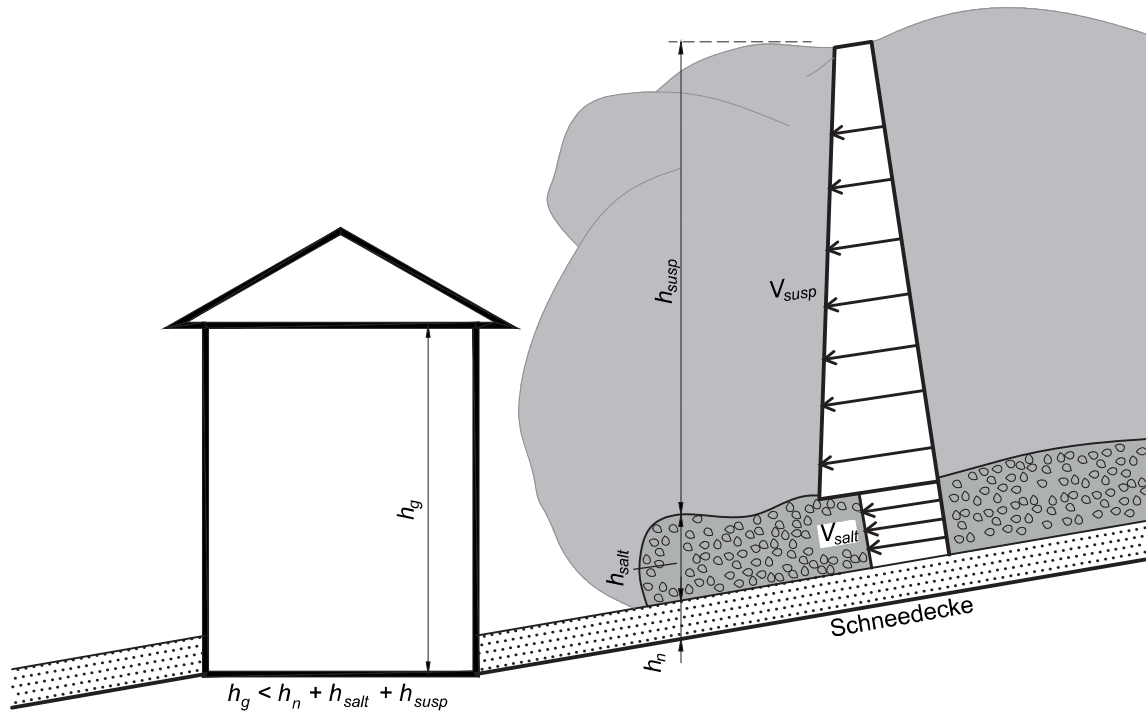
7.3.3.6 Die Einwirkungen der Suspensionsschicht können gemäss SIA 261 (Kapitel Wind) berechnet werden, wobei der Staudruck q_p durch den Staudruck der Suspensionsschicht q_{susp} zu ersetzen ist.

7.3.3.7 Auf das Dach, die Rückwand und die Seitenwände eines Bauwerks wirken Sog- und Druckkräfte.

7.3.3.8 Die Staudrucke q_{susp} nehmen mit der Höhe ab. Über eine Höhe von 10 m bis 20 m kann q_{susp} in der Regel als konstant angenommen werden.

7.3.3.9 Die Höhe der Suspensionsschicht beträgt in der Regel 20 m bis 100 m.

Figur 7 Einwirkung einer Staublawine auf ein Bauwerk



7.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 7.4.1 Zum Schutz vor Lawinen stehen die folgenden konzeptionellen und konstruktiven Massnahmen zur Wahl:
- Verstärkung von Aussenwänden,
 - Schutz von Öffnungen,
 - Gestaltung des Bauwerks und seiner Umgebung (z. B. Einpassung des Bauwerks in das Terrain, Schutz der seitlichen Aussenwände mit Flügelmauern, welche die Aufprallwand seitlich überragen),
 - Abschirmungsmassnahmen (z. B. Auffang- oder Ablenkmauer oder -damm, Spaltkeil).
- 7.4.2 Bei Lawinendrücken von über 30 kN/m^2 sind Abschirmungsmassnahmen in der Regel wirtschaftlicher als Verstärkungsmassnahmen.

8 SCHNEEDRUCK AUF HÄNGEN

8.1 Allgemeines

8.1.1 Schneedruck entsteht durch das Gleiten und Kriechen der Schneedecke auf Hängen. Dieser wird in der Regel auf Hängen mit einer Neigung grösser als 25° berücksichtigt (Figur 8). Es handelt sich um langsame und anhaltende Bewegungen der Schneedecke.

8.1.2 Die Einwirkungen infolge Schneelast auf Gebäude sind in SIA 261 geregelt.

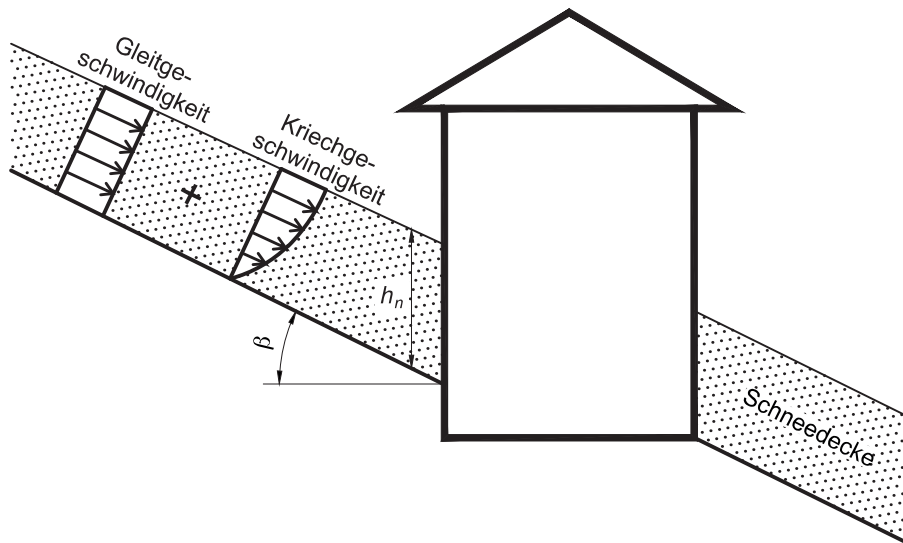
8.2 Bedeutungsbeiwerte

Der Bedeutungsbeiwert für Schneedruck γ_f beträgt 1,0 für alle Bauwerksklassen.

8.3 Einwirkungen

8.3.1 Schneedruck ist als veränderliche Einwirkung zu behandeln. Zu beachten sind überdies die Ausführungen in Anhang F.

Figur 8 Schneedruck infolge Gleiten und Kriechen der Schneedecke. Dargestellt sind die Gleit- und Kriechgeschwindigkeiten



8.3.2 Der hangparallele Schneedruck q_{nk} hängt von der Schneedichte ρ_n , der Hangneigung β , der lotrechten Schneehöhe h_n , dem Kriechbeiwert k_φ und dem Gleitbeiwert k_T ab.

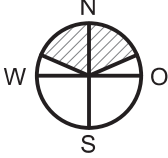
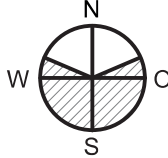
8.3.3 Der Schneedruck q_{nk} auf eine breite, lotrechte Wand beträgt:

$$q_{nk} = \frac{\gamma_f \cdot \rho_n \cdot g \cdot h_n \cdot 0,5 \cdot k_\varphi \cdot k_T}{\cos \beta} \quad (30)$$

Der Richtwert für die Schneedichte ρ_n variiert zwischen 300 kg/m³ und 400 kg/m³. Der Kriechbeiwert k_φ ist abhängig von der Schneedichte ρ_n (in kg/m³) und der Hangneigung β . Für $\rho_n = 300$ kg/m³ ist $k_\varphi = 0,76 \cdot \sin(2 \cdot \beta)$ und für $\rho_n = 400$ kg/m³ ist $k_\varphi = 0,83 \cdot \sin(2 \cdot \beta)$. Der Gleitbeiwert k_T ist gemäss Tabelle 15 festzulegen.

8.3.4 An schmalen Bauteilen wie Stützen sowie in den Randbereichen von breiten Bauteilen treten höhere Drücke auf als gemäss Gleichung (30), die von einer Fachperson zu ermitteln sind.

Tabelle 15 Gleitbeiwert k_T in Abhängigkeit der Beschaffenheit der Hangoberfläche und der Hangexposition

Beschaffenheit der Hangoberfläche	Gleitbeiwert k_T nach Hangexposition	
	 WNW-N-ONO	 ONO-S-WNW
Grober Blockschutt (> 0,3 m), vereinzelt Felsblöcke	1,2	1,3
Geschlossene Gebüschfläche (> 1 m), stark ausgebildete Höcker (> 0,5 m), stark ausgebildete Kuhtritte, grobes Geröll	1,6	1,8
Kurzalmige Grasnarbe, feines Geröll (< 0,10 m), schwach ausgebildete Höcker (< 0,5 m), Grasnarbe mit schwach ausgebildeten Kuhtritten	2,0	2,4
Glatte, langhalmige, geschlossene Grasnarbe, glatte Felsplatten	2,6	3,2

8.3.5 Der Schneedruck q_{nk} wird als gleichförmig über die Höhe der Schneedecke h_n und die gesamte Breite des Bauwerks verteilt angenommen. Einwirkungen auf die Seitenwände infolge Schneedruck können vernachlässigt werden.

8.4 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

Zum Schutz vor Schneedruck stehen die folgenden konzeptionellen und konstruktiven Massnahmen zur Wahl:

- Verstärkung von Aussenwänden,
- Schutz von Öffnungen,
- Gestaltung des Bauwerks und seiner Umgebung (z. B. Terrassierung des Hangs),
- Gleitschneeschutzmassnahmen oberhalb des Bauwerks (z. B. Dreibeinböcke).

9 HAGEL

9.1 Allgemeines

- 9.1.1 Form und Grösse der Hagelkörner sowie Art und Intensität der Hageleinwirkung werden beeinflusst durch das Klima, die Topographie und die Windverhältnisse.
- 9.1.2 Hagel ist als veränderliche Einwirkung zu behandeln. Die Reduktionsbeiwerte ψ_0 , ψ_1 und ψ_2 sind mit 0 anzunehmen.
- 9.1.3 Die Form und der Standort des Bauwerks, die Beschaffenheit seiner Oberflächen sowie die Dachneigung bestimmen die Einwirkung mit.
- 9.1.4 Den örtlichen Verhältnissen, dem Entwässerungssystem und der Möglichkeit einer lokalen Anhäufung der Hagelkörner ist Rechnung zu tragen.
- 9.1.5 Hagelbeschussversuche im Labor sind zu empfehlen, um den Hagelwiderstand der Bauteile zu bestimmen.
- 9.1.6 Die Hagelwiderstandsklassen (HW) werden aufgrund von Kriterien der Funktionalität (Wasserdichtheit, Lichtdurchlässigkeit, Lichtabschirmung und Mechanik) und des Aussehens definiert.
- 9.1.7 Die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) legt die Prüfbestimmungen zur Ermittlung des Hagelwiderstands fest.

9.2 Hagelwiderstandsklassen

- 9.2.1 Die Hagelwiderstandsklasse ist gemäss Tabelle 16 in Funktion der Bauwerksklasse I, II oder III und der Hagelzone H1, H2 oder H3 gemäss Karte im Anhang G zu wählen.

Tabelle 16 Hagelwiderstandsklassen HW in Funktion der Bauwerksklasse (BWK) und Hagelzone

BWK	Hagelwiderstand in Bezug auf Funktionalität und Aussehen	Bemerkungen
I	Zone H1: HW 1 Zone H2: HW 2 Zone H3: HW 3	Hagelzonen siehe Anhang G
II, III	Zone H1: HW 2 Zone H2: HW 3 Zone H3: HW 4	Hagelzonen siehe Anhang G

- 9.2.2 Als Referenzwert für die Zuweisung der Hagelwiderstandsklasse pro Hagelzone wurde eine Referenzwiederkehrperiode von 50 Jahren festgelegt.
- 9.2.3 Das Einhalten von Hagelwiderstandsklassen gemäss Tabelle 17 gilt als Nachweis der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit.
- 9.2.4 Der Beschuss im Labor soll gemäss den VKF-Prüfbestimmungen zur Ermittlung des Hagelwiderstands erfolgen.
- 9.2.5 Die VKF prüft durchgeführte Hagelwiderstandsversuche hinsichtlich der Konformität in Bezug auf die Prüfbestimmungen und entscheidet hinsichtlich des Produkteintrags im Schweizerischen Hagelschutzregister (HSR).
- 9.2.6 Das von der VKF geführte Schweizerische Hagelschutzregister (HSR) unterscheidet fünf Hagelwiderstandsklassen (HW 1 bis HW 5) gemäss Tabelle 17, wobei HW 1 einem sehr geringen und HW 5 einem sehr grossen Hagelwiderstand entspricht.

- 9.2.7 Die Hagelwiderstandsklassen (HW) werden definiert durch die kinetische Energie beim Aufprall eines Hagelkorns mit einem gewissen Durchmesser. Die Hagelwiderstandsklassen sind gemäss Tabelle 17 definiert.

