WASSERBAUVERBAND LYSSBACH
GROSSAFFOLTERN
LYSS
RAPPERSWIL
SCHÜPFEN
SEEDORF

Oberingenieurkreis III

Tiefbauamt
des Kantons Bern

Wasserbauplan

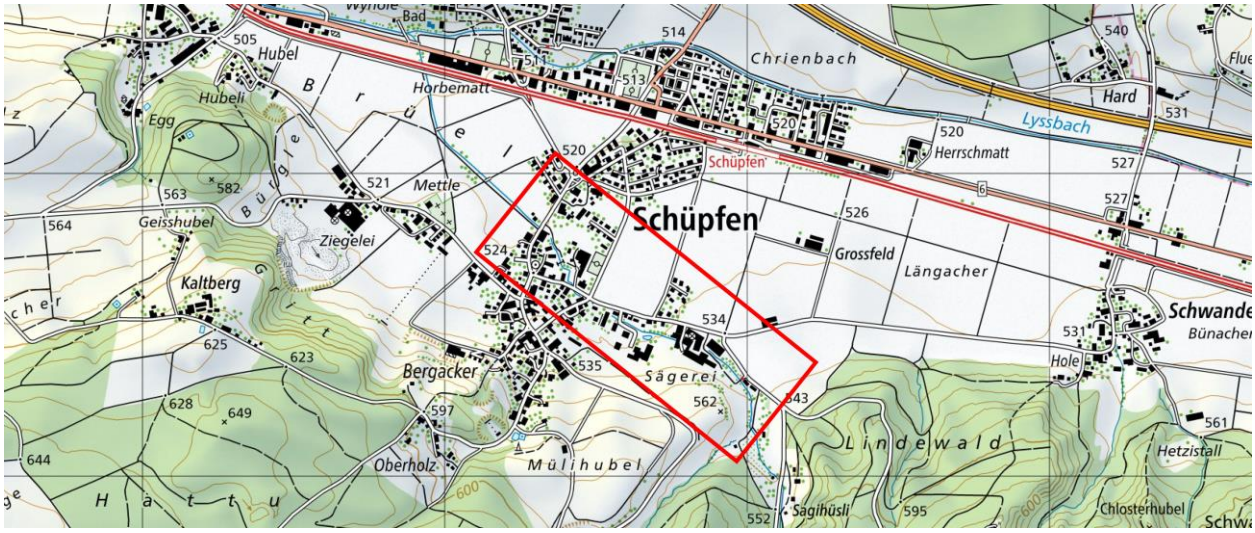
Beilage 3.12

Gemeinde	Schüpfen	Datum Dossier	Dezember 2023
Erfüllungspflichtiger	Wasserbauverband Lyssbach	Revidiert	.
Gewässernummer	1404	Projekt-Nr.	13103_102

Gewässer	Chüelibach

Chüelibach

Hochwasserschutz Dorf Schüpfen
Hydraulische Berechnungen



Projektverfasser

Emch+Berger AG Bern
Niederlassung Spiez
Seestrasse 7
3700 Spiez
Tel 033 650 75 75
www.emchberger.ch

Genehmigungsvermerke:

Impressum

Auftragsnummer	BE.N.13130
Auftraggeber	Gemeindeverband Lyssbach
Datum	14. Dezember 2023
Version	1.0
Vorversionen	-
Autor(en)	Fabian Leimer (fabian.leimer@emchberger.ch)
Freigabe	
Verteiler	
Datei	J:\F_NLBiel\Data-Project\BE.N.13130 Chuelibach Schuepfen\4 Planung\43 Bauprojekt\Ing\413_bericht\13130_Hydraulik_Chüelibach_231214.docx
Seitenanzahl	14
Copyright	© Emch+Berger AG Bern

Inhalt

1 Einleitung **1**
1.1 Ausgangslage **1**
1.2 Projekt **1**
1.3 Dimensionierungsgrundlagen **1**

2 Hydraulische Berechnungen **2**
2.1 Entlastungsbauwerk **2**
2.1.1 Drosselöffnung 2
2.1.2 Streichwehr 2
2.1.3 Einlauftrichter 3
2.2 Entlastungsleitung **3**
2.2.1 Normalabflussberechnungen 3
2.2.2 HEC-RAS 4
2.3 Tosbecken **4**
2.3.1 Tosbeckenlänge 4
2.3.2 Blöcke Tosbecken 4
2.4 Umlegung Stuber Nord und Umlegung Dorfstrasse **5**
2.4.1 Normalabflussberechnungen 5
2.4.2 Ufersicherungen 6
2.4.3 Sohlensicherung 7
2.5 Ersatzmassnahme M3: Ausdolung Härdbächli **10**

3 Grundlagen **11**
3.1 Literatur **11**

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Chüelibach ist in der Vergangenheit mehrfach über die Ufer getreten und hat zu Schäden in Schüpfen geführt. In der Gefahrenkarte von Schüpfen liegen grössere Gebiete im blauen Gefahrenbereich (mittlere Gefährdung).
Aus diesem Grund hat der Wasserbauverband Lyssbach, in seiner Funktion als Wasserbauträger, entschieden ein Hochwasserschutzprojekt ausarbeiten zu lassen. Der vorliegende Bericht zeigt die im Rahmen des Projektes gemachten hydraulischen Berechnungen.

