

Kanton Graubünden

Gemeinde Davos

Verbauung Guggerbach

Instandsetzung Sperren

Auflageprojekt

Statische Berechnungen

Plan - Nr. 340.10 - F_039
Davos, Januar 2026

Der Projektverfasser:
DIAG Davoser Ingenieure AG

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Berechnungsgrundlagen	4
1.1 Normen und Richtlinien	4
1.2 Projektspezifische Grundlagen	4
1.3 Computerprogramme	4
2. Allgemeine Annahmen für die Berechnungen	4
2.1 Statisches Konzept	4
2.2 Bemessungsquerschnitte	5
2.3 Baugrundmodell	6
3. Baustoffe	6
4. Einwirkungen	7
4.1 Ständige Einwirkungen	7
4.2 Veränderliche Einwirkungen	7
4.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen	7
5. Gefährdungsbilder	8
6. Geotechnische Bemessung	10
6.1 Eigenschaften der ungespannten Anker und Mikropfähle	10
6.1.1 Ungespannte Anker	10
6.1.2 Mikropfähle	10
6.2 Bemessung Hangsicherung	11
6.2.1 GZ Typ 3 Globale Hangstabilität	11
7. Tragwerksbemessung	12
7.1 Bemessung Vorsperre	12
7.1.1 Ungespannte Anker und Mikropfähle	12
7.1.2 Spundwandprofil	12
7.2 Bemessung Hangsicherung	12
7.2.1 Ungespannte Anker und Mikropfähle	12
7.2.2 Spundwandprofil	13
8. Zusammenfassung der statischen Berechnungen	13
8.1 Vorgehen	13
8.2 Vorsperre	13
8.3 Hangsicherung	14

Anhang

- 1 Nachweise Vorsperre Sperre 37 Grenzzustand 1 „GB Strömungsdruck“
- 2 Nachweise Hangsicherung Sperre 32 Grenzzustand 1 „GB Schnee“

1. Berechnungsgrundlagen

1.1 Normen und Richtlinien

- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung
- SIA 261 (2014) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- SIA 262 (2013) Betonbau
- SIA 262/1 (2013) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 263 (2013) Stahlbau
- SIA 267 (2013) Geotechnik
- SIA 267/1 (2013) Geotechnik – Ergänzende Festlegungen

1.2 Projektspezifische Grundlagen

- Nutzungsvereinbarung, Verbauung Guggerbach Davos, DIAG Davoser Ingenieure AG, Davos, Januar 2026
- Wasserbauliche Berechnungen Instandsetzung Guggerbach Davos der Herzog Ingenieure AG, Davos Platz, Oktober 2025 [1]
- Digitales Geländemodell, Darnuzer Ingenieure AG, Davos Platz, Juli und Oktober 2024

1.3 Computerprogramme

- Larix 8, Version 1.00.0, Cubus AG

2. Allgemeine Annahmen für die Berechnungen

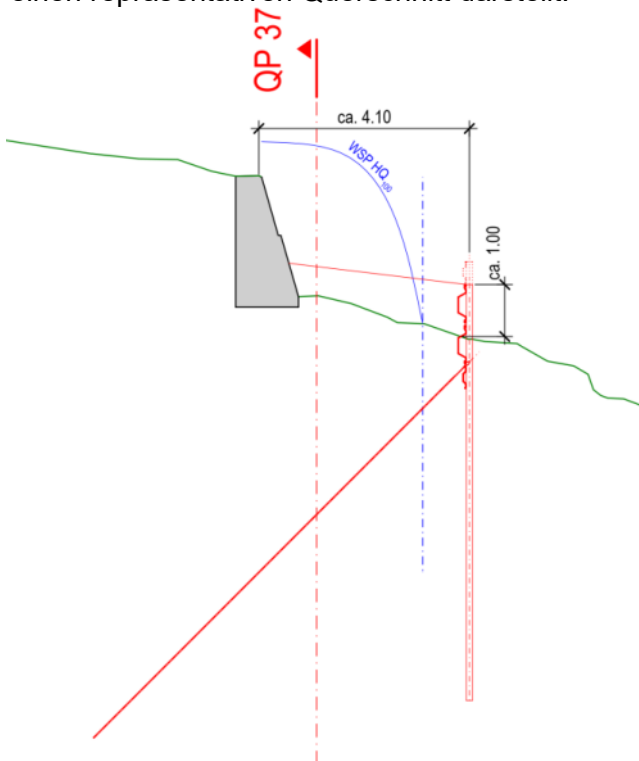
2.1 Statisches Konzept

Um im Ereignisfall die Bildung eines Tosbeckens unterhalb der bestehenden Bachsperrern zuzulassen - ohne Beschädigung der Sperrern sowie der nachfolgenden Bachsohlen - werden Vorsperrern aus Stahl erstellt. Diese bestehen aus horizontal verlegten Spundwandprofilen, die mit Pfählen und Ankern gestützt werden.

An den Flanken des Tosbeckens werden, wo erforderlich, ebenfalls Spundwandprofile eingebracht. Somit wird der Böschungsfuss gehalten und die Hangstabilität im Ereignisfall gewährleistet.

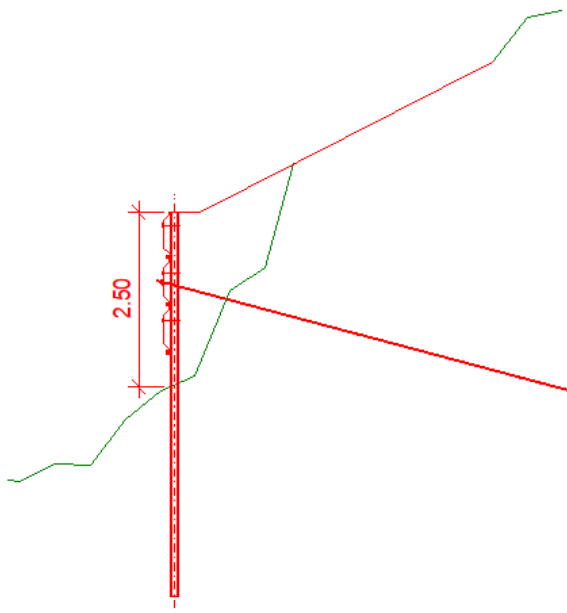
2.2 Bemessungsquerschnitte

Die erforderlichen Nachweise der Vorsperren werden bei der Sperre 37 erbracht, da diese einen repräsentativen Querschnitt darstellt:



Bemessungsquerschnitt Vorsperre

Die erforderlichen Nachweise der Vorsperren werden bei der Sperre 32 erbracht, da diese einen repräsentativen Querschnitt darstellt:



Bemessungsquerschnitt Hangsicherung

2.3 Baugrundmodell

Es besteht kein geologisch-geotechnischer Bericht. Die Sohle des Guggerbachs besteht zum grössten Teil aus Bachschutt. Im oberen Teil des Bachverlaufs wird der Fels in der Bachsohle aufgeschlossen.