Tabelle 17 Hagelwiderstandsklassen

Hagelwiderstandsklasse	Hagelkorndurchmesser d cm
HW 1	1
HW 2	2
HW 3	3
HW 4	4
HW 5	5

- 9.2.8 Der Hagelwiderstand kann sich infolge Alterung der Materialien verändern.

9.3 Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

- 9.3.1 Die in der Nutzungsvereinbarung zu umschreibenden Hagelschutzziele betreffend Personen, akzeptierten Folgeschäden sowie Anforderungen an Funktionalität, Aussehen und Dauerhaftigkeit sind mit einem geeigneten Hagelschutzkonzept umzusetzen.
- 9.3.2 Das Hagelschutzkonzept ist durch aufeinander abgestimmte bauliche, technische und organisatorische Massnahmen umzusetzen.
- 9.3.3 Als organisatorische Massnahmen können spezielle Massnahmen eingeplant werden (z. B. bei Hagelvorwarnung automatisch einziehbare Beschattungseinrichtungen).
- 9.3.4 Für den Hagelschutz geeignete und zugelassene Bauteile sind in dem von der VKF geführten Schweizerischen Hagelschutzregister (HSR) aufgeführt und in Hagelwiderstandsklassen pro Bauteil und Funktion eingeteilt.
- 9.3.5 Die Alterung der Materialien ist beim Hagelschutzkonzept zu berücksichtigen.

10 WIND

10.1 Dynamisches Verhalten von Tragwerken

- 10.1.1 Das dynamische Verhalten von Hochhäusern, Masten, Kaminen, schlanken Brücken und ähnlichen Tragwerken ist im Allgemeinen gemäss Dokumentation SIA D 0188 bzw. gemäss SN EN 1991-1-4 zu untersuchen. Unter Beachtung der Angaben in der SN EN 1991-1-4/NA:2016 kann die SN EN-1991-1-4 angewendet werden. Die dynamischen Eigenschaften des Bauwerks werden dabei durch die Eigenfrequenz, die Schwingungsform, die äquivalente Masse und den mechanischen Dämpfungsbeiwert beschrieben.
- 10.1.2 Die dynamischen Eigenschaften des Bauwerks sind mit rechnerischen Modellen oder anhand von Versuchen zu erfassen. Es sind dabei anerkannte Verfahren der Baudynamik zu verwenden.
- 10.1.3 Für Bauwerke mit üblichen und einfachen Formen können die dynamischen Eigenschaften des Bauwerks mit Näherungsformeln, die auf vereinfachten Modellen oder Erfahrungswerten basieren, ermittelt werden. Die verwendeten Formeln müssen ausreichend verifiziert werden.

10.2 Dynamischer Faktor

- 10.2.1 Der dynamische Faktor c_d ist im Allgemeinen gemäss Dokumentation SIA D 0188 zu ermitteln.
- 10.2.2 Der dynamische Faktor c_d kann gleich 1,0 gesetzt werden, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{m \cdot \xi}{\rho \cdot d^2} > 1,9 \quad (31)$$

- m mittlere Masse pro Einheitslänge, in kg/m
 d Durchmesser des als Stab idealisierten Tragwerks, in m
 ρ Luftdichte (1,2 kg/m³)
 ξ mechanischer Dämpfungsbeiwert gemäss Tabelle 18

Tabelle 18 Mechanischer Dämpfungsbeiwert ausgewählter Bauwerkstypen. Für Kamine bezeichnet h die Bauwerkshöhe und b den mittleren äusseren Durchmesser

Bauwerkstyp		ξ
Gebäude in Stahlbeton		0,015
Gebäude in Stahl		0,008
Gebäude in Stahl-Beton-Verbundbau		0,013
Stahlbetontürme und -kamine		0,005
Stahlkamin, ohne Innenrohr und äussere Isolation		0,002
Stahlkamin, ohne Innenrohr, mit äusserer Isolation		0,003
Stahlkamin, mit thermischer Isolation	$h/b > 18$	0,003
	$20 < h/b < 24$	0,006
	$h/b < 26$	0,002
Stahlkamin, mit zwei oder mehr isolierten Innenrohren	$h/b > 18$	0,003
	$20 < h/b < 24$	0,006
	$h/b < 26$	0,004
Stahlkamin, ausgemauertes Rohr		0,01
Stahlkamin, gunitiertes Rohr		0,005
Stahlkamin, gekoppelte Rohre, ohne Innenrohr und Isolation		0,002
Stahlkamin, abgespanntes Rohr, ohne Isolation		0,006
Stahlfachwerkbrücken und -türme	geschweisst	0,003
	mit HV-Schrauben	0,005
	ohne HV-Schrauben	0,008
Verbundbrücken		0,006
Stahlbetonbrücken	vorgespannt, ungerissen	0,006
	gerissen	0,015
Holzbrücken		0,01 bis 0,02

11 ERDBEBEN – ANFORDERUNGEN AN SPEKTRALE STANDORT- UND MIKROZONIERUNGSSTUDIEN

11.1 Geltungsbereich

- 11.1.1 Das vorliegende Kapitel regelt die Anforderungen an die Erstellung von spektralen Standort- und Mikrozonierungsstudien. Die Anwendung solcher Studien ist in SIA 261 geregelt.
- 11.1.2 Die elastischen Antwortspektren einer spektralen Standort- oder Mikrozonierungsstudie gelten in der Regel an der Terrainoberfläche für die Bemessung von Neubauten sowie für die Überprüfung von bestehenden Bauten.
- 11.1.3 Ein elastisches Antwortspektrum aus einer Standortstudie kann ein elastisches Antwortspektrum aus einer Mikrozonierungsstudie ersetzen.
- 11.1.4 Bei tiefen Gründungen kann ein elastisches Antwortspektrum unter der Terrainoberfläche definiert werden, sofern die dynamische Interaktion Tragwerk – Baugrund berücksichtigt wird. Dabei muss die horizontale seitliche Erdbebeneinwirkung bis an die Terrainoberfläche miteinbezogen werden.

11.2 Referenzgefährdung

Als Eingangsgrößen für spektrale Standort- und Mikrozonierungsstudien gelten die Medianwerte der Gefährdungsdaten des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren und das in den Unterlagen zum schweizerischen Gefährdungsmodell des SED dokumentierte Fels-Referenzprofil.

11.3 Methodik

- 11.3.1 Standort- und Mikrozonierungsstudien sind bezüglich Grundlagen, Methodik, Zwischenergebnissen und Entscheidungen nachvollziehbar zu dokumentieren. Ein unabhängiger Review und eine seismische Instrumentierung zur Überprüfung der Ergebnisse werden empfohlen.
- 11.3.2 Folgende Punkte sind fachgerecht einzubeziehen und zu dokumentieren:
- geologische und geotechnische Unterlagen,
 - H/V-Messungen und deren Interpretation,
 - S-Wellen-Messungen und deren Interpretation,
 - nichtlineare Baugrundeigenschaften,
 - Wahl einer 1-D-, 2-D- oder 3-D-Modellierung,
 - Erdbebenaufzeichnungen im Untersuchungsgebiet, soweit vorhanden.
- 11.3.3 Die Kenntnisunschärfe (epistemische Unsicherheit) ist mindestens für die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:
- Scherwellengeschwindigkeitsprofil,
 - Tiefe des Hauptimpedanzkontrasts,
 - Unschärfe in den Modellierungsannahmen (u. a. 1-D-, 2-D-, 3-D-Modellierung, nichtlineares Bodenverhalten, räumliche Auflösung der Modelle).
- Über die epistemischen Unsicherheiten darf nicht gemittelt werden. Sie sind genügend gross anzusetzen.
- 11.3.4 Für ein Modell eines Standorts soll als Amplifikationsfunktion gegenüber dem vom Schweizerischen Erdbebendienst definierten Referenzfels der geometrische Mittelwert der Amplifikationsfunktionen verwendet werden, berechnet mit Erdbebenzeitverläufen, die für die lokale Erdbebengefährdung repräsentativ sind. Die Anzahl von Erdbebenzeitverläufen ist abhängig von der Problemstellung, sollte aber nicht kleiner als 11 sein. Für einen Standort soll die Umhüllende der Amplifikationsfunktionen aller Modelle (epistemische Unsicherheiten) verwendet werden (siehe auch 11.4.2).

11.4 Definition der elastischen Antwortspektren und mitzuliefernde Ergebnisse

- 11.4.1 Die Form der elastischen Antwortspektren der horizontalen Bodenbeschleunigung ist in der Regel analog zu SIA 261:2020, Ziffer 16.2.3, festzulegen. Abweichungen sind zu begründen, unter Berücksichtigung der Eignung der Antwortspektren für verformungsbasierte Tragwerksanalysen.
- 11.4.2 Für die Bestimmung eines standortspezifischen elastischen Antwortspektrums der horizontalen Bodenbeschleunigung sind die Medianwerte der Gefährungsdaten des Schweizerischen Erdbebendienstes für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren, multipliziert mit der Umhüllenden der Amplifikationsfunktionen aus den verschiedenen Modellierungsannahmen, zu verwenden. Im Plateaubereich dürfen einzelne Spitzen um maximal 20% unterschritten werden.
- 11.4.3 Für die Bestimmung des elastischen Antwortspektrums der horizontalen Bodenbeschleunigung für eine Mikrozone sind die Medianwerte der Gefährungsdaten des Schweizerischen Erdbebendienstes für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren, multipliziert mit dem geometrischen Mittelwert der gemäss 11.3.4 umhüllenden Amplifikationsfunktionen der modellierten Standorte in der Mikrozone, zu benutzen. Dabei ist 11.4.4 zu beachten.
- 11.4.4 In einer Mikrozone darf der geometrische Mittelwert der gemäss 11.3.4 umhüllenden Amplifikationsfunktionen der verschiedenen modellierten Standorte die Umhüllende dieser Amplifikationsfunktionen um nicht mehr als 20% unterschreiten.
- 11.4.5 Die Ordinaten der elastischen Antwortspektren der horizontalen Bodenbeschleunigung dürfen die Ordinaten des aktualisierten Antwortspektrums für die Baugrundklasse A nicht unterschreiten. Dabei ist der aktualisierte Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung für den Standort $a_{gd,act}$ gemäss 11.4.7 zu benutzen. Eine Ausnahme kann begründet werden, wenn geeignete Messungen unverwitterten Fels mit einer Scherwellengeschwindigkeit > 800 m/s und keine Resonanz zeigen.
- 11.4.6 Bei der Festlegung der elastischen Beschleunigungs-Antwortspektren ist darauf zu achten, dass diese physikalisch realistischen Verschiebungsspektren entsprechen. Insbesondere muss sich für $T \geq T_D$ eine konstante Verschiebung ergeben.
- 11.4.7 Der aktualisierte Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung für den Standort ist wie folgt zu bestimmen:

$$a_{gd,act} = \frac{S_{aSED} \cdot c_A}{2,5} \geq 0,6 \text{ m/s}^2 \quad (32)$$

mit:

S_{aSED} Medianwert der horizontalen spektralen Beschleunigung für eine Schwingzeit von 0,15 s und für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren aus den Gefährungsdaten des Schweizerischen Erdbebendienstes.

c_A Amplifikationsbeiwert für S_{aSED} zwischen dem vom Schweizerischen Erdbebendienst definierten Referenzfels und der Baugrundklasse A: $c_A = 1,6$.

- 11.4.8 Die Ergebnisse einer Standort- oder Mikrozonierungsstudie umfassen zumindest die folgenden Angaben für jeden Standort oder jede Mikrozone:
- aktualisierter Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung $a_{gd,act}$ gemäss 11.4.7,
 - Erdbebenzone gemäss SIA 261:2020, 16.2.1,
 - Formeln und Parameterwerte zur Bestimmung der Ordinaten der elastischen Antwortspektren und der Bemessungsspektren der horizontalen Bodenbeschleunigung analog zu SIA 261:2020, Ziffer 16.2.2, Ziffer 16.2.3 und Ziffer 16.2.4,
 - Karte der Mikrozonen im Falle einer spektralen Mikrozonierung,
 - Bemessungswert der maximalen Bodenverschiebung u_{gd} ,
 - Angaben zur Bestimmung der Ordinaten der elastischen Antwortspektren und der Bemessungsspektren der vertikalen Bodenbeschleunigung.

12 EINWIRKUNGEN AUF SCHALUNGEN

12.1 Allgemeines

- 12.1.1 Die Einwirkungen auf Schalungen umfassen die Belastung durch den Beton unter Berücksichtigung des Bauablaufs und des Betoniervorgangs. Sie sind als ortsfeste veränderliche Einwirkungen zu behandeln.
- 12.1.2 Der durch den frischen Beton auf die Schalungsfläche ausgeübte Druck hängt von den Frischbetoneigenschaften wie Raumgewicht, Konsistenz und Temperatur sowie von der Dicke des Bauteils und von der Höhe des Frischbetonkörpers ab. Die Fallhöhe und Einfüllgeschwindigkeit des Frischbetons sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen.
- 12.1.3 Schalungen und Rüstungen sind nach den Bestimmungen von SIA 262 bis SIA 265 zu projektieren, konstruktiv durchzubilden und auszuführen.
- 12.1.4 Spezifische Angaben zur Projektierung von Schalungen und Rüstungen sind SIA 262 zu entnehmen.