1.2 Projekt

Der Projektperimeter weist eine Länge von ca. 1.5 km auf und erstreckt sich entlang dem Chüelibach durch das Siedlungsgebiet von Schüpfen. Im Rahmen eines Variantenstudiums wurden insgesamt fünf unterschiedliche Varianten mit zusätzlichen Untervarianten untersucht, verglichen, optimiert und bewertet. Unter Berücksichtigung der zahlreichen Rahmenbedingungen und Bewertungskriterien hat sich folgende Variante als realisierbare Bestvariante herauskristallisiert:

- Bau einer Entlastungsleitung, mit welcher das Hochwasser um das Siedlungsgebiet von Schüpfen herumgeleitet werden kann. Am Siedlungsrand ist ein Entlastungsbauwerk vorgesehen. Dieses drosselt den maximalen Abfluss im bestehenden Gerinne. Die Entlastungsleitung führt vom Entlastungsbauwerk am Gebiet Bodenacher vorbei zum Sportplatz der Primarschule und anschliessend zur Dorfstrasse. Die Entlastungsleitung endet unterhalb der Dorfstrasse und das Hochwasser fliesst wieder in den Chüelibach zurück.
- Bau eines neuen Gerinnes im Bereich des Sägereiareals. Mit dem Bau kann die Länge der Entlastungsleitung verkürzt und eine bestehende Eindolung aufgehoben werden.
- Bau eines neuen Gerinnes im Bereich der Dorfstrasse. Mit dem Bau eines neuen Gerinnes bei der Dorfstrasse kann der Kapazitätsengpass beim Gebäude Dorfstrasse 7 umfahren werden.

Mit der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen kann die Gefährdungssituation im Siedlungsgebiet von Schüpfen massgeblich verbessert werden (Schutz bis HQ_{100}) [1].

1.3 Dimensionierungsgrundlagen

Die den hydraulischen Berechnungen zu Grunde liegenden Werte und Annahmen in Bezug auf die Hydrologie, Dimensionierungsszenarien, Freibord und Abflussberechnungen werden im technischen Bericht erläutert [1].

2 Hydraulische Berechnungen

2.1 Entlastungsbauwerk

2.1.1 Drosselöffnung

13130/Chüelibach 27.03.2020/lefa

Drosselöffnung Entlastungsbauwerk

Toricelli:

$$Q = C_d \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

Cd	aus Grafik S. 100 (Schleiss, Aménagements hydrauliques)		
a	0.5	[m]	Höhe Öffnung
b	0.8	[m]	Breite Öffnung

h1 [m]	Ā	Cd	Q [m3/s]
1.35	0.37	0.55	1.1

2.1.2 Streichwehr

Streichwehr

l [m]	ho [m]	hu [m]	hm [m]	Q_{SW} [m]
8	0.5	0.5	0.5	5.61
20	0.1	0.1	0.1	2.81
20	0.5	0.1	0.3	8.42

lefa, 26.11.2021

κ	0.95
μ	0.5
g	9.81

Professur für Wasserbau an der ETHZ — Wasserbau, Wehre
Prof. Dr. H.-E. Minor — Seite 4-7

4.3.5 Sonderformen

Streichwehre (Abb. 4-8) und Heberwehre (Abb. 4-9) stellen Sonderformen dar.

Streichwehre

Streichwehre sind parallel oder nahezu parallel zur Fliessrichtung in Gerinnen angeordnete seitliche Überfälle (Abb. 4-8).

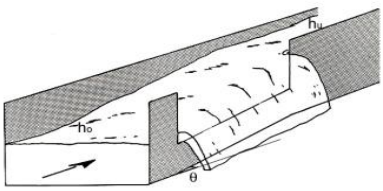


Abb.4-8: Schema eines Streichwehres

Der über das Streichwehr fallende Abfluss Q_{sw} kann für strömende Abflüsse nach einer Poleni-artigen Formel berechnet werden mit

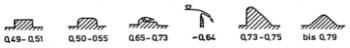
$$Q_{sw} = \frac{2}{3}\mu\kappa l \cdot \sqrt{2g} \cdot h_m^{3/2} \qquad (4.1)$$

μ : Überfallbeiwert
κ : Abminderungsfaktor (0.95 für prismatischen Kanal)
l : Streichwehrlänge
h_m : Mittlere Überfallhöhe = $(h_o+h_u)/2$

Überfallbeiwert μ

Der Überfallbeiwert μ hängt von der Form des Überfalls ab. Er ist für verschiedene Formen experimentell bestimmt worden. In Tab. 4-1 sind die Bereiche einiger μ-Werte für die wichigsten Wehrformen angegeben.

