

Verkehr und Infrastruktur (vif)
Arsenalstrasse 43
Postfach
6010 Kriens 2 Sternmatt
Telefon 041 318 12 12
vif@lu.ch
www.vif.lu.ch

K 17b Udligenswil – Dierikon, Götzenthalstrasse

10926 Verbesserung Normalprofil
Felseinschnitt Oberdierikonerstrasse

Gemeinde Dierikon

Abschnitt Allenwinden – Einmündung Oberdierikonerstrasse

Objekt Felseinschnitt Oberdierikonerstrasse

Koordinaten 671'133 / 216'177 bis 671'000 / 216'368

Kilometer K 17b, Km 1.880 – 2.120

Projektbasis Spritzbetonwand

Auflageprojekt / Genehmigungsprojekt

19. August 2016

Dok. Nr. 10926-222

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Kommentar	Status
1.0	12.02.2016	Auflageprojekt 2016	Entwurf
1.1	29.04.2016	Auflageprojekt 2016	Vernehmlassung
1.2	19.08.2016	Auflageprojekt 2016	definitiv

Impressum

Erstelldatum: 11.11.2014
Letzte Änderung: 19.08.2016
Autor: Bruno Bachmann
Auftrag: 41402, K17b Götzenthalstrasse
Bericht Nr.: 10926 - 222
Seitenzahl: 9 (inkl. Vorspann)
Datei: 222_PB_Spritzbetonwand_160819.docx

© Copyright

Emch+Berger WSB AG

Emch+Berger WSB AG · Rüeggisingerstrasse 41 · 6020 Emmenbrücke
Telefon +41 (0)41 269 40 00 · Telefax +41 (0)41 269 40 01
www.ebwsb.ch · emmenbruecke@ebwsb.ch · CHE-116.310.441 MWST

Peter Kurmann

Bruno Bachmann

Inhalt

1	Allgemeine Ziele für die Nutzung	4
2	Tragwerkskonzept	4
2.1	Tragsystem / Tragwerksmodell	4
2.2	Baustoffe	5
2.3	Bauverfahren / Ausführungsbestimmungen	5
3	Baugrundverhältnisse	6
3.1	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	6
3.2	Foundation	7
4	Einwirkungen	8
5	Betrachtete Gefährdungsbilder	8
6	Anforderungen an die Tragsicherheit und erforderliche Massnahmen	8
6.1	Anforderungen an die Tragsicherheit	8
6.2	Massnahmen zur Gewährleistung der Tragsicherheit	8
6.3	Gefährdungen im Bauzustand	9
7	Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit und erforderliche Massnahmen	9
7.1	Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit	9
7.2	Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit	9
8	Akzeptierte Risiken	9
9	Weitere projektrelevante Bedingungen	9
10	Grundlagen	9

1 Allgemeine Ziele für die Nutzung

Die Projektbasis ergänzt die Nutzungsvereinbarung. Sie ist in der Fachsprache des Projektierenden verfasst (gemäss Definition SIA 260). Mit zunehmender Projektentwicklung wird die Projektbasis sukzessive ergänzt.

Die Grundlage der Projektbasis bildet die Nutzungsvereinbarung (Dok. Nr. 10926-221). Die vorliegende Projektbasis beinhaltet innerhalb des Projekt «Dierikon, Götzentalstrasse, Verbesserung Normalprofil Felseinschnitt Oberdierikonerstrasse» den Teilabschnitt mit den Fels- resp. Hangsicherungen im Bereich km 1.880 bis km 1.970.

2 Tragwerkskonzept

2.1 Tragsystem / Tragwerksmodell

Ausführung einer permanent verankerten, bewehrten Spritzbetonwand zur Sicherung des Hanganschnitts und als Verwitterungsschutz des Felsen und der Lockergesteinsbedeckung. Die ungespannten Anker verhindern das Ablösen von Kluftkörpern bis ganzen Felspakete aus dem Felsanschnitt resp. das Abgleiten der Lockergesteinsbedeckung über dem Felsen.

Bei schlaffen, bzw. ungespannten Felsnägeln erfolgt die Krafteinleitung in den Felsuntergrund beidseitig der Gleitfläche über die Vergussmasse des Bohrloches und nur teilweise über die Kopfplatte, bzw. der Spritzbetonschale. Bei der Bemessung der Spritzbetonschale steht somit die Gebrauchstauglichkeit, bzw. die Dauerhaftigkeit (Korrosions- und Verwitterungsschutz) im Vordergrund.

Damit sich hinter der Spritzbetonschale langfristig kein Hangwasserdruck aufbauen kann, werden konstruktive Entwässerungsmassnahmen bzw. Drainagebohrungen durch die Spritzbetonschale ausgeführt.