An den Seitenhängen des Guggerbachs liegen unter dem Oberboden Kiessand vor, der stellenweise Einschlüsse von Feinanteilen aufweist.

Die aufgeführten Baugrundkennwerte werden für die Nachweise verwendet:

Bachschutt

Feuchtraumgewicht	$\gamma_f =$	20±1	kN/m ³
Scherfestigkeit	$\varphi =$	34±2	°
Kohäsion	$c =$	0±0	kN/m ²

Kiessand Seitenhänge

Feuchtraumgewicht	$\gamma_f =$	21±1	kN/m ³
Scherfestigkeit	$\varphi =$	33±1	°
Kohäsion	$c =$	0±0	kN/m ²

Aufgrund von Erfahrungswerten kann im vorliegenden Baugrund bei ungespannten Ankern von $R_{a,d} = 45\text{kN/m}$ ausgegangen werden bei einem Bohrdurchmesser von 89mm. Diese Werte sind am Bau zu überprüfen.

3. Baustoffe

Stahl

Bezeichnung: S235

Bemessungswerte aus SIA 263 / Tabelle 1:

Streckgrenze	$f_y =$	235	N/mm ²
Zugfestigkeit	$f_u =$	360	N/mm ²
Fliessschubspannung	$\tau_{cd} =$	205	N/mm ²
E-Modul	$E_s =$	210'000	kN/mm ²

Ungespannte Anker

Swiss Gewi Anker \varnothing 32mm, Korrosionsschutzstufe 1

Fliessgrenze	$f_{sk} =$	500	N/mm ²
Zugfestigkeit	$f_{tk} =$	580	N/mm ²

Mikropfähle

HEM200, Korrosionsschutzstufe 1

Streckgrenze	$f_y =$	235	N/mm ²
Zugfestigkeit	$f_u =$	360	N/mm ²

4. Einwirkungen

4.1 Ständige Einwirkungen

Eigenlasten

Eigenlast Stahl $\gamma_k = 78.5 \text{ kN/m}^3$

Baugrund

Bachscht

Feuchtraumgewicht $\gamma_f = 20 \pm 1 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit $\varphi = 34 \pm 2^\circ$

Kohäsion $c = 0 \pm 0 \text{ kN/m}^2$

Kiessand Seitenhänge

Feuchtraumgewicht $\gamma_f = 21 \pm 1 \text{ kN/m}^3$

Scherfestigkeit $\varphi = 33 \pm 1^\circ$

Kohäsion $c = 5 \pm 2 \text{ kN/m}^2$

Erddruck

Wandreibungswinkel aktiv $\delta_a = 0.67 \times \varphi^\circ$

Wandreibungswinkel passiv $\delta_p = -0.5 \times \varphi^\circ$

Für die Bemessung der Abstützung der Seitenflanken wird der aktive Erddruck berücksichtigt.

4.2 Veränderliche Einwirkungen

Wasserdruck

Hydrostatischer Druck auf Vorsperre $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$

Schneelast

$p_s = 10.0 \text{ kN/m}^2$

4.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

Murgang

Strömungsdruck auf Vorsperre gem. [1] $F = 70 \text{ kN/m}$

5. Gefährdungsbilder

In der folgenden Tabelle sind die massgebenden Gefährdungsbilder für den jeweiligen Grenzzustand zusammengestellt:

Gefährdungsbilder für GZ Typ 1, Gesamtstabilität des Tragwerks

Vorsperre

Gefährdungsbild	Eigenlasten / ständige Auflasten	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Murgang	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenlasten $\gamma_G = 1.00$ • Auflasten $\gamma_G = 1.00$ • Erddruck $\gamma_{G,Q} = 0.70 / 1.00$ • Erdwiderstand $\gamma_M = 1.40$ • 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömungsdruck $\gamma_w = 1.00$ 	

Hangsicherung

Gefährdungsbild	Eigenlasten / ständige Auflasten	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Schnee	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenlasten $\gamma_G = 0.90 / 1.10$ • Erddruck $\gamma_{G,Q} = 0.80 / 1.35$ • Erdwiderstand $\gamma_M = 1.40$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnee $\gamma_{Q1} = 1.50$ 	

Gefährdungsbilder für GZ Typ 2, Tragwiderstand des Tragwerks oder eines seiner Teile

Vorsperre

Gefährdungsbild	Eigenlasten / ständige Auflasten	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Murgang	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenlasten $\gamma_G = 1.00$ • Erddruck $\gamma_{G,Q} = 1.00$ • Erdwiderstand $\gamma_M = 1.00$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömungsdruck $\gamma_w = 1.00$ 	

Hangsicherung

Gefährdungsbild	Eigenlasten / ständige Auflasten	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Schnee	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenlasten $\gamma_G = 1.00 / 1.35$ • Erddruck $\gamma_{G,Q} = 0.70 / 1.35$ • Erdwiderstand $\gamma_M = 1.40$ • Wasserdruck $\gamma_G = 0.90 / 1.20$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnee $\gamma_{Q1} = 1.50$ 	

Gefährdungsbilder für GZ Typ 3, Tragwiderstand des Baugrunds

Hangsicherung

Gefährdungs- bild	Eigenlasten / ständige Auflasten	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Schnee	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenlasten $\gamma_G = 1.00$ • Auflasten $\gamma_G = 1.00$ • Erddruck $\gamma_{G,Q} = 1.00$ • Wasserdruck $\gamma_G = 1.00$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnee $\gamma_{Q1} = 1.30$ 	

6. Geotechnische Bemessung

6.1 Eigenschaften der ungespannten Anker und Mikropfähle

6.1.1 Ungespannte Anker

Anker Swiss Gewi:

Stahlquerschnitt	$A_S = 491 \text{ mm}^2$	für $\varnothing 25\text{mm}$
	$A_S = 804 \text{ mm}^2$	für $\varnothing 32\text{mm}$
Fliessgrenze	$f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$	
Zugfestigkeit	$f_{tk} = 580 \text{ N/mm}^2$	

Innerer Tragwiderstand:

$R_{i,d} = (A_S \times f_{sk}) / \gamma_M$	= 182 kN	für $\varnothing 25\text{mm}$
	= 298 kN	für $\varnothing 32\text{mm}$

Äusserer Tragwiderstand:

Verankerung im Lockergestein:

$R_{a,d}$	= 45 kN/m	Erfahrungswert
Schubspannung an Mantelfläche τ_{mk}	$\tau_{mk} = 0.20 \text{ N/mm}^2$	

Zur Verifizierung der Annahmen für den äusseren Tragwiderstand sind bei Baubeginn zwingend Ausziehversuche durchzuführen (3 Versuche pro unterschiedlichen Baugrundtyp).