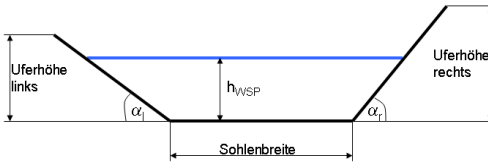
Wehrkronenform	μ
breit, scharfkantig, waagrechte Schwelle	0.49 ÷ 0.51
breit, gut abgerundete Kanten	0.50 ÷ 0.55
breit, vollständig abgerundet (umgelegtes Klappenwehr)	0.65 ÷ 0.73
scharfkantig, Strahlunterseite belüftet	0.64
rundkronig, vorn senkrecht, hinten geneigt	0.73 ÷ 0.75
rundkronig, dachförmig	bis 0.79



Tab.4-1: Zusammenstellung der μ-Werte für verschiedene Wehrkronenformen

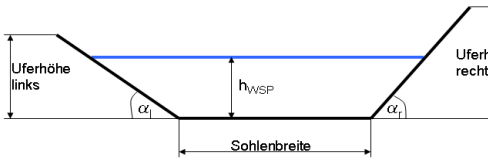
2.1.3 Einlauftrichter

		Variable Werte	
J =		0.1	(absolut)
k_{st} =		50	
Böschung links		90.00	[°]
Böschung rechts		90.00	[°]
Sohlenbreite		20.0	[m]
niedrigeres Ufer			[m]
höheres Ufer			[m]



h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]	Energ ielinie
0.12	2.40	20.24	3.82	**9.16**	**0.74**

		Variable Werte	
J =		0.1	(absolut)
k_{st} =		50	
Böschung links		90.00	[°]
Böschung rechts		90.00	[°]
Sohlenbreite		2.0	[m]
niedrigeres Ufer			[m]
höheres Ufer			[m]



h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]	Energ ielinie
0.54	1.08	3.08	7.86	**8.49**	**3.15**

2.2 Entlastungsleitung

2.2.1 Normalabflussberechnungen

Chüelibach Schüpfen
Detailhydraulik Entlastungsleitung

Ablage J:\F_NLBie\\Data-Project\BE.N.13130 Chuelibach Schuepfen\4 Planung\42 Vorprojekt\Ing\berechnungen\Hydraulik\Entlastungsleitung\[20181111 Normalabfluss_Entlastungsleitung.xlsx]HQ_300 (GFK)
Datum Erstellt 11.11.2018
Ersteller haus **Typ:** **Normalabfluss Kreisprofil - GFK**

Katasterangaben

Parameter	Kürzel	Einheit	E1	E2	Bemerkung
Durchmesser	D	[mm]	1700	1700	Ablauf: diverse Varianten
Gefälle	J	[‰]	17	10	
Länge	L	[m]	-	-	ohne Verlustbetrachung nicht relevant
Rauigkeit	k_st	[m^(1/3)/s]	95	95	GFK (Hersteller: 105 m^1/3/s)
Rauheitsmass	k	[mm]	0.5	0.5	GFK (Hersteller: 0.029 mm)

Übergeordnete Parameter	Kürzel	Einheit	Wert	
kinematische Viskosität	v	[m2/s]	1.3E-06	
Dichte Wasser	ρ	[kg/m3]	1000	
Eintrittsverluste*	ζ_e	[-]	0.1	* Eintritt in ein Rohr
Austrittsverluste**	ζ_a	[-]	0.2	* Austritt aus einem Rohr
Querschnittsverengung	ζ_ver	[-]	0.1	

Hydraulik 1 - Grundparameter bei Dimensionierungsabfluss (nach Manning-Strickler)

Parameter	Kürzel	Einheit	E1	E2	Bemerkung
Durchfluss	Q	[m3/s]	8.50	8.50	HQ300 (ohne Reduktion)
relative Durchlfuss	q_N	[-]	0.17	0.22	
Teilfüllung	y_N	[-]	0.51	0.61	Hilfszeile
Teilfüllung	y_N	[-]	0.51	0.61	Wert = 1: Leitung unter Druck
Abflusstiefe	h_N	[m]	0.87	1.03	
Leitungskapazität	Q_v	[m3/s]	15.89	12.19	im Freispiegel (85% Teilfüllung)
Freie Kapazität	Q_f	[m3/s]	7.39	3.69	
Querschnittsfläche	A	[m2]	1.17	1.44	(durchflossen)
Querschnittsfläche	A_v	[m2]	2.27	2.27	(Vollfüllung)
hydraulischer Radius	R	[m]	0.43	0.48	
Geschwindigkeit	v_N	[m/s]	7.25	5.90	
Geschwindigkeit	v_v		3.74	3.74	(Vollfüllung)
Geschwindigkeitshöhe	v_h	[m]	2.68	1.77	
Geschwindigkeitshöhe	v_hv	[m]	0.71	0.71	(Vollfüllung)
Froude	F	[-]	2.74	1.95	Wird nur bei Freispiegel berechnet
Schleppspannung	τ	[N/m2]	72.02	47.04	

Hydraulik 2 - Abfluss nach Prandtl-Colebrook-White

Parameter	Kürzel	Einheit	E1	E2	Bemerkung
Winkel	θ	[°]	97.45	110.82	
Benetzter Umfang	L	[m]	2.891	3.288	
Abflusstiefe	h_N	[m]	0.96	1.15	
Teilfüllung	y_N	[-]	0.56	0.68	
Querschnittsfläche	A	[m2]	1.322	1.637	
hydraulischer Radius	R	[m]	0.457	0.498	
Durchfluss (Solver)	Q_C	[m3/s]	8.500	8.500	
Differenz (Q_Eingabe-Q_C)	ΔQ	[m3/s]	0.000	0.000	Solver
Geschwindigkeit	v_N	[m/s]	6.43	5.19	
Geschwindigkeitshöhe	v_h	[m]	2.11	1.37	
Froude	F	[-]	2.26	1.57	