12.2 Charakteristische Werte

- 12.2.1 Der charakteristische Wert q_{kv} des vertikalen Betondrucks ist als oberer Wert aufgrund der planmässig festgelegten Bauteilabmessungen und der Raumlast zu ermitteln. Die zu berücksichtigenden Imperfektionen und Massabweichungen der Schalung sind in SIA 262 angegeben.
- 12.2.2 Die während des Betonierens auftretenden Lastkonzentrationen werden durch eine gleichzeitig mit dem vertikalen Betondruck an beliebiger Stelle wirkende vertikale Einzellast $Q_k = 20 \text{ kN}$ berücksichtigt. Diese ist auf einer quadratischen Fläche von 1,5 m Seitenlänge in ungünstigster Stellung wirkend anzunehmen.
- 12.2.3 Der charakteristische Wert des Horizontaldrucks des Betons q_{kh} auf vertikale Schalungen hängt u. a. von folgenden Faktoren ab:
- Konsistenz des Frischbetons,
 - Einbringart,
 - Art der Verdichtung,
 - Einbringgeschwindigkeit.
- 12.2.4 Sofern keine genaueren Untersuchungen unter Berücksichtigung der in 12.2.3 genannten Einflussfaktoren durchgeführt werden, ist der Schalungsdruck für konventionell eingebrachten Beton wie folgt anzusetzen: $q_w =$ hydrostatischer Druck für $\gamma_{ck} = 25 \text{ kN/m}^3$, im Minimum jedoch $q_w = 40 \text{ kN/m}^2$.
- 12.2.5 Bei unten in die Schalung gepumptem selbstverdichtendem Beton können auch höhere Schalungsdrücke entstehen. Diese sind im Einzelfall abzuschätzen und mit einem entsprechenden Zuschlag zum hydrostatischen Druck zu berücksichtigen.

13 ORTSTEMPERATUR

13.1 Der Jahresmittelwert der Ortstemperatur ist gestützt auf die Messwerte einer langjährigen Messreihe anzunehmen. Die Messwerte ausgewählter Stationen sind Tabelle 19 zu entnehmen (Normwerte 1981–2010, MeteoSchweiz).

13.2 Genauere Angaben zur örtlichen Witterung, wie beispielsweise jährliche Maximal- und Minimalwerte der Ortstemperatur, sind den Publikationen pro Messstation von MeteoSchweiz zu entnehmen.

Tabelle 19 Ausgewählte Jahresmittelwerte der Ortstemperatur

Station	Höhe m ü.M.	Lufttemperatur °C
Adelboden	1320	5,7
Altdorf	449	9,8
Basel/Binningen	316	10,5
Bern/Zollikofen	565	8,8
La Chaux-de-Fonds	1018	6,5
Chur	555	10,0
Davos	1590	3,5
Engelberg	1035	6,3
Fahy	596	8,9
Genève-Cointrin	420	10,5
Glarus	515	8,8
Interlaken	580	9,0
Lugano	273	12,4
Luzern	456	9,6
Montana	1508	6,1
Neuchâtel	485	10,2
Payerne	490	9,4
Pully	461	10,9
Samedan	1705	2,0
Schaffhausen	437	9,4
Sion	482	10,1
St. Gallen	779	8,3
Zürich-Kloten	436	9,4

14 STRASSENVERKEHR – AUSNAHMETRANSPORTE

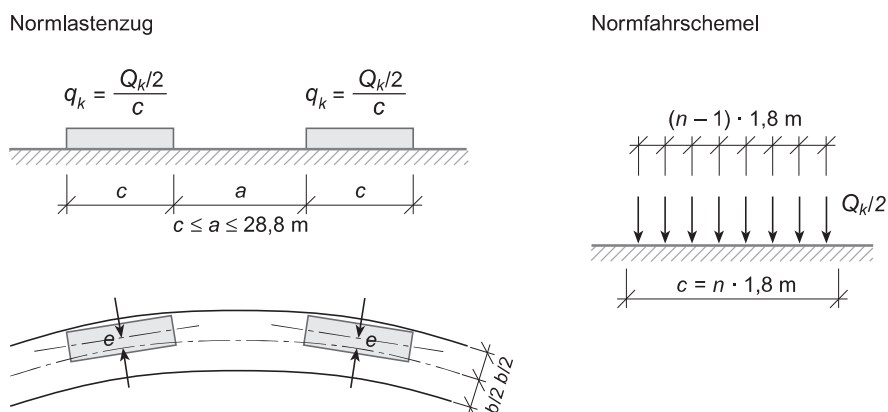
14.1 Allgemeines

- 14.1.1 Ausnahmetransporte sind auf dem Nationalstrassennetz sowie auf den kantonalen Ausnahmetransportrouten, verfügbar in den kantonalen Geodaten-Portalen, zu berücksichtigen.
- 14.1.2 Ausnahmetransporte sind als freie veränderliche Einwirkungen zu behandeln und in ungünstigster Stellung wirkend anzunehmen.
- 14.1.3 Bauwerke auf Routen für Ausnahmetransporte des Typs I und II sind während der Überfahrt des Ausnahmetransports für den übrigen Verkehr zu sperren.
- 14.1.4 Bei Routen für Ausnahmetransporte des Typs III sind Einwirkungen des Ausnahmetransports in Kombination mit den Einwirkungen aus dem Strassenverkehr gemäss SIA 261 zu berücksichtigen.
- 14.1.5 Die Fahrvorschriften für Ausnahmetransporte sind der Verkehrsregelverordnung (VRV), SR 741.11, herausgegeben von der Schweizerischen Eidgenossenschaft und verfügbar unter «www.admin.ch», zu entnehmen.
- 14.1.6 Die Lasten infolge militärischen Strassenverkehrs sind durch das Lastmodell 1 abgedeckt. Bei Brücken mit einer Fahrbahnbreite bis 6 m, auf denen dieser Verkehr zugelassen ist, dürfen die Beiwerte α_{Qi} , α_{qi} und α_{qr} gemäss SIA 261:2020, Ziffer 10.3.3, nicht reduziert werden.

14.2 Lastmodelle und charakteristische Werte

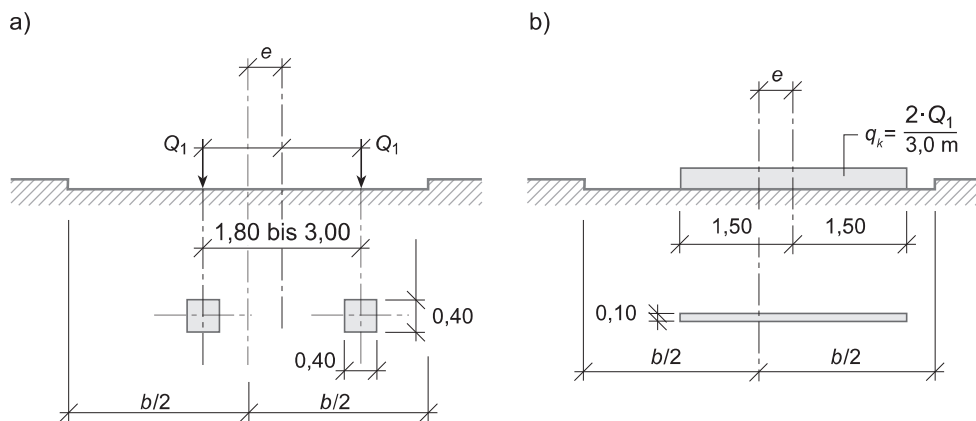
- 14.2.1 Das Lastmodell für Ausnahmetransporte (Lastmodell 3 gemäss SIA 261:2020, Ziffer 10.2.3) beinhaltet konzentrierte und gleichmässig verteilte Lasten, welche die Einwirkungen von Normlastenzügen abdecken.
- 14.2.2 Das Lastmodell für Ausnahmetransporte ist gemäss Figur 9 auf der Fahrbahn anzuordnen. Dabei bezeichnet b die für den Strassenverkehr zugängliche Breite der Fahrbahn. Eine maximale Exzentrizität zwischen der Fahrbahnachse und der Achse des Normfahrplans $e = b/10 \leq 1,0$ m ist dabei zu berücksichtigen.

Figur 9 Anordnung des Lastmodells für Ausnahmetransporte



- 14.2.3 Die lokale Wirkung der Achslasten ist mit der ungünstigeren der Lastverteilungen gemäss Figur 10 zu berücksichtigen. Dabei bezeichnet $Q_1 = 0,5 \cdot Q_k / (2 \cdot n)$ die halbe Achslast, und n ist die Anzahl der Achsen pro Normfahrplan.

Figur 10 Alternative Lastverteilungen für die Achslasten des Normfahrstems



14.2.4 Der charakteristische Wert Q_k der Gesamtlast und die Anzahl der Achsen pro Normfahrstempel sind für jeden Routentyp gemäss Tabelle 20 in Rechnung zu stellen.

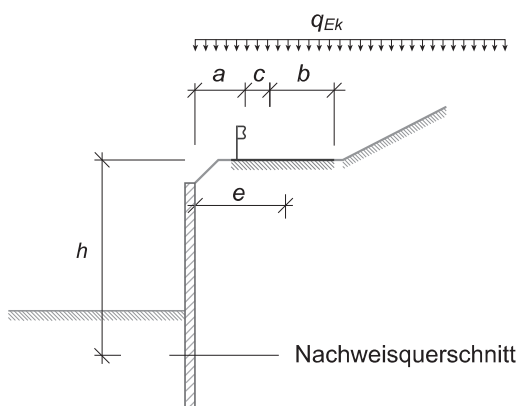
Tabelle 20 Charakteristische Werte der Gesamtlast eines Ausnahmestempels

Routen für Ausnahmestempels	Anzahl Achsen n pro Normfahrstempel	Q_k kN
Typ I	8 bis 12	3200 bis 4800
Typ II	6	2400
Typ III	4	900

14.2.5 Entlastend wirkende Achslasten der Normfahrstempel sind zu vernachlässigen.

14.2.6 Das Lastmodell 3 ist nicht anwendbar, um den Erddruck, der aufgrund von Belastungen durch Ausnahmestempels auf eine Tragkonstruktion wirkt, zu bestimmen. Dieser kann vereinfacht bestimmt werden, indem eine unendliche Flächenlast q_{Ek} angewendet wird, die vertikal und gleichmässig gemäss Figur 11 verteilt ist.

Figur 11 Anordnung und charakteristischer Wert der Flächenlast q_{Ek} zur Auswertung der Belastung durch Ausnahmestempels auf Tragkonstruktionen



e Abstand zwischen der Krone und der Zirkulationsachse des Konvois

$$e = \frac{b}{2} - \min\left(\frac{b}{10}; 1,0\right) + c + a \quad \text{und} \quad 3,0 \text{ m} \leq e \leq 8,0 \text{ m} \quad (33)$$

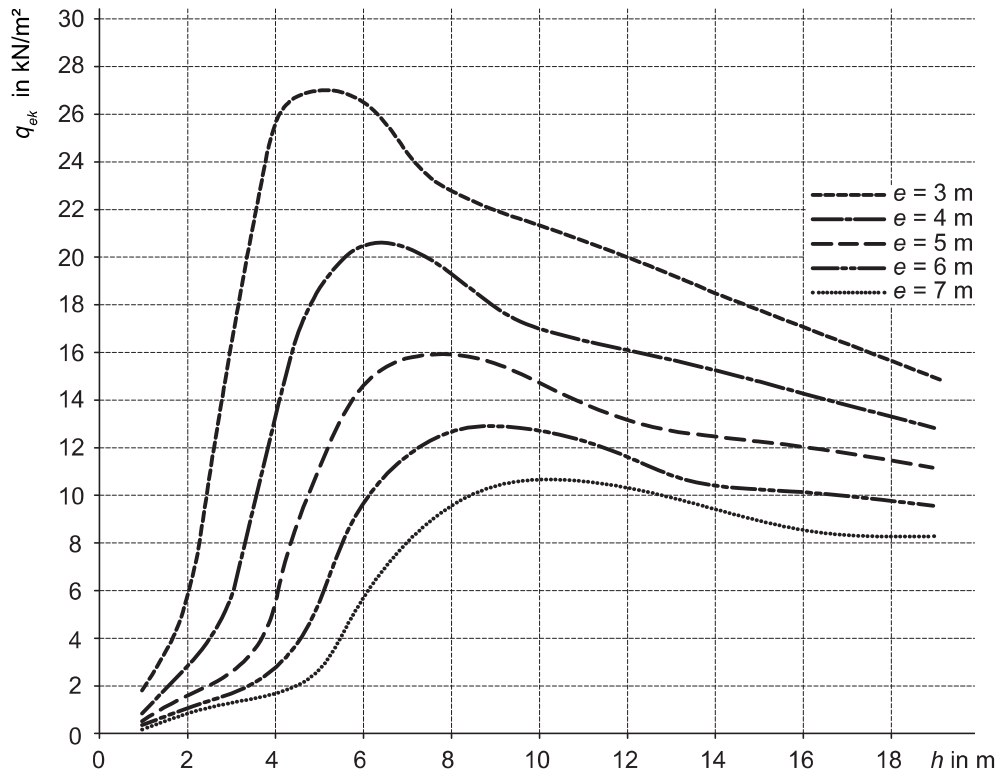
a Breite der dem Strassenverkehr nicht zugänglichen Fläche