Bauwerksverschiebungen sind zur Entwicklung der Ankerkräfte von ungespannten Ankern nötig. Bei einer etappierten Ausführung der Systemverankerung ist jedoch gemäss Erfahrungen aus grösseren, mit ungespannten Ankern temporär gesicherten Felsanschnitten mit Verschiebungen von lediglich wenigen Millimetern zu rechnen.

Aus Erfahrung ist mit einer allmählichen Verwitterung der Spritzbetonschale zu rechnen. Unterhalb der Drainageöffnungen und Entlastungslöcher sind zudem Versinterungsbildungen zu erwarten. Grundsätzlich ist nach 20 bis 40 Jahren mit lokalen Verbesserungs- resp. Instandsetzungsmassnahmen an der Spritzbetonwand zu rechnen.

Die einzelnen ungespannten Anker sind nicht überwachbar. Bei durch ungespannte Anker gesicherten Bauwerken erfolgt die Überwachung durch visuelle Inspektionen und Verformungsmessungen der Mauer (Lage und Höhe, siehe Technischer Bericht Dok. Nr. 10926-203).

Genügt die Spritzbetonverkleidung nicht mehr den Anforderungen (allfällige Deformationen etc.), wird das Bauwerk nachträglich von aussen mit verhältnismässig geringem Aufwand (zusätzliche Anker, Spritzbetonüberzug) zusätzlich gesichert.

Im Einmündungsbereich der Allewinden-Strasse erfolgt die Sicherung mit einer Steinkorbmauer. Diese hat eine max. sichtbare Höhe von 1.5 m. Die Fundation erfolgt auf einem Betonfundament.

2.2 Baustoffe

Beton

Tabelle 1: Beton nach Eigenschaften (SIA 262, Art. 3.1.1.2)

Bauteil	Beton	Expositions- klassengruppe	Grösstkorn / Chloridgehalt / Konsistenz	Bemessungs- werte		Zusätzliche Anforderun- gen
				f_{cd} [N/mm ²]	t_{cd} [N/mm ²]	
Spritzbeton	SC 7	G (XF4 XC4 XD3)	$D_{max} = 8\text{mm}$ Cl 0.1 C3	20	1.10	
Fundamente Steinkorbmauer	C 30/37	G (XF4 XC4 XD3)	$D_{max} = 32\text{mm}$ Cl 0.1 C3	20.0	1.10	entspricht „Kantonsbe- ton Kt. Lu- zern“

Sickerbeton (nicht normiert): CEM 200 kg/m³, Körnung 32 mm - 50 mm

Bewehrungsstahl

Tabelle 2: Kennwerte Betonstahl (SIA 262, Tab. 5 und 9)

Bauteil	Beton- stahl	f_{sk}	f_{sd}	k_s	e_{du}	Duktilitäts- klasse	Besondere Eigenschaften
		Flies- sgrenze [N/mm ²]	Fliessgrenze [N/mm ²]	Verhältnis (f_t/f_s) _k	Dehnung bei Höchstlast		
Bewehrungs- matten	B500B	500	435	³ 1.08	³ 5.0	B	
Anker	B500B	500	435	³ 1.08	³ 5.0	B	

2.3 Bauverfahren / Ausführungsbestimmungen

- Die Mächtigkeit des Spritzbetonauftrags beträgt min. 20 cm und bei den Ankerköpfen min. 30 cm (vollständige Umhüllung der Ankerköpfe). Der Spritzbeton wird 2-lagig aufgebracht. Minimale Bewehrung (Armierungsnetz K335, 2-lagig). Überdeckung Bewehrung Aussenseite min. 40 bis 50 mm, Überdeckung Ankerköpfe mind. 50 mm.
- Anker mit Stabdurchmessern von $\varnothing 28$ mm (z.B. Swiss Gewi B500B, resp. min. innerer Tragwiderstand $R_{ik} = 308$ kN), vorinjiziert mit Ripprohr (Korrosionsschutz Schutzstufe 2). Die Anker sind unter einer Neigung von ca. 10° und mit Bohrdurchmesser von $\varnothing 100$ mm einzubohren. Die Ankerlänge richtet sich nach den statischen Erfordernissen (Stabilitätsberechnungen). Die Anker sind min. 3.0 m in den angewitterten Fels zu bohren (Kontrolle auf Baustelle: graues Bohrmehl).
- Für die bis zu ca. 4.0 m hohe Spritzbetonwand sind zwei Ankerlagen erforderlich. Horizontaler Ankerabstand 2.0 m bis 2.5 m. Ankerlänge der 1. Ankerlage 7 bis 11 m und der 2. Ankerlage 5 m bis 8 m.
- Die Vernagelung ist in vertikalen Etappen zu erstellen. Die oberste 1. Etappe hat eine max. Höhe von 1.5 m, darunter sind Etappenhöhen von maximal 2.0 m Höhe vorzusehen. Die Grösse der einzelnen Etappen in horizontaler wie auch vertikaler Richtung ist den Baugrundverhältnissen und in Absprache mit dem geotechnischen Berater anzupassen. Die oberste Etappe, resp. im Lockergestein sowie im stark entfestigten