Abflussformeln

$$Q = v * A \qquad \text{(Abfluss)}$$

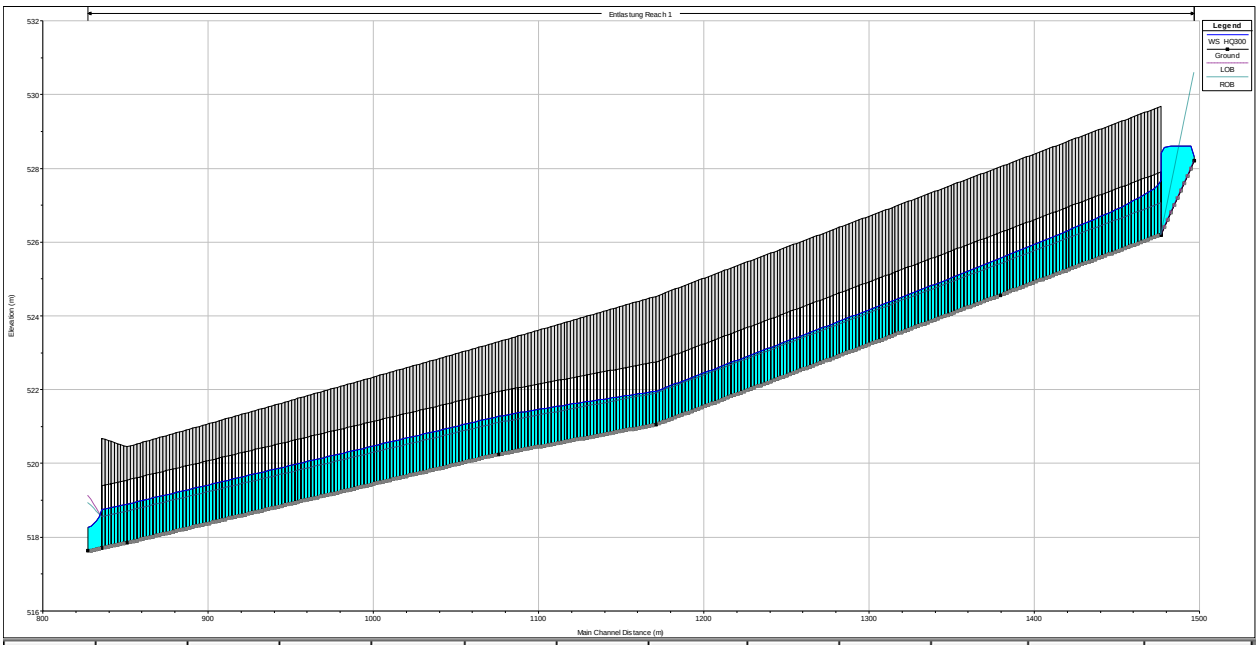
$$\frac{1}{(\lambda)^{0.5}} = -2 * \log\left(\frac{\frac{k}{d}}{3.71} + \frac{2.51}{Re * (\lambda)^{0.5}}\right) \qquad \text{(Prandtle-Colebrook)}$$

$$Re = 4 * rhy * \frac{v}{v_{kin}} = \frac{v * d}{v_{kin}} \qquad \text{(Reynolds-Zahl)}$$

$$\Delta h_{kont} = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \qquad \text{(kontinuierliche Verluste: Darcy-Weisbach)}$$

$$\Delta h_{lokal} = \zeta_x * \frac{v^2}{2g} \qquad \text{(Lokale Verslute)}$$

2.2.2 HEC-RAS



River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
1495.8	HQ300	8.50	528.20	528.31	528.46	529.02	0.100119	3.72	2.29	19.99	3.51	111.73
1475.8	HQ300	8.50	526.20	528.41	527.43	528.60	0.000519	1.93	4.41	2.00	0.42	11.25
1475.75	HQ300	8.50	526.20	527.66	527.66	528.53	0.004611	4.13	2.06	1.17	1.09	23.08
1378.47	HQ300	8.50	524.56	525.56	526.02	527.51	0.011805	6.19	1.37	1.66	1.98	53.61
1170.08	HQ300	8.50	521.05	521.96	522.51	524.44	0.016164	6.99	1.22	1.69	2.34	69.48
1075	HQ300	8.50	520.25	521.28	521.71	523.10	0.010806	5.99	1.42	1.65	1.88	49.81
850	HQ300	8.50	517.85	518.90	519.31	520.64	0.010185	5.85	1.45	1.65	1.82	47.41
835	HQ300	8.50	517.70	518.75	519.16	520.49	0.010142	5.84	1.46	1.65	1.82	47.24
827.44	HQ300	8.50	517.63	518.26	518.69	519.73	0.138667	5.37	1.58	2.99	2.36	595.98