6.1.2 Mikropfähle

Pfahl HEM100:

Stahlquerschnitt	$A_s = 5'320 \text{ mm}^2$	
Fliessgrenze	$f_{sk} = 235 \text{ N/mm}^2$	
Zugfestigkeit	$f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$	
Fliessschubspannung ($f_{sk} / \sqrt{3}$)	$\tau_y = 135 \text{ N/mm}^2$	
Schubwiderstand $V_{Rd} = (\tau_y \times A_s) / \gamma_{M1}$	$V_{Rd} = 244 \text{ kN}$	$\gamma_{M1} = 1.05$

6.2 Bemessung Hangsicherung

6.2.1 GZ Typ 3 Globale Hangstabilität

Die Nachweise für den Grundbruch und für die globale Hangstabilität wurden mit Larix 8 durchgeführt. Die Böschungshöhe wird zu 2.50m Höhe angenommen für den Fall, dass bei einem Ereignis ein Tosbecken gebildet wird und dieses sich nicht in kurzer Zeit wieder mit Bachschutt füllt. Die Abstände der HEM100 Pfähle betragen 1.50m und die Abstände der Swiss Gewi \varnothing 25mm 2.00m.

	Sicherheit nach SIA 267	Anhang	Bemerkung
GB Schnee	1.23 i.O.	2, S. 9	1 Mikropfahl/1.5m 1 Anker/2.0m

Die Nachweise sind im Anhang 2, Seite 6 bis 8 dargestellt.

7. Tragwerksbemessung

7.1 Bemessung Vorsperre

Die liegenden Spundwandprofile werden in einem Abstand von 1.50m von Pfählen gehalten. Die anfallenden Horizontalkräfte werden mit Ankern in den Untergrund eingeleitet. Die Spundwandprofile, Pfähle und Anker sind kraftschlüssig verbunden.

Für die Bemessung ist das GB Murgang massgebend:

GB Murgang: $q_w = 70 \text{ kN/m}$ gemäss [1]

7.1.1 Ungespannte Anker und Mikropfähle

Anker: Swiss Gewi $\varnothing 32 \text{ mm}$, Länge 6.0m

$$\begin{array}{l} R_{i,d} = 298 \text{ kN} > Z_d = 246 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \\ R_{a,d} = 270 \text{ kN} > Z_d = 246 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \end{array}$$

Pfähle: HEM100, Einbindelänge 3.0m

$$\begin{array}{l} R_{i,d} = 1'123 \text{ kN} > N_d = 213 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \\ R_{a,d} = 411 \text{ kN} > N_d = 758 \text{ kN} \quad \text{Mantelreibung} \quad \mathbf{i.O.} \end{array}$$

Die detaillierte Bemessung der Anker und Pfähle ist in Anhang 1, Seite 1 bis 2 aufgeführt.

7.1.2 Spundwandprofil

Die Spundwandprofile Larssen 600 werden in einem Abstand von 1.60m durch die Pfähle gehalten.

$$\begin{array}{l} M_{Rd} = 61 \text{ kNm} > M_d = 12 \text{ kNm} \quad \mathbf{i.O.} \\ V_{Rd} = 119 \text{ kN} > V_d = 45 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \end{array}$$

7.2 Bemessung Hangsicherung

Die liegenden Spundwandprofile werden in einem Abstand von 1.50m von Pfählen gehalten. Die anfallenden Horizontalkräfte werden mit Ankern in einem Abstand von 2.00m in den Untergrund eingeleitet. Die Spundwandprofile, Pfähle und Anker sind kraftschlüssig verbunden.

Für die Bemessung ist das GB Schnee massgebend:

7.2.1 Ungespannte Anker und Mikropfähle

Anker: Swiss Gewi $\varnothing 25$, A = 2.00m, L = 6.0m

$$\begin{array}{l} R_{i,d} = 182 \text{ kN} > Z_d = 43 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \\ R_{a,d} = 270 \text{ kN} > Z_d = 43 \text{ kN} \quad \mathbf{i.O.} \end{array}$$

Pfähle: HEM100, A = 1.50m pro, L = 5.5m

$$a_{\text{Max}} = 0.18 < 1.00 \quad \text{i.O.}$$

Die Bemessung der Anker und Mikropfähle ist im Anhang 2, Seite 1 bis 9 aufgeführt.

7.2.2 Spundwandprofil

Die Spundwandprofile Larssen 600 werden in einem Abstand von 1.50m gehalten.

$$\begin{aligned} M_{\text{Rd}} &= 61 \text{ kNm} > M_{\text{d}} = 49 \text{ kNm} & \text{i.O.} \\ V_{\text{Rd}} &= 119 \text{ kN} > V_{\text{d}} = 88 \text{ kN} & \text{i.O.} \end{aligned}$$

Die Bemessung der Spundwandprofile ist im Anhang 2, Seite 1 bis 9 aufgeführt.

8. Zusammenfassung der statischen Berechnungen

8.1 Vorgehen

Die statischen Berechnungen werden nach den aktuell gültigen Tragwerksnormen geführt. Die Nachweise für die Vorsperre wurden bei der Sperre 37, für die Böschungssicherung bei der Sperre 32 durchgeführt.

8.2 Vorsperre

Bei der Stahlkonstruktion aus liegenden Spundwandprofilen, permanenten Mikropfählen sowie ungespannten Ankern werden die resultierenden Lasten aus dem Gefährdungsbild Murgang in den Untergrund geleitet. Zur Gewährleistung des Gleichgewichts sind über der 5m langen Vorsperre ungespannte Anker Swiss Gewi \varnothing 32mm mit einem horizontalen Abstand von 1.60m und Pfähle HEM100 in einem horizontalen Achsabstand von 1.60m eingebracht. Der charakteristische äussere Tragwiderstand der ungespannten Anker wird zu 45kN/m im Untergrund angenommen. Bei Baubeginn sind pro Baugrund mindestens 3 Ausziehversuche durchzuführen, um die Annahmen betreffend den äusseren Tragwiderstand der Anker zu verifizieren.

Mit dem gewählten Konzept kann die Stahlkonstruktion rasch und mit wenig Aufwand auf die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden.

8.3 Hangsicherung

Die Swiss Gewi Anker \varnothing 32mm und Pfähle HEM100 verhindern eine Erosion am Böschungsfuss. Die Kontrollberechnungen für die Sicherung erfolgten mit den Bodenkennwerten gemäss 2.3. Die Berechnungen wurden mit dem aktiven Erddruck durchgeführt. Mit den gewählten Bauteilabmessungen können die Tragsicherheitsnachweise erbracht werden. Für die Ausführung sind lediglich kleine Hanganschnitte erforderlich. Somit kann auf Baugrubensicherungen verzichtet werden.