b Fahrbahnbreite

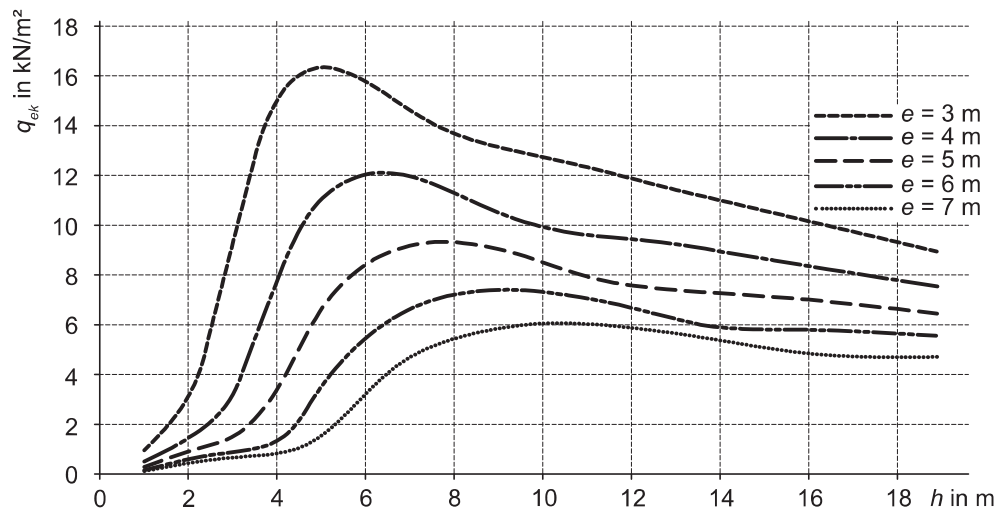
c Bankettbreite

h Höhe ab Nachweisquerschnitt bis zur Strassenverkehrsfläche

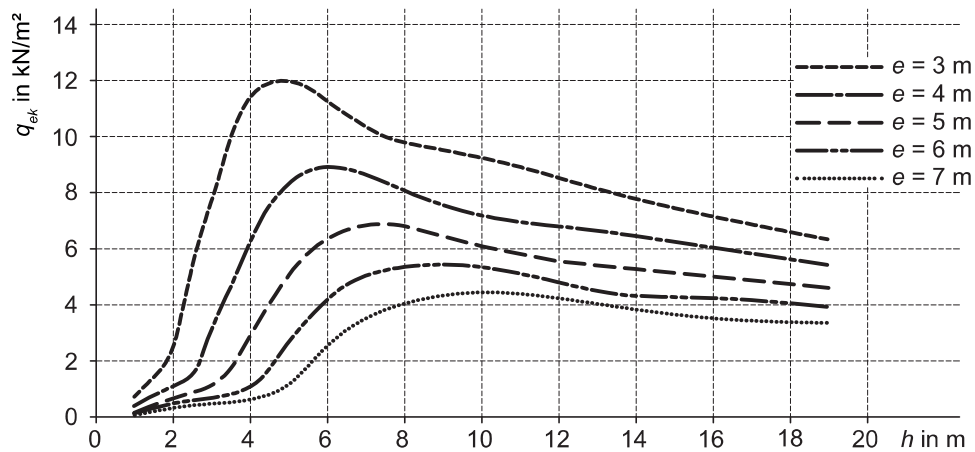
Figur 12 Charakteristischer Wert der Flächenlast zur Ermittlung des Erddrucks bei Routen für Ausnahmetransporte des Typs I



Figur 13 Charakteristischer Wert der Flächenlast zur Ermittlung des Erddrucks bei Routen für Ausnahmetransporte des Typs II



Figur 14 Charakteristischer Wert der Flächenlast zur Ermittlung des Erddrucks bei Routen für Ausnahmetransporte des Typs III



14.3 Einwirkungsgruppen

14.3.1 Bei Routen für Ausnahmetransporte des Typs I und II sind neben dem Lastmodell für Ausnahmetransporte keine weiteren Einwirkungen aus dem Strassenverkehr zu berücksichtigen.

14.3.2 Bei Routen für Ausnahmetransporte vom Typ III ist zusammen mit dem Lastmodell für Ausnahmetransporte eine gleichmässig verteilte Last $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ auf der übrigen Fahrbahnfläche zu berücksichtigen, die in ungünstigster Stellung wirkt.

15 KRANBETRIEB

15.1 Allgemeines

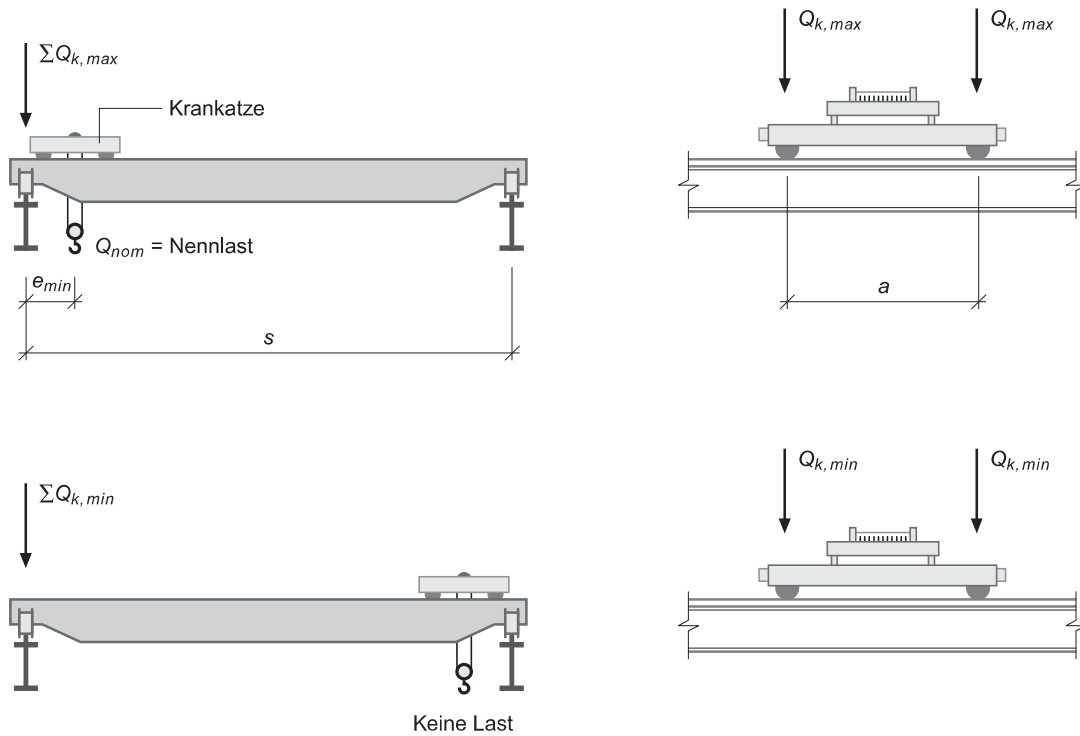
- 15.1.1 Die nachfolgenden Bestimmungen gelten für Lasten und Kräfte, die aus der normalen Nutzung von Laufkränen auf deren Kranbahnen wirken. Sie sind als freie veränderliche Einwirkungen zu behandeln.
- 15.1.2 Für andere Kranarten wie beispielsweise Konsolkrane oder Portalkrane sind die Bestimmungen dieses Kapitels sinngemäss anzupassen.
- 15.1.3 Die dynamischen Wirkungen, die während des Hebens der Lasten und in geringerem Masse auch beim Kranfahren entstehen, sind mit dem dynamischen Beiwert gemäss 15.3.2 in Rechnung zu stellen.
- 15.1.4 Die Nutzungszustände für Kranbahnen, Kranbahnstützen und Verbände in ein- oder mehrschiffigen Hallen mit mehreren Kranbahnen sind in Absprache mit der Bauherrschaft unter Beachtung des Endausbaus zu definieren und in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.
- 15.1.5 Der Nachweis der Tragsicherheit für Grenzzustände des Typs 1 ist in der Regel unter Berücksichtigung der Kranlasten sämtlicher Krane zu führen.
- 15.1.6 Für den Nachweis der Tragsicherheit für Grenzzustände des Typs 2 und für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist es bei mehrschiffigen Hallen mit mehreren Kranbahnen oder mehreren Kranen pro Kranbahn im Normalfall ausreichend, zwei unabhängig fahrende Krane zu berücksichtigen. Hierzu können die Regeln gemäss SN EN 1991-3 angewendet werden.
- 15.1.7 Die Reduktionsbeiwerte und Richtwerte für Durchbiegungen und Auslenkungen für Kranbahnen sind Anhang H zu entnehmen.
- 15.1.8 Die Pufferanprallkraft oder die Kraft am Bremsschuh ist als aussergewöhnliche Einwirkung zu betrachten. Die charakteristischen Werte dieser Kräfte sind von den Kranherstellenden in Abhängigkeit der maximalen Krangeschwindigkeit anzugeben.

15.2 Lastmodelle und charakteristische Werte

15.2.1 Kranlasten

- 15.2.1.1 Die charakteristischen Werte der Kranlasten, dargestellt in Figur 15, sind aufgrund der Nennlast Q_{nom} und des Eigengewichts des Krans aus den folgenden Belastungsbedingungen zu ermitteln:
- $Q_{k,max}$ Eigengewicht und Nennlast am Kranhaken, Krankatze in nächster Stellung zum betrachteten Kranbahnträger,
 - $Q_{k,min}$ Eigengewicht und leerer Kranhaken, Krankatze in entferntester Stellung zum betrachteten Kranbahnträger.
- 15.2.1.2 Die charakteristischen Werte der Kranlasten sind mit dem dynamischen Beiwert gemäss 15.3.2 zu multiplizieren. Eine allfällige Exzentrizität dieser Radlast der Krankatze zur Schiene der Kranbahn ist nicht zu berücksichtigen.

Figur 15 Kranlasten



15.2.2 Horizontale Kräfte

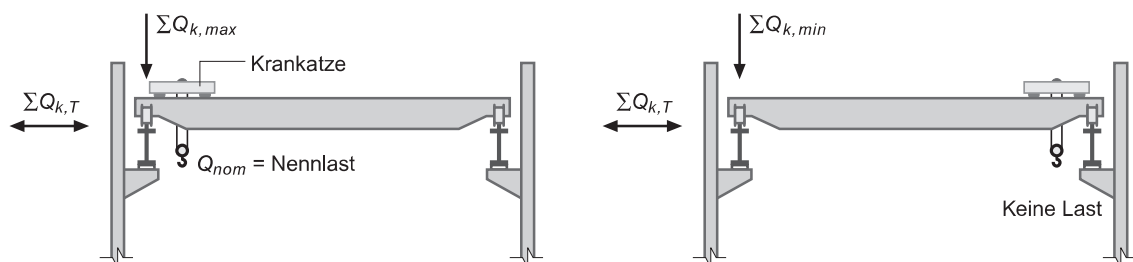
15.2.2.1 Die horizontalen Kräfte sind auf der Höhe der Schienenoberkante wirkend anzunehmen.

15.2.2.2 Quer zur Kranbahn wirkende Kräfte werden durch Beschleunigen und Bremsen der Krankatze, schrägen Seilzug, Schräglauf des Krans und Unregelmässigkeiten der Kranbahn verursacht. Ihr charakteristischer Wert ist mit Hilfe des Seitenkraftbeiwerts λ gemäss 15.3.1 durch

$$Q_{k,T} = \lambda \cdot Q_{k,max} \quad (34)$$

zu berechnen. $Q_{k,T}$ ist unabhängig von der Stellung der Krankatze entweder auf dem einen oder dem andern Kranbahnträger anzunehmen, siehe Figur 16.

Figur 16 Quer zur Kranbahn wirkende Horizontalkräfte

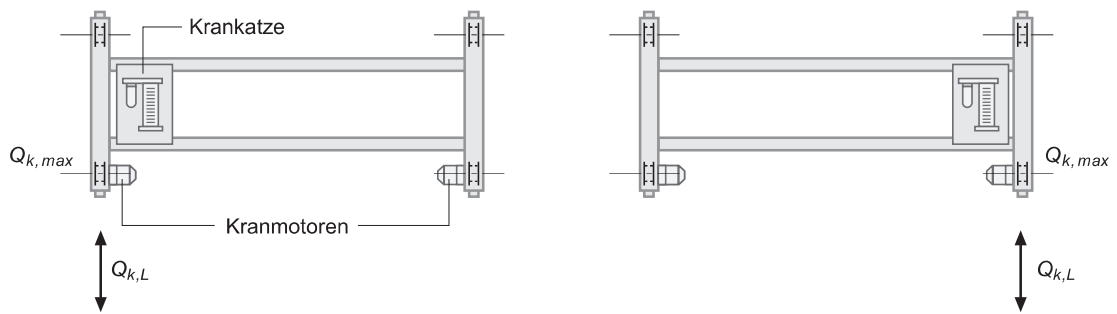


15.2.2.3 Horizontale Kräfte längs zur Kranbahn werden durch Beschleunigen und Bremsen der Krankatze und durch schrägen Seilzug verursacht. Sie wirken nur bei angetriebenen oder gebremsten Rädern und sind durch

$$Q_{k,L} = 0,2 \cdot Q_{k,max} \quad (35)$$

proportional zu den Kranlasten anzunehmen, siehe Figur 17.