2.3 Tosbecken

2.3.1 Tosbeckenlänge

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
Entlastung	Reach 1	830.464*	HQ300	8.50	517.66	518.37	518.86	520.24	0.088938	6.06	1.40	2.64	2.65	378.16
Entlastung	Reach 1	828.952*	HQ300	8.50	517.64	518.31	518.78	520.03	0.119541	5.80	1.46	2.78	2.55	507.65
Entlastung	Reach 1	827.44	HQ300	8.50	517.63	518.26	518.69	519.73	0.138667	5.37	1.58	2.99	2.36	595.98
Chuelibach	unten	827.44	HQ300	8.50	517.63	518.30	518.69	519.59	0.065036	5.04	1.69	3.05	2.16	290.94
Chuelibach	unten	825.463*	HQ300	8.50	517.61	518.32	518.66	519.42	0.051906	4.65	1.83	3.12	1.94	243.90
Chuelibach	unten	823.486*	HQ300	8.50	517.58	518.34	518.64	519.28	0.041532	4.30	1.98	3.19	1.74	204.76
Chuelibach	unten	821.51*	HQ300	8.50	517.56	518.37	518.61	519.17	0.033238	3.97	2.14	3.27	1.56	171.83
Chuelibach	unten	819.533*	HQ300	8.50	517.53	518.41	518.59	519.08	0.025983	3.63	2.34	3.37	1.39	141.48
Chuelibach	unten	817.556*	HQ300	8.50	517.51	518.49	518.56	518.99	0.017522	3.15	2.70	3.53	1.15	103.53
Chuelibach	unten	815.58*	HQ300	8.50	517.48	518.45	518.54	518.97	0.018208	3.19	2.66	3.51	1.17	106.74
Chuelibach	unten	813.603*	HQ300	8.50	517.46	518.42	518.52	518.95	0.018455	3.21	2.65	3.51	1.18	107.89
Chuelibach	unten	811.626*	HQ300	8.50	517.44	518.40	518.49	518.92	0.018586	3.22	2.64	3.50	1.18	108.49
Chuelibach	unten	809.65*	HQ300	8.50	517.41	518.38	518.47	518.90	0.018229	3.19	2.66	3.51	1.17	106.84
Chuelibach	unten	807.673*	HQ300	8.50	517.39	518.35	518.44	518.87	0.018315	3.20	2.66	3.51	1.17	107.24
Chuelibach	unten	805.696*	HQ300	8.50	517.36	518.33	518.42	518.85	0.018513	3.21	2.65	3.50	1.18	108.16

Länge Tosbecken

2.3.2 Blöcke Tosbecken

$$\frac{\tau_{max}}{\rho \cdot g \cdot (s-1) \cdot d_B} = \theta < \theta_{cr} = 0.03\ (keine\ Bewegung)$$

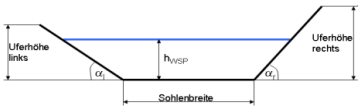
$$d_B > \frac{\tau_{max}}{\rho \cdot g \cdot (s-1) \cdot \theta_{cr}} = \frac{600\ N/m^2}{1000\ kg/m^3 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot (2.65-1) \cdot 0.03} = 1.23\ m$$

➔ entspricht einem Block mit mindestens 2.58 t

2.4 Umlegung Stuber Nord und Umlegung Dorfstrasse

2.4.1 Normalabflussberechnungen

	Variable Werte	
J =	0.030	(absolut)
k_{st} =	25	
Böschung links	0.67	(Höhe/Breite)
Böschung rechts	0.67	(Höhe/Breite)
Sohlenbreite	2.0	[m]
linkes Ufer		[m]
rechtes Ufer		[m]



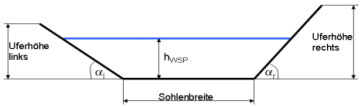
h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]
0.76	2.38	4.73	2.74	**6.53**
0.76	2.38	4.73	2.74	**6.53**

Freibord nach KOHS

Fz	Fh	Fv	Ft	Fe [m]	h+Fe [m]
0.1	0.1	0.4	0.3	0.51	1.27
0.1	0.1	0.4	0.0	0.41	1.17

Abflussspitzen	
HQ_{30}	5.0
HQ_{100}	6.5
HQ_{300}	8.5

	Variable Werte	
J =	0.023	(absolut)
k_{st} =	25	
Böschung links	0.80	(Höhe/Breite)
Böschung rechts	0.50	(Höhe/Breite)
Sohlenbreite	2.0	[m]
linkes Ufer		[m]
rechtes Ufer		[m]



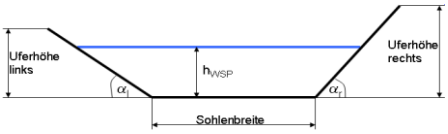
h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]
0.80	2.64	5.07	2.45	**6.48**
0.80	2.64	5.07	2.45	**6.48**