Davos, 30. Januar 2026

P. Schweighauser, dipl. Bauing. ETH/SIA

Anhang 1

Nachweise Vorsperre Sperre 37 „GB Strömungsdruck“

Bemessung Vorsperre 37tarssen profile

$$M_{dmax} = 0,08 \times \frac{70 \text{ kN/m}^2}{1,5 \text{ m}} \times (1,60 \text{ m})^2 = 9,5 \text{ kNm/m} \quad \text{3-Feldträger}$$

$$M_{lmax} = 0,10 \times 70 \text{ kN/m}^2 \times (1,60 \text{ m})^2 = 11,9 \text{ kNm/m} \quad \text{"}$$

$$V_{dmax} = 0,60 \times 70 \text{ kN/m}^2 \times 1,60 \text{ m} = 44,8 \text{ kN/m} \quad \text{"}$$

tarssen 600

$$M_R = 11,9 \text{ kNm/m} > 11,9 \text{ kNm/m} \quad \text{i.O.}$$

$$V_R = 1650 \text{ kN} > 44,8 \text{ kN/m} \quad \text{i.O.}$$

Anker

$$H = 110 \times 70 \text{ kN/m}^2 \times 1,60 \text{ m} = 123,2 \text{ kN} \quad \text{3-Feldträger}$$

$$F_{td} = \frac{123,2 \text{ kN}}{\sin 30^\circ} = 246 \text{ kN}$$

$$\text{Anriss Gewi } \varnothing = 32 \text{ mm ; } R_{td} = 295 \text{ kN} > F_{td} \quad \text{i.O.}$$

$$R_{cd} = 6 \times 45 \text{ kN} = 270 \text{ kN} > F_{td} \quad \text{i.O.}$$

Pfahl

$$N_{d1} = 246 \text{ kN} \times \cos 30^\circ = 213 \text{ kN}$$

$$A_{erf} = \frac{213 \text{ kN}}{213 \text{ N/mm}^2} = 1000 \text{ mm}^2$$

$$HEM 100 \quad A = 1804 \text{ mm}^2 > A_{erf}$$

50810 Verbannung Guffesbach

Anhang 1, 2/4

$$R_{\text{rot}} = \frac{1,35 \times 213 \text{ kN}}{0,7}$$

$$= 411 \text{ kN}$$

$$f_{\text{m}} = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$d = 219 \text{ m}$$

$$\rightarrow L = \frac{411 \text{ kN}}{200 \text{ kN/m}^2 \times 0,219 \text{ m} \times \pi}$$

$$= 2,99 \text{ m}$$

Reserve von 1,00 m inf. Form Torsbecken

$$\rightarrow L = 2,99 \text{ m} + 1,00 \text{ m}$$

$$= \underline{4,00 \text{ m}}$$

2.1 Profildarstellungen und Daten LARSENEN

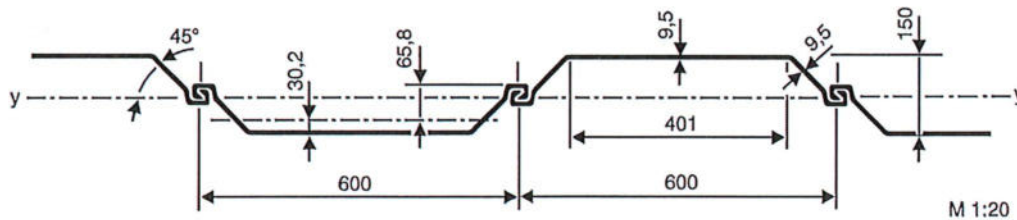
Section illustrations and data LARSENEN



LARSENEN 600

		Einheit	je m Wand	Einzelbohle	Doppelbohle	Dreifachbohle
		Unit	per m wall	Single pile	Double pile	Triple pile
				E	D	Dr
Elastisches Widerstandsmoment ¹⁾	W_y	cm ³	510	130	614	712
Elastic section modulus ¹⁾	W_z	cm ³	–	1010	–	–
Plastisches Widerstandsmoment ¹⁾	W_y	cm ³	580	183	–	–
Plastic section modulus ¹⁾						
Eigenlast		kg/m	94,0	56,4	112,8	169,2
Weight						
Querschnittsfläche		cm ²	119,7	71,8	143,6	215,4
Cross sectional area						
Umfang ²⁾		cm	225	156	291	426
Circumference ²⁾						
Beschichtungsfläche ³⁾		m ² /m	2,25	1,44	2,79	4,14
Coating area ³⁾						
Statisches Moment	S_y	cm ³	290	–	–	–
Static moment						
Flächenträgheitsmoment	I_y	cm ⁴	3825	850	4590	6400
Moment of inertia	I_z	cm ⁴	–	32220	–	–
Trägheitsradius	i_y	cm	5,65	3,45	5,65	5,45
Radius of gyration						

Profilbreite je D = 1200 mm
Section width per D = 1200 mm



Klasseneinteilung nach EN 1993-5

Classification to EN 1993-5

Stahlsorte

Steel grades

S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP
3	3	4	4	4	4

1) Widerstandsmomente bezogen auf:
E u. Dr – Schwerachse des jeweiligen Elements; D u. je m Wand – Wandachse y-y.
Die Widerstandsmomente der D, Dr u. je m Wand bedingen eine Verriegelung der im Werk zusammengezogenen Schlösser zur Aufnahme der Schubkräfte.

2) Bei E, D und Dr – einschließlich Schlossinneres der freien Schlösser.

3) Ohne Schlossinneres – beidseitige Beschichtung.

1) Section modulus referred:
E and Dr – the centroidal axis of the respective element; D and per m wall – the wall axis y-y.
The section modulus of D, Dr u. per m wall requires locking of the factory-cripped interlocks to accommodate the shear forces.

2) Including the internal surface of free interlocks of single, double and triple piles.

3) Without interlock interior – two-side coating.



Projektierung von Baugrubensicherungen (temporäre Nagelwand)

1. Grundlagen

Tab.1: Zusammenstellung Boden und Felsnägel Swiss Gewi B500B, Stahlqualität $f_{sk} / f_{tk} = 500 / 580 \text{ N/mm}^2$

Nagel- durchmesser D mm	Querschnitt As mm ²	Gewicht roh kg / m'	Fließgrenze $F_{sk} = R_{ik}$ As x fsk kN	Tragwiderstand R_{id} $R_{id} = R_{ik} / 1.35$ kN
20	314	2.47	157	116
25	491	3.85	246	182
28	616	4.83	308	228
32	804	6.31	402	298

Für temporäre Nagelwände dürfen gleichwertige Produkte (auch Selbstbohranker) eingesetzt werden. Gleichwertig sind Produkte mit mindestens gleich grossem innerem und äusserem Tragwiderstand R_k .