Felsen sind horizontale Etappenlängen von max. 5 m bis 8 m vorzusehen. Vor längeren Standzeiten (z.B. Wochenenden oder bei starken Niederschlägen über Nacht) ist die Aushubetappe jeweils vorgängig zu sichern. Die nachfolgende Aushubetappe darf grundsätzlich erst nach erfolgter Sicherung der angrenzenden Etappe (Abbinden des Spritzbetons, Tragfähigkeit der Anker erreicht) ausgeführt werden.

- Damit sich hinter der Spritzbetonschale langfristig kein Hangwasserdruck aufbauen kann, werden ca. 5 m lange Drainagebohrungen \varnothing 100 mm (1 Stk. alle 2.0 m bis 2.5 m) mit Versetzen eines Dränagerohrs ausgeführt. Die übrigen Bereiche werden mit kurzen Dränagelöchern perforiert (1 Stück pro ca. 4 m² bis 6 m²). Bei grossflächigen, diffusen Wasseraustritten ist auch der Einsatz von Dänagematten zwischen Untergrund und Spritzbeton möglich.
- Der Spritzbeton soll frost- und frost-tausalz-beständig sein und eine hohe Dichtigkeit aufweisen.
- Säuberung der Felsoberfläche für den Spritzbetonauftrag, Nachbehandlung des Spritzbetons bei Bedarf durch entsprechende Abdeckungen.

3 Baugrundverhältnisse

3.1 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Beim alten Steinbruch km 1.970 bis 1.990 steht der Molassefels, knapp unter der Terrainoberfläche an. Der Felsen besteht aus einer Wechsellagerung von bis mehreren Meter mächtigen Sandsteinen (dünn- bis dickbankig, oft schräggeschichtet mit Siltsteinhäuten) einerseits sowie gelegentlichen geringmächtigen, bankigen Wechschichtung aus Silt- und Schlammsteinen mit dünneren Sandsteinbänken andererseits (dm- bis m-Bereich). Die Schichten streichen etwa parallel zum Hang und fallen mit ca. 30° nach NNW (Einfallrichtung 320°). Die oberflächennahe Verwitterungszone des Felsen reicht je nach Gesteinstyp ca. 2 m bis 5 m unter die Felsoberfläche.

Bei den Sondierungen Ende Juni 2015 südlich der im Juni 2015 abgerutschten Partie wurde der Fels nur in 3 Baggersonderschlitten in einer Tiefe von 1.7 m bis 2.5 m Tiefe angetroffen. In den 2 Schlitten südlich gegen die Einmündung der Strasse Allewinde hin, wurde der Fels bis zur Sondiertiefe von 2.5 m nicht mehr erreicht. Die Lockergesteinsbedeckung besteht aus Hangsedimenten resp. umgelagerter Moräne (unterschiedlich siltiger Sand mit variablem Anteil an Kies, Steinen und Blöcken, locker bis mitteldicht gelagert). Darunter folgen teilweise Moränenablagerungen ähnlicher Zusammensetzung, aber deutlich höherer Lagerungsdichte. Lokal sind auch künstliche Auffüllungen vorhanden.

Die oberste, geringmächtige Zone der Lockergesteine neigt bei Nässeperioden zu Kriechbewegungen.

Ein eigentliches Hangwasservorkommen ist nicht vorhanden. Vielmehr sickert nach starken Regenfällen in den besser durchlässigen Zonen Wasser hangabwärts.

3.1.1 Bodenkennziffern

In Absprache mit dem Geologen wurde mit den folgenden charakteristischen Bodenkennziffern gerechnet.

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennziffern

	Feuchtraum- gewicht	Kohäsion	Innere Reibung	ME-Wert	Zulässige Bodenpressung
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
Hangsedimente, verwitterte Moräne, Auffüllungen	19.5	0	28	5	100
Moränenablagerun- gen	20	0	30	25	250
Angewitterter Fels	24	20	30	>100	350
Gesunder Fels	24	30	32	>100	500

3.1.2 Spezifischer äusserer Tragwiderstand der ungespannten Anker

Für die äusseren Tragwiderstände $r_{a,k}$ der ungespannten Anker werden in Absprache mit dem geotechnischen Berater folgende charakteristische Mantelreibungswiderstandswerte angenommen:

- Lockergestein 15 kN/m
- Angewitterter Fels 100 kN/m
- Min. Einbindelänge im angewitterten Fels 3 m

Die Definition der min. Einbindelänge garantiert die volle Ausnutzung der verwendeten Ankerstangen.