Freibord nach KOHS

Fz	Fh	Fv	Ft	Fe [m]	h+Fe [m]
0.1	0.1	0.3	0.3	0.45	1.25
0.1	0.1	0.3	0.0	0.34	1.14

Abflussspitzen	
HQ_{30}	5.0
HQ_{100}	6.5
HQ_{300}	8.5

	Variable Werte	
J =	0.010	(absolut)
k_{st} =	25	
Böschung links	0.67	(Höhe/Breite)
Böschung rechts	0.67	(Höhe/Breite)
Sohlenbreite	2.0	[m]
linkes Ufer		[m]
rechtes Ufer		[m]



h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]
0.40	1.04	3.44	1.13	**1.17**

Freibord nach KOHS

Fz	Fh	Fv	Ft	Fe [m]	h+Fe [m]
0.1	0.1	0.1	0.0	0.30	0.70

2.4.2 Ufersicherungen

Emch+Berger AG Bern
Schlösslistrasse 23 | Postfach | CH-3001 Bern | Tel. +41 58 451 61 11 | bern@emchberger.ch

Projekt	WBP Chüelibach
Projekt-Nr.	BE.N.13130
Datum	08.03.2023
Verfasser	Fabian Leimer

Dimensionierung Blockwurf / -satz

Berechnung der Blockgrössen (Stevens & Simons, 1971) und Filterkriterien (SN 670125a)

Berechnungsgrundlagen

Berechnung für:	**Blocksatz in einem geraden Gerinne**			
maximale Wassertiefe	h	=	0.80	m
Sohlengefälle	J	=	0.023	m
Böschungsneigung	n	=	0.800	m/m
Dichte Blocksteine	ρ_s	=	2650.00	m
Sicherheitsfaktor	1.20			
Untergrund	Filterschicht			

Resultate

Blockgrösse

Parameter

min. Blockdurchmesser (äq. Kugel)	d_{min}	=	0.80	m
min. Blockmasse	$m_{s,min}$	=	0.71	t

Korngrössenverteilung Filterschicht

Parameter

15 m% Siebdurchgang	$d_{15,U}$	<	0.16	m
50 m% Siebdurchgang	$d_{50,U}$	>	0.04	m
85 m% Siebdurchgang	$d_{85,U}$	>	0.16	m

2.4.3 Sohlensicherung

Traversensystem

nach Volkart, 1972 (ETHZ Skript Flussbau WS 2015, S. 13-57 + VAW Mitteilung Nr. 6)

Eingabewerte

Abfluss	Q	6.5	[m³/s]
Gerinnebreite	b	2	[m]
charakteristische Korngrösse (90 M% des Sohlenmaterials sind kleiner)	d_{90}	0.11	[m]
Gefälle	J	0.033	[-]
Geschiebetransportrate	$Q_{B,max}$	0.00E+00	[m³/s]

Gültigkeitsbedingungen

Gefälle

0.0075<=J<=0.07

WAHR

Sicherheit gegen Umschlagen des Kolkes mit ρ_s = 2.65 kg/m³

$$\frac{q^{0.5} J^{0.5}}{d_{90}^{5/12} l_t^{1/3}} \leq 0.467$$

Minimaler Traversenabstand ohne Geschiebe	$l_{t,min}$	5.44	[m]
Gewählter Traversenabstand	l_t	8	[m]

Traversenabstand / d_{90}

l_t/d_{90}= 72.72727

$10<=l_t/d_{90}<=340$

WAHR

VOLKART (1972) / Geschiebeloser Fall

$$S = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l_t^{2/3}}{2.92\ d_{90}^{5/12}}$$

Mit Geschiebeführung

$$S_G = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l^{2/3}}{2.92\ d_{90}^{5/12}} \left[1 - 0.526 \frac{J * l_t}{d_{90}} \left(\frac{g_b}{1.65\ q} \right)^{1/8} \right]$$

Ergebnisse

Spezifischer Abfluss	q	3.25	[m/(s*m)]
Geschiebeführung	g_b	0.000	[t/s*m]
Maximale Kolktiefe ohne Geschiebe	S	1.41	[m]
Maximale Kolktiefe mit Geschiebe	S_G	1.41	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt ohne Geschiebe	l_K	5.03	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt mit Geschiebe	$l_{K,G}$	5.03	[m]
Sicherheit gegen Umschlagen ohne Geschiebe	S	1.21	
Sicherheit gegen Umschlagen mit Geschiebe	S	1.21	
mittlerer Wasserspiegel	h_m	1.05	[m]
maximaler Wasserspiegel	h_{max}	1.42	[m]
minimaler Wasserspiegel	h_{min}	0.19	[m]
Differenz der Wasserspiegel	$dh=h_{max} - h_m$	0.37	[m]
Welligkeitsgrad	W	0.65	[-]

Spezifischer Abfluss

$100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})$= 114

$1<=100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})<=660$

WAHR

Geschiebeführung

$100*g_b/(q*1.65)$= 0.000

$0<=100*g_b/(q*1.65)<=0.134$

WAHR

W gross (gegen 1 oder grösser):

W klein (gegen 0):

mittlere Geschwindigkeit	v_m = Q/ A	3.09	[m/s]
Energielinie	h_E	1.54	[m]

Traversensystem

nach Volkart, 1972 (ETHZ Skript Flussbau WS 2015, S. 13-57 + VAW Mitteilung Nr. 6)