2. Bemessung

Tragwiderstand des Nagels:

Tab. 2: Abschätzung des äusseren Tragwiderstandes in Abhängigkeit des Baugrundes

Boden	Lagerungsdichte / Konsistenz	Spezifischer äusserer Tragwiderstand, charakteristischer Wert [kN/m']
toniger Silt / Silt	weich bis fest	10 ... 30
siltiger Sand	locker bis dicht	20 ... 40
Sand	locker bis dicht	30 ... 60
sandiger Kies	locker bis dicht	40 ... 80
Fels	weich bis hart	50 ... 150

Diese Annahme muss im Rahmen der Bauausführung durch Ausziehversuche bestätigt werden. Als Tragwiderstand R_k ist der kleinere Wert von innerem und äusserem Tragwiderstand einzusetzen. Der Bemessungswert des Tragwiderstandes der durch Zug beanspruchten Vernagelung beträgt:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad \text{mit Widerstandsbeiwert } \gamma_M = 1.35$$

Erforderliche Nachweise für die Nagelwand in allen massgebenden Querprofilen:

- Gesamtstabilität und innere Standsicherheit der Nagelwand
- Endzustand und alle massgebenden Bauzustände
- Spritzbeton Querschnitt (Biegung) und Durchstanzen der Kopfplatte

Sicherheitsnachweise sind nach SIA 267 zu führen; minimale Sicherheit $F = R_d / E_d = 1.0$ bis 1.2 (maximal).

Kurzfristige Bauzustände sind mit einer reduzierten Sicherheit bis $F = 0.9$ zulässig.

Talseitige Baugruben sind mit einer Verkehrslast von $q = 15 \text{ kN/m}^2$ über die ganze Strassenbreite zu bemessen.

Anhang 2

Nachweise Hangsicherung Sperre 32 „GB Schnee“

Baugrundmodell (System)

Mstb. 1 :105.0

Rühlwand
HEM 100, aT= 1.50 m, bT= 0.40 m, S235
 $\delta a = 0.67 \varphi$, $\delta p < 0.0^\circ$, $\alpha = 0.00^\circ$

y=-1.00 m

y=0 m $\varphi=34.00^\circ$ $\gamma=21.00 \text{ kN/m}^3$

Belastung B: Schneelast, Etappe 1: Endzustand

Mstb. 1 :105.0

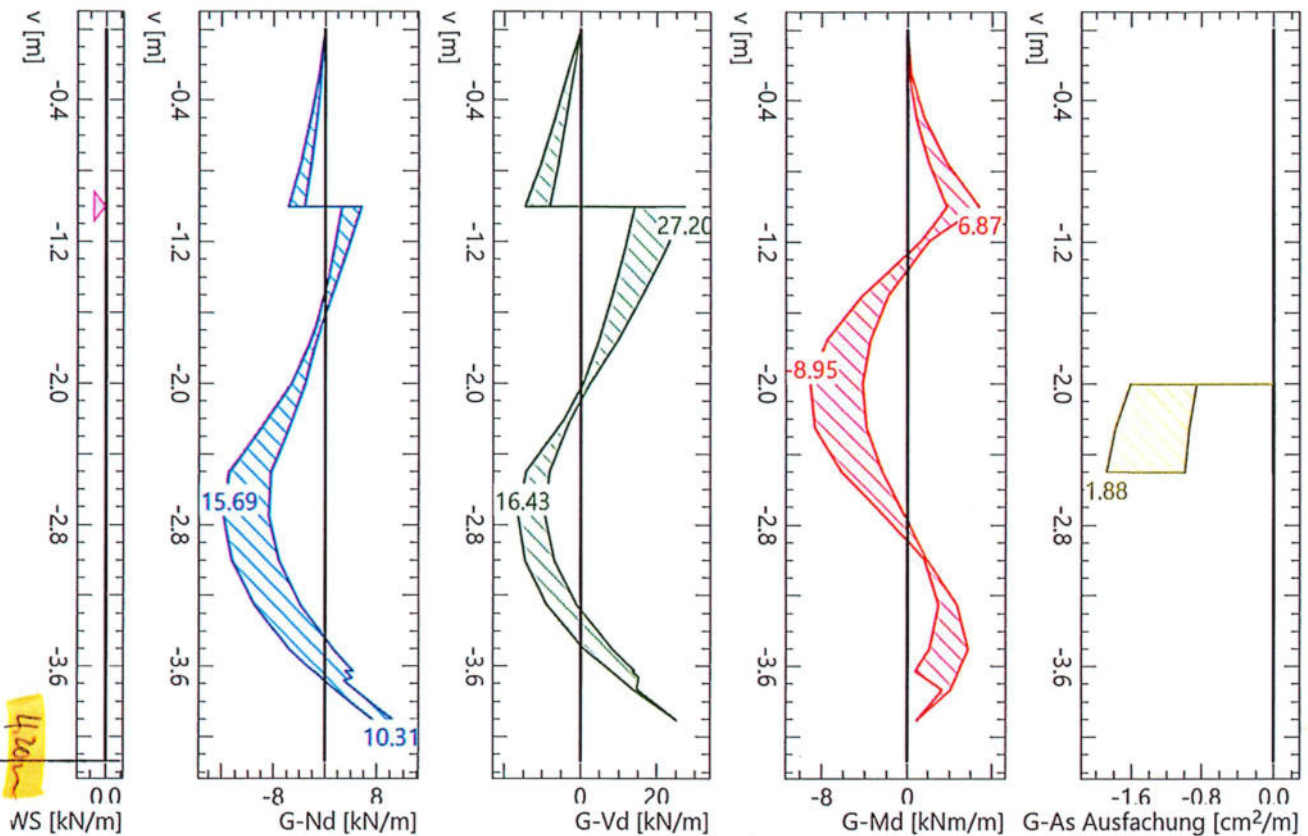
Wandfuss: Eingespannt
Einbindetiefe gesucht

$p_{y1} = -10.00 \text{ kN/m}^2$

y=0 m $\varphi=34.00^\circ$ $\gamma=21.00 \text{ kN/m}^3$

y=-2.50 m

Grenzwerte Rühlwand



Grenzwerte

Warnungen

ld	Nr	Meldung
GWS 1, EWK 1, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 77.79 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 1, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 7.53 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 2, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 2.73 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 3, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 8.67 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 4, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 2.84 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 5, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 9.17 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 6, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 4.33 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 7, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 10.31 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')
GWS 2, EWK 8, Et 1	542	Am Wandfuss resultiert eine Zugkraft. δp überprüfen. Fyd = 4.43 kN/m (siehe auch Tabelle 'Vertikales Gleichgewicht')

Wandlänge

Etappe	y [m]	t [m]	Sohle [m]	GWS,EWK,Et	Bemerkungen
1	-4.13	1.63	-2.50	2, 1, 1	Warnungen

y : Kote UK Wand
t : Einbindetiefe
Sohle : Kote Baugrubensohle
GWS,EWK,Et: Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Abstützungen

y [m]	α [°]	A_d [kN/m]	A_{xd} [kN/m]	A_{yd} [kN/m]	GWS,EWK,Et	Bemerkungen
-1.00	15.00	43.24	41.76	11.19	2, 1, 1	

A_{xd} : horizontale Komponente der Abstützungskraft
 A_{yd} : vertikale Komponente der Abstützungskraft
 GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Bemessung Rühlwandträger

aMax [-]	Nachweis		Bemessung		Bemerkungen
	GWS,EWK,Et	Profil	GWS,EWK,Et		
0.18	2, 1, 1	HEM100	2, 1, 1		