Figur 17 Längs zur Kranbahn wirkende Horizontalkräfte



15.2.3 Einwirkungsgruppen

15.2.3.1 Horizontale Kräfte sind mit den Kranlasten als gleichzeitig wirkend anzunehmen.

15.2.3.2 Es sind zwei Einwirkungsgruppen zu berücksichtigen:

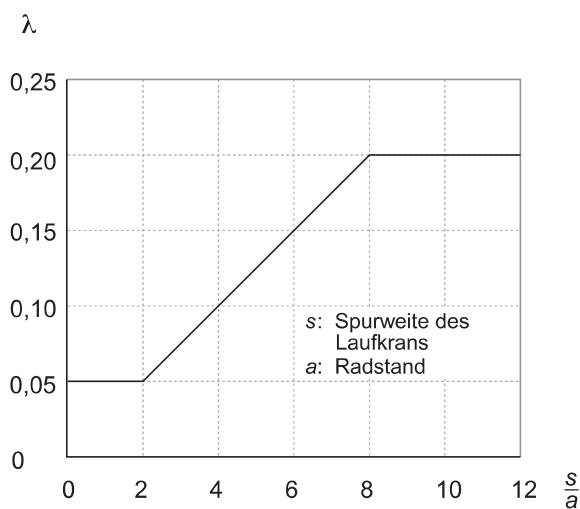
- die Horizontalkräfte in Längsrichtung der Kranbahn zusammen mit den Kranlasten und 60% der Horizontalkräfte in Querrichtung,
- die Horizontalkräfte in Querrichtung der Kranbahn zusammen mit den Kranlasten und 60% der Horizontalkräfte in Längsrichtung.

15.3 Beiwerte

15.3.1 Seitenkraftbeiwert

Der Seitenkraftbeiwert dient der Festlegung der horizontalen Kräfte quer zur Kranbahn und ist gemäss Figur 18 in Rechnung zu stellen.

Figur 18 Seitenkraftbeiwert



15.3.2 Dynamischer Beiwert

15.3.2.1 Dynamische Effekte, die während des Hebens der Lasten und in geringerem Ausmass auch beim Kranfahren entstehen, sind mit dem dynamischen Beiwert Φ zu berücksichtigen:

$$\Phi = 1 + \xi \cdot \frac{Q_{nom}}{\sum Q_{k,max}} \quad (36)$$

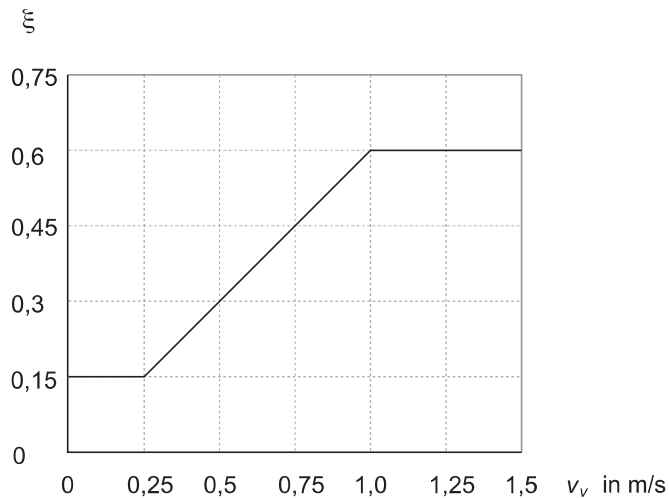
ξ Hubbeiwert gemäss Figur 19

Q_{nom} Nennlast des Krans

$\sum Q_{k,max}$ Summe der charakteristischen Werte der Radlasten

15.3.2.2 Für Normkrane mit Elektrozügen darf der Hubbeiwert ξ in der Regel mit 0,15 berücksichtigt werden.

Figur 19 Hubbeiwert



15.4 Ermüdung

15.4.1 Allgemeines

15.4.1.1 Tragwerksteile, die infolge des Kranbetriebs Lastwechseln ausgesetzt werden, sind auf Ermüdung zu untersuchen.

15.4.1.2 Der Belastungszustand berücksichtigt das Verhältnis der im Normalbetrieb regelmässig gehobenen Lasten zur Nennlast. Die Krane sind gemäss Tabelle 21 ihrem Betrieb entsprechend in die Klassen Q1 bis Q4 des Belastungszustands einzuteilen. Ein Vergleich zu den Lastspektrumsklassen gemäss SN EN 1991-3 ist angegeben.

Tabelle 21 Klassen des Belastungszustands (Kollektivklassen gemäss Fédération Européenne de la Manutention)

Klasse (Kollektivklassen)	Vergleich zu den Lastspektrumsklassen gemäss SN EN 1991-3	Belastungszustand
Q1 sehr leicht	Q ₀ oder Q ₁	Krane, die nur ausnahmsweise die Nennlast und regelmässig weit kleinere Teillasten haben
Q2 leicht	Q ₂ oder Q ₃	Krane, die nur selten die Nennlast und regelmässig Lasten von ungefähr 1/3 der Nennlast heben
Q3 mittel	Q ₄ oder Q ₅	Krane, die häufig die Nennlast und regelmässig Lasten zwischen 1/3 und 2/3 der Nennlast heben
Q4 schwer	Q ₆	Krane, die regelmässig im Bereich der Nennlast arbeiten

- 15.4.1.3 Als Belastungshäufigkeit wird die Anzahl der Arbeitsvorgänge bezeichnet, die während der vorgesehenen Nutzungsdauer des Krans zu erwarten sind. Als ein Arbeitsgang gilt das Heben, in Position Bringen und Senken der Last mit der anschliessenden leeren Kranfahrt. Die Krane sind gemäss Tabelle 22 entsprechend ihrer Belastungshäufigkeit in die Klassen U0 bis U9 einzuteilen.

Tabelle 22 Klassen der Belastungshäufigkeit (Betriebsklassen gemäss Fédération Européenne de la Manutention)

Klasse	Belastungshäufigkeit	Anzahl Arbeitsvorgänge während der geplanten Nutzungsdauer
U0 U1 U2	Gelegentlicher, unregelmässiger Betrieb, gefolgt von langen Ruhezeiten	1,6 · 10 ⁴ 3,2 · 10 ⁴ 6,4 · 10 ⁴
U3 U4	Regelmässiger Betrieb mit Unterbrüchen	1,25 · 10 ⁵ 2,5 · 10 ⁵
U5 U6	Regelmässiger Dauerbetrieb	5,0 · 10 ⁵ 1,0 · 10 ⁶
U7 U8 U9	Regelmässiger Dauerbetrieb mit mehr als einer Arbeitsschicht	2,0 · 10 ⁶ 4,0 · 10 ⁶ > 4,0 · 10 ⁶

- 15.4.1.4 Sofern die Nutzungsdauer in der Nutzungsvereinbarung nicht anders festgelegt wird, ist sie mit 50 Jahren in Rechnung zu stellen. Für eine andere geplante Nutzungsdauer, T_{Ld} , ist der Beiwert λ_3 wie in SIA 261 zu ermitteln (mit $T_{ref} = 50$ Jahre).
- 15.4.1.5 Der Belastungszustand, die Belastungshäufigkeit und die Nutzungsdauer können mit dem Betriebslastfaktor gemäss SIA 263 berücksichtigt werden.

15.4.2 Ermüdungslastmodell

- 15.4.2.1 Für den Nachweis der Tragsicherheit für Grenzzustände des Typs 4 ist der charakteristische, mit dem dynamischen Beiwert gemäss 15.3.2 multiplizierte Wert der maximalen Kranlast $Q_{k,max}$ in Rechnung zu stellen.
- 15.4.2.2 Der Nachweis darf auch aufgrund eines speziellen, von der Bauherrschaft genehmigten Belastungsmodells geführt werden. Der Einfluss des Belastungszustands, der Belastungshäufigkeit und der Nutzungsdauer ist bei einem speziellen Belastungsmodell zu untersuchen.

16 REIBUNGS- UND RÜCKSTELLKRÄFTE VON LAGERN

16.1 Allgemeines

- 16.1.1 Aufgezwungene Verschiebungen erzeugen bei Gleit- und Rollenlagern Reibungskräfte und bei Verformungslagern Rückstellkräfte. Diese Kräfte sind als ortsfeste veränderliche Einwirkungen zu behandeln.
- 16.1.2 Die Reibungs- und Rückstellkräfte von Lagern verändern sich im Laufe der Nutzung. Sie sind von der Alterung des Lagerkörpers und der Kontaktflächen, vom Unterhalt und von der Temperatur des Bauwerks abhängig.
- 16.1.3 Wenn die Gebrauchstauglichkeit der Lager durch die lokalen Bedingungen gefährdet ist, beispielsweise durch ungünstige Umwelteinflüsse oder erhöhte Verschmutzung, sind vorbeugende bauliche oder betriebliche Massnahmen zu treffen. Ansonsten sind die anzunehmenden Reibungs- und Rückstellkräfte zu erhöhen.
- 16.1.4 Der bei der Annahme der Reibungs- und Rückstellkräfte vorausgesetzte Unterhalt ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.
- 16.1.5 Günstig wirkende Reibungskräfte sind beim Nachweis der Tragsicherheit des Grenzzustands des Typs 2 zu vernachlässigen.

16.2 Charakteristische Werte

16.2.1 Reibungskraft

Der charakteristische Wert der Reibungskraft von Gleit- und Rollenlagern wird wie folgt bestimmt:

$$Q_{Rk} = \mu \cdot R \quad (37)$$

Dabei bezeichnet R die Auflagerkraft infolge charakteristischer Werte der ständigen Einwirkungen. Der Reibungsbeiwert μ ist gemäss den Tabellen 23 und 24 anzunehmen oder als Mittelwert gemäss den Angaben der Herstellenden unter Berücksichtigung der in 16.1.2 erwähnten Einflüsse zu bestimmen.

Tabelle 23 Reibungsbeiwerte μ für PTFE-Gleitlager

Flächenpressung ¹⁾	≤ 5 MPa	10 MPa	20 MPa	≥ 30 MPa
PTFE mit Schmieraschen/ austenitischer Stahl oder Hartchrom (bei gekrümmten Gleitflächen)	0,08	0,06	0,04	0,03 (0,025)
PTFE mit Schmieraschen/ eloxiertes Aluminium (bei gekrümmten Gleitflächen)	0,12	0,09	0,06	0,045 (0,038)

¹⁾ Bezogen auf die PTFE-Gleitfläche

Tabelle 24 Reibungsbeiwerte μ für Rollenlager

Lagertyp	μ
Auftragsgeschweisste Rollenlager	0,025
Edelstahl-Rollenlager	0,025
Rollenlager aus Baustahl	≥ 0,05

16.2.2 **Rückstellkraft**

- 16.2.2.1 Der charakteristische Wert der Rückstellkraft von Verformungslagern ist proportional zur aufgezwungenen Verschiebung und ist aufgrund der Höhe und des Schubmoduls des verformbaren Lagerkörpers zu bestimmen. Der Schubmodul ist als Mittelwert gemäss den Angaben der Herstellenden unter Berücksichtigung der in 16.1.2 erwähnten Einflüsse zu ermitteln.
- 16.2.2.2 Die am Verformungslager aufgezwungene Verschiebung ist unter Berücksichtigung der Langzeitvorgänge gemäss SIA 262 bis SIA 267 zu ermitteln.

17 SILO- UND BEHÄLTERNUTZUNG

- 17.1 Lasten und Kräfte infolge der normalen Nutzung von Silos und Behältern sind als veränderliche Einwirkungen zu behandeln.
- 17.2 Staubexplosionen sind gemäss SIA 261:2020, Kapitel 17, als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln.
- 17.3 Die Einwirkungen infolge von Lagergütern und Flüssigkeiten auf die Wände und Böden von Silos und Behältern sind ausgehend vom Bemessungswert der Lagerhöhe bzw. Füllhöhe zu ermitteln. Mittelwerte von Raumgewicht und Schüttwinkel sind SIA 261:2020, Anhang A, zu entnehmen.
- 17.4 Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sind gemäss SN EN 1991-4 zu bestimmen. Die Erdbeben-Einwirkungen sind gemäss SN EN 1998-4 zu bestimmen.
- 17.5 Die Wirkung von Füll- und Entleervorgängen ist zu berücksichtigen.