Eingabewerte

Abfluss	Q	6.5	[m³/s]
Gerinnebreite	b	2	[m]
charakteristische Korngrösse (90 M% des Sohlenmaterials sind kleiner)	d_{90}	0.11	[m]
Gefälle	J	0.007	[-]
Geschiebetransportrate	$Q_{B,max}$	0.00E+00	[m³/s]

Gültigkeitsbedingungen

Gefälle

0.0075<=J<=0.07

FALSCH

Sicherheit gegen Umschlagen des Kolkes mit ρ_s = 2.65 kg/m³

$$\frac{q^{0.5}\,J^{0.5}}{d_{90}^{5/12}\,l_t^{1/3}} \leq 0.467$$

Minimaler Traversenabstand ohne Geschiebe	$l_{t,\,min}$	0.53	[m]
Gewählter Traversenabstand	l_t	20	[m]

Traversenabstand / d_{90}

l_t/d_{90}= 181.8182

$10<=l_t/d_{90}<=340$

WAHR

VOLKART (1972) / Geschiebeloser Fall

$$S = 1.25\,\frac{q^{0.5}\,J^{0.5}\,l_t^{2/3}}{2.92\,d_{90}^{5/12}}$$

Mit Geschiebeführung

$$S_G = 1.25\,\frac{q^{0.5}\,J^{0.5}\,l^{2/3}}{2.92\,d_{90}^{5/12}}\left[1 - 0.526\,\frac{J * l_t}{d_{90}}\left(\frac{g_b}{1.65\,q}\right)^{1/8}\right]$$

Ergebnisse

Spezifischer Abfluss	q	3.25	[m/(s*m)]
Geschiebeführung	g_b	0.000	[t/s*m]
Maximale Kolktiefe ohne Geschiebe	S	1.19	[m]
Maximale Kolktiefe mit Geschiebe	S_G	1.19	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt ohne Geschiebe	l_K	4.04	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt mit Geschiebe	$l_{K,G}$	4.04	[m]
Sicherheit gegen Umschlagen ohne Geschiebe	S	3.81	
Sicherheit gegen Umschlagen mit Geschiebe	S	3.81	
mittlerer Wasserspiegel	h_m	1.61	[m]
maximaler Wasserspiegel	h_{max}	1.61	[m]
minimaler Wasserspiegel	h_{min}	0.29	[m]
Differenz der Wasserspiegel	$dh=h_{max} - h_m$	0.00	[m]
Welligkeitsgrad	W	0.34	[-]

Spezifischer Abfluss

$100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})$= 57

$1<=100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})<=660$

WAHR

Geschiebeführung

$100*g_b/(q*1.65)$= 0.000

$0<=100*g_b/(q*1.65)<=0.134$

WAHR

W gross (gegen 1 oder grösser):

W klein (gegen 0):

mittlere Geschwindigkeit	v_m = Q/ A	2.02	[m/s]
Energielinie	h_E	1.82	[m]

Traversensystem

nach Volkart, 1972 (ETHZ Skript Flussbau WS 2015, S. 13-57 + VAW Mitteilung Nr. 6)

Eingabewerte

Abfluss	Q	1	[m³/s]
Gerinnebreite	b	1.5	[m]
charakteristische Korngrösse (90 M% des Sohlenmaterials sind kleiner)	d_{90}	0.11	[m]
Gefälle	J	0.02	[-]
Geschiebetransportrate	$Q_{B,max}$	0.00E+00	[m³/s]

Gültigkeitsbedingungen

Gefälle

0.0075<=J<=0.07

WAHR

Sicherheit gegen Umschlagen des Kolkes mit ρ_s = 2.65 kg/m³

$$\frac{q^{0.5} J^{0.5}}{d_{90}^{5/12} l_t^{1/3}} \leq 0.467$$

Minimaler Traversenabstand ohne Geschiebe	$l_{t,min}$	0.24	[m]
Gewählter Traversenabstand	l_t	25	[m]

Traversenabstand / d_{90}

l_t/d_{90}= 227.2727

$10<=l_t/d_{90}<=340$

WAHR

VOLKART (1972) / Geschiebeloser Fall

$$S = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l_t^{2/3}}{2.92\ d_{90}^{5/12}}$$

Mit Geschiebeführung

$$S_G = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l^{2/3}}{2.92\ d_{90}^{5/12}} \left[1 - 0.526 \frac{J * l_t}{d_{90}} \left(\frac{g_b}{1.65\ q} \right)^{1/8} \right]$$

Ergebnisse

Spezifischer Abfluss	q	0.67	[m/(s*m)]
Geschiebeführung	g_b	0.000	[t/s*m]
Maximale Kolktiefe ohne Geschiebe	S	1.06	[m]
Maximale Kolktiefe mit Geschiebe	S_G	1.06	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt ohne Geschiebe	l_K	2.67	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt mit Geschiebe	$l_{K,G}$	2.67	[m]
Sicherheit gegen Umschlagen ohne Geschiebe	S	7.51	
Sicherheit gegen Umschlagen mit Geschiebe	S	7.51	
mittlerer Wasserspiegel	h_m	0.27	[m]
maximaler Wasserspiegel	h_{max}	0.36	[m]
minimaler Wasserspiegel	h_{min}	0.01	[m]
Differenz der Wasserspiegel	$dh=h_{max} - h_m$	0.09	[m]
Welligkeitsgrad	W	0.85	[-]