Nachweis : Nachweis für gewähltes Profil: HEM 100
 aMax : maximaler Ausnutzungsgrad, aMax <= 1.0 > i.O.
 GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Mindestdicke der Holzausfachung mit zugehörigen Schnittkräften

dA [m]	dH [m]	dH max			dH [m]	dH min		
		V [kN/m]	M [kNm/m]	GWS,EWK,Et		V [kN/m]	M [kNm/m]	GWS,EWK,Et
0	0.04	-9.37	-3.28	2, 1, 1	0.03	-5.21	-1.82	2, 4, 1
0.25	0.04	-9.37	-3.28	2, 1, 1	0.03	-5.21	-1.82	2, 4, 1
0.56	0.04	-9.37	-3.28	2, 1, 1	0.03	-5.21	-1.82	2, 4, 1
0.75	0.05	-10.99	-3.85	2, 1, 1	0.03	-6.04	-2.12	2, 4, 1
1.25	0.05	-15.22	-5.33	2, 1, 1	0.04	-8.24	-2.88	2, 4, 1
1.75	0.06	-19.45	-6.81	2, 1, 1	0.04	-10.43	-3.65	2, 4, 1
2.00	0.06	-21.56	-7.55	2, 1, 1	0.05	-11.52	-4.03	2, 4, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
 GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Bewehrung passive Seite der Stahlbetonausfachung mit zugehörigem Moment

dA [m]	Asp [cm²/m]	Asp max		Asp [cm²/m]	Asp min	
		M [kNm/m]	GWS,EWK,Et		M [kNm/m]	GWS,EWK,Et
2.00	1.61	-3.28	2, 1, 1	0.86	-1.82	2, 4, 1
2.25	1.78	-3.28	2, 5, 1	0.94	-1.82	2, 4, 1
2.50	1.88	-3.28	2, 1, 1	0.99	-1.82	2, 4, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
 GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Bewehrung aktive Seite der Stahlbetonausfachung mit zugehörigem Moment

dA [m]	Asa [cm²/m]	Asa max		Asa [cm²/m]	Asa min	
		M [kNm/m]	GWS,EWK,Et		M [kNm/m]	GWS,EWK,Et
2.00	0.00	-3.28	2, 1, 1	0.00	-3.28	2, 1, 1
2.25	0.00	-3.28	2, 1, 1	0.00	-3.28	2, 1, 1
2.50	0.00	-3.28	2, 1, 1	0.00	-3.28	2, 1, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
 GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Normalkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

dA [m]	Nd1 max				Nd1 min			
	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et
0	0.00	0.00	0.00	2, 3, 1	-0.00	-0.00	-0.00	2, 1, 1
0.25	-0.55	-1.86	0.23	2, 8, 1	-0.95	-3.35	0.42	2, 1, 1
0.50	-1.26	-3.72	0.93	2, 8, 1	-2.21	-6.70	1.67	2, 1, 1
0.75	-2.14	-5.69	2.10	2, 8, 1	-3.79	-10.26	3.78	2, 1, 1
1.00	-3.18	-8.05	3.81	2, 8, 1	-5.68	-14.57	6.87	2, 1, 1
1.00	5.67	27.20	6.87	2, 5, 1	2.60	14.10	3.81	2, 4, 1
1.25	3.50	22.14	0.69	2, 5, 1	1.36	11.36	0.62	2, 4, 1
1.42	1.82	18.21	-2.58	2, 5, 1	0.41	9.24	-1.05	2, 4, 1
1.67	-0.66	10.23	-6.12	2, 7, 1	-1.42	7.24	-3.18	2, 2, 1
1.79	-1.62	4.05	-3.57	2, 8, 1	-2.58	8.56	-7.67	2, 1, 1
2.00	-3.04	0.77	-4.15	2, 8, 1	-5.21	2.44	-8.95	2, 1, 1
2.00	-3.04	0.77	-4.15	2, 8, 1	-5.21	2.44	-8.95	2, 1, 1
2.25	-5.64	-3.54	-3.82	2, 8, 1	-9.94	-5.64	-8.57	2, 1, 1
2.50	-8.38	-8.17	-2.36	2, 8, 1	-14.93	-14.35	-6.08	2, 1, 1
2.75	-8.70	-9.24	-0.11	2, 8, 1	-15.69	-16.43	-2.16	2, 1, 1
3.00	-7.21	-6.87	1.97	2, 8, 1	-14.39	-14.59	1.80	2, 1, 1
3.25	-3.91	-1.05	3.04	2, 8, 1	-11.02	-8.80	4.81	2, 1, 1

dA [m]	Nd1 max				Nd1 min			
	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et
3.50	1.21	8.23	2.21	2, 8, 1	-5.59	0.96	5.87	2, 1, 1
3.62	4.43	14.15	0.82	2, 8, 1	-1.84	7.80	4.94	2, 1, 1
3.63	3.29	14.15	0.82	2, 8, 1	-1.78	7.91	4.92	2, 1, 1
3.67	4.33	15.21	1.00	2, 6, 1	-0.62	10.03	4.63	2, 1, 1
3.68	2.94	15.21	1.00	2, 6, 1	-0.11	10.95	4.51	2, 1, 1
3.90	10.31	25.73	0.17	2, 7, 1	7.28	24.52	1.12	2, 1, 1
3.90	9.17	24.98	0.98	2, 5, 1	7.53	24.98	0.98	2, 1, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Querkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

dA [m]	Vd1 max				Vd1 min			
	Vd1 [kN/m]	Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et	Vd1 [kN/m]	Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	GWS,EWK,Et
0	0.00	0.00	0.00	2, 3, 1	-0.00	0.00	0.00	2, 2, 1
0.25	-1.86	-0.59	0.23	2, 4, 1	-3.35	-0.95	0.42	2, 1, 1
0.50	-3.72	-1.34	0.93	2, 4, 1	-6.70	-2.21	1.67	2, 1, 1
0.75	-5.69	-2.26	2.10	2, 4, 1	-10.26	-3.79	3.78	2, 1, 1
1.00	-8.05	-3.33	3.81	2, 4, 1	-14.57	-5.68	6.87	2, 1, 1
1.00	27.20	5.51	6.87	2, 1, 1	14.10	2.60	3.81	2, 4, 1
1.25	22.14	3.30	0.69	2, 1, 1	11.36	1.36	0.62	2, 4, 1
1.50	16.33	0.78	-4.14	2, 1, 1	8.22	-0.05	-1.84	2, 4, 1
1.75	9.76	-2.06	-7.41	2, 1, 1	4.69	-1.62	-3.46	2, 4, 1
2.00	2.44	-5.21	-8.95	2, 1, 1	0.77	-3.35	-4.15	2, 4, 1
2.00	2.44	-5.21	-8.95	2, 1, 1	0.77	-3.35	-4.15	2, 4, 1
2.21	-2.88	-6.14	-4.49	2, 6, 1	-4.51	-8.35	-7.89	2, 3, 1
2.50	-8.17	-9.79	-2.36	2, 4, 1	-14.35	-14.93	-6.08	2, 1, 1
2.50	-8.17	-9.79	-2.36	2, 4, 1	-14.35	-14.93	-6.08	2, 1, 1
2.75	-9.24	-10.15	-0.11	2, 4, 1	-16.43	-15.69	-2.16	2, 1, 1
2.75	-9.24	-10.15	-0.11	2, 4, 1	-16.43	-15.69	-2.16	2, 1, 1
3.00	-6.87	-8.70	1.97	2, 4, 1	-14.59	-14.39	1.80	2, 1, 1
3.25	-1.05	-5.44	3.04	2, 4, 1	-8.80	-11.02	4.81	2, 1, 1
3.50	8.23	-0.37	2.21	2, 4, 1	0.96	-5.59	5.87	2, 1, 1
3.62	14.15	2.84	0.82	2, 4, 1	7.80	-1.84	4.94	2, 1, 1
3.63	13.51	2.84	0.82	2, 4, 1	8.14	-1.65	4.89	2, 1, 1
3.67	15.21	2.73	1.00	2, 2, 1	10.03	-0.62	4.63	2, 1, 1
3.73	14.80	2.73	1.00	2, 2, 1	13.49	1.28	4.16	2, 1, 1
3.90	24.98	7.53	0.98	2, 1, 1	24.98	7.53	0.98	2, 1, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Biegemomente mit zugehörigen Schnittkräften