Anhang A (normativ)

Hochwasser

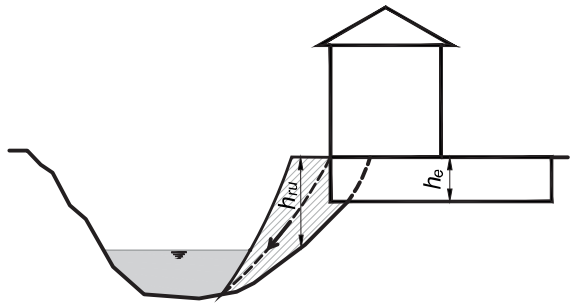
A.1 Bemessungssituationen

Es sind folgende Bemessungssituationen zu beachten (nicht abschliessend):

Tabelle 25 Typische Bemessungssituationen bei Hochwasser

<p>Bemessungssituation 1: Statische Überschwemmung</p> <p>Überschwemmung mit kleiner Fließgeschwindigkeit ($v_f < 1$ m/s), ohne dynamische Einwirkungen.</p> <p>Als Einwirkungen tritt der hydrostatische Druck q_w auf und je nach Situation ist die Wellenbildung (Seen) zu berücksichtigen.</p>	
<p>Bemessungssituation 2: Dynamische Überschwemmung</p> <p>Überschwemmung mittlerer bis hoher Fließgeschwindigkeit ($v_f > 1$ m/s).</p> <p>Einwirkungen sind der hydrostatische und der hydrodynamische Wasserdruck sowie der Anprall mitgerissener Einzelkomponenten (Baumstämme, Geschiebe u. Ä.).</p>	
<p>Bemessungssituation 3: Dynamische Überschwemmung mit Feststofferosion (Kolk) und -ablagerung</p> <p>Überschwemmung mit hoher Fließgeschwindigkeit ($v_f > \text{ca. } 2$ m/s). Es kommt zu Feststofferosionen h_k (Kolk) und Feststoffablagerungen h_a.</p> <p>Einwirkungen sind der hydrostatische und der hydrodynamische Wasserdruck sowie der Anprall mitgerissener Einzelkomponenten.</p>	
<p>Bemessungssituation 4: Gerinneverlagerung</p> <p>Ufererosion bis auf eine Tiefe h_u mit resultierender Gerinneverlagerung.</p> <p>Die Fundation des Bauwerks ist nicht gefährdet, da ihre Einbindetiefe h_e grösser ist als h_u.</p> <p>Einwirkungen sind der hydrostatische und der hydrodynamische Wasserdruck sowie der Anprall mitgerissener Einzelkomponenten (Anprallkraft A_k).</p>	

Tabelle 25 (Fortsetzung)

<p>Bemessungssituation 5: Uferrutschung</p> <p>Ufererosion in Form einer Rutschung.</p> <p>Die Einwirkungen sind analog jenen infolge Rutschungen mittlerer oder tiefer Gleitfläche h_{ru}.</p>	
---	--

A.2 Nachweis der Tragsicherheit

- A.2.1 Lastfall für die Bemessungssituation 1, Statische Überschwemmung:
– der hydrostatische Druck q_w .
- A.2.2 Lastfall für die Bemessungssituation 2, Dynamische Überschwemmung:
– der hydrodynamische Druck q_f
– der hydrostatische Druck q_w
– der Anprall A_k mitgeführter Einzelkomponenten.
- A.2.3 Lastfall für die Bemessungssituation 3, Dynamische Überschwemmung mit Feststofferosion (Kolk) und -ablagerung:
– der hydrodynamische Druck q_f
– der hydrostatische Druck q_w
– der Anprall A_k mitgeführter Einzelkomponenten,
– die Feststofferosion h_k ,
– die Feststoffablagerung q_{fa} .
- A.2.4 Lastfall für die Bemessungssituation 4, Gerinneverlagerung:
– der hydrodynamische Druck q_f
– der Anprall A_k mitgeführter Einzelkomponenten.
- A.2.5 Lastfall für die Bemessungssituation 5, Uferrutschung:
– siehe Kapitel 4, Rutschungen.

A.3 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

- A.3.1 Hochwasser können die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen des Bauwerks sowie den Komfort der Personen, die das Bauwerk nutzen, beeinträchtigen. Die gewählte Dichtigkeitsklasse ist bis zur Wirkungshöhe des Hochwassers umzusetzen. Abweichungen sind zu begründen. Unter A.3.2 bis A.3.4 sind Minimalanforderungen aufgeführt. Diese Nachweise der Dichtigkeit sind für die nasse Vorsorge nicht zu erbringen.
- A.3.2 Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für BWK I umfasst den Nachweis der Dichtigkeitsklasse 4 für das Bauwerk gemäss SIA 272.
- A.3.3 Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für BWK II umfasst den Nachweis der Dichtigkeitsklasse 3 für das Bauwerk gemäss SIA 272 und den Nachweis der zulässigen Verformungen des Bauwerks.
- A.3.4 Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für BWK III umfasst den Nachweis der Dichtigkeitsklasse 2 für das Bauwerk gemäss SIA 272 und den Nachweis der zulässigen Verformungen des Bauwerks.
- A.3.5 Die SIA 271 ist zu beachten.
- A.3.6 Abweichende Dichtigkeitsanforderungen sind zu begründen und in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

Anhang B (informativ)

Rutschungen

B.1 Bemessungssituationen

Es sind folgende Bemessungssituationen zu beachten (nicht abschliessend, in Ergänzung ist auch die Situation im Grundriss, in Analogie zu untenstehender Tabelle, zu beurteilen. Die Veränderung des Hang- oder Grundwassers kann sehr grosse Auswirkungen auf die Bewegungen der Rutschung haben und ist oft der auslösende Faktor einer Rutschung):

Tabelle 26 Typische Bemessungssituationen bei Rutschungen (ohne Darstellung des Hangwasserspiegels)

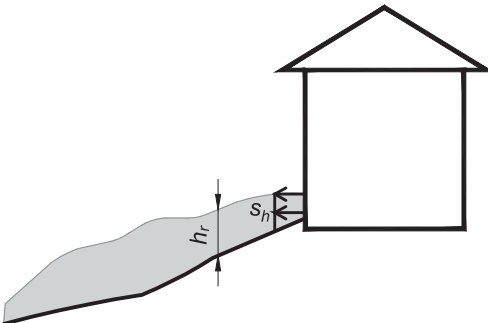
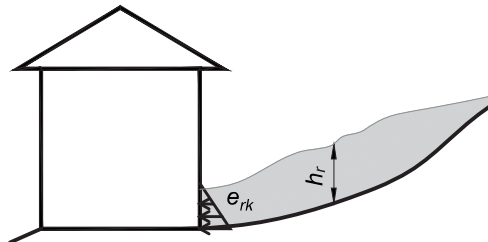
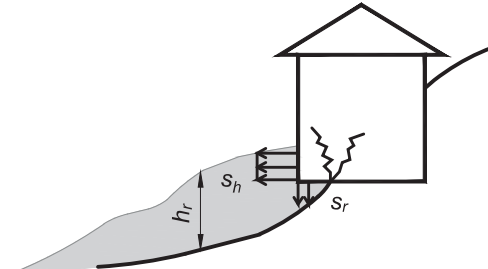
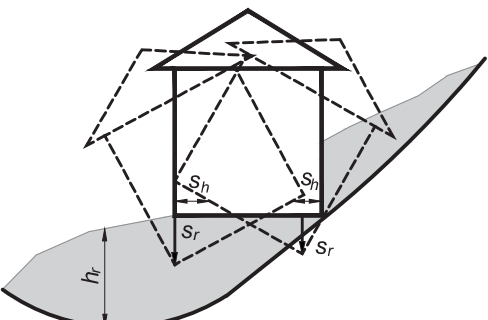
<p>Bemessungssituation 1: Flachgründige Rutschung bewegt sich vom Bauwerk weg</p> <p>Rutschung mit Verschiebung s_h weg vom Bauwerk.</p> <p>Sofern die Gleitfläche höher liegt als das Fundament, ist die Gesamtstabilität des Bauwerks in der Regel nicht beeinträchtigt.</p>	
<p>Bemessungssituation 2: Flachgründige Rutschung bewegt sich auf das Bauwerk zu</p> <p>Die Rutschung auf das Bauwerk führt zu Erddrücken an den Stirnwänden.</p> <p>Bei grosser Bodenmasse und kleiner Eigenlast des Bauwerks kann die Kipp- oder Gleitsicherheit gefährdet sein.</p> <p>Beim Bestimmen der Erddrücke infolge Rutschungen ist zu beachten, dass sich, wegen unterschiedlicher Verschiebungsgeschwindigkeiten, Erddrücke deutlich grösser als der Erdruchdruck einstellen können.</p>	
<p>Bemessungssituation 3: Mittelgründige Rutschung erfasst einen Teil des Bauwerks</p> <p>Rutschung mit Verschiebung s_h und Setzung s_r.</p> <p>Je nach Tragwerks- und Fundationskonzept kann die Tragsicherheit oder die Gesamtstabilität des Bauwerks beeinträchtigt sein.</p>	
<p>Bemessungssituation 4: Mittelgründige Rutschung erfasst das ganze Bauwerk</p> <p>Das Mass und die Art der resultierenden Verformungen hängen ab vom Tragwerks- und Fundationskonzept des Bauwerks.</p> <p>Die Gesamtstabilität, die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks sind als Folge der differentiellen Setzungen s_r und der Verschiebungen s_h betroffen.</p>	

Tabelle 26 (Fortsetzung)

<p>Bemessungssituation 5: Tiefgründige Rutschung gleichförmiger Geschwindigkeit</p> <p>Das gesamte Bauwerk wird von der Rutschbewegung erfasst.</p> <p>Die Rutschgeschwindigkeitsvektoren haben über die Einbindetiefe h_e nahezu gleichen Betrag und gleiche Richtung, und demzufolge entstehen nur kleine Differenzen der Horizontal- und Vertikalverschiebungen.</p>	
<p>Bemessungssituation 6: Tiefgründige Rutschung ungleichförmiger Geschwindigkeit</p> <p>Das gesamte Bauwerk wird von der Rutschbewegung erfasst.</p> <p>Die Rutschgeschwindigkeitsvektoren haben über die Einbindetiefe h_e unterschiedlichen Betrag und unterschiedliche Richtung.</p> <p>Es resultieren ausgeprägte Differenzen in den Horizontal- und Vertikalverschiebungen des Bauwerks.</p> <p>Die Gesamtstabilität, die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks sind erheblich gefährdet.</p>	

B.2 Hinweise für die Bemessung

Die Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit können erbracht werden:

- durch rechnerische Bemessung gemäss den Bestimmungen der vorliegenden Norm sowie nach SIA 260 und SIA 267,
- durch versuchsgestützte Bemessung gemäss SIA 260.

B.3 Nachweis der Tragsicherheit

Die Tragsicherheit ist für spontane und für permanente Rutschungen nachzuweisen.

B.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

- B.4.1 Permanente Rutschungen können die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen des Bauwerks sowie den Komfort der Personen, die das Bauwerk nutzen, beeinträchtigen.
- B.4.2 Der rechnerische Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei permanenten Rutschungen umfasst in erster Linie den Nachweis von Setzungen, Verschiebungen, Verkippen und Verformungen. Der Nachweis ist entsprechend den in der Nutzungsvereinbarung festgehaltenen Nutzungsanforderungen durchzuführen.
- B.4.3 Bei permanenten Rutschungen ist von einer Fachperson ein Erwartungswert der über die Nutzungsdauer kumulierten Verformungen und Setzungen aufzuzeigen. Die Gebrauchstauglichkeit ist für den Mittelwert der möglichen Verformungen und Setzungen während der Nutzungsdauer nachzuweisen.
- B.4.4 Bei spontanen Rutschungen ist ein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nicht erforderlich. So weit als möglich sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen zu ergreifen.

Anhang C (normativ)

Murgänge

c.1 Bemessungssituationen

Es sind folgende Bemessungssituationen zu beachten (nicht abschliessend):

Tabelle 27 Typische Bemessungssituationen bei Murgängen

<p>Bemessungssituation 1: Murgang prallt auf Bauwerk</p> <p>Murganganprall auf das Bauwerk mit Fließhöhe h_f und Stauhöhe h_{stau}, welche die Gebäudehöhe h_g nicht überragen.</p> <p>Die massgebende Einwirkung ist der Druck q_f auf die Bauwerksaussenseite. Weitere Einwirkungen sind Reibungskräfte q_{fr} und Anprallkräfte von Einzelkomponenten einer Ersatzkraft A_k.</p>	
<p>Bemessungssituation 2: Murgang umfließt Bauwerk dank Ablenkmassnahmen (Spaltkeil)</p> <p>Auf den Spaltkeil wirken Drücke infolge Umfließung und Reibung. Auf den Keil wirkt der um den Ablenkwinkel β reduzierte Druck $q_{f,\beta}$. Der Spaltkeil muss überdies eine ausreichende Höhe aufweisen. Weitere mögliche Einwirkungen sind Anprallkräfte von Einzelkomponenten.</p>	

c.2 Nachweis der Tragsicherheit

- C.2.1 Lastfall für die Bemessungssituation 1, Murgang prallt auf Bauwerk:
- dynamischer Druck q_f auf Bauwerksaussenseiten unter Berücksichtigung der Ablenkung und der Reibung,
 - Anprall von Einzelkomponenten,
 - vertikale Auflast,
 - gegebenenfalls zeitlich nachfolgende hydrodynamische und hydrostatische Wasserdrücke als aussergewöhnliche Einwirkung.
- C.2.2 Lastfall für Bemessungssituation 2, Murgang umfließt Bauwerk dank Ablenkmassnahmen (Spaltkeil):
- Druck $q_{f,\beta}$ auf Spaltkeil,
 - Anprall von Einzelkomponenten als aussergewöhnliche Einwirkung.

c.3 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Bei Murgängen ist ein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nicht erforderlich. So weit als möglich sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen zu ergreifen.