Spezifischer Abfluss

$100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})$= 10

$1<=100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})<=660$

WAHR

Geschiebeführung

$100*g_b/(q*1.65)$= 0.000

$0<=100*g_b/(q*1.65)<=0.134$

WAHR

W gross (gegen 1 oder grösser):

W klein (gegen 0):

mittlere Geschwindigkeit	v_m = Q/ A	2.46	[m/s]
Energielinie	h_E	0.58	[m]

Traversensystem

nach Volkart, 1972 (ETHZ Skript Flussbau WS 2015, S. 13-57 + VAW Mitteilung Nr. 6)

Eingabewerte

Abfluss	Q	1	[m³/s]
Gerinnebreite	b	1.5	[m]
charakteristische Korngrösse (90 M% des Sohlenmaterials sind kleiner)	d_{90}	0.11	[m]
Gefälle	J	0.011	[-]
Geschiebetransportrate	$Q_{B,max}$	0.00E+00	[m³/s]

Gültigkeitsbedingungen

Gefälle

0.0075<=J<=0.07

WAHR

Sicherheit gegen Umschlagen des Kolkes mit ρ_s = 2.65 kg/m³

$$\frac{q^{0.5} J^{0.5}}{d_{90}^{5/12} l_t^{1/3}} \leq 0.467$$

Minimaler Traversenabstand ohne Geschiebe	$l_{t,\,min}$	0.10	[m]
Gewählter Traversenabstand	l_t	40	[m]

Traversenabstand / d_{90}

l_t/d_{90}= 363.6364

10<=l_t/d_{90}<=340

FALSCH

VOLKART (1972) / Geschiebeloser Fall

$$S = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l_t^{2/3}}{2.92\, d_{90}^{5/12}}$$

Mit Geschiebeführung

$$S_G = 1.25 \frac{q^{0.5} J^{0.5} l^{2/3}}{2.92\, d_{90}^{5/12}} \left[1 - 0.526 \frac{J * l_t}{d_{90}} \left(\frac{g_b}{1.65\, q} \right)^{1/8} \right]$$

Ergebnisse

Spezifischer Abfluss	q	0.67	[m/(s*m)]
Geschiebeführung	g_b	0.000	[t/s*m]
Maximale Kolktiefe ohne Geschiebe	S	1.08	[m]
Maximale Kolktiefe mit Geschiebe	S_G	1.08	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt ohne Geschiebe	l_K	3.05	[m]
Lage des Kolkes, tiefster Punkt mit Geschiebe	$l_{K,G}$	3.05	[m]
Sicherheit gegen Umschlagen ohne Geschiebe	S	10.36	
Sicherheit gegen Umschlagen mit Geschiebe	S	10.36	
mittlerer Wasserspiegel	h_m	0.32	[m]
maximaler Wasserspiegel	h_{max}	0.38	[m]
minimaler Wasserspiegel	h_{min}	0.01	[m]
Differenz der Wasserspiegel	$dh=h_{max} - h_m$	0.06	[m]
Welligkeitsgrad	W	0.73	[-]

Spezifischer Abfluss

$100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})$= 7

1<=$100*q/(9.81^{0.5}*(l_t*d_{90})^{3/4})$<=660

WAHR

Geschiebeführung

$100*g_b/(q*1.65)$= 0.000

0<=$100*g_b/(q*1.65)$<=0.134

WAHR

W gross (gegen 1 oder grösser):
W klein (gegen 0):

mittlere Geschwindigkeit	v_m = Q/ A	2.11	[m/s]
Energielinie	h_E	0.54	[m]

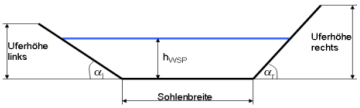
2.5 Ersatzmassnahme M3: Ausdolung Härdbächli

09.10.2023 / lefa

Normalabfluss

Ausdolung Härdbächli

		Variable Werte	
J =		0.082	(absolut)
k_{st} =		20	
Böschung links		0.67	(Höhe/Breite)
Böschung rechts		0.67	(Höhe/Breite)
Sohlenbreite		1.0	[m]
linkes Ufer			[m]
rechtes Ufer			[m]



Abflussspitzen

Q_M	0.09
HQ_{20}	2.4
HQ_{30}	2.6
HQ_{100}	3.4

h_{wsp} [m]	A [m²]	U_b [m]	v [m/s]	Q [m³/s]
0.08	0.09	1.29	0.97	**0.09**
0.51	0.90	2.83	2.66	**2.4**

Freibord nach KOHS

Fz	Fh	Fv	Ft	Fe [m]	h+Fe [m]
0.1	0.1	0.0	0.0	0.30	0.38
0.1	0.1	0.4	0.0	0.38	0.89

3 Grundlagen

3.1 Literatur

[1] Emch+Berger AG Bern, Dossier Chüelibach, Hochwasserschutz Dorf Schüpfen, Dezember 2023.
[2] ETH Zürich, Bezzola, Flussbau, Vorlesungsmanuskript, Herbstsemester 2015.