dA [m]	Md1 max				Md1 min			
	Md1 [kNm/m]	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	GWS,EWK,Et	Md1 [kNm/m]	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	GWS,EWK,Et
0	0.00	0.00	0.00	2, 3, 1	-0.00	-0.00	-0.00	2, 1, 1
0.25	0.42	-0.95	-3.35	2, 1, 1	0.23	-0.59	-1.86	2, 4, 1
0.50	1.67	-2.21	-6.70	2, 1, 1	0.93	-1.34	-3.72	2, 4, 1
0.75	3.78	-3.79	-10.26	2, 1, 1	2.10	-2.26	-5.69	2, 4, 1
1.00	6.87	-5.68	-14.57	2, 1, 1	3.81	-3.33	-8.05	2, 4, 1
1.19	2.19	2.11	14.79	2, 6, 1	1.39	1.66	12.03	2, 4, 1
1.50	-1.79	-0.14	10.15	2, 2, 1	-4.14	0.85	14.31	2, 3, 1
1.75	-3.46	-1.62	4.69	2, 4, 1	-7.41	-2.06	9.76	2, 1, 1
2.00	-4.15	-3.35	0.77	2, 4, 1	-8.95	-5.21	2.44	2, 1, 1
2.25	-3.82	-6.50	-3.54	2, 4, 1	-8.57	-9.94	-5.64	2, 1, 1
2.50	-2.36	-9.79	-8.17	2, 4, 1	-6.08	-14.93	-14.35	2, 1, 1
2.50	-2.36	-9.79	-8.17	2, 4, 1	-6.08	-14.93	-14.35	2, 1, 1
2.75	-0.11	-10.15	-9.24	2, 4, 1	-2.16	-15.69	-16.43	2, 1, 1
2.99	1.90	-8.76	-6.96	2, 4, 1	1.66	-14.44	-14.65	2, 1, 1
3.25	4.81	-11.02	-8.79	2, 1, 1	3.04	-5.44	-1.05	2, 4, 1
3.50	5.87	-5.59	0.96	2, 1, 1	2.21	-0.37	8.23	2, 4, 1
3.62	4.94	-1.84	7.80	2, 1, 1	0.82	2.84	14.15	2, 4, 1
3.73	4.14	1.38	13.68	2, 1, 1	3.37	2.73	15.21	2, 2, 1
3.90	0.98	7.53	24.98	2, 1, 1	0.98	7.53	24.98	2, 1, 1

dA : Distanz zum Wandkopf
GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Deformationen

dA [m]	Dx [mm]	Dx max			Dx [mm]	Dx min		
		GWS	EWK	Et		GWS	EWK	Et
0	5.00	1	1	1	5.00	1	1	1
0.25	3.82	1	1	1	3.82	1	1	1
0.50	2.63	1	1	1	2.63	1	1	1
0.75	1.39	1	1	1	1.39	1	1	1
1.00	-0.00	1	1	1	-0.00	1	1	1
1.00	-0.00	1	1	1	-0.00	1	1	1
1.25	-1.57	1	1	1	-1.57	1	1	1
1.50	-3.09	1	1	1	-3.09	1	1	1
1.75	-4.31	1	1	1	-4.31	1	1	1
2.00	-5.06	1	1	1	-5.06	1	1	1
2.25	-5.23	1	1	1	-5.23	1	1	1
2.50	-4.85	1	1	1	-4.85	1	1	1
2.50	-4.85	1	1	1	-4.85	1	1	1
2.75	-4.01	1	1	1	-4.01	1	1	1
3.00	-2.92	1	1	1	-2.92	1	1	1
3.25	-1.79	1	1	1	-1.79	1	1	1
3.50	-0.86	1	1	1	-0.86	1	1	1
3.75	-0.26	1	1	1	-0.26	1	1	1
4.00	-0.02	1	1	1	-0.02	1	1	1
4.17	-0.00	1	1	1	-0.00	1	1	1

dA : Distanz zum Wandkopf
GWS,EWK,Et : Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination, Etappe

Grenzwertspezifikationen

GWS	Titel	Bemessungssituation	Grenzzustand	AP
1	!GZ Gebrauchstauglichkeit selten	andauernd	Gebrauchstauglichkeit	!GZG
2	!GZ Tragsicherheit Typ 2	andauernd	Tragsicherheit Typ 2	!GZT