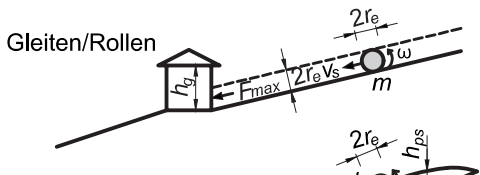
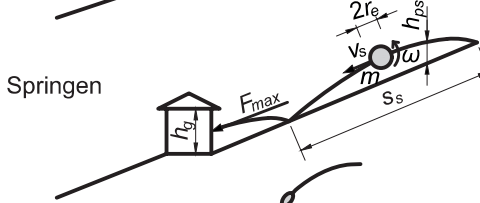
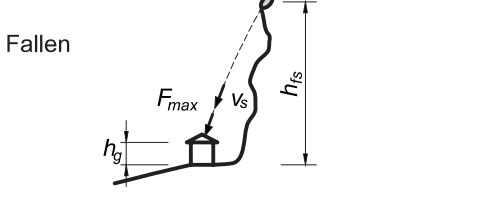
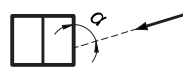
Anhang D (informativ)

Stein-, Block-, Eisschlag

D.1 Bemessungssituationen

- D.1.1 Die nachfolgend beschriebenen Methoden zur Berechnung der Kräfte beziehen sich ausschliesslich auf Tragwerke aus Stahlbeton. Bei anderen Baustoffen (Stahl, Mauerwerk usw.) entstehen andere Kräfte und es müssen Berechnungsmethoden angewandt werden, die von dieser Norm nicht abgedeckt werden.
- D.1.2 Es sind folgende Bemessungssituationen zu beachten (nicht abschliessend).

Tabelle 28 Typische Bemessungssituationen bei Stein- und Blockschlag

<p>Bemessungssituation 1: Sturzkomponenten rollen oder gleiten</p> <p>Die Bemessungslast wirkt in einer Höhe $h = 1,5 \cdot r_e$. Bei einem Anprallwinkel kleiner als 70° kann die Bemessungslast in die einzelnen Komponenten aufgeteilt werden.</p>	<p>Gleiten/Rollen</p> 
<p>Bemessungssituation 2: Sturzkomponenten springen</p> <p>Die Bemessungslast kann bis in eine Höhe h_{ps} wirken. Bei einem Anprallwinkel kleiner als 70° kann die Bemessungslast in die einzelnen Komponenten aufgeteilt werden.</p>	<p>Springen</p> 
<p>Bemessungssituation 3: Sturzkomponenten fallen</p> <p>Die Bemessungslast wirkt auf die Dachkonstruktion. Die Erdbeschleunigung während des Anpralls kann vernachlässigt werden.</p>	<p>Fallen</p>  <p>Grundriss</p> 

D.2 Charakteristische Werte

- D.2.1 Die maximale dynamische Kraft F_{max} und die maximale Verzögerung a_{max} sind die beim dynamischen Abbremsvorgang auf Stahlbeton wirkenden theoretischen Maximalwerte. Die Einwirkung auf das Tragwerk wird mit einer statischen Ersatzkraft A_k bzw. einer Bemessungslast A_d angesetzt.
- D.2.2 Das dynamische Verformungsvermögen (w_{el} und w_{pl}) bei Durchstanzen gemäss Tabelle 9 ist anhand von Versuchsergebnissen aus der Literatur festgelegt worden. Die Werte für w_{el} und w_{pl} können mit einem theoretischen Modell gemäss Figur 20 bestätigt werden. Dabei wird angenommen, dass der Beton vollständig versagt und die ganze kinetische Energie durch die Bewehrung aufgenommen wird. Bei einer maximalen Stahldehnung von 2% ergeben sich Verformungen in der gleichen Grössenordnung (siehe Tabelle 29).

Figur 20 Modell zur Abschätzung des Verformungsvermögens

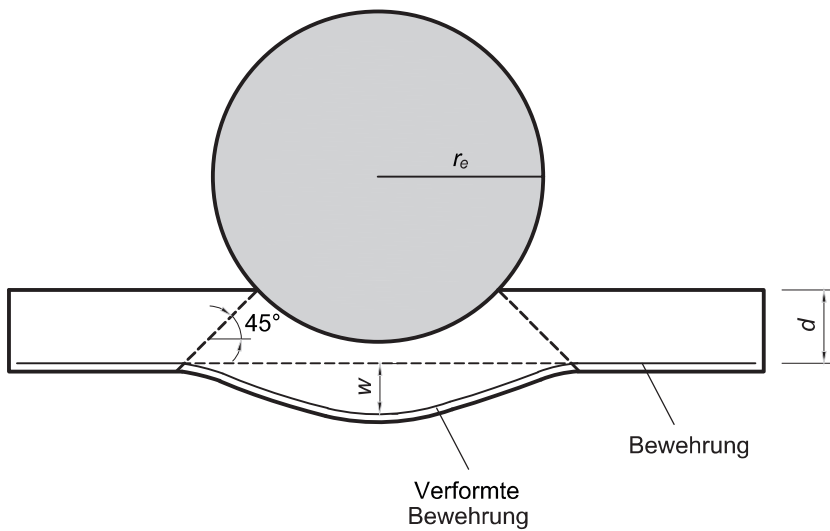
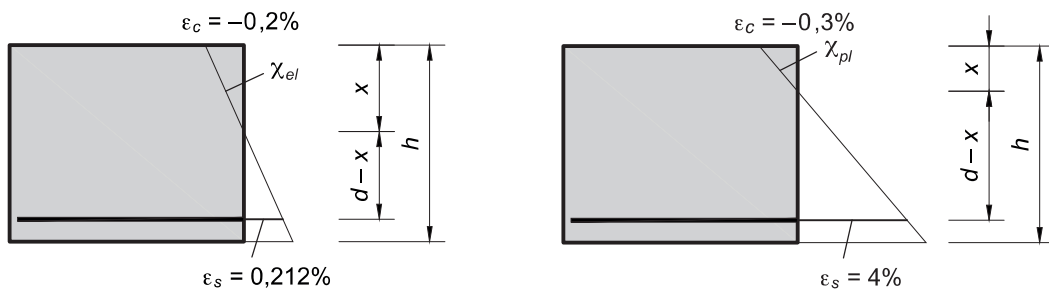


Tabelle 29 Verformungsvermögen bei Durchstanzversagen

r_e in m	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
m in kg	94	317	750	1470	2530	4020	6000	8500	11 700
w in mm	12	18	23	29	35	41	47	53	59

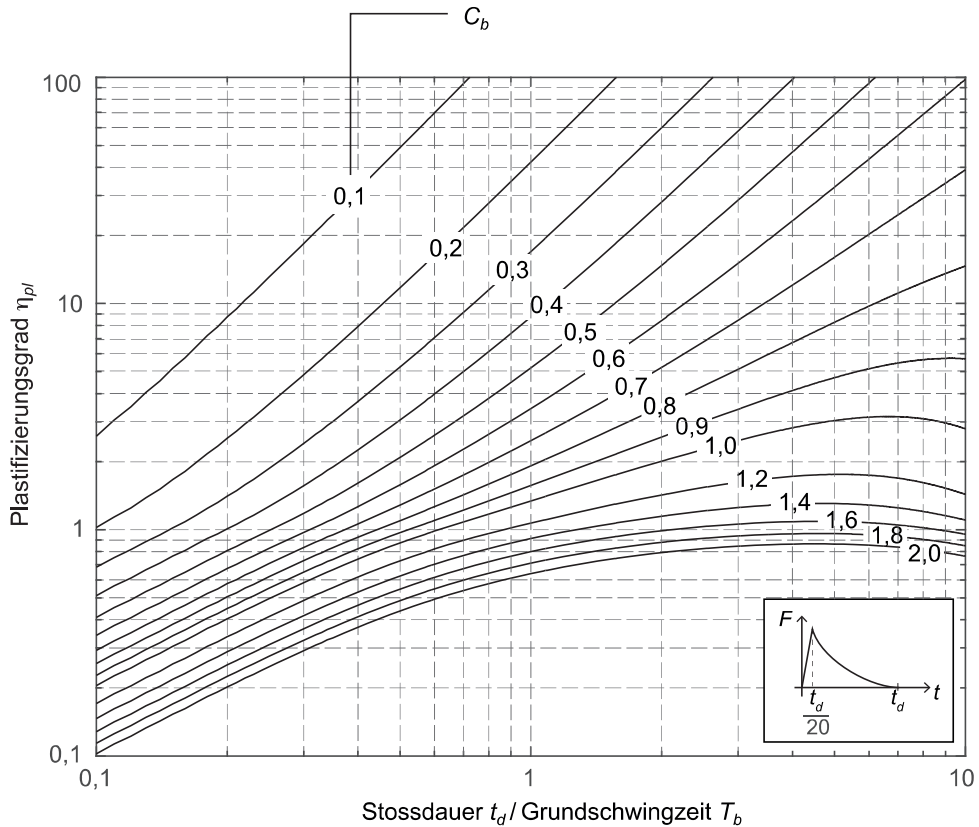
D.2.3 Das dynamische Verformungsvermögen (w_{el} und w_{pl}) bei Biegebeanspruchung ist theoretisch hergeleitet worden auf Grundlage der Dehnungsebenen in Figur 21.

Figur 21 Dehnungsdiagramme. Links, zur Bestimmung des elastischen Verformungsvermögens; rechts, zur Bestimmung des plastischen Verformungsvermögens



D.2.4 Das nichtlineare Tragwerksverhalten wird mit dem dynamischen Baustofffestigkeitsbeiwert c_b berücksichtigt. Dabei ist der definierte Kraftstoß zu verwenden, die Stoßdauer t_d dementsprechend einzusetzen und der c_b -Wert zu bestimmen, siehe Figur 22. Vorgängig muss die Grundschwingzeit T_b des Tragwerks bestimmt werden.

Figur 22 Diagramm zur Bestimmung des dynamischen Baustofffestigkeitsbeiwerts c_b



D.2.5 Bei Anprall von Einzelkomponenten bei den Naturgefahren Hochwasser, Murgang und Lawinen gelten jeweils Werte für c_b gemäss Tabelle 30.

Tabelle 30 Dynamischer Baustofffestigkeitsbeiwert c_b bei Hochwasser, Murgängen und Lawinen

	Durchstanzen	Biegung
Hochwasser	1,2	0,4
Murgang	1,2	0,4
Lawinen	0,7	0,4

D.2.6 Die Bemessungswerte der Betondruckfestigkeit f_{cd} und der Schubspannungsgrenze τ_{cd} aus Tabelle 8 in SIA 262:2013, Ziffer 4.2.1.4, können um 25% bzw. 12% erhöht werden.

D.2.7 Die Bemessungswerte der Fließgrenze von Betonstahl f_{sd} aus Tabelle 9 in SIA 262:2013, Ziffer 4.2.2.1, können um 15% erhöht werden.

D.3 Nachweis der Tragsicherheit

- D.3.1 Die Anprallkräfte sind als aussergewöhnliche Einwirkung in ungünstigster Stellung auf den exponierten Wände und gegebenenfalls auf der Dachkonstruktion anzusetzen.
- D.3.2 Lastfall für die Bemessungssituation 1:
Bei rollenden Komponenten wird die Grösse der Anprallfläche zu $A = 4 \cdot r_e^2$ festgelegt. Die Anprallfläche kann auf der ganzen Gebäudebreite angesetzt werden.
- D.3.3 Lastfall für die Bemessungssituation 2:
Bei springenden Komponenten wird die Anprallfläche ($A = 4 \cdot r_e^2$) der wirkenden Kräfte in der ungünstigsten Position bezüglich des Tragwerks angesetzt.
- D.3.4 Lastfall für die Bemessungssituation 3:
Bei fallenden Komponenten werden sowohl die Aussenwände wie auch die Decke des Gebäudes betroffen. Die Anprallfläche ($A = 4 \cdot r_e^2$) der wirkenden Kräfte wird sowohl vertikal wie auch horizontal in den ungünstigsten Positionen bezüglich des Tragwerks angesetzt.

D.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Ein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist nicht erforderlich. So weit als möglich sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen zu ergreifen.