3.2 Foundation

Die **Steinkorbmauer** wird auf einem Streifenfundament flach fundiert. Die Foundation liegt innerhalb der Hangsedimente.

Die **Spritzbetonwand** hat keinen eigentlichen Mauerfuss und wird nicht speziell fundiert. Die Vertikalkräfte werden über Reibung und über die Ankerstangen in den Untergrund eingeleitet.

4 Einwirkungen

Erddruck e_k

- Erddruck im Lockergestein mit Beiwert K_0 (Ruhedruck)
- Erddruck im Fels mit Beiwert $K = 0.15$.

Nutzlast q_k

- Auf freiem Feld 4 kN/m²
- Auf Allewinde-Strasse 10 kN/m²

Erdbeben als aussergewöhnliche Einwirkung

- Bauwerksklasse I $\Rightarrow g = 1.0$
- Erdbebengefährdungszone 1 $\Rightarrow a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$
- Baugrundklasse A: Fels
- $q_a = 2$
- Faktor horizontale Kräfte: $a_x = g \cdot a_{gd} / (g \cdot q_a)$
- Faktor vertikale Kräfte: $a_y = 0.7 \cdot a_x$

Nicht berücksichtigt, respektive vernachlässigt werden

- Wind
- Schnee
- Anprall auf Felsverkleidung
- Brandfall

5 Betrachtete Gefährdungsbilder

Als Massgebendes Gefährdungsbild wird maximaler Wasserstand mit gleichzeitiger wirkender Nutzlast definiert.

6 Anforderungen an die Tragsicherheit und erforderliche Massnahmen

6.1 Anforderungen an die Tragsicherheit

Die Nachweise sind mit den Bemessungswerten, respektive den Lastbeiwerten von SIA 260 zu führen. Die Tragwiderstände werden gemäss SIA 262 und 267 ermittelt.

Nachweise für:

- Tragwiderstand der Bauteile (Typ 2): Mauerbewehrung, Anker
- Tragwiderstand des Baugrundes (Typ 3): Böschungsstabilität

Die Berechnungen werden mit LARIX-7 der Firma CUBUS durchgeführt.

6.2 Massnahmen zur Gewährleistung der Tragsicherheit

Kontrollen vor Ort:

- Baugrundverhältnisse durch geotechnischen Berater (visuelle Kontrollen, Auswertung Bohrprotokolle)
- angelieferte Baustoffe durch Bauleitung (Eignungsnachweise, Konformitätsnachweise, Baustoffprüfungen etc.)
- Bauteilabmessungen durch Bauleitung

6.3 Gefährdungen im Bauzustand

Durch geeignete Etappierung unter Berücksichtigung der lokalen Baugrundverhältnisse und in Absprache mit dem geotechnischen Berater sind die Risiken im Bauzustand zu minimieren (siehe auch Kap. 2.3)

7 Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit und erforderliche Massnahmen

7.1 Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit

- Schutz vor Umwelteinflüssen: Wasser, Tausalz, Frost.
- Unvermeidliche Risse sollen begrenzt werden.

7.2 Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit

Gegen Wasser

- Die Entwässerung muss gewährleistet werden.
- Das Oberflächenwasser auf der Allewinde-Strasse soll mit einem Belagswulst oder einem Randabschluss entlang dem talseitigen Rand gefasst und kontrolliert abgeleitet werden.
- Hang- und Kluftwasser, das über die Entwässerungsbohrungen durch die Spritzbetonschale sickert, wird in einer Sickerleitung am Fuss der Spritzbetonwand gefasst und abgeleitet.
- Die Entwässerungsbohrungen und die Sickerleitung sind regelmässig zu spülen und zu reinigen. Starke Versinterungen sind zu entfernen.

Gegen Tausalz und Frost

- Einsatz von frost-tausalz-beständigem Beton (Expositionsklasse XF4).
- Genügende Bewehrungsüberdeckung: 40 mm bis 50 mm

Rissbegrenzung

- Einlegen einer Mindestbewehrung für normale Anforderungen.

8 Akzeptierte Risiken

Siehe Nutzungsvereinbarung (Dok. Nr. 10926-221).

9 Weitere projektrelevante Bedingungen

Keine.

10 Grundlagen

Siehe Nutzungsvereinbarung (Dok. Nr. 10926-221)