AP : Analyseparameterset

Etappen

Etappe	Titel	Sohle [m]
1	Endzustand	-2.50

Sohle : Kote Baugrubensohle

50810-Verbauung Guggsbad
Hangsicherung H = 2.50m

D I A G - Davoser Ingenieure AG, 7260 Davos Dorf

Seite 6

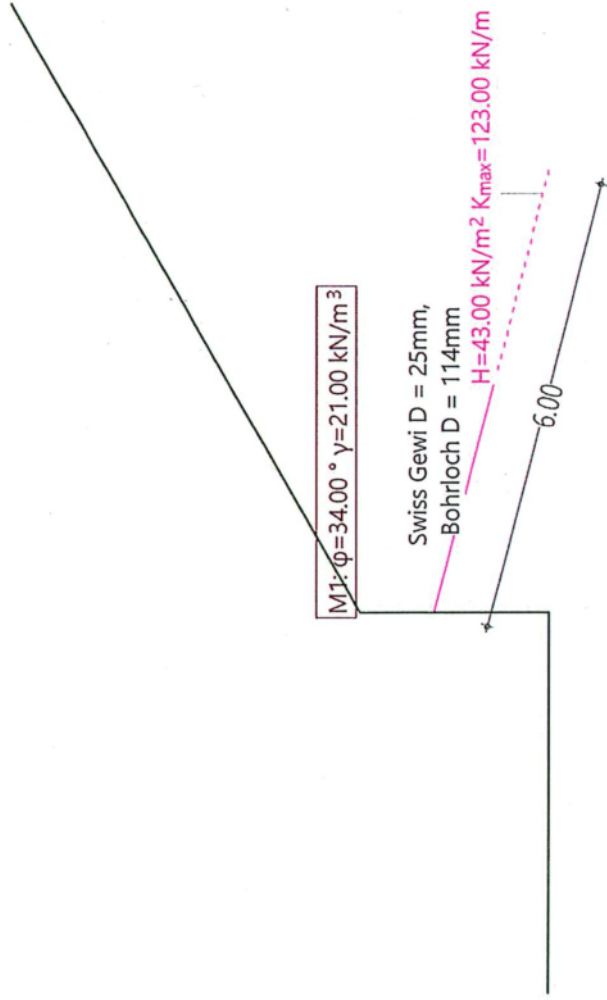
Anhang 2

Larix-8 - Rel. 202 (1)

schweighauser

Baugrundmodell

Mstb. 1 : 100.0



Nr.:

50810 Verbauung Guggenbad
Hangsicherung H = 2.50m

D I A G - Davoser Ingenieure AG, 7260 Davos Dorf

schweighauser

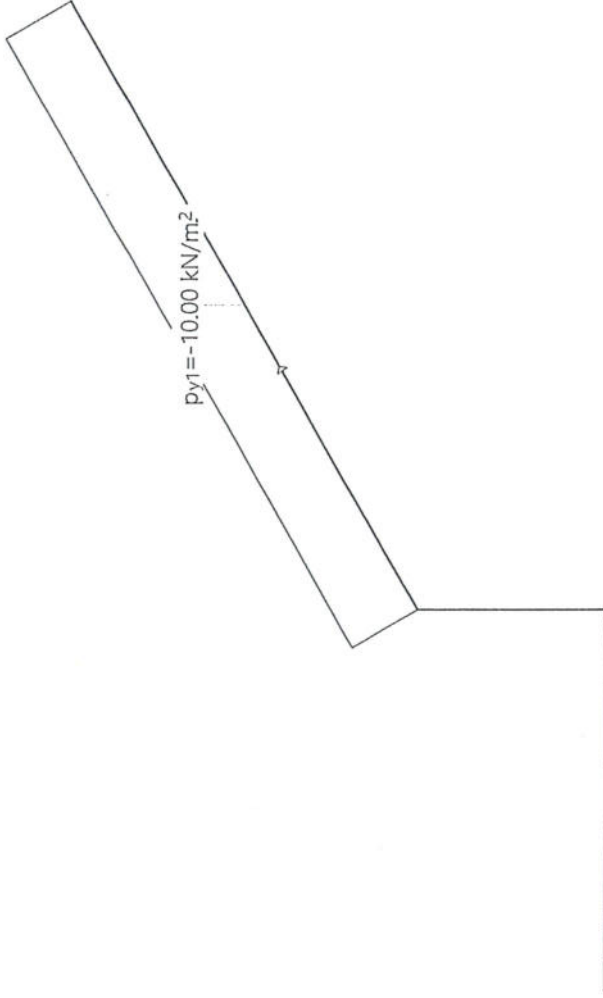
Seite: 7

A. Schweighauser

Larix-8 - Rel. 202(4)

Belastung B: Schneelast

Mstb. 1 :100.0



Nr.:

50810 Verbesserung Gimpfelsbach

Hangsicherung H = 2.50m

D I A G - Davoser Ingenieure AG, 7260 Davos Dorf

Seite 8

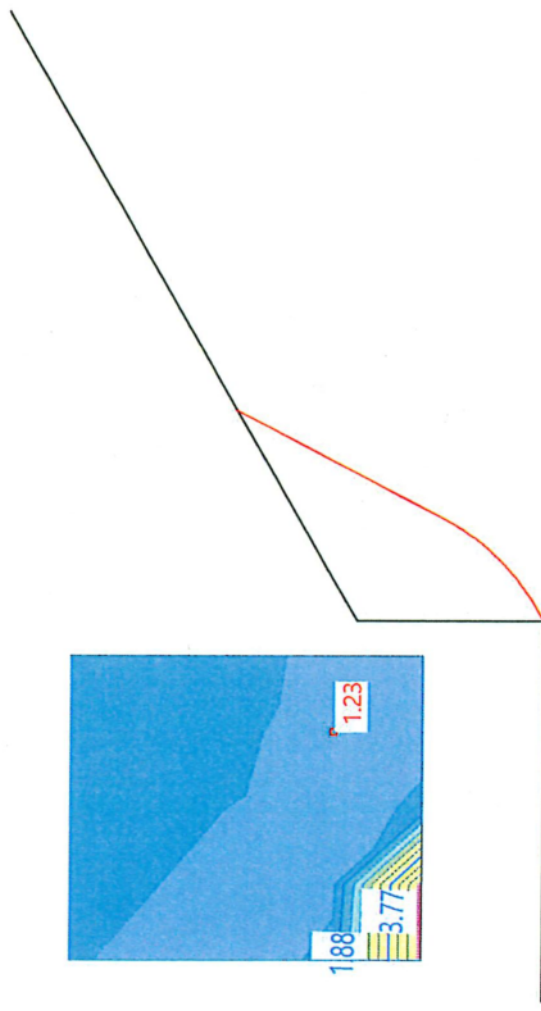
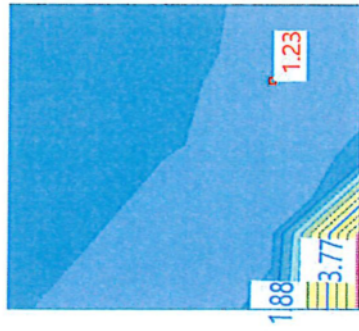
Anhang 2

Larix-8 - Rel. 202 (1)

schweighauser

Mstb. 1 :100.0

!GZ Tragsicherheit Typ 3, EWK 1: Massgebende Gleitlinie, Definition mit Zentren und Zwangslinie



Nr.:

Carssen profile

M_{dmax}

$\leq 7.6 \text{ kNm/m}$ Anhang 2, S.3

V_{dmax}

$\leq 22.6 \text{ kN/m}$ " "

Carssen 600

$M_R = 117 \text{ kNm/m} > 7.6 \text{ kNm/m} \quad 1.0$

$V_R = 1658 \text{ kN/m} > 22.6 \text{ kN/m} \quad 1.0$

Anker

$F_{d1} = 43.2 \text{ kN}$

Anhang 2, S.3

Swiss Geni 20mm Rod: $\approx 182 \text{ kN} > 43.2 \text{ kN} \quad 1.0$

Raid: $6 \times 4 \text{ kN/m} = 270 \text{ kN}$

Pfahl

HEM 100, $L = 4.20 \text{ m}$

Anhang 2, S.2