Anhang E (normativ)

Lawinen

E.1 Bemessungssituationen

Es sind folgende Bemessungssituationen zu beachten (nicht abschliessend):

Tabelle 31 Typische Bemessungssituationen bei Lawinen

<p>Bemessungssituation 1: Flieslawine prallt auf Bauwerk</p> <p>Flieslawinenanprall auf das Bauwerk mit Fliesshöhe h_f und Stauhöhe h_{stau}, die zusammen mit der Schneedeckenhöhe h_n die Gebäudehöhe h_g nicht überragen.</p> <p>Die seitlichen Aussenwände sind gegen einen Lawinendruck $q_{fn,\alpha}$ und eine Reibkraft $q_{fr,\alpha}$ zu bemessen, die sich bei einer Ablenkung der Schneemassen um $\alpha \pm 20^\circ$ gegenüber der Hauptflussrichtung ergeben.</p>	
<p>Bemessungssituation 2: Flieslawine umfließt Bauwerk dank Ablenkmassnahmen (Spaltkeil)</p> <p>Auf den Spaltkeil wirken Drücke $q_{fn,\beta}$ infolge Ablenkung der Lawine und Reibung $q_{fr,\beta}$. Die Drücke sind in Funktion des Ablenkwinkels β reduziert. Der Ablenkwinkel β soll in der Regel 30° nicht überschreiten.</p> <p>Die Höhe des Spaltkeils ist so zu wählen, dass kein Überfließen stattfindet.</p>	
<p>Bemessungssituation 3: Staublawine prallt auf Bauwerk</p> <p>Die Staudrücke der Suspensionsschicht q_{susp} und der Saltationsschicht q_{salt} wirken auf die lawinenseitige Aussenwand. Auf das Dach, die Rückwand und die Seitenwände wirken Sog- und Druckkräfte, die gemäss SIA 261 zu berechnen sind. Die Staudrücke q_{susp} nehmen mit der Höhe ab.</p>	

Tabelle 31 (Fortsetzung)

<p>Bemessungssituation 4: Fliesslawine überfließt Bauwerk, das in das Terrain eingepasst ist (Ebenhöch)</p> <p>Auf das Dach wirken Normalkräfte und Schubkräfte. Dieses Gefährdungsbild entspricht der Einwirkungsart, wie sie bei Lawinengalerien auftritt. Für die Bemessung gilt sinngemäss Fall 2 der Richtlinie «Einwirkungen infolge Lawinen auf Schutzgalerien» (ASTRA/SBB, 2007). Die Einwirkung setzt sich aus der natürlich abgelagerten Schneedecke, dem bewegten Lawinenschnee und allenfalls aus der Umlenkung der Lawine zusammen, wenn die Distanz zwischen Gefällsbruch und Dach des Bauwerks kleiner ist als die sechsfache Fliesshöhe h_f.</p>	
--	--

E.2 Hinweise für die Bemessung

- E.2.1 Lawinen sind in der Regel als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Tritt die Lawine als veränderliche Einwirkung auf, sind die Lastbeiwerte γ_F gemäss SIA 260 zu bestimmen.
- E.2.2 Die Reduktionsbeiwerte für Lawinen gehen aus Tabelle 32 hervor.

Tabelle 32 Reduktionbeiwerte für Lawinen

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Fliess- oder Staublawine	0,6	0	0

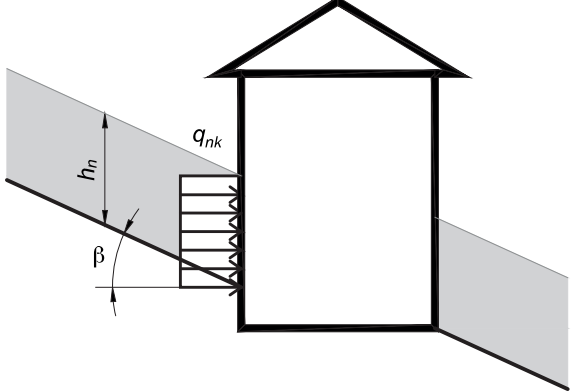
- E.2.3 Tritt die Lawine als aussergewöhnliche Einwirkung auf, ist bei einer Höhe über Meer von mehr als 1000 m die Schneelast als veränderliche Begleiteinwirkung mit einem Reduktionsbeiwert $\psi_2 = 0,8$ zu berücksichtigen.
- E.2.4 Falls Bauwerke von aus verschiedenen Richtungen eintreffenden Lawinen betroffen sind, ist die Bemessung für unabhängige Bemessungssituationen vorzunehmen. In der Regel ist nicht mit einem gleichzeitigen Auftreten von Lawinen aus verschiedenen Richtungen zu rechnen.
- E.2.5 Ein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist nicht erforderlich. So weit als möglich sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen zu ergreifen.

Anhang F (normativ) Schneedruck auf Hängen

F.1 Bemessungssituationen

Es ist die folgende Bemessungssituation zu beachten (nicht abschliessend):

Tabelle 33 Typische Bemessungssituation bei Schneedruck auf Hängen

<p>Bemessungssituation 1: Schneedruck wirkt auf Gebäude</p> <p>Die gleitende und kriechende Schneedecke wirkt in der Hangfalllinie als Schneedruck q_{nk} auf die Stirnseite des Gebäudes.</p>	
--	--

F.2 Hinweise für die Bemessung

F.2.1 Die Lastbeiwerte γ_F beim Schneedruck, einer veränderlichen Einwirkung, sind gemäss SIA 260 zu bestimmen.

F.2.2 Die Reduktionsbeiwerte für Schneedruck gehen aus Tabelle 34 hervor.

Tabelle 34 Reduktionsbeiwerte für Schneedruck

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Schneedruck	0,6	0,5	0

Anhang G (normativ)

Hagel

G.1 Karte der Hagelzonen

Figur 23 Karte der Hagelzonen



Anhang H (normativ)

Kranbahnen

Tabelle 35 Reduktionsbeiwerte für Kranbahnen

Einwirkungen	ψ_0 (selten)	ψ_1 (häufig)	ψ_2 (quasi-ständig)
Kranlasten	1,0	1,0	0
Horizontale Kräfte ¹⁾	1,0	1,0	0
Schneelasten	$1 - 60/h$ ²⁾	$1 - 250/h$ ²⁾	$1 - 1000/h$ ²⁾
Windkräfte	0,6	0,5	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,5	0
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7

¹⁾ Die horizontalen Kräfte sind mit den Kranlasten als gleichzeitig wirkend anzunehmen.

²⁾ Werte nicht negativ, Meereshöhe h in m.

Tabelle 36 Richtwerte für Durchbiegungen und Auslenkungen von Kranbahnträgern und -stützen

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten	häufig	quasi-ständig
Funktionsstüchtigkeit ³⁾			
– Nutzung und Betrieb, Kranbahnträger		$w \leq l/700$ ^{1) 2) 3)}	
– Nutzung und Betrieb, Kranbahnstützen		$u \leq l/800$ ²⁾ $u \leq h/300$ ²⁾ $\Delta u \leq 0,02 \text{ m}$ ^{2) 4)}	

¹⁾ Bei mehreren Kranen pro Kranbahn sind im Normalfall zwei unabhängig fahrende Krane zu berücksichtigen.

²⁾ Infolge der veränderlichen Einwirkungen.

³⁾ Kranlasten ohne dynamischen Beiwert.

⁴⁾ Differenz der Auslenkung von zwei gegenüberstehenden Stützen.

Die horizontalen Auslenkungen sind gemäss SIA 262 bis SIA 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für horizontale Auslenkungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden.

Anhang J (informativ)

Publikationen

Dieser Anhang enthält Hinweise zu weiterführenden Publikationen zum Thema der vorliegenden Norm. Sie haben ausschliesslich informativen Charakter.

J.1 Publikationen des SIA

Dokumentation SIA D 0188 Wind – Kommentar zum Kapitel der Normen SIA 261 und SIA 261/1 (2003)
Einwirkungen auf Tragwerke
Dokumentation SIA D 0260 Entwerfen und Planen mit Naturgefahren im Hochbau
Wegleitung SIA 4002 Hochwasser – Wegleitung zur Norm SIA 261/1
Herausgeber: SIA, Zürich (www.sia.ch)

J.2 Europäische Normen

SN EN 1991-1-2 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke
SN EN 1991-1-2/NA:2016 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke – Nationaler Anhang NA zu SN EN 1991-1-2:2002
SN EN 1991-1-3 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten
SN EN 1991-1-3/NA:2016 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten – Nationaler Anhang NA zu SN EN 1991-1-3:2002
SN EN 1991-2 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
SN EN 1991-2/NA:2016 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken – Nationaler Anhang NA zu SN EN 1991-2:2003
Herausgeber: SIA, Zürich (www.sia.ch)

J.3 Publikationen des Bundesamts für Umwelt BAFU

Vollzugshilfe UV-1608 Schutz vor Massenbewegungsgefahren, Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren, BAFU, 2016
Empfehlung VU-7505 Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, BAFU, 1997
Richtlinie VU-7500 Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten, BAFU, 1984
Bezug: www.bafu.admin.ch

J.4 Publikationen des Bundesamtes für Strassen ASTRA

Richtlinie ASTRA 12 006 Einwirkungen infolge Steinschlags auf Schutzgalerien, ASTRA, 2008
Richtlinie ASTRA 12 007 Einwirkungen infolge Lawinen auf Schutzgalerien, ASTRA und SBB AG Infrastruktur, 2007
Bezug: www.astra.admin.ch

J.5 Publikationen des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF

WSL Berichte 28 Berücksichtigung der Lawinen- und Schneedruckgefährdung bei Seilbahnen – Ein Leitfaden für die Praxis, Davos und Birmensdorf, 2015
Bezug: www.wsl.ch

Anhang K (informativ)

Verzeichnis der Begriffe

Tabelle 37 Alphabetisches Verzeichnis der in Kapitel 1 definierten Begriffe

Deutsch	Französisch	Italienisch	Englisch	Ziffer
Bedeutungsbeiwert	Facteur d'importance	Coefficiente d'importanza	Importance factor	1.1.3
Höhenzuschlag	Majoration de la hauteur	Supplemento di altezza	Additional height	1.1.4
Intensitätskarte	Carte des intensités	Carta delle intensità	Intensity map	1.1.5
Mobile Schutzmassnahme	Mesure de protection mobile	Misure protettive mobili	Mobile protection measure	1.1.6
Objektschutzmassnahme	Mesure de protection d'objet	Misure di protezione dell'oggetto	Building protection measure	1.1.9
Permanente Schutzmassnahme	Mesure de protection permanente	Misure di protezione permanenti	Permanent protection measure	1.1.8
Referenzwiederkehrperiode	Période de retour de référence	Periodo di ritorno di riferimento	Reference return period	1.1.2
Saltationsschicht	Couche de saltation	Strato di saltazione	Saltation layer	1.1.11
Schutzgrad	Degré de protection	Grado di protezione	Degree of protection	1.1.10
Suspensionsschicht	Couche en suspension	Strato in sospensione	Suspension layer	1.1.12
Teilmobile Schutzmassnahme	Mesure de protection partiellement mobile	Misure protettive semi-mobili	Semi-mobile protection measures	1.1.7
Wiederkehrperiode	Période de retour	Periodo di ritorno	Return period	1.1.1

In der Kommission SIA 261 und in der Arbeitsgruppe SIA 261/1 vertretene Organisationen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
VKF	Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen
WSL	Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Kommission SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke

		Vertreter von
Präsident	Pierino Lestuzzi, Dr. sc. techn., ing. civil dipl. EPF/SIA, Lausanne	EPFL
Mitglieder	Andrea Bassetti, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	Projektierung
	Michael Baur, Prof. Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. TU/SIA, Horw	Fachhochschule
	Blaise Duvernay, dipl. Bau-Ing. ETH, Bern	BAFU
	Thomas Egli, Dr. sc. techn., dipl. Kulturing. ETH/SIA, St. Gallen	Projektierung
	Armand Fürst, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Aarwangen	Projektierung
	Claudio Hauser, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	VKF
	Andreas Keller, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Bern	Projektierung
	Stefan Margreth, dipl. Bau-Ing. ETH, Davos	WSL
	Alain Nussbaumer, Prof. Dr, ing. civil dipl. EPF/SIA, Lausanne	EPFL
	Giovanni Pedrozzi, ing. civil dipl. EPF/SIA, Lugano	Projektierung
	Fritz Ruchti, dipl. Bau-Ing. HTL, Bern	BAV
	Rudolf Vogt, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	Projektierung
	Thomas Wenk, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	Projektierung

Arbeitsgruppe SIA 261/1

Vorsitz	Thomas Egli, Dr. sc. techn., dipl. Kulturing. ETH/SIA, St. Gallen	Projektierung
Mitglieder	Blaise Duvernay, dipl. Bau-Ing. ETH, Bern	BAFU
	Werner Gerber, dipl. Bau-Ing. FH, Birmensdorf	Projektierung
	Claudio Hauser, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	VKF
	Alois Käslin, dipl. Bau-Ing. FH, Hergiswil	Projektierung
	Andreas Keller, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Bern	Projektierung
	Stefan Margreth, dipl. Bau-Ing. ETH, Davos	WSL
	Thomas Wenk, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zürich	Projektierung

Verantwortliche
SIA Geschäftsstelle

Heike Mini, dipl. Bau-Ing. TU/SIA, Zürich

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat die vorliegende Norm SIA 261/1 am 2. Juni 2020 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. November 2020.

Sie ersetzt die Norm SIA 261/1 *Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen*, Ausgabe 2003.

Copyright © 2020 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe und Speicherung sowie das der Übersetzung, sind vorbehalten.

Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires

Azioni sulle strutture portanti – Disposizioni complementari

Actions on structures – Supplementary Specifications

Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen

Korrigenda C1 zur Norm SIA 261/1:2020

Referenznummer
SN 505261/1-C1:2022 de

Gültig ab: 2022-11-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

SIA 261/1-C1:2022

Die vorliegende Korrigenda SIA 261/1-C1:2022 zur Norm SIA 261/1:2020 wurde von der SIA-Kommission für Tragwerksnormen am 21.10.2022 genehmigt.

Sie ist gültig ab 01.11.2022.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 261/1 zur Verfügung.

Korrigenda C1 zur Norm SIA 261/1:2022 de

Seite	Ziffer/ Figur	bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert)	Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert)
23	6.3.5 Gleichung 13	$r_e = \sqrt[3]{\frac{4}{3} \cdot \frac{m}{\pi \cdot \rho_s}}$	$r_e = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{m}{\pi \cdot \rho_s}}$